

ePub^{WU} Institutional Repository

Philipp Nagl

Einflüsse des Ladekapazitätswachstums von Transportmitteln auf die Erstellung von Verkehrsleistungen im Verkehrsträgervergleich unter Fokussierung des Straßengüterverkehrs

Thesis

Original Citation:

Nagl, Philipp (2007) *Einflüsse des Ladekapazitätswachstums von Transportmitteln auf die Erstellung von Verkehrsleistungen im Verkehrsträgervergleich unter Fokussierung des Straßengüterverkehrs*. Doctoral thesis, WU Vienna University of Economics and Business.

This version is available at: <http://epub.wu.ac.at/1891/>

Available in ePub^{WU}: February 2008

ePub^{WU}, the institutional repository of the WU Vienna University of Economics and Business, is provided by the University Library and the IT-Services. The aim is to enable open access to the scholarly output of the WU.

philipp@phnagl.com

**Einflüsse des Ladekapazitätswachstums
von Transportmitteln auf die Erstellung
von Verkehrsleistungen im
Verkehrsträgervergleich unter
Fokussierung des Straßengüterverkehrs**

Philipp Nagl

29. Februar 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	17
1.1	Positionierung der Arbeit in der verkehrswirtschaftlichen Forschung	17
1.2	Problemstellung	20
1.3	Themenfokussierung und Forschungsfrage	22
1.4	Forschungsmethodik und Struktur der Arbeit	24
1.5	Begrifflichkeiten	26
1.6	Grundsätzlicher Umgang mit Fragen des Verkehrswachstums	27
2	Das Konzept der Kostenfunktion sowie deren Eigenschaften	29
2.1	Einleitung	29
2.2	Produktions- und Kostenfunktionen	30
2.2.1	Produktionsfunktionen	30
2.2.2	Kostenfunktionen im Fall eines Outputs	32
2.2.3	Kostenfunktionen im Fall mehrerer Outputs	33
2.3	Eigenschaften von Kostenfunktionen	34
2.3.1	Skalenerträge der Größe	34
2.3.2	Verbundvorteile	37
2.3.3	Dichtevorteile	38
2.3.4	Weitere Quellen für „Economies“	39
2.4	Kosten und Kostenfunktionen in Zusammenhang mit Transport und Verkehr .	40
2.4.1	Das Aggregationsproblem der Transportleistung	40
2.4.2	Die Entwicklung der Untersuchung von Kostenfunktionen im Verkehrsbereich	41
2.5	Zusammenfassung und Implikationen	43
3	Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen durch Veränderungen bei den Transportmitteln	44
3.1	Einleitung	44
3.2	Verkehrswachstum und das Wachstum der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen	44

Inhaltsverzeichnis

3.3	Determinanten der Leistungsfähigkeit von Transportmitteln als Teil von Verkehrssystemen	46
3.3.1	Einflussfaktoren auf das Größenwachstum von Transportmitteln	48
3.3.1.1	Nichtmarktliche Einflussfaktoren (Rahmenbedingungen)	48
3.3.1.2	Marktliche Einflussfaktoren der Nachfrage im engeren Sinn	50
3.3.1.3	Marktliche Einflussfaktoren des Angebots im engeren Sinn	52
3.3.1.4	Marktliche Einflussfaktoren im weiteren Sinn	55
3.3.2	Einfaches Modell der Produktivität eines Verkehrssystems	57
3.4	Entwicklung der Transportmittelgrößen der jeweiligen Verkehrsträger	58
3.4.1	Vergleich des Verlaufs des Größenwachstums	58
3.4.2	Grenzen des Größenwachstums von Transportmitteln	60
3.4.3	Anteil der größten Transportmittel am Transportmittelbestand	61
3.4.4	Prognose der Größenentwicklung von Transportmitteln	62
3.5	Zusammenfassung und Implikationen	63
4	Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Schiffsverkehr	64
4.1	Einleitung	64
4.2	Die Entwicklung der Schiffsgrößen	65
4.2.1	Entwicklung im Containerschiffsverkehr	65
4.2.2	Die Entwicklung im Tankschiffsverkehr	66
4.2.3	Entwicklungen bei anderen Schiffsarten	68
4.3	Die Theorie der optimalen Schiffsgröße	69
4.3.1	Klassischer Aufbau der Theorie der optimalen Schiffsgröße	69
4.3.1.1	Durchformulierung der Theorie der optimalen Schiffsgröße ohne Lager- und Zinskosten	71
4.3.1.2	Die optimale Schiffsgröße unter der Berücksichtigung von Zins- und Lagerkosten	73
4.3.2	Überlegungen zur optimalen Schiffsgröße bei Containerschiffen	74
4.4	Risiken von großen Transportmittelgrößen am Beispiel der Schifffahrt	76
4.5	Conclusio zum Bereich des Schiffsverkehrs	79
5	Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Luftverkehr	81
5.1	Einleitung	81
5.2	Analyse der Entwicklung der Transportmittelgrößen im kommerziellen Luftverkehr	82
5.2.1	Historische Entwicklung der Transportmittelgrößen	82
5.2.1.1	Entwicklung bis in die 1960er Jahre (Stark regulierte Luftverkehrsmärkte)	82

Inhaltsverzeichnis

5.2.1.2	Entwicklung in den 1970er und 1980er Jahren (Phase der Deregulierung)	84
5.2.1.3	Entwicklung ab den 1990er Jahren (weitere Deregulierung weltweit)	87
5.2.2	Absehbare weitere Entwicklungen der Transportmittelgrößen im Luftverkehr	88
5.3	Untersuchung Kostenfunktionen von Luftverkehrsunternehmen	89
5.3.1	Bisherige Forschungsergebnisse aus der Literatur	89
5.3.2	Erweiterung der bisherigen Untersuchungen	91
5.3.2.1	Listenpreise von kommerziellen Verkehrsflugzeugen	91
5.3.2.2	Betriebskosten von kommerziellen Verkehrsflugzeugen	93
5.4	Analyse des Einsatzes von Flugzeugtypen mit hoher Kapazität bezogen auf Hersteller und Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen	99
5.4.1	Allgemeine Überlegungen zum Wettbewerb der Flugzeughersteller	99
5.4.2	Airbus im Wettstreit mit Boeing im Bereich der Widebody-Flugzeuge	101
5.4.2.1	Einfluss langer Entwicklungszyklen neuer Flugzeugtypen	102
5.4.2.2	Effizienzgewinne bei kleineren Widebody-Flugzeugen oder Größenwachstum	103
5.4.2.3	Ökonomische Grenzen des Kapazitätswachstums von Flugzeugen am Beispiel des Airbus A380	106
5.4.3	Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen als Einflussfaktor auf die Nachfrage nach Flugzeugmodellen	109
5.4.3.1	Typologie von Geschäftsmodellen der Luftverkehrsunternehmen mit Langstreckenfluggerät	109
5.4.3.2	Einordnung des Airbus A380 in die Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen	111
5.4.3.3	Definition eines Attraktivitätsmaßes von Hubflughäfen zur Analyse der Wettbewerbsbedingungen von Luftverkehrsgesellschaften mit Langstreckenverkehren	113
5.4.3.4	Besondere Affinität von Luftverkehrsunternehmen mit reinem Langstreckengeschäftsmodell zum Airbus A380	115
5.5	Conclusio zum Bereich des Luftverkehrs	120
6	Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Eisenbahnverkehr	123
6.1	Einleitung	123
6.2	Technische Aspekte der Kapazität von Eisenbahnzügen	123
6.2.1	Die Achslasten und Zugmassen	125
6.2.2	Die maximale Zuglänge	126

Inhaltsverzeichnis

6.2.3	Die Begrenzung des Lichtraumprofils der Eisenbahnfahrzeuge	127
6.3	Größenentwicklung der Eisenbahntransportmittel	128
6.3.1	Entwicklung im Personenverkehr	128
6.3.2	Entwicklung im Güterverkehr	129
6.4	Entwicklungspotentiale der Transportmittelkapazität im Schienenverkehr . .	131
6.5	Conclusio zum Bereich des Eisenbahnverkehrs	135
7	Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Straßenverkehr	137
7.1	Allgemeines	137
7.2	Transportmittel im Straßengüterverkehr — Güterkraftfahrzeuge	137
7.2.1	Systematisierung von Güterkraftfahrzeugen	137
7.2.2	Genormte Transporteinheiten und Ladungsträger als determinierender Faktor für die Dimensionen von Güterkraftfahrzeugen	140
7.2.3	Derzeitige Limits für Abmessungen und Gewichte von Güterkraftfahrzeugen	141
7.3	Longer Combination Vehicles als Untergruppe der schweren Straßengüterkraftfahrzeuge	144
7.3.1	Einleitung	144
7.3.2	Schwere Standardgüterkraftfahrzeuge	146
7.3.3	Erweiterte schwere Standardgüterkraftfahrzeuge	147
7.3.4	Longer Combination Vehicles (LCV)	149
7.3.4.1	Longer Combination Vehicle der Klasse I	149
7.3.4.2	Longer Combination Vehicle der Klasse II	152
7.3.4.3	Longer Combination Vehicle der Klasse III	153
7.3.5	Technische Aspekte von Longer Combination Vehicles in Europa . .	153
7.3.5.1	Aspekte der Verkehrssicherheit von LCV	155
7.3.5.2	Aspekte der Schadstoffemissionen bzw. der Energieeffizienz	157
7.3.5.3	Aspekte der Lärmemissionen	158
7.3.5.4	Zusammenfassung	158
7.4	Untersuchung der Auswirkungen von Eurocombi-Fahrzeugen aus makroökonomischer Perspektive	158
7.4.1	Allgemeines zu den Auswirkungen der Steigerungen des Ladevolumens von Güterkraftfahrzeugen auf einzel- und gesamtwirtschaftlicher Ebene	159
7.4.1.1	Sendungsgrößen und die Kapazität von Güterkraftfahrzeugen	159
7.4.1.2	Kurz- und langfristige Auswirkungen der Steigerungen des Ladevolumens von Güterkraftfahrzeugen	162

Inhaltsverzeichnis

7.4.2	Kostenvergleichsrechnung zwischen einem Standardsattelzug und einem Eurocombi	164
7.4.3	Modell zur Abschätzung der Auswirkungen einer Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen im Straßengüterverkehr	170
7.4.3.1	Allgemeines zur Abschätzung von Auswirkungen der Zulassung von neuen Fahrzeugtypen	170
7.4.3.2	Ausgangsbasis für die Modellierung der Auswirkungen einer Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen im Straßengüterverkehrssektor	171
7.4.3.3	Verkehrsträgerübergreifende Modellkonfiguration und Eingangsdaten zur Modellierung	175
7.4.3.4	Ergebnisse der Modellierung der intermodalen Auswirkungen	180
7.4.3.5	Ergebnisse der Modellierung der intramodalen Auswirkungen	186
7.4.4	Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Nutzen und Kosten der Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen	190
7.4.4.1	Allgemeines der zu bewertenden gesamtwirtschaftlichen Kostenarten	190
7.4.4.2	Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Veränderung der internalisierten Kosten sowie der externen Schadstoff- und Klimakostenveränderungen	193
7.5	Abschätzung des Anteils an Eurocombi-Fahrzeugen bei Zulassung aus einer Mikro-Perspektive	198
7.5.1	Das Supply Chain Optimierungsprogramm PRODISI	198
7.5.2	Beschreibung des untersuchten Unternehmens	199
7.5.3	Ergebnisse der Modellierung	201
7.6	Bewertung des Einsatzes von Eurocombi-Fahrzeugen sowie Verbesserungsvorschläge	202
7.6.1	Befürworter und Gegner von Eurocombi-Fahrzeugen	202
7.6.1.1	Einführungsszenarien von Eurocombi-Fahrzeugen	205
7.6.2	Effizienzsteigerung im Einsatz von Eurocombi-Fahrzeugen und Reduktion der intermodalen Auswirkungen	206
7.7	Skaleneffekte im Straßenpersonenverkehr	206
7.8	Conclusio zum Bereich des Straßenverkehrs	208
8	Synthetische Betrachtung und Zusammenfassung	210
8.1	Zusammenfassung der Inhalte der einzelnen Kapitel	210
8.2	Wesentliche Erkenntnisse aus der Analyse des Kapazitätswachstums von Transportmitteln	211

Inhaltsverzeichnis

8.3	Ergebnisse aus der vertieften Analyse des Straßengüterverkehrs	213
8.4	Prognose des weiteren Wachstumsverlaufs der jeweiligen Verkehrsträger . . .	216
8.5	Conclusio	218
A	Ermittlung der Attraktivität von Hubs	221
B	Abgasgrenzwerte für neu zugelassene Nutzfahrzeuge und Busse	229
	Literaturverzeichnis	230

Abbildungsverzeichnis

3.1	Wichtige Einflüsse auf das Wachstum von Verkehrsleistungen und auf das Wachstum der Leistungsfähigkeit von Verkehrsunternehmen	47
3.2	Einflussfaktoren auf das Größenwachstum von Transportmitteln	49
3.3	Vergleich des Wachstums der Transportmittelkapazität	59
3.4	Vergleich des Anteils der größten Transportmittel im Transportmittelgesamtbestand im Fernverkehr	61
4.1	Containerschiffe mit der größten Kapazität im Zeitablauf	65
4.2	Die Verdrängung der größten Tankschiffe im Zeitablauf	67
4.3	Car-Carrier mit einer Kapazität von über 2.000 Stellplätzen im Zeitablauf . . .	68
4.4	Bestimmung der Gesamtkosten aus Schiffs-, Hafen-, Umschlags- und Lagerkosten	70
4.5	Trade-Off Situation von großen Transportmitteln zwischen Kosteneinsparungen und Risikokosten	79
5.1	Zu ihrer Zeit besonders kapazitätsstarke Passagierflugzeuge seit 1946	83
5.2	PanAm-Netzwerk von 1948	84
5.3	Continental Netzwerk von 1962	85
5.4	Continental Netzwerk von 1983	86
5.5	Flugbewegungen nach Flugzeuggrößenklassen in den USA	90
5.6	Flugzeugbetriebskosten pro Sitzmeile für unterschiedliche Flugdistanzen . . .	97
5.7	Auslieferungen und Bestellungen von Widebody-Flugzeugen	100
5.8	Auslieferungen und Bestellungen von Narrowbody-Flugzeugen	101
5.9	Entwicklung neuer Flugzeugtypen von Airbus und Boeing	103
5.10	Die Modellpaletten von Airbus und Boeing	104
5.11	Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Ostasien	117
5.12	Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Südostasien	118
5.13	Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Südasien	119
5.14	Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Australien	120

Abbildungsverzeichnis

6.1	Die Anfahrzugkraft bei einer Anfahrzugkraft von 309 kN in Abhängigkeit der Steigung	126
6.2	Die Kapazität von Personenfernverkehrszügen im internationalen Vergleich .	129
6.3	Doppelstock-Containerbeladung im Vergleich mit der derzeit gültigen Bezugslinie	134
7.1	Systematisierung von Strassengüterverkehrsfahrzeugen nach deren Größe . .	138
7.2	Systematisierung von Longer Combination Vehicles	145
7.3	Dimensionen von schweren Standardgüterkraftfahrzeugen	147
7.4	Dimensionen von erweiterten schweren Standardgüterkraftfahrzeugen	148
7.5	Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse I	151
7.6	Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse II	152
7.7	Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse III	154
7.8	Auslastung von deutschen Güterkraftfahrzeugen nach Volumen	162
7.9	Schematischer Transportkostenverlauf einer Sendung pro Tonne der Sendung bei Verfügbarkeit von zwei Fahrzeugtypen	168
7.10	Schematische Transportkostenverläufe einer Sendung bei Verfügbarkeit von zwei Fahrzeugtypen	169
7.11	Entwicklung der aggregierten Margen wenn Schienengütertransportunternehmen ihre Marktanteile durch Preissenkungen verteidigen	181
7.12	Entwicklung des Modal Splits im Gesamtmarkt wenn Schienengütertransportunternehmen ihre Marktanteile durch Preissenkungen verteidigen	182
7.13	Entwicklung der Konsumentenrente wenn Schienengütertransportunternehmen ihre Marktanteile durch Preissenkungen verteidigen	183
7.14	Entwicklung der aggregierten Margen wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen	184
7.15	Entwicklung des Modal Splits im Gesamtmarkt wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen	185
7.16	Entwicklung der Konsumentenrente wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen	185
7.17	Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistungen in tkm im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen	187
7.18	Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistungen in m^3 km im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen	188
7.19	Entwicklung der Fahrleistungen von Güterkraftfahrzeugklassen in Abhängigkeit der Verkehrsleistungsänderungen in tkm im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen	189
7.20	CO_2 -Emissionen von Güterkraftfahrzeugen (zGM 34-40 t)	193

Abbildungsverzeichnis

7.21	Anteil von Güterkraftfahrzeugen (zGM 34-40 t) der jeweiligen Schadstoff- klasse im Jahr 2010	194
7.22	Schadstoff- und Klimakostenveränderungen durch Eurocombi-Fahrzeuge in Deutschland	197
7.23	Veränderung der internalisierten Kosten durch Eurocombi-Fahrzeuge in Deutsch- land	198
7.24	Distributionsstruktur des untersuchten Konsumgüterherstellers	200
8.1	Prognose des weiteren Kapazitätswachstums von Transportmittel im Verkehrs- trägerevergleich	217

Tabellenverzeichnis

1.1	Energiekostenanteile bei Transportunternehmen der unterschiedlichen Verkehrsträger	21
5.1	Listenpreise für Boeing Widebody-Flugzeuge im Jahr 2007	93
5.2	Ergebnis der Schätzung der Flugzeug-Betriebskostenfunktion	96
5.3	Ergebnis der Schätzung der Flugzeug-Betriebskostenfunktion mit endogenen Pilotenkosten	98
5.4	Bestellungen für den Airbus A380	112
5.5	Langstreckenflüge pro 1.000 Einwohnern 2003	116
6.1	Wesentliche Infrastrukturparameter ausgewählter Länder für maximale Zuglängen und Zugmassen	124
7.1	Abmessungen von häufig eingesetzten ISO-Containern	140
7.2	Zulässige Lkw-Dimensionen in Europa	143
7.3	Zulässige Güterkraftfahrzeug-Dimensionen weltweit	144
7.4	Vergleich Nutzlastkapazitätserweiterung durch Eurocombi-Fahrzeuge	151
7.5	Durchschnittliche Auslastung von Straßengütertransportfahrzeugen in Deutschland, Großbritannien und Österreich	160
7.6	Auslastung von Straßengütertransportfahrzeugen in Deutschland und Großbritannien nach Größenklasse	161
7.7	Fahrzeugkostenvergleichsrechnung zwischen einem schweren Standardgüterkraftfahrzeug und einem Eurocombi	166
7.8	Fahrzeugbetriebskostenvergleichsrechnung pro Kilometer zwischen einem schweren Standardgüterkraftfahrzeug und einem Eurocombi	167
7.9	Leistungsdaten Güterkraftfahrzeuge über 30.000 kg zGM für Deutschland	173
7.10	Straßengüterverkehrsbezogene Eingangswerte der Modellierung	176
7.11	Eingangswerte für die verkehrsträgerübergreifende Modellierung	179
7.12	Sensitivitätsanalyse für die intermodalen Auswirkungen	186
7.13	Schadstoff- und CO ₂ -Emissionen von Güterkraftfahrzeugen pro Fahrzeugkilometer	195

Tabellenverzeichnis

7.14	Kostensätze für Schadstoff- und CO_2 -Emissionen Kraftfahrzeugen pro Fahrzeugkilometer	195
7.15	Kostenmäßige Auswirkungen von Eurocombi-Fahrzeugen	196
7.16	Ergebnisse (Fahrleistungen) der Mikro-Modellierung von Eurocombi-Fahrzeugen im Netz Liefernetzwerk eines Konsumgüterherstellers	201
7.17	Ergebnisse (Kosten) der Mikro-Modellierung von Eurocombi-Fahrzeugen im Netz Liefernetzwerk eines Konsumgüterherstellers	202
A.4	Abgasgrenzwerte für neue Lkw und Busse	229

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt des Dissertationsprojekts steht die Frage, welche Bedeutung das Ladekapazitätswachstum bei den vier klassischen Verkehrsträgern (Schiffs-, Luft-, Eisenbahn- und Straßenverkehr) hat und wie sich die einzelnen Verkehrsträger insbesondere hinsichtlich der Nutzung von Skaleneffekten entwickelt haben sowie welche Entwicklungsperspektiven für die einzelnen Verkehrsträger in einer langfristigen Perspektive vorliegen. Das ist insofern bedeutend, als dass Skaleneffekte im Verkehr als eine besonders wichtige Quelle für sinkende oder zumindest relativ konstante Transportkosten im Personen- und im Güterverkehr gesehen werden. Nach einer Untersuchung der vier klassischen Verkehrsträger wird konkret anhand des Straßengüterverkehrs untersucht, welche Auswirkungen eine Erweiterung der erlaubten Fahrzeugdimensionen über die derzeit gültigen Werte hinaus hätte. Diese Untersuchung wird für Deutschland konkret durchgeführt, da dort derzeit ein konkreter Diskurs über die Zulassung größerer Straßengüterkraftfahrzeuge geführt wird. Dabei wird eine gesamtwirtschaftliche Perspektive eingenommen und es werden die intra- und intermodalen Auswirkungen untersucht.

Abstract

The central point of the thesis is to enlighten the significance of the loading capacity of transport vehicles as a part of the transport system in the four classical transport modes shipping, air, railway and road transport. As the loading capacity is one of the main sources for cost degression of transport costs, a change in the transport capacity usually leads to economies of scale in pure transport. This has led to relatively constant real transport costs in passenger and goods transport in the past centuries, despite the increase of factor costs, in particular energy costs. The loading capacity of the transport vehicles shows a divergent development in the recent decades and it remains questionable, how this will continue in the long-run future. As in some European countries (in particular Germany) an increase in the maximum loading capacity of road transport vehicles is in intensive discussion, a focus of the thesis is on the economic evaluation of increasing maximum vehicle load and length.

Vorwort

Die Dissertation ist das Ergebnis einer über dreijährigen Beschäftigung mit dem Forschungsfeld, der auch einige der Dissertation vorauslaufende und bereits publizierte Artikel entsprungen sind.

Entgegen dem aktuellen Trend in der Wissenschaft zur extremen Spezialisierung innerhalb bereits sehr spezieller Fachgebiete, die sich natürlich vor allem bei Dissertationen stark äußert, versucht diese verkehrswissenschaftliche Arbeit größere Zusammenhänge aufzuzeigen. Aus der Perspektive eines Ökonomen wird die Frage in den Mittelpunkt gestellt, wie sich Verkehr auf sehr lange Frist (also mehrere Jahrzehnte) entwickeln könnte. Die ökonomische Sichtweise ist in diesem Punkt ein besonderer Vorteil, weil viele theoretische Konzepte in diesem Bereich unabhängig von technischen Neuerungen Bestand haben und daher von dieser Seite eine solide Basis für Prognosen gegeben ist.

Eine Dissertation zu verfassen ist ein größeres Projekt im Leben und ohne optimale Rahmenbedingungen in verschiedenen Bereichen kaum zu schaffen.

Für die Rahmenbedingungen im wissenschaftlichen Bereich gilt mein größter Dank Herrn Univ.-Prof. Dr. Sebastian Kummer, Vorstand des Instituts für Transportwirtschaft und Logistik der Wirtschaftsuniversität Wien. In meinen knapp vier Jahren als einer seiner Assistenten hat er meine Meinung immer respektiert, mir viel Verantwortung übertragen und mir die Mitwirkung an äußerst interessanten Projekten ermöglicht. Er hat aber darüber hinaus vor allem die Struktur meines Denkens verbessert und mich zu einem kritischen und wissenschaftlichen Denkstil gebracht.

Für die Übernahme der Zweitbeurteilung der Dissertation danke ich ao. Univ.-Prof. Dr. Alfred Stiassny vom Institut für Quantitative Volkswirtschaftslehre der Wirtschaftsuniversität Wien.

Die anregenden Diskussionen mit meinem Kollegen Jan-Philipp Schlaak leisteten wesentlichen konzeptionellen und inhaltlichen Beitrag zur Entstehung der Arbeit. Mit ihm verbinden mich auch etwas mehr als drei wundervolle Assistentenjahre, bei denen wir mindestens ein Netto-Jahr ausschließlich über Transport und Verkehr diskutiert und noch mehr philosophiert haben.

Tabellenverzeichnis

Am Institut begleiteten mich viele Kolleginnen und Kollegen, teilweise bis tief in viele Nächte hinein, wenn es beispielsweise um die Fertigstellung eines neuen Artikels oder eines Projektes ging. Besonderer Dank daher an Marcus Einbock, Saskia Kauder, Brigitta Riebesmeier, Hans-Joachim Schramm und Irene Sudy. Meine Neugierde und mein ständiges Auftauchen zu ungünstigen Zeitpunkten bemerkte vor allem das Sekretariat mit Claudia Gottwald und Isabel Kvitek, die mir aber trotzdem immer hilfsbereit und kompetent zur Seite standen. Hinzu die ausgezeichnete materielle und institutionelle Infrastruktur, die mir als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Wirtschaftsuniversität Wien zur Verfügung stand.

Die mühsame erste sprachliche Korrektur der Dissertation übernahm Louise Kubelka, was bei einem etwas legasthenisch veranlagten Verfasser eine besondere Herausforderung darstellt. Noch bedeutender als Ihre Unterstützung bei der Korrektur ist aber ihr ehrliches Verständnis und ihre Toleranz für meine leidenschaftliche Einstellung zu meinem Beruf.

Retrospektiv betrachtet war meine Assistentenzeit an der Wirtschaftsuniversität ein fantastischer Lebensabschnitt, der mich in wissenschaftlicher, beruflicher aber vor allem auch menschlicher Sicht einen großen Schritt vorangebracht hat.

1 Einführung

Die vorliegende Arbeit stellt dar, wie sich die einzelnen Verkehrsträger hinsichtlich der Nutzung von Skaleneffekten bei Transportmitteln entwickelt haben und welche Entwicklungsperspektiven für die einzelnen Verkehrsträger vorliegen. Daraus abgeleitet wird konkret anhand des Straßengüterverkehrs untersucht, welche Auswirkungen eine Erhöhung der erlaubten Ladekapazität über die derzeit in Europa gültigen Werte hinaus hätte. Dabei werden unterschiedliche Perspektiven untersucht und analysiert, nämlich die einzelwirtschaftliche (Transportunternehmen und Verloader) als auch eine gesamtwirtschaftliche bzw. verkehrspolitische Perspektive.

1.1 Positionierung der Arbeit in der verkehrswirtschaftlichen Forschung

Die gewählte Thematik stammt aus der Disziplin der Verkehrswissenschaft und fokussiert in diesem Bereich auf wirtschaftswissenschaftliche Fragestellungen.¹

Mit dem weltweiten Anwachsen der Mobilität von Personen und Gütern ging in den vergangenen Jahrzehnten eine starke Steigerung der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen einher. In fast allen Teilsystemen des Personen- und Güterverkehrs über die Verkehrsträger hinweg ist die Verkehrs- und auch die Fahr- bzw. Flugleistung stark angestiegen.² Trotz der starken Steigerungen der Faktorkosten, insbesondere im Bereich Energie und Personal in den vergangenen Jahrzehnten, sind die Preise für Transportleistungen, je nach Verkehrsträger, real nur leicht gestiegen und teilweise sogar konstant geblieben oder sogar leicht gesunken.³ Das lässt starke Steigerungen der Produktivität von Verkehrssystemen vermuten, teilweise sogar in größerem Ausmaß als die Nachfrage nach Transportleistungen. Bleibt auch in Zukunft ein ähnlicher Wachstumstrend bei den Verkehrsleistungen bestehen, so sind weitere Effizienzverbesserungen der Verkehrssysteme nahezu unerlässlich.

¹Vgl. Kummer (2006), S. 20.

²Vgl. Wallace (1963) und Rodrigue u. a. (2006), S. 15ff.

³Vgl. Hummels (1999).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

Nicht nur die globalen Auswirkungen des Verkehrs (Klimawandel, Luftverschmutzung) sondern auch die lokalen Auswirkungen des Verkehrs (Lärmemissionen, Verkehrsunfälle, Feinstaub) haben dazu geführt, dass technische Neuerungen aber auch Veränderungen von rechtlichen Rahmenbedingungen im Verkehr von der Öffentlichkeit besonders aufmerksam verfolgt werden. Dies gilt vor allem für die Verkehrsinfrastruktur, bei der sich Genehmigungsverfahren immer komplexer und zeitaufwändiger zeigen. So haben beispielsweise die Vorbereitungen und die notwendigen Genehmigungsverfahren für eine dritte Start- und Landebahn am Flughafen Wien bereits 1998 begonnen, wobei ein Baubeginn frühestens 2009 oder 2010 anvisiert wird. Auch im Straßen- und Schienenverkehr wird die Umsetzungsphase neuer Infrastrukturprojekte, vor allem der Kantenprojekte, immer schwieriger und länger.⁴ Es wird daher immer häufiger nach Möglichkeiten gesucht, wie die Leistungsfähigkeit und auch die Effizienz von Verkehrssystemen gesteigert werden kann, ohne großen Anpassungsbedarf an der Infrastruktur in Kauf nehmen zu müssen.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen aber nicht die Erweiterungsmöglichkeiten der Verkehrsinfrastruktur, sondern vielmehr die Transportmittel.⁵ Darunter werden die mobilen Produktionsmittel verstanden, die für die zur Produktion von Verkehrsleistungen notwendige Bewegung von Gütern und Personen verantwortlich sind.⁶ Transportmittel stellen somit einen wesentlichen verkehrswirtschaftlichen Produktionsfaktor dar und sind vor allem bei den Verkehrsträgern ohne aufwendige Kanteninfrastruktur (Luft- und Schiffsverkehr) in der Regel sogar dominierend. Die Infrastruktur als Gesamtheit der ortsfesten Anlagen ist aus den Überlegungen insofern nicht ausgeschlossen, als dass es Wechselwirkungen zwischen den Transportmitteln und der Infrastruktur gibt, die berücksichtigt werden müssen.

Zur Charakterisierung von Unternehmen bzw. ganzer Branchen zeigen sich Produktions- und Herstellungskosten und Kostenstrukturen von herausragender Bedeutung. Die Eigenschaften und Verläufe der Kosten sind entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von einzelnen Unternehmen und auch für die Marktstruktur auf der Anbieterseite insgesamt. Zur Analyse von Kosten werden deren Eigenschaften in der Arbeit untersucht und beschrieben. Einige dieser Eigenschaften von Kostenfunktionen, die auch in der nachfolgenden Analyse verwendet werden und eine besondere Rolle bei Unternehmen im Verkehrsbereich spielen, herausgearbeitet. Die früheste zusammenfassende Arbeit zur Analyse von Kosteneigenschaften von Unternehmen stammt von *Viner*.⁷

Analysen von Kosten werden in der Literatur sehr häufig auf einer aggregierten Ebene mit Hilfe von statistischen Kostenfunktionen durchgeführt. Der Verkehrsbereich ist einer der klas-

⁴Vgl. die Auswirkungen einer langen Projektdauer auf die Projektkosten Flyvbjerg u. a. (2004), S. 4ff.

⁵Vgl. auch für weitere Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Transportmitteln Rodrigue u. a. (2006), S. 12.

⁶Vgl. Ammoser und Hoppe (2006), S. 30f sowie Kummer (2006), S. 43.

⁷Viner (1931).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

sischen Anwendungsbereiche für solche Analysen, häufig geschahen diese Analysen im Zuge von Überlegungen zur Liberalisierung von Verkehrsmärkten. Weitere Gründe für diese Untersuchungen liegen beispielsweise in Fragen der Preisgestaltung sowie von Subventionsstrukturen und Regulierungsmaßnahmen. Diese Herangehensweise eignet sich für diese Fragestellungen gut, da Skaleneffekte aus der Produktions- bzw. Kostenfunktion eines Unternehmens abgeleitet werden. Die einzelnen Einflussfaktoren auf diese Skaleneffekte spielen in diesen Fällen aber nur eine untergeordnete Rolle.

An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an. Es wird eine andere Perspektive gewählt und untersucht, welche Einflüsse auf die Kosten von Transportunternehmen wirken und es wird dabei besonders auf die Transportmittel als wesentlicher Einflussfaktor eingegangen.⁸ Die Arbeit wählt dabei eine verkehrsträgerübergreifende Sichtweise. Es sollen Analogien und Unterschiede zwischen den Verkehrsträgern herausgearbeitet werden. Damit steht nicht so sehr die Analyse ganzer Unternehmen (Industriezweige) sondern die Rolle von Transportmitteln im Produktionsgefüge von Verkehrsunternehmen⁹ im Vordergrund.

Die zentrale These dieser Arbeit ist, dass der Einsatz kapazitätsstärkerer (größerer) Transportmittel grundsätzlich die Möglichkeit einer Kostendegression bietet, diese aber je nach Verkehrsträger unterschiedlichen Wirkungsmechanismen auf die gesamten Produktionskosten und damit auch auf die Eigenschaften der Gesamtkostenfunktionen unterliegt. In weiterer Folge ist die Umsetzung dieses Kosteneinsparungspotenzials auf dem Transportmarkt von vielen weiteren Faktoren abhängig, unter anderem von den Präferenzen der Nachfrager, von Einflüssen anderer, transportmarktnaher Teilmärkte wie dem Sekundärmarkt für gebrauchte Transportmittel bis hin zu nicht-marktlichen Randbedingungen. Diese Mechanismen gilt es zu untersuchen.

Das Wachstum der Ladekapazität von Transportmitteln hat die Entwicklung einzelner Verkehrsträger nachhaltig geprägt und prägt sie heute noch. Im Seeverkehr ist der Boom der Containerschiffahrt nicht zuletzt durch das starke Wachstum der Schiffsgrößen beeinflusst.¹⁰ Im Luftverkehr steht die Einführung eines bedeutend größeren Transportmittels unmittelbar bevor, wenn der Airbus A380 nach 40 Jahren die Boeing 747 als größtes Passagierflugzeug der Welt ablöst.

Die Bedeutung der Untersuchung von Skaleneffekten und deren Nutzungsmöglichkeiten ist vielfältig. Nicht nur für Verkehrsunternehmen und Hersteller von Transportmitteln sind solche Entwicklungen wichtig, auch die Verkehrspolitik benötigt Entscheidungsgrundlagen, wenn

⁸Einen Zugang über die Analyse von unterschiedlichen Kostenaspekten bei Transportunternehmen („Transport Carrier Costing“) wählt Talley (1988).

⁹Zum Begriff der Verkehrsunternehmen siehe Kummer (2006), S. 32.

¹⁰Bis 1995 waren die größten Schiffe in der Lage, maximal rund 5.000 TEU zu laden. Derzeit sind schon Schiffe mit einer Kapazität von rund 12.000 TEU Ladekapazität im Dienst, vgl. Nagl (2007a).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

zum Beispiel neue Technologien im Verkehr zugelassen werden sollen. Gerade am Beispiel der Zulassung längerer und schwerer Nutzfahrzeuge im Straßengüterverkehr zeigt sich die politische Komponente als letztlich entscheidend für deren Zulassung.

Dem Trend zum Größenwachstum von Transportmitteln steht ein Trend zur Individualisierung bezogen auf die einzelnen Transportobjekte gegenüber. Dieser Individualisierungstrend hat dazu geführt, dass eine Bündelung der Transportobjekte zur Nutzung großer Transportmittel in bestimmten Segmenten immer schwieriger wurde und es dadurch beispielsweise zu einem starken Anstieg des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auf der Straße kam. Es entstand generell eine starke Ausdifferenzierung der Verkehrsnachfrage, mit der durch den MIV geprägten starken Individualisierung einerseits und einer durch große Containerschiffe und Flugzeuge symbolisierten starken Bündelung andererseits. In der modernen Verkehrswirtschaft stehen diese Trends nebeneinander und es bilden sich daraus die heute bekannten, höchst individualisierten, Transportketten.

1.2 Problemstellung

Vergrößert man die Ladekapazität eines Transportmittels, so lassen sich aufgrund technischer Eigenschaften wie beispielsweise dem Luft- oder Rollwiderstand Ressourceneinsparungen bezogen auf den reinen Transportvorgang erzielen.

Charakteristisch für den Verkehr ist ein besonders hoher Anteil des Inputfaktors Energie. Das hat in weiterer Folge auch zu den mittlerweile kaum mehr zu leugnenden langfristigen negativen Umweltauswirkungen durch die Verbrennung von fossilen Treibstoffen und die damit verbundene Freisetzung von Schadstoffen im Verkehr geführt.

Im Straßengüterverkehr liegt der Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten bei rund 33 %¹¹, im Omnibusverkehr zwischen 20 und 30 %¹². Der Luftverkehr hat einen Energiekostenanteil von ungefähr 20 %¹³. Im Vergleich zum Straßenverkehr ist allerdings auf die fehlende Besteuerung von Flugtreibstoff (Kerosin) hinzuweisen. Im Schienenverkehr liegen die Energiekosten ebenso bei annähernd 20 %¹⁴. Im Schiffsverkehr haben die Energiekosten

¹¹Ermittelt in einer Fahrzeugkostenrechnung für einen konventionellen Sattelschlepper.

¹²Vgl. Keller u. a. (2006), S. 67. Die Energiekosten sind abhängig von der gewählten Antriebsart, v.a. im Stadtverkehr werden häufig Gas- oder O-Busse eingesetzt.

¹³Verhältnis „gesamte Betriebskosten“ zu „Treibstoffkosten“ im Jahr 2005 beispielhaft herangezogen für die Lufthansa 19,5 % (Lufthansa Geschäftsbericht 2005, S. 57.), Austrian Airlines 17,7 % (Austrian Airlines Geschäftsbericht 2005, S. 26), Swiss 20,12 % (SWISS Finanzbericht 2005, Bilanzpräsentation bei Hauptversammlung).

¹⁴Ermittelt über eine Eisenbahnkalkulation für modellhafte Zugkompositionen, darunter ein Nahverkehrs-, ein Fernverkehrs- und ein Güterzug.

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

Verkehrsmodus	Anteil Energiekosten an Betriebskosten
Gewerblicher Straßengüterverkehr	33 %
Omnibusverkehr	20 – 30 %
Eisenbahnverkehr	20 %
Luftverkehr	20 %
Schiffsverkehr	25 – 30 %

Tabelle 1.1: Energiekostenanteile bei Transportunternehmen der unterschiedlichen Verkehrsträger
(Quelle: Eigene Berechnungen)

ebenso eine hohe Bedeutung und liegen bei einem Anteil von rund 25 – 30 % an den Betriebskosten.¹⁵ Zu beachten ist auch, dass die Energiekosten nicht nur für den Antrieb, sondern auch für Klimatisierung und andere Nebenverbraucher aufgewendet werden. Zusammenfassend sind die Werte in Tabelle 1.1 dargestellt.

Neben der hohen Bedeutung des Inputs „Energie“ bei der Produktion von Transportleistungen, sind im Transport vor allem Personal- und Kapitalkosten von Bedeutung. Die nur degressive Zunahme weiterer Inputmengen bei zunehmender Transportmittelgröße und die daraus folgende Kostendegression bei steigender Transportmittelgröße haben zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit der Transportsysteme geführt und gleichzeitig damit die sehr moderate Entwicklung der Transportkosten ermöglicht. Das heutige Luftverkehrsaufkommen könnte kaum mit 50-sitzigen Propellermaschinen der 1950er Jahre abgewickelt werden. Durch die Nutzung von Skaleneffekten im reinen Transport sind die Verkehrssysteme in der Lage, steigende Kosten für die notwendigen Produktionsfaktoren zu kompensieren. Dieser Sachverhalt hat sich in der Vergangenheit schon mehrfach gezeigt. Beispielsweise konnte im Luftverkehr der 1970er und vor allem 1980er Jahre der Flugticketpreis trotz stark steigenden Treibstoffkosten aufgrund der zu dieser Zeit verfügbaren größeren Flugzeuge konstant gehalten werden.¹⁶

Nachdem das Wachstum der Transportmittelkapazitäten in der Vergangenheit bisher eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Verkehrssysteme gespielt hat, stellt sich die Frage, welche Potentiale noch im Wachstum von Transportmittelgrößen liegen und welche Bedeutung diesem Faktor bei der weiteren Entwicklung der Transportwirtschaft zukommt.

Auch für die Zukunft gehen Prognosen davon aus, dass der Output im Personen- wie auch im Güterverkehr weiter steigen wird.¹⁷ Ohne weiteres Wachstum in der Leistungsfähigkeit

¹⁵Vgl. Stopford (1997), S. 166ff.

¹⁶Vgl. Lee u. a. (2001), Doganis (2002), S. 12 und Pompl (2007), S. 402f.

¹⁷Beispielhaft vgl. für Europa Ickert u. a. (2004), S. 25ff und für den Luftverkehr Cabtree u. a. (2006) sowie Airbus (2006), S. 31f und Boeing (2006), S. 21ff.

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

unserer Verkehrssysteme können diese Steigerungen kaum bewältigt werden.

Betrachtet man alleine die schon beschriebene hohe Bedeutung des Inputs „Energie“ in einer weiteren Perspektive, so zeigt sich, dass im Jahr 2005 bereits 57,7 % des weltweiten Erdölverbrauchs im Transport anfielen und eine steigende Tendenz dieser Größe feststellbar ist.¹⁸ Schon beim heutigen Niveau an Verkehrsleistungen wäre es höchst erstrebenswert, dass mit dieser Energie so effizient wie möglich umgegangen wird, bei zukünftigem Steigen der Nachfrage nach Transportleistungen wird dies noch bedeutender. Der im Vergleich zu anderen Ländern hohe Energieverbrauch pro Kopf der USA wird vor allem auf den Verkehrsbereich zurückgeführt.¹⁹ Die geopolitischen Auswirkungen der US-amerikanischen, europäischen und jüngst auch chinesischen Abhängigkeit von Erdöl sind evident. Der Leistungsfähigkeit und Effizienz unserer Verkehrssysteme kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Steigen die Energiekosten weiter, steigt der Druck Wege zu finden, die Energieeffizienz des Transports weiter zu erhöhen. Eine wichtige Möglichkeit ist die schon beschriebene Kompensation der steigenden Faktorkosten durch weitere Ausnutzung von Skaleneffekten im Bereich der Transportmittel.

1.3 Themenfokussierung und Forschungsfrage

In vielen Ländern der Welt steigen die Verkehrsleistungen im Personen- und im Güterverkehr trotz der Produktivitätsfortschritte der Verkehrssysteme noch immer mit einer Transportelastizität von > 1 zum BIP. Die realen Transportkosten haben sich jedoch, wie schon beschrieben, in den meisten Verkehrsträgern nicht wesentlich erhöht. Ein Großteil der bisher erzielten Produktivitätsgewinne und damit in weiterer Folge günstigeren Produktionskosten stammt — so die Hypothese — aus der Nutzung von Skaleneffekten durch das Kapazitätswachstum von Transportmitteln in den unterschiedlichen Verkehrsmodi. Es ist daher von besonderem Interesse die ökonomischen Wirkungsmechanismen hinter dem Kapazitätswachstum von Transportmitteln genauer zu untersuchen. Es stellt sich daher vor allem die Frage: Wie wirkt das Ladekapazitätswachstum von Transportmitteln auf das Angebot von Transportleistungen von Verkehrsunternehmen und welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten sind bei den vier klassischen Verkehrsträgern zu beobachten?

Aus dieser Frage abgeleitet wird dann geklärt, wie diese Wirkungsmechanismen zu systematisieren sind, und ob und wie die unterschiedlichen Verkehrsträger differierende Muster aufweisen. Daraus werden Analogien gebildet und untersucht, ob Erfahrungen aus einem Verkehrsträger auf einen anderen Verkehrsträger übertragen werden können.

¹⁸IEA (2006), S. 33.

¹⁹Vgl. RWE (2005), S. 10.

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

Die Ergebnisse der Arbeit sind auf mehreren Ebenen angesiedelt: Einerseits werden Einblicke in die Bestimmungsfaktoren für die Ausnutzung von Skaleneffekten unterschiedlicher Ausprägung bei den Verkehrsträgern erarbeitet. Stellt man diese einander gegenüber, kann daraus abgeleitet werden, welche Entwicklungspfade die relativen Preise der einzelnen Verkehrsträger nehmen, wenn man die mögliche Kostendegression durch Kapazitätswachstum von Transportmitteln als eine wesentliche Bestimmungsgröße für den Ressourcenverzehr und die daraus folgende Stückkostendegression akzeptiert. Die daraus ableitbaren Erkenntnisse sind überaus interessant: Sie zeigen nämlich, welche Verkehrsträger in Zukunft relativ teurer oder günstiger werden bzw. welches Potenzial aus der Ausnutzung von Kostendegressionen im reinen Transport noch zu erwarten ist. Einerseits ist dies für die Verkehrspolitik in Bezug auf die Reduzierung von Engpässen oder dem Bau von Infrastruktur von besonderem Interesse. Aber auch die Hersteller von Transportmitteln, die Bauunternehmen wie auch die Verkehrsunternehmen haben Interesse an solchen Überlegungen.

Da im Straßengüterverkehr eine Kapazitätserhöhung von Transportmitteln derzeit verstärkt in Diskussion steht, wird auf diesen Bereich ein Schwerpunkt gelegt. Das bietet die Möglichkeit neben den für alle Verkehrsträger zu untersuchenden allgemeinen Wirkungszusammenhängen auch anhand eines konkreten Beispiels in einer tiefergehenden Analyse die Auswirkungen des Größenwachstums von Transportmitteln zu analysieren. In der detaillierten Analyse des Straßengüterverkehrs werden daher mehrere Ebenen betrachtet. Diese umfassen die einzelwirtschaftliche Ebene mit den Transportunternehmen sowie den Verladern aus einer Netzperspektive, intermodale Effekte vor allem zum Eisenbahntransport und externe Effekte (Umweltwirkungen). Zusätzliche Aktualität gewinnt die Thematik im Straßengüterverkehr durch einen Testbetrieb in den Niederlanden, bei dem längere und schwerere Güterkraftfahrzeuge mit einer Fahrzeuglänge bis nahezu 26 m und einem Gesamtgewicht von bis zu 60 Tonnen eingesetzt werden.

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass eine größere Ladekapazität von Transportmitteln einen wichtigen Weg darstellt, die Effizienz und Produktivität von Verkehrssystemen zu verbessern. Welche Wirkungsmechanismen hinter dem Wachstum von Transportmitteln stehen, wie Transportmärkte dieses Wachstum umsetzen und welche Rahmenbedingungen für das Größenwachstum von Bedeutung sind, bilden den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Das Ziel der Arbeit ist eine Erkenntnis darüber, wie hoch das weitere Wachstumspotenzial der Transportmittel im Personen- und Güterverkehr ist und mit welchen Zeithorizonten dieses Wachstum realisierbar ist. Der Straßengüterverkehr wird einer näheren Analyse unterzogen, wobei anhand der konkreten Situation der möglichen Zulassung von größeren und schwereren Güterkraftfahrzeugen in Deutschland die Auswirkungen untersucht werden.

1.4 Forschungsmethodik und Struktur der Arbeit

Zur Klärung der allgemeinen Fragestellungen aus einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive wird auf Basis einer Literaturanalyse in *Kapitel 2* eine Einordnung des Themenbereiches Kosten und Kostenfunktionen von Transportunternehmen in die allgemeine ökonomische Theorie vorgenommen. Dieser Teil der Arbeit ist von allgemeinerem Charakter, nimmt jedoch Bezug auf die Anwendbarkeit für die später folgenden Analysen. Im Mittelpunkt stehen die Konzepte der Größenvorteile (Economies of Scale), Dichtevorteile (Economies of Density), Verbundvorteile (Economies of Scope), Kosteneffekte der vertikalen Integration, Subadditivität, dynamische Größenvorteile (Lernkurveneffekte) sowie auch Netzeffekte.

Um die Wirkungszusammenhänge von Transportmitteln auf Skaleneffekte bestimmen zu können und bei der Untersuchung der einzelnen Verkehrsträger systematisch vorgehen zu können, wird in *Kapitel 3* ein Bezugsrahmen entwickelt, der die Analyse der unterschiedlichen Verkehrsträger systematisiert sowie Einflussgrößen auf das Transportmittelwachstum darstellt und in Zusammenhang setzt. Diese unterschiedlichen Einflussfaktoren auf das Wachstum der Transportmittelgrößen werden dann in weiterer Folge auf ihre Zusammenhänge geprüft und in einer langfristigen Perspektive für die einzelnen Verkehrsträger untersucht. Dazu zählt auch die Herausarbeitung der Determinanten für weitere Entwicklungssprünge in den Transportmittelgrößen und eine vergleichende Analyse des Transportmittelwachstums. Das Kapitel 3 schließt mit einem Teil zu Prognosemöglichkeiten von weiterem Kapazitätswachstum von Transportmitteln.

In den Kapiteln 4-7 wird für die vier Verkehrsträger Schiffs-, Luft-, Straßen- und Eisenbahnverkehr eine getrennte Untersuchung über das Wachstum der Kapazität von Transportmittel vorgenommen. Unter dem Aspekt des Analysezeitraums betrachtet wird eine langfristige Perspektive eingenommen, da die Wachstumsverläufe vielfach über einen größeren Zeitraum hinweg stattgefunden haben und Beobachtungen über die Auswirkungen neuer Transportmitteln erst nach längerer Zeit möglich sind. Das hängt mit dem langen Zeitraum zusammen, der für die Diffundierung neuer Transporttechnologien in die Märkte notwendig ist.

In *Kapitel 4* wird der Verkehrsträger Schifffahrt behandelt, da dort einige Randbedingungen vorliegen, die eine Analyse des Kapazitätswachstums erleichtern. Es existiert ein Bereich in der ökonomischen Literatur zum Schiffsverkehr zur Bestimmung der Größe von Schiffen, bei dem mittels unterschiedlich verlaufenden Funktionen (Schiffskosten, Hafenkosten, Kosten von Wartezeiten, etc.) eine Optimalgröße des Schiffes aus Kostengesichtspunkten bestimmt werden kann.²⁰

²⁰Vgl. Kendall (1972), Jansson und Shneerson (1978), Jansson und Shneerson (1982), Jansson und Shneerson (1985), Garrod und Miklius (1985) sowie Talley (1990).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

Am Beispiel des Luftverkehrs wird in *Kapitel 5* die Analyse des Schiffsverkehrs erweitert und vertieft.²¹

Kapitel 6 umfasst die Analyse des Eisenbahnverkehrs hinsichtlich des Kapazitätswachstums. Gerade im Eisenbahnverkehr sind Konzepte wie die Doppelstockbeladung mit Containern besonders vielversprechend und werden in Indien und China forciert, nachdem in den USA schon seit einigen Jahrzehnten große Erfolge mit Doppelstockbeladung erzielt werden.

Das *Kapitel 7* bildet den Schwerpunkt der Analyse mit der Untersuchung der Entwicklung der Fahrzeuggrößen im Straßenverkehr wobei der Fokus auf dem Straßengüterverkehr liegt. Dieser wird zunächst aus stärker aggregierter Perspektive untersucht, um für die allgemeine Analyse brauchbare Vergleichswerte erzielen zu können. Es wird dabei im Personen- wie auch im Güterverkehr auf die Determinanten und begrenzenden Faktoren des Wachstums der Transportmittel im Straßenverkehr eingegangen.

Bei der Analyse des Straßengüterverkehrs wird dann zusätzlich auch stärker mikroskopisch vorgegangen und ein Fokus auf einen kurzfristigeren und damit konkreteren Analysehorizont gelegt. Die in vielen Ländern Europas, darunter Niederlande und Deutschland, derzeit diskutierte Zulassung von vor allem in der Länge größeren Güterkraftfahrzeugen wird dabei zum Anlass genommen, die Entscheidungssituation für die Zulassung größerer Fahrzeuge aus ökonomischer Perspektive genauer zu untersuchen.²² Die Notwendigkeit der genaueren Untersuchung eines Verkehrsträgers besteht auch in der Absicherung der Ergebnisse, die auf aggregierter Ebene für alle Verkehrsträger erzielt werden. Weiters hat die Analyse zum Ziel, Entscheidungsgrundlagen für den konkreten Fall einer Zulassung von größeren und schwereren Güterkraftfahrzeugen in Deutschland und in weiterer Folge für andere Länder zu schaffen.

Diese Frage der Zulassung größerer und schwerer Güterkraftfahrzeuge ist vieldimensional und umfasst neben den ökonomischen Wirkungen aus einzel- und gesamtwirtschaftlicher Sicht vor allem auch ökologische und wettbewerbsrelevante Fragestellungen. Vor allem die Wettbewerbsposition der Schiene ist durch die Zulassung einer besseren Technologie im Straßenverkehr betroffen. Neben der Evaluierung der internationalen Erfahrungen, der Darstellung technischer Fragestellungen und der Analyse der Zusammenhänge mit den zu transportierenden Gütern erfolgt eine Modellierung der bei einer Zulassung solcher Fahrzeuge zu erwartenden Verschiebung in den Verkehrsleistungen der zueinander im Wettbewerb stehenden Verkehrsträger Straße, Eisenbahn und Binnenschiff. Zudem erfolgt eine Modellierung größerer und schwerer Güterkraftfahrzeuge innerhalb eines Transportnetzwerkes von einem Unternehmen.

²¹Die Analyse des Luftverkehrs ist von besonders zentralem Interesse, da innerhalb des Transportsektors in den letzten 15-20 Jahren eine Verschiebung der relativen Bedeutung gemessen an der Wertschöpfung vom Gütertransport hin zum Personentransport stattgefunden hat und im Luftverkehr der Personenverkehr besonders bedeutend ist. Vgl. Lahiri u. a. (2003), S. 3.

²²Vorarbeiten dazu finden sich in Nagl (2007a) und Nagl (2007b).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

In der Synthese und Zusammenfassung des *Kapitels 8* werden die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit verkehrsträgerübergreifend zusammengefasst und in Bezug zueinander gestellt. Abschließend wird eine vergleichende Prognose der weiteren Entwicklung des Kapazitätswachstums der Verkehrsträger versucht.

1.5 Begrifflichkeiten

Für die in der Arbeit verwendete Terminologie hinsichtlich der Anwendung der Begriffe „Transport“ und „Verkehr“ wird auf die bei *Ihde* und *Kummer* ausführlich vorgenommenen Definitionen zurückgegriffen.²³ Demnach wird unter Transport selbst lediglich die tatsächliche Raumüberwindung gesehen, während Verkehr weiter gefasst wird mit „allen Maßnahmen, die der Ortsveränderung von Personen, Gütern und Nachrichten dienen.“ Daraus ergibt sich die Verwendung des Begriffes der *Transportmittel*, die als „technische Einrichtungen zur Beförderung von Personen und Gütern zu Lande, zu Wasser und in der Luft (im Weltraum)“ definiert sind.²⁴ Ein *Verkehrssystem* beschreibt das Zusammenwirken der technischen und organisatorischen Einrichtungen, die der Raumüberwindung von Personen und Gütern dienen.

Der Begriff *Größenwachstum* bezieht sich auf die Kapazität der Transportmittel, gemessen in der jeweils für das jeweilige Transportmittel spezifisch wichtigsten Größe. Die Kapazität von Transportmitteln kann auf zwei Arten bestimmt werden²⁵:

- Die (statische) Kapazität oder Ladekapazität eines Transportmittels ist jene Personen- oder Gütermenge, die bei einem einmaligen Transportvorgang maximal transportiert werden kann.
- Die Produktivität (oder dynamische Kapazität) ist jene Gütermenge, die von einem Transportmittel als Teil eines Verkehrssystems in einem bestimmten Zeitraum maximal transportiert werden kann.²⁶

Demnach fließt bei der Produktivität auch die Transportgeschwindigkeit des Transportmittels sowie die Umschlaggeschwindigkeit mit ein. Die Produktivität ist damit eine Art von dynamischer Kapazitätsbetrachtung des Transportmittels. Die Kapazität ist vor allem durch

²³Vgl. *Ihde* (2001) und *Kummer* (2006).

²⁴*Voigt* (1973), S. 37 definiert das als „Verkehrsmittel“. *Voigt* zählt in seiner eigentlichen Definition auch noch die Nachrichtenübermittlung hinzu. Dies erscheint aber in modernen Sichtweisen durch die elektronische Übermittlung nicht mehr zeitgemäß, da kein physischer Transport mehr erfolgt.

²⁵Für die hier verwendete Terminologie von Produktivität, Effizienz und Effektivität vergleiche *Easterfield* (1964) und *Vuchic* (2005), S. 11ff.

²⁶Vgl. *Farrell* (1957) und *McQuie* (1971).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

technische und physikalische Rahmenbedingungen begrenzt. Die Produktivität hingegen umfasst mehrere Trade-offs, beispielsweise die längeren Umschlagszeiten, die größerer Transportmittelkapazität gegenüberstehen.

Es wird daher in der Arbeit unter „Größenwachstum“ eine Zunahme der Kapazität der jeweils größten in verbreitetem kommerziellen Betrieb eingesetzten Transportmittel verstanden.

Im folgenden wird bei der Beschreibung von Massen, im Bewußtsein der aus physikalischer Sicht nicht korrekten Terminologie, synonym auch der Begriff „Gewicht“ verwendet. Eine „Tonne“ ist daher das von der Masse einer Tonne aufgebrachte Gewicht, welches 9,8 Kilo-Newton (kN) entspricht.

1.6 Grundsätzlicher Umgang mit Fragen des Verkehrswachstums

Das weltweit steigende Verkehrsaufkommen im Personen- wie auch im Güterverkehr geht Hand in Hand mit einer ständigen Steigerung der Leistungsfähigkeit der modernen Verkehrssysteme. Genau diese Steigerung der Leistungsfähigkeit ist eine der Grundvoraussetzungen von Globalisierung, die eine Intensivierung des globalen Personen- und Warenaustausches mit sich bringt.

Ein grundsätzlicher Streit, der im Vorfeld des Zugangs dieser Arbeit steht, bedarf einer Diskussion. Die Herangehensweise dieser Arbeit unterstellt die Sinnhaftigkeit von Verbesserungen in der Effizienz des Verkehrssystems allgemein. Einige Autoren bezweifeln die Sinnhaftigkeit eben dieser Steigerungen, da sie, vereinfacht dargestellt, Verkehr relativ zu Alternativen (z.B. lokale Produktion) attraktiver machen und in weiterer Folge die Fahr- bzw. Flugleistungen steigen und damit die negativen externen Effekte des Verkehrs zunehmen.²⁷

Diese Sichtweise bezieht sich immer auf einen bestimmten Entwicklungsstand der Verkehrs- oder Volkswirtschaft. Sie läuft daher auf die Frage hinaus: „Ab welchem Punkt ist zusätzlicher Verkehr bzw. zusätzliche Attraktivierung des Verkehrs durch Kapazitätsausweitung, Investitionen und Subventionen kontraproduktiv für Mensch und Umwelt?“²⁸ Geht man wie die Kritiker von der Hypothese aus, dass dieser Punkt in den hoch entwickelten Volkswirtschaften bereits überschritten ist, dann müsste man folgerichtig Maßnahmen treffen, um Personen- und Güterverkehr einzuschränken. Das alleine wäre verkraftbar, aber nicht zu vergessen ist, dass im Lichte der gängigen wirtschaftlichen Theorien, die den internationalen Handel (und

²⁷Vgl. beispielhaft Knoflacher (1995) und Emberger (2005).

²⁸Vgl. für den häufig gewählten systemischen Zugang grundlegend Chadwick (1978).

KAPITEL 1. EINFÜHRUNG

damit den internationalen Personen- und Warenaustausch sowie den Tourismus) als generell wohlstandsverbessernd ansehen, Transport notwendig und damit Verkehr implizit ist.²⁹

Gerade der Austausch von Waren zwischen Ländern können regionale Monopole verhindert und Skalenvorteile genutzt werden.³⁰ Hinzu kommt, dass gerade die Verbesserung der Effizienz des Systems auch auf das derzeitige Niveau an Energieverbrauch und negativen externen Effekten positive Auswirkungen hat.

Der Umgang mit den verfügbaren Ressourcen auf der Erde stellt letztlich seit der Entwicklung der Ökonomie als wissenschaftliches Konzept das vordringlichste aller Probleme dar.³¹ Der Umgang mit knappen Ressourcen ist der ureigene Gegenstand der Ökonomie. Stellen muss sich die Ökonomie aber den Problemen, die in ihrem Regime entstehen, wie beispielsweise externe Effekte, Informationsasymmetrien oder die gerade im Verkehr auftretenden Intergenerations-Effekte bei extrem langfristigen Auswirkungen.

Genau diese Sichtweise liegt der vorliegenden Arbeit zugrunde. Einerseits sollen die umfassenden Mechanismen und Instrumente der modernen betriebswirtschaftlichen Ökonomie genutzt werden um größtmögliche Effizienz zu erreichen und andererseits wird versucht, die entstehenden positiven und negativen Folgen für die Gesamtwirtschaft abzuschätzen und, falls notwendig, in einem weiteren Schritt Möglichkeiten zu deren Korrektur bzw. Reduktion aufzuzeigen.

²⁹Vgl. dazu die Analysen von Bridgman (2003) und Hackett (2006).

³⁰Vgl. Department for Transport (1999), S. 3.

³¹Zur Bedeutung des Begriffs Nachhaltigkeit in Zusammenhang mit Verkehr vgl. Cerwenka u. a. (2007), S. 197.

2 Das Konzept der Kostenfunktion sowie deren Eigenschaften

2.1 Einleitung

Zur Charakterisierung von Unternehmen bzw. ganzer Branchen zeigen sich (aggregierte) Kostenfunktionen von herausragender Bedeutung. Die Eigenschaften und Verläufe der Kostenfunktionen ermöglichen Rückschlüsse auf die Wettbewerbsfähigkeit von einzelnen Unternehmen sowie auf die Marktstruktur auf der Anbieterseite insgesamt. Zur Analyse von Kostenfunktionen wurden deren Eigenschaften untersucht und beschrieben. Im Folgenden werden einige dieser Eigenschaften von Kostenfunktionen, die auch in der nachfolgenden Analyse verwendet werden und eine besondere Rolle bei Unternehmen im Verkehrsbereich spielen, herausgearbeitet.¹

Untersucht man das Konstrukt der Skaleneffekte als eine Eigenschaft von Kostenfunktionen genauer, so kommen unterschiedliche Arten zum Vorschein. Der englische Begriff der „economies“ wird unter anderem mit den Begriffen „Vorteile“, „Effekte“, „Erträge“ oder „Einsparungen“ übersetzt.² Dies bereitet insofern semantische Probleme, als diese Substantive ohne die Kombination mit einem anderen Substantiv (Komposita) eine andere Bedeutung aufweisen. Erst die Begriffe „Skalenvorteile“ oder „Verbundeffekte“ haben in der deutschen Fachsprache ihre eindeutige Bedeutung. In der Arbeit werden die einzelnen „economies“ im Kontext ihrer Bedeutung im Verkehrsbereich und vor allem die Wirkung der Verkehrsmittel auf diese „economies“ dargestellt. Zusätzlich koexistieren noch eine Reihe weiterer „economies“, die näher untersucht werden, da sie insbesondere im Verkehrsbereich häufig auftreten. Dazu zählen „Economies of Scope“, „Economies of Density“, „Economies of Massed Reserves“ und dynamische (Lernkurven-)Effekte. In allen Fällen handelt es sich um eine bestimmte Art der Kostendegression.

In diesem Kapitel wird daher zuerst in komprimierter Form allgemein auf Produktions- und Kostenfunktionen eingegangen. Danach werden Eigenschaften von Kostenfunktionen unter-

¹Für eine umfassende Analyse von noch mehr Kostenaspekten von Transportunternehmen vgl. Talley (1988).

²Vgl. dazu deutsch-englische Wörterbücher sowie die Übersetzungen von Mikroökonomielehrbüchern wie Varian (1992) in englischer Originalfassung und Varian (1994) in deutscher Übersetzung.

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

sucht, die es Unternehmen (v.a. Verkehrsunternehmen) ermöglichen, Vorteile in den Produktionskosten zu erzielen. Daraus ergibt sich, dass dieses Kapitel eine Analyse der Angebotsseite bzw. der dahinter stehenden unterschiedlich ökonomisch wirkenden Technologien ist. Diese Analyse bildet die Grundlagen zur späteren Analyse der Einflussfaktoren des Kapazitätswachstums von Transportmitteln.

2.2 Produktions- und Kostenfunktionen

2.2.1 Produktionsfunktionen

Formal lässt sich das Phänomen der Skalenerträge mit Hilfe einer Produktionsfunktion ($y = f(\mathbf{x})$) darstellen.³ Der Vektor $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_m)$ stellt dabei die Inputs i dar und die Produktionsfunktion gibt an, wieviel Output y damit maximal erzeugt werden kann. Die Produktionsfunktion begrenzt die verfügbaren Technologien am Maximum.⁴ Alle Kombinationen von Inputs, die einen bestimmten Output y erzeugen können, werden mit $V(y)$ bezeichnet.⁵

Die partielle Ableitung einer differenzierbaren Produktionsfunktion ($\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_i}$) wird das Grenzprodukt des Inputs i genannt. Es zeigt, wie sich der Output ändert, wenn eine zusätzliche Einheit des Inputs i eingesetzt werden würde, wobei die anderen Inputs konstant gehalten werden. Auch die Veränderung des Grenzproduktes (zweite Ableitung) der Produktionsfunktion kann bei Veränderung nur eines Inputs untersucht werden.

Untersucht man die Veränderung einzelner Inputs (i.d.R. unter Konstanthaltung der anderen Inputs), sind die technische Substitutionsrate sowie die Substitutionselastizität von Bedeutung. Zu deren Analyse eignet sich die Grenzrate der technischen Substitution (GRTS, auch technische Substitutionsrate genannt)⁶, welche misst, wie ein Inputfaktor verändert werden muss, wenn sich ein anderer Inputfaktor verändert, dabei jedoch der Output konstant gehalten wird. Bei zwei Inputs ℓ und k eines Inputvektors \mathbf{x} ergibt sich zu

$$\text{GRTS}_{\ell k}(\mathbf{x}) = \frac{\partial f(\mathbf{x}) / \partial x_\ell}{\partial f(\mathbf{x}) / \partial x_k}. \quad (2.1)$$

Die GRTS bildet die untere Grenze von $V(y)$, also jene Inputs, die notwendig sind, um einen gegebenen Output y zu produzieren („ y -Level Isoquante“).

³Es wird hier vom vereinfachten Fall mit nur einem Output ausgegangen.

⁴Für eine formale Diskussion der Eigenschaften von Produktionsfunktionen vgl. grundlegend Shephard (1970), S. 13ff und in angewandter Form bei Chambers (1988), S. 9ff.

⁵Vgl. Chambers (1988), S. 10.

⁶vgl. Mas-Colell u. a. (1995), S. 129f, Jehle und Reny (2001), S. 119f, Mansfield und Yohe (2000), S. 207f und Woll (2000), S. 166f.

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

Besondere Eigenschaften zeigen homogene Funktionen.⁷ Eine Funktion $f(\mathbf{x})$ ist homogen vom Grad k wenn

$$f(t\mathbf{x}) \equiv t^k f(\mathbf{x}) \quad \forall t > 0. \quad (2.2)$$

Eine Funktion wird (positiv) linear-homogen (oder homogen vom Grad Eins) genannt, wenn $f(t\mathbf{x}) \equiv t f(\mathbf{x}) \quad \forall t > 0$. Linear-homogene Funktionen weisen die Eigenschaft auf, dass sie über ihren gesamten Verlauf (global) immer die selbe Art von Skalenerträgen, also entweder steigende, fallende oder konstante, aufweisen. Ebenso wichtig sind homothetische Produktionsfunktionen. Diese haben die (kardinale) Eigenschaft, dass bei einer proportionalen Änderung aller Inputs sich auch das Aggregat aller Inputs in der gleichen Proportion verändert.⁸

In der Realität finden sich viele Industriezweige, die nichtlinear-homogene Produktionsfunktionen aufweisen.⁹ An unterschiedlichen Outputniveaus können steigende, fallende oder konstante Skalenerträge auftreten. Um diese lokal unterschiedlichen Skalenerträge auszudrücken bedient man sich der Skalanelastizität. Diese ist in einem Punkt \mathbf{x} definiert als

$$\mu(\mathbf{x}) \equiv \lim_{t \rightarrow 1} \frac{d \ln [f(t\mathbf{x})]}{d \ln(t)} = \frac{f_i(\mathbf{x})x_i}{f(\mathbf{x})}. \quad (2.3)$$

Damit sind die Skalenerträge lokal konstant, steigend oder fallend, wenn $\mu(\mathbf{x})$ gleich, größer oder kleiner Eins ist.

Es wurden bisher kaum Einschränkungen hinsichtlich der genauen Ausprägungsform der Funktionen selbst getroffen (außer Homogenität und Homothetizität). In der Realität der angewandten Forschung sind aber einige archetypische Produktionsfunktionsspezifikationen üblich und vor allem für empirische Arbeiten notwendig. Beispiele für spezielle Produktionsfunktionen sind:

Cobb-Douglas. Hat bei zwei Inputs die Form $y = Ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2}$.¹⁰

CES - Constant Elasticity of Substitution. Allgemeiner als die Cobb-Douglas Funktion, hat die Form (zwei Inputs) $y = A \left(\delta_1 x_1^{-\rho} + \delta_2 x_2^{-\rho} \right)^{\frac{-1}{\rho}}$.¹¹

Translog. Hat die Form $\ln y = \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \beta_{11} \ln x_1^2 + \beta_{12} \ln x_1 \ln x_2 + \beta_{22} \ln x_2^2$.

Leontief. Für den Fall mit zwei Inputs die Form $y = \min \{ \alpha_1 x_1, \alpha_2 x_2 \}$.

⁷Vgl. Simon und Blume (1994), 486f.

⁸Vgl. Chambers (1988), S. 37f.

⁹Vgl. Woll (2000), S. 183f und Jehle und Reny (2001), S. 125.

¹⁰Vgl. Cobb und Douglas (1928) und erweiternd Durand (1937) sowie später Douglas (1948).

¹¹Vgl. Arrow u. a. (1961).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

Die Skalanelastizität und die Skalenerträge sind somit wie der gesamte bisher eingeführte Theorieapparat nichts anderes als durch die Beobachtung und Abstraktion von „Naturgesetzen“ bzw. technischen Gegebenheiten hervorgegangene Konstrukte. Die Ökonomie rückt erst in den Mittelpunkt, wenn *Kosten* eingeführt werden.

2.2.2 Kostenfunktionen im Fall eines Outputs

Der Weg von einer Produktions- zu einer Kostenfunktion funktioniert auf dem traditionellen Weg durch die Hinzunahme eines Preisvektors $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_m)$ für die Inputs.

$$C(\mathbf{w}, y) \equiv \min \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} \quad \text{s.t.} \quad f(\mathbf{x}) \geq y \quad (2.4)$$

Diese Optimierungsaufgabe kann gelöst werden und man erhält eine Kostenfunktion. Der Optimierungsvorgang erfordert allerdings genaue Informationen über die Produktionsfunktion selbst. Diese Informationen liegen in der Realität nur selten vor, da Unternehmen Informationen über ihren Produktionsprozess, der häufig die wichtigste Kernkompetenz darstellt und einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil bildet, nur selten preisgeben.

Dem Problem der mangelnden Informationen über die Produktionsfunktion kann mit der Dualität zwischen Produktions- und Kostenfunktion begegnet werden. Diese ermöglicht es, dass aus einer beliebigen Kostenfunktion (die den Standardeigenschaften einer Kostenfunktion genügt)¹² die zugrundeliegende Produktionstechnologie rekonstruiert werden kann. Die Idee dabei ist, dass aufgrund unterschiedlicher Inputpreiskombinationen und daraus folgenden Ergebnissen der Kostenfunktion ein $V^*(y)$ konstruiert werden kann, das, wie man beweisen kann, die Eigenschaften des originalen, aus der Produktionsfunktion stammenden $V(y)$, erhält.¹³ In weiterer Folge wird daher fast ausschließlich auf die Analyse der Kostenfunktion eingegangen, da alle wesentlichen Eigenschaften (v.a. die Skaleneffekte) auch an der Kostenfunktion ablesbar sind.

Die für die empirische Arbeit interessanteste Eigenschaft von Kostenfunktionen ist aber, dass bei strikter Quasi-Konkavität von V und bei einem strikt konvexen $V(y)$ es nur einen einzigen Punkt geben kann, an dem ein Kostenminimum erreicht wird. Wenn also eine Kostenfunktion differenzierbar in \mathbf{w} ist, dann gibt es genau einen Vektor von kostenminimierenden Inputs (*Shephards Lemma*).¹⁴ Wenn $x_i(\mathbf{w}, y)$ der i -te und einzige kostenminimierende Inputvektor ist, dann gilt daher

¹²Vgl. Jehle und Reny (2001), S. 129f.

¹³Es handelt sich um die Anwendung des Theorems von Minkowski, vgl. Shephard (1970).

¹⁴Vgl. Shephard (1970) und McFadden (1978).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

$$x_i(\mathbf{w}, y) = \frac{\partial C(\mathbf{w}, y)}{\partial w_i}. \quad (2.5)$$

Das bedeutet, dass man, wenn man eine differenzierbare Kostenfunktion hat, die kostenminimierende notwendige Menge an Inputs durch einfaches Ableiten errechnen kann. Hinzu kommt, dass sich die aus der Kostenfunktion abgeleiteten Inputs gemäß den Eigenschaften der Kostenfunktion verhalten. Man kann daher aus der empirisch deutlich leichter untersuchbaren Kostenfunktion unter der Annahme, dass diese kostenminimierend ist, alle wesentlichen Aussagen über die Inputs rekonstruieren. Von besonderem Interesse ist die Elastizität der Inputs bezüglich der Inputpreise, welche sich errechnet aus

$$\varepsilon_{ij} \equiv \frac{w_j}{x_i(\mathbf{w}, y)} \frac{\partial x_i(\mathbf{w}, y)}{\partial w_j}. \quad (2.6)$$

Diese Einsichten über Kostenfunktionen dienen in Kapitel 5 zur Interpretation einer empirisch geschätzten Kostenfunktion für den Betrieb kommerzieller Verkehrsflugzeuge mit über 200 Sitzplätzen.

Weiters wichtig für die Analyse von Kostenfunktionen sind die Durchschnittskosten

$$AC = \frac{C(\mathbf{w}, y)}{y}, \quad (2.7)$$

sowie die Grenzkosten

$$MC = \frac{\partial C(\mathbf{w}, y)}{\partial y}. \quad (2.8)$$

Im folgenden Abschnitt wird auf die Unterschiede von Kostenfunktionen im Fall von mehreren Outputs eingegangen, bevor dann die unterschiedlichen „Economies“ untersucht werden.

2.2.3 Kostenfunktionen im Fall mehrerer Outputs

Analysen von Kostenfunktionen mit nur einem Output sind gerade im Bereich des Transports sehr häufig problematisch, da ein gleich langer Flug zwischen einem Ort A zu zwei unterschiedlichen Zielen zwar aggregiert werden kann, beispielsweise in der Größe „Personenkilometer“, aber in der Realität der erbrachte Output in beiden Fällen ein völlig anderer ist (vgl. Abschnitt 2.4.1).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

Im Fall von mehreren Outputs (multiproduct-environment) sind allgemeinere Formulierungen der Kostenfunktion notwendig:

$$C(y, w) = \min_x \{w \cdot x \mid (x, y) \in T\} = w \cdot x^*(y, w) \quad (2.9)$$

Dabei beschreibt $T = \{(x, y) \mid y \text{ kann produziert werden aus } x\}$. y ist dabei im Gegensatz zur bisherigen Analyse ein Vektor an Outputs. Die Eigenschaften der Kostenfunktionen im Fall mit nur einem Output können auf den Mehrprodukt-Fall erweitert werden.¹⁵

2.3 Eigenschaften von Kostenfunktionen

Die beschriebenen Kostenfunktionen weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Diese Eigenschaften können analysiert und aus dieser Analyse heraus Schlüsse gezogen werden, wie Unternehmen kostengünstiger produzieren oder welche Unternehmen kostengünstiger produzieren können. Es kann auch untersucht werden, welche Inputkombinationen vorteilhafter sind. Gerade im Bereich des Transports sind diese Fragen von großer Relevanz, wenn es etwa darum geht, ob ein Busunternehmen eine einzelne Buslinie kostengünstiger betreiben kann als mehrere Unternehmen oder ob ein Unternehmen zwei Buslinien kostengünstiger betreiben kann als zwei Busunternehmen je eine Buslinie. Mit Hinblick auf die Fragestellungen des Transportbereichs werden einige wichtige Eigenschaften von Kostenfunktionen theoretisch abgeleitet.¹⁶

2.3.1 Skalenerträge der Größe („Economies of Scale“)

Die am häufigsten beschriebenen und am frühesten beschriebenen Economies sind „Economies of Scale“ (oft auch „Returns to scale“) respektive „Diseconomies of Scale“, also Skalenerträge bezogen auf die Unternehmensgröße.

Die früheste relativ konkrete Behandlung von Skaleneffekten findet sich bei *Cournot*. Er zeigte bereits im Jahre 1838, dass unter Wettbewerbsbedingungen bei fallenden Grenzkosten ein Anbieter seine Produktion immer weiter ausweiten wird und letztendlich ein Monopol entsteht.¹⁷ In den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts entstand eine Debatte unter namhaften Ökonomen zu den Bedingungen des vollkommenen Marktes, wobei das Thema Skaleneffekte

¹⁵Vgl. dazu Baumol u. a. (1982), S. 47ff.

¹⁶Eine ähnliche Aufarbeitung dieser Thematik aus stärker betriebswirtschaftlicher Perspektive findet sich bei Lüpschen (2004), S. 8ff.

¹⁷Vgl. in der deutschen Übersetzung Cournot (1924), S. 78ff

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

eine wichtige Rolle spielte.¹⁸ Diese Debatte führte zur Präzisierung der Annahmen zu den Bedingungen eines vollkommenen Marktes sowie letztendlich zur Entwicklung der Theorie des monopolistischen Wettbewerbs durch Chamberlin im Jahr 1933.¹⁹ Die bedeutendste Konsolidierung und auch eine klare graphische Aufarbeitung erfährt der Begriff der Skaleneffekte („Economies of Large-Scale Production“) durch einen zusammenfassenden und systematisierenden Artikel von Viner aus dem Jahr 1931.²⁰ Eine weitere Zäsur war die Anwendung des Konzepts der Economies of Scale auf den Mehrprodukt-Fall durch Panzar und Willig im Jahr 1977.²¹

Anknüpfend an die Beschreibung von Kostenfunktionen in Abschnitt 2.2.2 und auf die Frage, wie Veränderungen des Outputs auf Kosten (bzw. die Inputmengen) wirken, können zuerst die Wirkungen von Outputveränderungen auf die über die Kostenfunktion implizierten Inputmengen errechnet werden. Unter Anwendung von Shephards Lemma erhält man:

$$\frac{\partial x_i(\mathbf{w}, y)}{\partial y} = \frac{\partial (\partial C(\mathbf{w}, y) / \partial y)}{\partial w_i} \quad (2.10)$$

Der Input i reagiert auf Änderungen des Outputs y in Höhe der Veränderung der Grenzkosten des dazugehörigen Inputpreises w_i .²²

Zurückkommend auf die Wirkung von Outputveränderungen auf Kosten ist die Subadditivität von Kostenfunktionen von primärer Bedeutung. Lässt man zur Vereinfachung die Wirkungen der Inputpreise auf die Kostenfunktion unberücksichtigt²³ und definiert mit $y^1, \dots, y^k, y^h \neq y, h = 1, \dots, k$ die Gleichung $\sum_{h=1}^k y^h = y$, erhält man

$$C(y) < \sum_{h=1}^k C(y^h). \quad (2.11)$$

Es liegt demnach Subadditivität in einer Kostenfunktion vor, wenn es kostengünstiger ist den gesamten Output von nur einem Betrieb zu produzieren als den Output aufgeteilt auf

¹⁸Ausgelöst durch einen polemischen Artikel von Clapham (1922) u.A. mit wichtigen Beiträgen von Pigou (1922), Pigou und Robertson (1924) und Sraffa (1926). Zusammengefasst hat diese Debatte z.B. Marchionatti (2003). Eine Sammlung wichtiger Beiträge zur Thematik der Skaleneffekte bietet Buchanan und Yoon (1994).

¹⁹Vgl. Chamberlin (1948).

²⁰Vgl. Viner (1931).

²¹Vgl. Panzar und Willig (1977).

²²Dieser Ausdruck hat kein klar zuordenbares Vorzeichen, vgl. Chambers (1988), S. 69.

²³Diese Erweiterung um die Inputpreise findet sich bei Baumol u. a. (1982), S. 152ff. Es ergibt sich nach Anwendung von Shephards Lemma $X_i(y, w) < \sum_{j=1}^m X_i(y^j, w)$. Damit wird der Grad der Subadditivität erhöht, wenn sich w_i unter der Bedingung erhöht, dass beim untersuchten Outputniveau und den ursprünglichen Inputpreisen die Nachfrage nach dem Input i selbst subadditiv ist. $X_i(y^h, w)$ ist dabei die aus der Kostenfunktion implizierte Nachfrage nach dem Input i bei gegebenem Faktorpreisvektor w und Output y .

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

mehrere Betriebe zu produzieren. Daraus ergibt sich dann auch die Definition eines natürlichen Monopols, dass dann vorliegt, wenn die Kostenfunktion über den gesamten relevanten Outputbereich subadditiv ist. Von Bedeutung ist auch der Zusammenhang zwischen Grenzkosten, Durchschnittskosten und Subadditivität²⁴: Sinkende Grenzkosten über den relevanten Outputbereich haben sinkende Durchschnittskosten zur Folge. Sinkende Durchschnittskosten implizieren Subadditivität der Kostenfunktion.

*Skaleneffekte der Größe*²⁵ liegen dann vor, wenn eine k -fache proportionale Erhöhung aller Inputmengen eine k' -fache Erhöhung des Outputs bewirkt, wobei $k' > k > 0$.²⁶ Das stellt eine deutlich restriktivere Bedingung als die Subadditivität dar. Eine Kostenreduktion kann nämlich nicht nur durch eine proportionale Veränderung *aller* Inputmengen herbeigeführt werden, wie es Skaleneffekte erfordern, sondern ganz einfach auch in nur einem Teil der Inputs. Der Grad der Skaleneffekte (SL) ist daher für den Mehrproduktfall²⁷ (die unterschiedlichen Outputs werden mit j indiziert und $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_n)$ beschreibt den Outputvektor) definiert als

$$SL = \frac{C(\mathbf{y}, \mathbf{w})}{\sum_{j=1}^n y_j MC_j}(\mathbf{y}, \mathbf{w}) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \eta_{Y_j}^C}. \quad (2.12)$$

Dabei sind MC_i die Grenzkosten des Outputs j und $\eta_{Y_j}^C = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_j}$ die Kostenelastizität des Outputs j .

Skaleneffekte sind steigend, wenn $SL > 0$, konstant wenn $SL = 0$ und fallend, wenn $SL < 0$. Der Grad der Skaleneffekte kann auch interpretiert werden als die Elastizität des Outputs am Punkt \mathbf{y} , bezogen auf die zur Produktion notwendigen Kosten. Aus einer Kostenfunktion lässt sich auch die „Most productive scale size“ ermitteln, also jene Unternehmensgröße, die zu den geringsten Produktionskosten produzieren kann. Aus der Definition der Skaleneffekte folgt:

- Lokale Skaleneffekte sind hinreichend aber nicht notwendig für abnehmende Durchschnittskosten.
- Globale Skaleneffekte sind hinreichend aber nicht notwendig für Subadditivität bzw. ein natürliches Monopol.

Neben den gesamten (über alle Produkte) errechneten Economies of Scale lassen sich auch produktspezifische Economies of Scale berechnen.²⁸ Diese können für jedes Produkt $i \in N$ berechnet werden mit

²⁴Vgl. Baumol u. a. (1982), S. 18, Kruse (1985), S. 28 und Tirole (2004), S. 19.

²⁵Vgl. auch Chambers (1988), S. 71ff für einen differenzierteren Zugang als jenen von Baumol u. a. (1982), S. 16ff.

²⁶Vgl. Baumol u. a. (1982), S. 21

²⁷Vgl. grundlegend Panzar und Willig (1977).

²⁸Vgl. Youn Kim (1986).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

$$SL_j = \frac{IC_j(\mathbf{y}, \mathbf{w})}{y_j MC_j(\mathbf{y}, \mathbf{w})} = \frac{IC_j/C(\mathbf{y}, \mathbf{w})}{\eta_{Y_j}^C}. \quad (2.13)$$

Dazu gilt die Funktion $IC_j(\mathbf{y}, \mathbf{w}) = C(\mathbf{y}, \mathbf{w}) - C(\mathbf{y}_{N-j}, \mathbf{w})$ und in der Folge $C(\mathbf{y}_{N-j}, \mathbf{w}) = C(y_1, \dots, y_{j-1}, 0, y_{j+1}, \dots, y_N, \mathbf{w})$. Die Funktion $IC_j(\mathbf{y}, \mathbf{w})$ bezeichnet die inkrementellen Kosten des j -ten Outputs und damit die zusätzlichen Kosten für das Unternehmen wenn es ein Produkt j zusätzlich produziert, wobei alle anderen Outputs konstant gehalten werden.

Empirisch sind produktspezifische Economies of Scale nur sehr schwierig zu erhalten, da die Errechnung der inkrementellen Kosten Beobachtungen über die Kostenfunktion in Fällen mit Null-Produktion einzelner Produkte notwendig macht.

Skaleneffekte können auf unterschiedlichen Ebenen auftreten, abhängig ist dies von der Definition der Kostenfunktion. So können diese beispielsweise auf Ebene einer einzelnen Maschine, eines einzelnen Unternehmens oder eines ganzen Industriezweiges auftreten. Im Bereich des Verkehrs können einzelnen Aktivitäten (z.B. Umschlag, der reine Transportvorgang, etc.) oder es können aggregierte Kostenfunktionen für ganze Transportunternehmen verglichen werden.²⁹

2.3.2 Verbundvorteile („Economies of Scope“)

Neben dem beschriebenen Konzept der Economies of Scale im Ein- und Mehrproduktfall bestehen auch andere Eigenschaften von Kostenfunktionen. Economies of Scope liegen vor, wenn sich Kosteneinsparungen durch die gemeinsame Produktion mehrerer unterschiedlicher Produkte von einem Betrieb gegenüber der Produktion unterschiedlicher Produkte von unterschiedlichen Betrieben ergeben. Damit kann dieses Konzept nur in Kostenfunktionen untersucht werden, die unterschiedliche Outputs zulassen, im Fall mit nur einem Output ist diese Eigenschaft nicht existent.

Der Grad der Economies of Scope (SC)³⁰ ist definiert als

$$SC = \frac{\sum_{j=1}^n C(y_j, \mathbf{w}) - C(\mathbf{y}, \mathbf{w})}{C(\mathbf{y}, \mathbf{w})} \quad (2.14)$$

und misst die prozentuellen Kostenveränderungen, die bei einer gemeinsamen Produktion mehrerer Outputs in einem Betrieb entstehen. Wenn es keine Verbundvorteile gibt, dann ist $SC = 0$. Im Falle von zwei Produkten ($j = 2$) würden Economies of Scope dann vorliegen,

²⁹Vgl. Oum und Waters II (1996).

³⁰Der grundlegende Aufsatz zu Economies of Scope ist der von Panzar und Willig (1981).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

wenn $C(y_1, y_2) < C(y_1, 0) + C(0, y_2)$. Unternehmen, die sich auf eines der beiden Produkte spezialisieren, wären im Wettbewerb durch einen Kostennachteil unterlegen.

Economies of Scope können auch auftreten, wenn es Komplementaritäten in den Produktionskosten der einzelnen Produkte gibt, also diese beispielsweise bei größeren eingekauften Mengen sinken. Das bedeutet, dass die Grenzkosten der Produktion eines Produktes y_j sinken, wenn die Outputmengen der anderen Produkte steigen.³¹

2.3.3 Dichtevorteile („Economies of Density“)

Das Konzept der Dichtevorteile (Englisch: „economies of density“ oder „returns to density“) ist ein stark auf den Verkehrsbereich zurückzuführendes Konzept.³² Es ist dann von Bedeutung, wenn es um die Untersuchung von Kostenfunktionen geht, wo Netzwerke eine Rolle spielen, also auch über den Verkehrsbereich hinaus beispielsweise bei Gas- oder Stromnetzen.

Economies of Density (SD) sind für Netzwerkindustrien definiert als die Auswirkungen auf die Durchschnittskosten bei Ausweitungen des (gesamten) Verkehrs, wenn die Netzwerkgröße konstant gehalten wird.³³

$$SD = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \eta_{Y_j}^C} \text{ unter Konstanthaltung der Netzwerkgröße} \quad (2.15)$$

$\eta_{Y_j}^C$ ist, wie bereits definiert, die Kostenelastizität des Outputs j .

Economies of Scale (SL) in Netzwerkindustrien sind die Auswirkungen auf die Durchschnittskosten, wenn der (gesamte) Verkehr als auch die Netzwerkgröße proportional erhöht wird.

$$SL_N = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \eta_{Y_j}^C + \eta_N^C} \quad (2.16)$$

η_{CN} ist die Kostenelastizität hinsichtlich der Netzwerkgröße N .

Da SD die Kostenelastizität der Netzwerkgröße η_N^C nicht enthält, muss $SD > SL_N$ sein, da ein größeres Netzwerk ceteris paribus immer zu höheren Kosten führt. Treten in einer Netzindustrie Economies of Scale auf, ist damit eine simultane Erhöhung der Netzwerkgröße und auch des Outputs gemeint, die notwendig ist, um eine Kostendegression zu erreichen. Das würde auf ein natürliches Monopol hindeuten. Konstante Skalenerträge und gleichzeitig

³¹Vgl. Baumol u. a. (1982), S. 159f.

³²Ursprünge v.a. bei Caves u. a. (1981) und Caves u. a. (1984).

³³Vgl. Oum und Waters II (1996), S. 429f.

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

steigende Dichtevorteile weisen auf die Vorteilhaftigkeit von Konstanthaltung des Netzwerkes bei gleichzeitiger Steigerung des Verkehrs (Outputs) auf dem Netz hin.

Das Konzept der Economies of Density, wie es hier präsentiert wurde, ist deutlicher Kritik unterworfen. Das ökonomische Problem besteht in der Aggregation von Outputgrößen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Die Outputattribute (z.B. durchschnittliche Verkehrsweite) werden in der Berechnung der Economies of Scale konstant gehalten, in der Realität sind diese aber nicht konstant. Es wird daher vorgeschlagen zur Berechnung der Economies of Scale in Netzwerken SL_N diese um die durchschnittliche Verkehrsweite (ALH) zu erweitern.³⁴ Auch diese Einbeziehung aller Interdependenzen der Elastizitäten in den Outputattributen kann das Problem der Messung von Economies of Scale in Netzwerken nicht lösen.³⁵ Das theoretisch richtige Konzept wäre es, Verbundvorteile mit räumlichen Aspekten (Economies of Spatial Scope) zu untersuchen, was jedoch in der Empirie äußerst schwierig ist, da keine ausreichend differenzierten Kostenfunktionen zur Verfügung stehen.³⁶

2.3.4 Weitere Quellen für „Economies“

Neben den drei bekannten und ausführlich geschilderten Konzepten existiert noch eine Reihe weiterer Möglichkeiten, wie Unternehmen Kostenvorteile erzielen können. Die bisher erwähnten Konzepte waren statisch und deterministisch.³⁷

Das wohl bekannteste Konzept von stochastischen Economies sind „Economies of Massed Reserves“, wo größere Unternehmen Vorteile durch Poolingeffekte erzielen können.³⁸ Im Bereich des Luftverkehrs wäre es beispielsweise die Vorhaltung eines Ersatzflugzeuges an einem Flughafen.³⁹

Dynamische Quellen für „Economies“ sind v.a. Lernkurveneffekte. Auch diese treten im Verkehrsbereich auf, die ersten Untersuchungen von Lernkurveneffekten überhaupt finden sich sogar im Bereich der Flugzeugproduktion.⁴⁰ In der Herstellung von Flugzeugen finden sich ganz offensichtlich hohe Lernkurveneffekte bis heute. Sie tragen beispielsweise in diesem Industriezweig zu den extrem hohen Einstiegsbarrieren für neue Flugzeughersteller bei.

³⁴Vgl. Oum und Zhang (1997). Die Funktion ergäbe sich zu $SL_N = (\eta_{Y_i}^C + \eta_{ALH}^C \cdot \eta_N^{ALH} + \eta_N^C)^{-1}$, wobei η_{ALH}^C die Kostenelastizität hinsichtlich der Verkehrsweite ist und η_N^{ALH} die Elastizität der Verkehrsweite bezogen auf Änderungen des Netzwerkes darstellt.

³⁵Vgl. Jara-Díaz und Basso (2003) und Basso und Jara-Díaz (2006).

³⁶Vgl. für erste explorative Anwendungen von Economies of Spatial Scope vgl. Basso und Jara-Díaz (2005).

³⁷Vgl. Henning u. a. (2003), S. 401.

³⁸Vgl. Mulligan (1983).

³⁹Vgl. Mohring (1972), S. 157ff.

⁴⁰Vgl. Benkard (2000).

2.4 Kosten und Kostenfunktionen in Zusammenhang mit Transport und Verkehr

2.4.1 Das Aggregationsproblem der Transportleistung

Die Verwendung von aggregierten Outputmesszahlen im Verkehrsbereich ist weithin besonders üblich. Die am häufigsten angewendeten Aggregate zur Messung der Transportleistung sind zweifellos „Personenkilometer“ und „Tonnenkilometer“. Hinter diesen stark aggregierten Messgrößen steht allerdings immer ein mehrdimensionaler Outputvektor, die eigentliche Transportleistung, der grundsätzlich den durchschnittlichen Fluß eines Gutes k zwischen der Quelle i und der Senke j in einer bestimmten Zeitperiode t darstellt.⁴¹

$$\mathbf{y} = \{ \mathbf{y}_{ij}^{kt} \} \quad (2.17)$$

Eine Aggregation in der Vielzahl der Dimensionen des Outputs (der Transportleistung) ist aber, vor allem wenn es um Schätzungen von Kostenfunktionen geht, jedenfalls notwendig.⁴² Anderenfalls wären empirische Untersuchungen nahezu unmöglich. In der Realität verwendet man daher immer einen in irgendeiner Weise aggregierten Ansatz zur Messung der Transportleistung. In der Tat versucht man daher bei der Analyse von Kostenfunktionen $C(\mathbf{y})$ eine Annäherung für \mathbf{y} mit Hilfe eines aggregierten Outputvektors $\tilde{\mathbf{y}}$ und einem Vektor von Outputattributen \mathbf{q} (z.B. durchschnittliche Verkehrsweite, Anzahl der Sendungen, Kapazitätsauslastung des Transportmittels etc.) zu finden.⁴³ Die Kostenfunktion wird daher approximiert mit:

$$\hat{C}(\mathbf{y}) \equiv \tilde{C}(\tilde{\mathbf{y}}(\mathbf{y}), \mathbf{q}(\mathbf{y})) \quad (2.18)$$

Die Verwendung von Outputaggregaten und Outputattributen bedeutet aber auch, dass die Zusammenhänge dieser Vektoren untereinander beachtet werden müssen. Diese Zusammenhänge stellen *Jara-Díaz* und *Cortés* her.⁴⁴

Die Literatur steht in diesem Punkt derzeit vor allem vor der Frage, wie am Besten mit den notwendigerweise aggregierten Outputvektoren und -attributen umgegangen werden soll, um einerseits aus theoretischer Sicht konsistent zu sein⁴⁵ und andererseits aus angewandter Sicht die Aggregate möglichst gut in ökonometrische Schätzungen einbauen zu können.

⁴¹Vgl. Jara-Díaz (1982).

⁴²Zur Frage wie aggregiert werden soll vgl. Jara-Díaz u. a. (1991).

⁴³Vgl. Jara-Díaz und Cortés (1996), S. 159 und Oum und Waters II (1996), S. 434.

⁴⁴Vgl. Jara-Díaz und Cortés (1996).

⁴⁵Vgl. Basso und Jara-Díaz (2006).

2.4.2 Die Entwicklung der Untersuchung von Kostenfunktionen im Verkehrsbereich

Die ersten Untersuchungen von Kostenstrukturen betrafen die Eisenbahn und begannen um das Jahr 1916. Der Grund war, dass einerseits gerade im Bahnbereich Fragen der Regulierung eine besondere Bedeutung hatten und damit natürlich die Frage verbunden war, ob der wichtigste ökonomische Grund für Regulierungen, nämlich Economies of Scale, vorliegen.⁴⁶ Zusätzlich war im Bereich der Eisenbahnen die Datenverfügbarkeit auch ausreichend. Diese Untersuchungen erfolgten in aller Regel auf Basis von aggregierten Kostenfunktionen.⁴⁷ Der Hauptfokus aller Untersuchungen bis in die 1990er Jahre war weithin die Frage, ob Verkehrsunternehmen Economies of Scale aufweisen. Damals herrschte noch in fast allen Verkehrsträgern eine starke Regulierung vor und die Frage war akut, ob diese Regulierungen aufgehoben werden sollen und welche Effekte davon zu erwarten sind.⁴⁸

Die ersten aus heutiger Sicht mit akzeptabler ökonomischer Methodik geschätzten Kostenfunktionen sind ab den 1970er Jahren entstanden. Dabei findet *Keeler* konstante Economies of Scale und deutliche Economies of Density bei Eisenbahnunternehmen im Güterverkehr unter Anwendung einer Cobb-Douglas Produktionsfunktion.⁴⁹ *Harris* berichtet ebenso von hoch signifikanten „Economies of Density“ in einer frühen Form.⁵⁰

Eine große methodische Veränderung in der Untersuchung von Kostenfunktionen brachte die Nutzung von Translog-Funktionen im Verkehr.⁵¹ Im Gegensatz zu bis dato angewendeten linearen und log-linearen Kostenfunktionen ermöglichte diese neue Spezifikation eine Variation der Elastizitäten auf der Kostenfunktion. Bei linearen und log-linearen Kostenfunktionen werden die Elastizitäten über den gesamten Funktionsbereich als konstant unterstellt. Die Nutzung von Translog-Funktionen in der Kostenschätzung hat sich bis heute als Standard-Methode zur Kostenschätzung etabliert.⁵²

Da Verkehrsleistungen fast ausschließlich in Netzwerken erbracht werden, hat sich im Laufe der Zeit das Konzept der Economies of Scale als problematisch herausgestellt. Es entstand die Frage, wie man mit einer Veränderung der Netzwerkgröße selbst umgehen soll.⁵³ Aus dieser Problematik heraus entwickelte sich das Konzept der „Economies of Density“ (vgl. Abschnitt

⁴⁶Vgl. Bailey und Friedlaender (1982). Auch in anderen Dienstleistungsbereichen treten ähnliche Fragestellungen auf, beispielsweise im Bereich von Versicherungen. Vgl. dazu z.B. Katrisha und Nicos (1998).

⁴⁷Vgl. Oum und Waters II (1996), S. 425.

⁴⁸Vgl. beispielsweise die älteren Arbeiten von Chisholm (1959) und Chisholm (1961).

⁴⁹Vgl. Keeler (1974), S. 205.

⁵⁰Vgl. Harris (1977), S. 561.

⁵¹Grundlegender Artikel ist jener von Christensen u. a. (1973).

⁵²Vgl. Winston (1985), S. 80ff und Oum und Waters II (1996), S. 429.

⁵³Zu angebots- und nachfrageseitigen Netzeffekten in Logistiksystemen vgl. Ihde und Kloster (2001).

KAPITEL 2. DAS KONZEPT DER KOSTENFUNKTION SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

2.3.3).⁵⁴ Die verbesserte Methodik lieferte insbesondere für den Luftverkehr, aber auch für Bus-, Straßengüterverkehrs-,⁵⁵ und Eisenbahnverkehrsdienste⁵⁶ konstante Economies of Scale und steigende Economies of Density als Ergebnis.⁵⁷

Am augenscheinlichsten hat sich im Bereich des Luftverkehrs herausgestellt, dass die Einschätzung der Autoren in den Arbeiten bis in die frühen 1990er Jahre mit methodischen Fehlern und daraus folgenden falschen Implikationen behaftet waren. Die Behandlung der Netzeffekte (die sich z.T. bis heute gehalten hat) mit Economies of Scale und Density hat sich als methodisch problematisch herausgestellt. *Antonioniou* stellt für den Bereich des Luftverkehrs fest: „...an industry characterized by economies of density, returns to scale at the route level, returns to scale at the aircraft level, returns to scope should not be mistaken, prima facie, as an industry with constant returns to scale...“.⁵⁸ *Xu et al.* halten fest, dass bei einer Berücksichtigung der Outputaggregate die bisher erzielten Ergebnisse, die konstante Skalenerträge der Größe bei Güterverkehrsunternehmen zeigen, dann signifikant positive Skalenerträge der Größe aufweisen.⁵⁹ Die grundlegende theoretische Problematik der Unterscheidung von (multiproduct) Economies of Scale und Economies of Density beschreibt schon *Panzar*.⁶⁰ *Basso* und *Jara-Díaz* kritisieren, dass in allen Arbeiten der Output anders definiert und aggregiert wird, weshalb überhaupt keine einheitliche Vorstellung von Economies of Scale und Density möglich ist.⁶¹

Die Weiterentwicklung der ökonometrischen Methoden zur Schätzung von Kostenfunktionen im Verkehrsbereich wird daher vor allem der Frage gewidmet sein, wie die theoretischen Einsichten über die Zusammenhänge zwischen Netzwerken und Economies of Scale weiter verbessert werden können. Weiteres Interesse gilt der ökonometrischen Operationalisierung, sodass diese auch empirisch angewendet werden können. Dabei wird in Zukunft vor allem dem Konzept der Economies of Spatial Scope, also in einer Multiprodukt-Umgebung⁶² geschätzten partiellen Economies of Scope, deutlich mehr Bedeutung zukommen.⁶³

⁵⁴Ursprünge v.a. bei Caves u. a. (1981) und Caves u. a. (1984). Economies of Density wurden auch schon früher erwähnt, allerdings in etwas anderer Form. Vgl. Harris (1977).

⁵⁵Zum Straßengüterverkehr vgl. den frühen Artikel von Harrison (1963) und Chiang und Friedlaender (1984), sowie Harmatuck (1991).

⁵⁶Vgl. dazu z.B. Braeutigam u. a. (1984).

⁵⁷Vgl. Oum und Waters II (1996), S. 430 und auch die verkehrsträgerübergreifende Modellierung von Savage (1997).

⁵⁸Antonioniou (1991), S. 176.

⁵⁹Vgl. Xu u. a. (1994).

⁶⁰Vgl. Panzar (1989), S. 44.

⁶¹Vgl. Basso und Jara-Díaz (2005), S. 26f

⁶²Vgl. grundlegend zusammengefasst Caves u. a. (1980) und für die Anwendung von „Hedonic Cost Functions“ vgl. Spady und Friedlaender (1978).

⁶³Vgl. Basso und Jara-Díaz (2006), S. 267.

2.5 Zusammenfassung und Implikationen

Die methodische und angewandte Forschung im Bereich der Transportkostenfunktionen ist trotz ihrer beinahe 40-jährigen Geschichte weiterhin lebhaft in Bewegung. Es gibt sogar deutliche Hinweise darauf, dass große Teile der bisherigen empirischen Arbeiten größeren methodischen Problemen unterliegen.

In der wissenschaftlichen Forschung steht bislang ein sehr aggregierter Zugang zur Untersuchung von Verkehrsprozessen und Kostenfunktionen im Vordergrund. Die Einflüsse der einzelnen Teilprozesse der Verkehrsleistungserbringung und deren Kostenwirkungen sind nur wenig erforscht. Einen ersten Beitrag zur tiefergehenden Analyse von Kostenstrukturen von Verkehrsunternehmen leistet *Talley*.⁶⁴

Der weitere Verlauf der Arbeit gilt daher dem Transportprozess selbst und den dort eingesetzten Transportmitteln. Die Implikationen von Größenwachstum in den Transportmitteln sollen untersucht werden, um letztendlich auch Rückschlüsse darauf ziehen zu können, welche Unternehmen bzw. Geschäftsmodelle Bedeutung haben. Da das Größenwachstum von Transportmitteln zweifellos auch einen Einfluß auf die Transportkosten selbst hat, kann das als Ausgangspunkt für eine langfristige Prognose der relativen Entwicklung der einzelnen Verkehrsträger bilden.

⁶⁴Vgl. Talley (1988).

3 Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen durch Veränderungen bei den Transportmitteln

3.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Grundzusammenhänge des Wachstums der Kapazität von Transportmitteln erfasst, systematisiert und aufgearbeitet. Im Lichte dieser Erkenntnisse erfolgt die spätere Untersuchung der einzelnen Verkehrsträger und die Herstellung von Zusammenhängen.

3.2 Verkehrswachstum und das Wachstum der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen

Geht man davon aus, dass in Zukunft ein Wachstum der erbrachten Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr zu beobachten sein wird,¹ so stellt sich die Frage wie dieses Wachstum in Zusammenhang mit möglichen weiteren Produktivitätsverbesserungen der Verkehrssysteme zu sehen ist. Bei Prognosen über den weiteren Wachstumsverlauf von Verkehrsleistungen werden solche Effizienzverbesserungen auch implizit unterstellt, da bei der Extrapolation der bisherigen Erfahrungen gerade das Wachstum an Verkehrsleistungen immer mit solchen Produktivitätsverbesserungen verbunden war.

Trotz der immensen Steigerungen der Verkehrsleistungen in den vergangenen Jahrzehnten bei gleichzeitiger Steigerung der Faktorkosten (v.a. Energie) haben die Transportkosten keine großen realen Steigerungen erfahren. Gleichzeitig sind die Werte eingesparter Reisezeit im

¹Vgl. z.B. Ickert u. a. (2004), IMFO (2005) und Ickert u. a. (2007).

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

Personenverkehr und der Wert bzw. die Wertdichte der transportierten Güter deutlich angestiegen.² Daraus sind starke Produktivitätssteigerungen zu schließen, die in einigen Teilbereichen der Verkehrssysteme stärker gestiegen sein müssen als die Nachfrage nach Verkehrsleistungen.

Als einer der Haupttreiber für die Nachfrage nach Transportleistungen wird neben dem BIP bzw. der Industrieproduktion des jeweiligen Landes auch die grenzüberschreitende weltweite Handelstätigkeit gesehen.³ Bei weiterem Wachstum der Handelstätigkeit ist daher auch in Zukunft mit einem weiteren Anwachsen der Verkehrsleistungen zu rechnen.⁴ Als die Treiber für dieses starke Anwachsen des internationalen Güteraustausches werden häufig folgende Gründe angeführt:

- Reales BIP-Wachstum
- Angleichung des Real-BIP (Konvergenz)
- Reduktion von Zöllen und anderen Handelsbeschränkungen
- Auf die Zollreduktion aufbauende starke vertikale Spezialisierung der Industrien⁵
- Geringere Transportkosten durch gestiegene Leistungsfähigkeit der Verkehrssysteme

Die Bedeutung von Verkehrssystemen selbst auf das Anwachsen der nationalen und internationalen Handelstätigkeit ist generell schwierig einzuschätzen, da sie einerseits Treiber und andererseits Ergebnis von verstärkter Handelstätigkeit sind. Teile der vorhandenen Forschungsarbeiten weisen den Transportkosten keine besondere Bedeutung zu und stellen vor allem das (weltweite) BIP-Wachstum in den Vordergrund⁶, andere Arbeiten betonen die Bedeutung von Transportkosten(senkungen)⁷. Generell ist aber jedenfalls die extreme Leistungssteigerung der Verkehrs- und Logistiksysteme eine Grundvoraussetzung für die wachsende Handelstätigkeit. Die seit den 1950er Jahren beispielsweise in der Schifffahrt und im Luftverkehr relativ konstanten Transportpreise⁸ zeigen, dass die Produktivitätssteigerungen so hoch waren, dass sie die wachsende Handelstätigkeit zumindest *nicht behindert* haben. Unabhängig davon, ob nun mit weiterem Größenwachstum von Transportmitteln weitere Verkehrsleistungen im Verkehrssystem induziert werden, ist eine Effizienzsteigerung durch das Wachstum von Transportmitteln generell anzustreben. Negative systemexterne Auswirkungen möglicherweise induzierten Verkehrs sollten vor allem durch Einbeziehung in die Entscheidungssituationen

²Vgl. Hummels (1999) und Quinet und Vickermann (2004).

³Insofern ist es, wie Meersman und Van de Voorde (2002) richtig feststellen, höchst zweifelhaft, wie ein oftmals gefordertes entkoppeln des BIP von der Verkehrsleistung erfolgen soll.

⁴Vgl. Meersman und Van de Voorde (1997) und Nielsen u. a. (2003).

⁵Vgl. Yi (2003).

⁶Vgl. Baier und Bergstrand (2001), S. 19f

⁷Vgl. Glaeser und Kohlhase (2003).

⁸Vgl. Hummels (1999).

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

(Internalisierung) berücksichtigt werden. Generell einig ist man sich jedoch darüber, dass die Transportkosten vor allem im Güterverkehr relativ zu anderen Kostenkomponenten über einen langen Zeitraum hinweg stetig abgenommen haben.

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen ist kein neues Phänomen, sondern ist schon in der Antike zu beobachten. Damals bildeten die Römerstraßen, die im Gegensatz zu den davor verwendeten unbefestigten Altstraßen befestigt waren, die Grundlage für das Entstehen und die Erhaltung eines so ausgedehnten Reiches. Später geschah Ähnliches durch die Erfindung und Entwicklung der Eisenbahn, die eine Reduktion der über Jahrhunderte mit der Leistungsfähigkeit von Pferden begrenzten Reisegeschwindigkeit von rund 40 km pro Tag auf rund 40 km pro Stunde brachte.⁹ Die Transportunternehmen haben dadurch im Lauf der Zeit ihre Organisation und Prozesse ebenso angepasst. Es entstanden Personal- und Rollmaterialumläufe, Routenplanungs- und Reservierungssysteme.

Zusammen mit den bereits erwähnten Einflüssen gibt es noch eine Reihe weiterer, für die Entwicklung von Verkehrssystemen bedeutende nachfrage- und angebotsseitige Einflussfaktoren. Einige der wichtigsten Faktoren sind in Abbildung 3.1 aufgeführt.¹⁰

Besondere Bedeutung für die vorliegende Arbeit hat die Frage, wie neue Technologien bezogen auf das Größenwachstum von Transportmitteln ökonomisch eingesetzt werden können. Immer wieder in der Geschichte der Transportwirtschaft waren die Transportunternehmen konfrontiert mit neuen Entdeckungen, Erfindungen und Technologien, die in den Ablauf des kommerziellen Verkehrs erst integriert werden mussten. Am Beispiel des Luftverkehrs ist einfach zu erkennen, dass ohne komplexe EDV-basierte digitale Reservierungssysteme notwendige Hub-and-Spoke Netzsysteme kaum funktionieren könnten. Im Güterverkehr führen Tracking-und-Tracing zu einem besseren Überblick über die Standorte von Transportmitteln, Transporteinheiten und Güter.

3.3 Determinanten der Leistungsfähigkeit von Transportmitteln als Teil von Verkehrssystemen

Die Transportmittel sind ein zentraler Einflussfaktor auf die Leistungsfähigkeit von ganzen Verkehrssystemen.¹¹ Das Größenwachstum der Transportmittel wirkt immer zusammen mit anderen Elementen des Verkehrssystems, es sind aber häufig die Innovationen bei den Transportmitteln, die die Leistungsfähigkeit der Systeme antreiben und die Anpassung der anderen

⁹Vgl. Bagwell (1988).

¹⁰Vgl. Ortúzar und Willumsen (2001).

¹¹Vgl. in einer ähnlichen Analyse Lüpschen (2004).

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

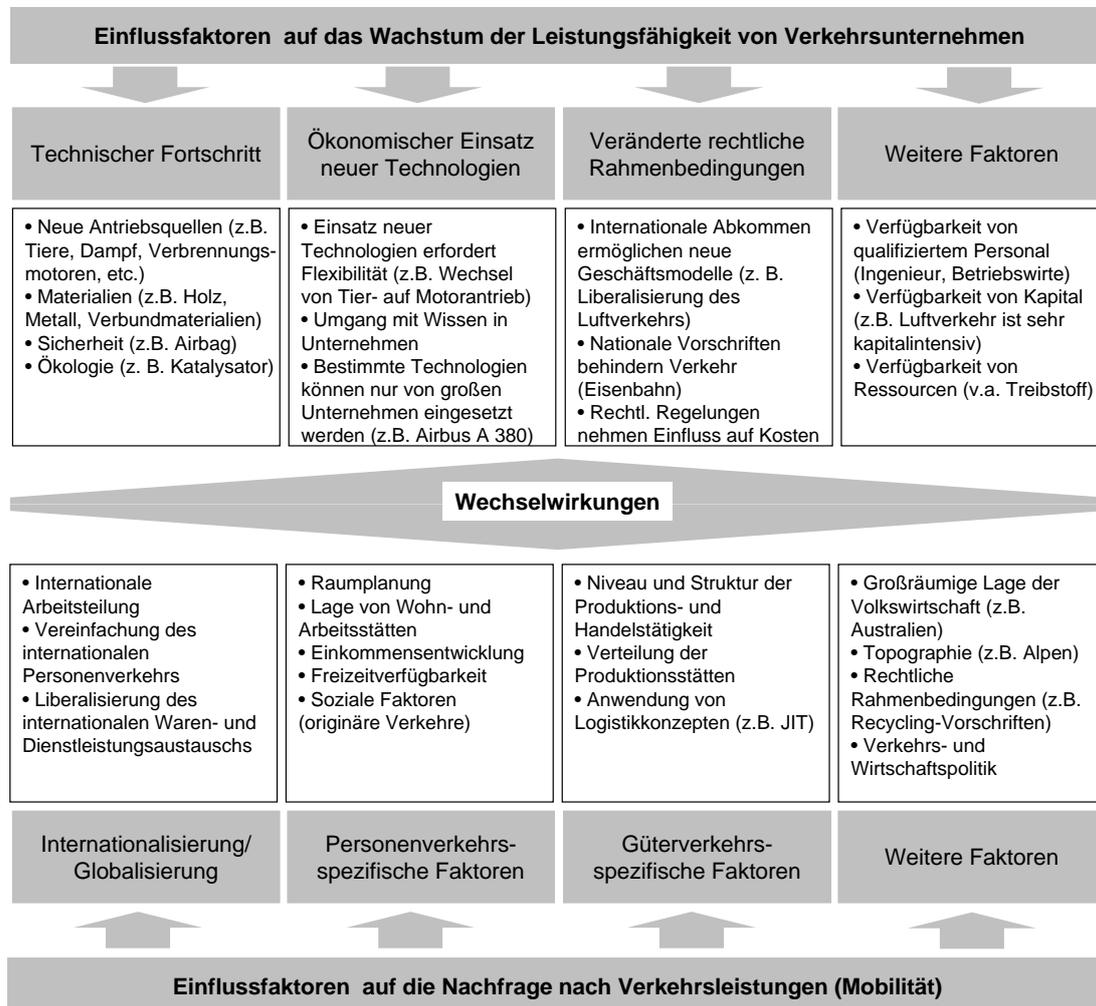


Abbildung 3.1: Wichtige Einflüsse auf das Wachstum von Verkehrsleistungen und auf das Wachstum der Leistungsfähigkeit von Verkehrsunternehmen
(Quelle: Eigene Darstellung)

Elemente des Verkehrssystems erfordern. Ein Beispiel bietet der Seeverkehr, bei dem die Hafenanlagen (z.B. bei Containerhäfen) und die Logistiksysteme (Lange Vor- und Nachläufe) sich abgestimmt auf die Entwicklung der großen Containerschiffe entwickelt haben und daraus eine starke Zentralisierung erfolgte. Ein ähnliches Beispiel bietet sich auch im Luftverkehr, wo die Anpassungen der Umschlagsinfrastruktur erst nach Klarheit über die Realisierung der Boeing 747 oder später dem Airbus A380 erfolgten. Das bedeutet nicht, dass bei der Entwicklung neuer Transportmittel die Restriktionen, die etwa durch die Infrastruktur gegeben sind, nicht berücksichtigt werden. Die Transportmittel und die restlichen Komponenten des Verkehrssystems, wie beispielsweise die Infrastruktur und Umschlagssysteme, sind in unter-

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

schiedlich starkem Ausmaß voneinander abhängig und wechselseitig beeinflusst.¹²

Es werden daher in diesem Abschnitt die Einflussfaktoren auf die Entwicklung von Transportmittel(größen) untersucht. Im ersten Teil wird eine breite Analyse der Einflussfaktoren durchgeführt, während im zweiten Teil eine kurze Darstellung von Zusammenhängen erfolgt.

3.3.1 Einflussfaktoren auf das Größenwachstum von Transportmitteln

Stellt man die Transportmittel in den Mittelpunkt der Betrachtung der Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen, werden die vielfältigen Interaktionen mit den anderen Verkehrssystemelementen (z.B. Umschlagseinrichtungen) erkennbar. Im Mittelpunkt steht der eigentliche Verkehrsmarkt und die marktlichen Einflussfaktoren im engeren Sinn, in dem von den Verkehrsmarktteilnehmern (angebots- und nachfrageseitig) über die genaue Form der Erbringung von Verkehrsleistungen entschieden wird.

Über den Märkten stehen nicht-marktliche Rahmenbedingungen, innerhalb derer sich die eigentlichen Verkehrsmärkte abspielen. Die Abbildung 3.2 zeigt die wichtigsten Einflussfaktoren und ordnet die Einflussfaktoren, soweit möglich, der Angebots- bzw. der Nachfrageseite des Verkehrsmarktes zu. Unterhalb der Rahmenbedingungen sowie den eigentlichen Verkehrsmärkten stehen die marktlichen Einflüsse im weiteren Sinn, die vor allem von verkehrsmarktnahen Teilmärkten und deren Wirkungsmechanismen bestimmt sind. Deren Wirkung ist vorwiegend langfristig und weniger operativ als die der marktlichen Einflüsse im engeren Sinn. Einen sehr ähnlichen Ansatz zur Untersuchung von Verkehrsunternehmen wählt Voigt.¹³ Der übrige Teil dieses Abschnittes beschäftigt sich mit den Einflussfaktoren im Detail.

3.3.1.1 Nichtmarktliche Einflussfaktoren (Rahmenbedingungen)

Die nichtmarktlichen Einflussfaktoren liegen außerhalb der Verkehrsmärkte und deren Einfluss, bestimmen aber in wesentlichen Punkten indirekt über den Verkehrsmarkt und auch teilweise direkt über die Art und Kapazität der eingesetzten Transportmittel.

Technisch-physikalische Rahmenbedingungen. Die technische Entwicklung sowie die Erkenntnisse über neue Werkstoffe und Konstruktionsmethoden bilden die Grundlage für die Entwicklung von Transportmitteln. Viele Aspekte der Technik (Physik) führen dazu, dass eine Vergrößerung des Transportmittels zu einem unterdurchschnittlichen Anstieg der notwendigen Inputs im Betrieb führen, wie beispielsweise eine Verlängerung eines Flugzeuges von 60 auf 65 m kaum einen höheren Luftwiderstand erzeugt und daher der

¹²Vgl. Rodrigue u. a. (2006), S. 13.

¹³Vgl. Voigt (1973), S. 785ff.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

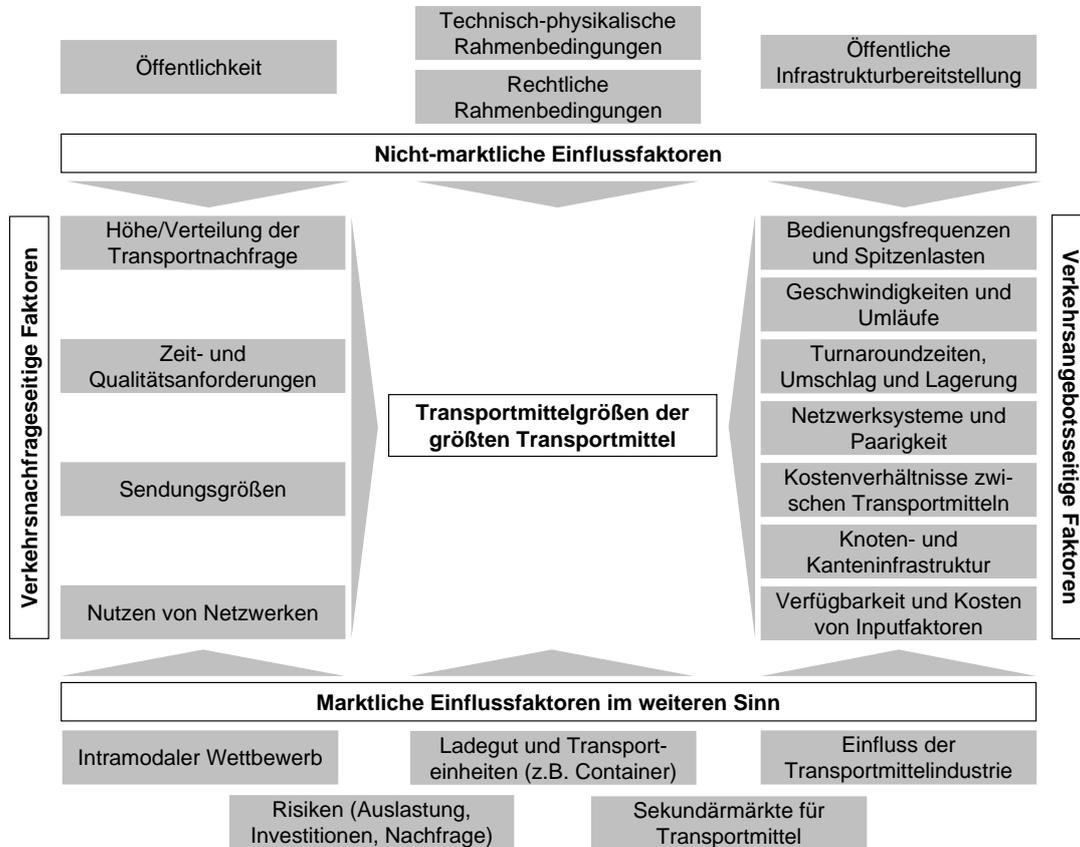


Abbildung 3.2: Einflussfaktoren auf das Größenwachstum von Transportmitteln
(Quelle: Eigene Darstellung)

Ressourceneinsatz für den Betrieb dieses etwas längeren Flugzeuges kaum höher ist. Die aus technischen und physikalischen Gesetzen als Randbedingungen folgende Kostendegression größerer Transportmittel bildet den wesentlichen verkehrsmarktexternen Treiber für das Transportmittelwachstum. Es ist gleichsam die Schnittstelle, bei der Verbesserungen in der Technologie auf die Ökonomie wirken.

Öffentlichkeit. Gerade im Bereich des Verkehrs ist die Öffentlichkeit sehr sensibilisiert auf Innovationen und Veränderungen. Die großen Transportmittel stehen besonders im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit, mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen. So wird die Entwicklung und der Einsatz von sehr großen Flugzeugen von der Öffentlichkeit bemerkenswert positiver aufgenommen als der Einsatz größerer Lastkraftfahrzeuge. Die Auswirkungen hinsichtlich Risiken, induziertem Verkehrsaufkommen¹⁴ und externen Kosten sind bei beiden Beispielen durchaus vergleichbar.

¹⁴Zu induziertem Verkehr allgemein schreiben Cerwenka und Hauger (1996).

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

Rechtliche Rahmenbedingungen. Diese spielen auf allen legislativen Ebenen (EU, Nationalstaaten und föderale Ebene) eine wesentliche Rolle. Gerade im Straßenverkehr dominieren rechtliche Regelungen den Einsatz von Transportmitteln, die Abmessungen, Gewichte und Geschwindigkeiten sind gesetzlich vorgegeben. Auch im Luft- und Schiffsverkehr haben diese Einfluss, sei es hinsichtlich von Mindestbesatzungen oder zu entrichtenden Steuern. Generell bilden die Marktformen der jeweiligen Verkehrsmärkte eine wichtige Randbedingung. Regulierungen können ebenso eine Bestimmungsgröße der Attraktivität von bestimmten Transportmittelgrößen sein (vgl. Abschnitt 5.2.1).¹⁵

Infrastrukturelle Rahmenbedingungen. Die Infrastruktur tritt auf dieser Ebene als nicht innerhalb des Verkehrssystems zu entscheidende Variable wie auch später bei den angebotsseitigen Variablen auf. Eine Erhöhung der Kapazität der Transportsysteme lässt sich durch den Ausbau der Knoten und Kanten des jeweiligen Verkehrsträgers erreichen. Dies ist im Allgemeinen mit hohen Kosten und sehr langen Realisierungszeiten verbunden, nicht zuletzt auch aufgrund der langen Entscheidungsphasen. Gerade deshalb ist die Infrastruktur auch langfristig (neben physikalischen Grenzen) eine der restriktivsten Limitierungen für das Größenwachstum. Bei Verkehrsträgern, bei denen eine aufwendige Kanteninfrastruktur notwendig ist (Straße, Schiene), ist dieser Faktor besonders bestimmend. Luft- und Schiffsverkehr haben durch die kaum vorhandenen Kanteninfrastrukturen größeren Spielraum, zumal auch oft die Adaption einiger weniger sehr wichtiger Knoten ausreichend ist und diese Kosten teilweise von den Transportunternehmen selbst getragen werden können.¹⁶

3.3.1.2 Marktliche Einflussfaktoren der Nachfrage im engeren Sinn

Diese Einflussfaktoren sind dem eigentlichen Verkehrsmarkt zuzuordnen und liegen im Einflussbereich der Nachfrager von Verkehrsleistungen.

Höhe und Verteilung der Transportnachfrage. Diese hat auf zwei Ebenen Einfluss auf die Transportmittelgrößen. Auf einer kurzfristigen Ebene ist bei einer Steigerung der Nachfrage auf konkreten Routen der Einsatz größerer Transportmittel möglich bzw. notwendig. Langfristig stehen die Prognosen über ein weiteres Transportaufkommenswachstum im Vordergrund, da basierend auf Prognosen entschieden wird, ob überhaupt neue und größere Transportmittel entwickelt werden sollen.¹⁷ Beide Effekte verlaufen *po-*

¹⁵Caves u. a. (1981) zeigten beispielsweise anhand eines Vergleichs zwischen stärker regulierten U.S.-amerikanischen und weniger regulierten kanadischen Eisenbahngesellschaften, dass der weniger regulierte kanadische Bahnsektor signifikant höheres Wachstum in der Produktivität erzielen konnte.

¹⁶Vgl. für eine infrastrukturbezogene Sichtweise Anderson und Lakshmanan (2004).

¹⁷Im Luftverkehr beschäftigen sich die Hersteller deshalb auch aufwendig mit Prognosen. Vgl. Airbus (2006) und Boeing (2006).

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

sitiv korreliert mit der Transportnachfrage, und wirken daher kurz- und langfristig in Richtung steigender Transportmittelgrößen, wobei es hierbei Einschränkungen gibt. So kann eine höhere Transportnachfrage auch bewirken, dass sich Strukturveränderungen auf der Angebotsseite ergeben. Bei geringem Nachfrageniveau kann eine Bündelung durch Tourenverkehre oder Hub-and-Spoke-Netzwerkstrukturen notwendig und sinnvoll sein, bei weiterem Wachstum der Nachfrage kann diese Bündelung aber wieder obsolet und Direktverkehre wieder attraktiv werden. Diese Effekte kommen operativ v.a. im Straßengüterverkehr vor und sind in langfristiger Form im Luft- und Seeverkehr zu beobachten.

Zeit- und Qualitätsanforderungen. Die Anforderungen an die Reisezeiten und an die Transportqualität sind im Personen- und Güterverkehr vor allem aufgrund des steigenden Güterwertes in den vergangenen Jahrzehnten deutlich angestiegen.¹⁸ Die daraus entwickelten modernen Logistikkonzepte (z.B. Just-in-Time) haben hohe Qualitäts- und Zeitanforderungen an Transportvorgänge. Ein Umstand, der zu den bekannten Verschiebungen zwischen den Verkehrsträgern geführt hat.¹⁹ Die Reisezeit im Personenverkehr ist neben der reinen Transportzeit auch bestimmt von Zu-, Abgangs- und Wartezeiten.²⁰ Tendenziell wirken diese Effekte in Richtung kleinerer Transportmittelgrößen, da diese flexibler und weniger anfällig für Verspätungen sind. Zudem können kleinere Transportmittel in stärkerem Ausmaß in Direktverkehren eingesetzt werden und durch den hohen Wert der transportierten Güter ist die Kostendegression durch Bündelungseffekte von geringerer Bedeutung.

Sendungsgrößen. Unter Sendungsgröße wird in diesem Zusammenhang verstanden, wie viel Anteil eine Sendung an der gesamten Kapazität eines Transportmittels hat. Es bestehen hierbei schon innerhalb der Verkehrsträger große Unterschiede. So füllen im Tankerschiffbereich einzelne Sendungen häufig ganze Schiffe (Charterverkehr), während im Containerschiffbereich einzelne Sendungen nur äußerst selten ganze Containerschiffe füllen. Vergleicht man die Verkehrsträger untereinander, so fällt auf, dass der Straßengüterverkehr der einzige Verkehrsträger ist bei dem eine Sendungsbündelung in vielen Fällen keine Notwendigkeit darstellt, sondern die Größen einzelner Sendungen die maximale Kapazität der größten Transportmittel häufig deutlich überschreiten. Insofern ist die Aussage von *Samuelsson und Tilanus*²¹, dass die physische Kapazität von Seeschiffen und Flugzeugen schwierig zu bewerten sei, zu relativieren. Diese hat in der Tat deshalb so wenig Bedeutung, weil es im Luft- und (Container-)Seeverkehr wenig Sendungen gibt, die die maximale Kapazität der Transportmittel ausreizen und daher

¹⁸Vgl. McKinnon und Woodburn (1996) und Nielsen u. a. (2003).

¹⁹Vgl. Aberle (2003), S. 91ff.

²⁰Vgl. Anderson und Kraus (1981).

²¹Vgl. Samuelsson und Tilanus (1997), S. 142.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

die Fragestellung selbst nur selten auftritt. Die Sendungsgrößen haben daher vor allem den folgenden Effekt: Sind die Sendungsgrößen häufig größer als die größten zulässigen Transportmittel besteht ein besonderes Interesse zur Kapazitätssteigerung.

Nutzen von Netzwerken. Netzwerke haben aus Sicht von Transportnachfragenden mehrere Vorteile: Zum einen erhöht sich damit die Anzahl der Orte, die von einem Transportanbieter erreicht werden können (z.B. im Personenluftverkehr), zum anderen steigt innerhalb von Netzwerken üblicherweise auch die Bedienungsfrequenz. (z.B. im Stückgutverkehr).²² Diese beiden Vorteile haben nicht zuletzt zum Bedeutungsgewinn von weltweit agierenden Logistikdienstleistern und Integratoren geführt.²³

Die Anforderungen der Nachfrage haben, vor allem in Märkten mit starkem Wettbewerb, großen Einfluß auf die Ausprägung des Transportangebotes. Die Transportunternehmen befinden sich daher in einem ständigen Optimierungsprozess zwischen den Anforderungen der Nachfrage sowie den Restriktionen des Produktionssystems, denen die Unternehmen unterliegen und die im folgenden beschrieben werden.

3.3.1.3 Marktliche Einflussfaktoren des Angebots im engeren Sinn

Diese Einflussfaktoren sind dem eigentlichen Verkehrsmarkt zuzuordnen und liegen im Einflussbereich der Anbieter von Verkehrsleistungen.

Bedienungsfrequenzen und Spitzenlasten. Die Bedienungsfrequenzen sind eng in Zusammenhang mit den Transportmittelgeschwindigkeiten und Umläufen zu sehen. Generell führen höhere Frequenzen der Bedienung zu kleineren Transportmittelgrößen (vgl. Abschnitt 3.3.2). Durch das verstärkte Bedürfnis seitens der Nachfrage nach einer Reduktion der (komplexen) Reisezeiten für Personen und Güter hat die Bedienungsfrequenz massiv an Bedeutung gewonnen oder anders ausgedrückt: Bedienungsfrequenzen haben einen deutlichen positiven Einfluss auf die Nachfrage nach Transportleistungen bzw. auf die Zahlungsbereitschaft der Nachfrager.²⁴ Verkehrsunternehmen treiben daher häufig Wettbewerb über Frequenzen. Evident ist das besonders im Luftverkehr.²⁵ Eng in Zusammenhang mit Bedienungsfrequenzen steht der Umgang mit Spitzenlasten. Verkehrsunternehmen können, abseits der Preisgestaltung, mit größeren Transportmitteln oder alternativ mit einer größeren Anzahl an Transportmitteln auf Spitzenlasten reagieren. Der Einsatz größerer Transportmittel ist dann sinnvoll, wenn die zusätzlichen

²²Vgl. Ihde und Kloster (2001), S. 31. und Quinet und Vickermann (2004), S. 267ff.

²³Vgl. McKinnon und Woodburn (1996).

²⁴Der sogenannte „Mohring-Effekt“, vgl. Mohring (1972) und Mohring (1976).

²⁵Diese Faktoren haben dazu geführt, dass sich die Flugzeuggrößen im Luftverkehr trotz des hohen Wachstumsniveaus reduziert haben. Vgl. Kapitel 5.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

Kosten der Anschaffung und des Betriebes dieser großen Transportmittel über die gesamte Betriebszeit weniger Kosten verursachen als der Betrieb von mehreren kleineren Verkehrsmitteln abhängig von der Spitzenlastnachfrage.

Geschwindigkeiten und Umläufe. Höhere Geschwindigkeiten haben aus Sicht der Produktion der Leistung den Vorteil, dass mehr Fahrzeugumläufe möglich sind und die Produktivität eines Transportmittels dadurch höher ist.²⁶ Begrenzend wirkt auf die Geschwindigkeit der progressiv ansteigende Energieverbrauch bei höheren Geschwindigkeiten. Es zeigt sich im Allgemeinen ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und dem Wert der transportierten Ware (Personen). Je höherwertiger das Transportgut desto höher ist üblicherweise die Transportgeschwindigkeit. Ein Beispiel ist die Containerschifffahrt. Containerschiffe weisen deutlich höhere Geschwindigkeiten als etwa Bulk-schiffe auf.²⁷ Im Luftverkehr haben die Umläufe besonderen Einfluss auf die Routengestaltung. Flüge mit einer reinen Flugzeit zwischen 9 und 10 Stunden je Richtung können noch mit einem Flugzeug im täglichen Umlauf bedient werden, längere Flugzeiten erfordern zweitägige Umläufe mit hohen Stillstandszeiten oder komplexe Allokationen von Flugzeugen auf unterschiedliche Routen.

Turnaroundzeiten, Umschlag und Lagerung. Die verfügbaren Umschlagssysteme sowie die damit zusammenhängenden Turnaroundzeiten der Transportmittel bestimmen die Produktivität eines Verkehrssystems entscheidend mit. In diesem Punkt sind die von der Transportmittelgröße abhängige durchschnittliche Umschlagszeit und die durchschnittlichen Umschlagskosten (Stückkosten) die wesentlichen Determinanten. Gerade in Netzwerken mit einer Bündelung von Transportströmen steht der Umschlag besonders im Vordergrund. Das ist unter anderem bei Hub-and-Spoke-Netzen sowie im Kombinierten Verkehr der Fall. Im Bereich der Luftfahrt haben Luftverkehrsgesellschaften, die mit einem Low-Cost-Modell operieren, die Turnaroundzeiten stark verkürzt, um damit die Produktivität zu erhöhen.²⁸ Zum Umschlag im weiteren Sinne hinzuzuzählen ist auch die Lagerung der Güter, da diese mit den anderen Einflussgrößen im Trade-off steht, etwa in der Bestimmung des optimalen Transportlosgrößenbestandes. Für die Ausnutzung besonders kapazitätsstarker Transportmittel ist der Aufbau eines größeren Bestandes am Ausgangs- und Zielort erforderlich, mit der Folge von höheren Lagerkosten.²⁹

Netzwerkssysteme und Paarigkeit. Netzwerkssysteme verändern die Kostenstruktur jedes Trans-

²⁶An einem Beispiel aus der Luftfahrt ist das besonders gut zu zeigen: Eine Boeing 747 hat eine Reisegeschwindigkeit von Mach 0,845; ein ähnlich großer Airbus A340-600 hat eine Reisegeschwindigkeit von Mach 0,83. Auf einem zehnstündigen Flug kann eine Boeing 747 damit um rund 160 Kilometer weiter fliegen, mit der Folge einer höheren Produktivität.

²⁷Vgl. Bridgman (2003), S. 7.

²⁸Vgl. Groß und Schröder (2007).

²⁹Vgl. Henning u. a. (2003) und Lüpschen (2004), S. 56ff.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

portunternehmens grundlegend.³⁰ Steigt die Vernetzung eines Verkehrssystems und erhöhen sich die Abhängigkeiten z.B. durch fixe Fahr-/Flugpläne, steigt in der Regel der Fixkostenanteil. In der Folge ändert sich auch die Preisgestaltung, da in Netzwerken die Grenzkosten einen geringeren Anteil haben. Ebenso ändert sich die Wettbewerbssituation in Netzwerken, da Transfersendungen (mit Umschlag) und Direktsendungen kombiniert werden.³¹ Netzsysteme ändern auch die Anforderungen an die Unternehmensorganisation, da beispielsweise wesentlich komplexere Steuerungsmechanismen durch die höheren Abhängigkeiten notwendig sind. Paarigkeiten wirken sich ebenso auf die Kostenstrukturen aus, denn je paariger die Warenströme sind, desto besser können die Kapazitäten der Transportmittel genutzt werden.³²

Kostenverhältnisse zwischen Transportmitteln. Weitere wesentliche Eingangsgrößen für die Entscheidung, welche Transportmittel eingesetzt werden, bilden sowohl die Anschaffungs- als auch die Betriebskostenverhältnisse zwischen Transportmitteln unterschiedlicher Größe. In beiden Kostenbereichen finden sich üblicherweise die (technisch bedingten) Kostendegressionen mit steigender Transportmittelgröße. Bedeutend ist in dieser Hinsicht der Verlauf und die Intensität der Kostendegression, also das Ausmaß von Economies of Scale und der Punkt, ab dem (solange es sich um kein natürliches Monopol handelt) Diseconomies of Scale eintreten. Je geringer die Kostendegression ist, desto weniger Vorteile bieten größere Transportmittel. Je größer die Transportmittel bereits sind, desto geringer ist die Kostendegression eines weiteren Transportmittelwachstums. Können bei einem Containerschiff mit der Kapazität 1.000 TEU weitere 1.000 TEU zu Grenzkosten von Null hinzugeladen werden, dann sinken die Durchschnittlichen Transportkosten pro TEU auf die Hälfte. Werden bei einem Containerschiff von 10.000 TEU weitere 1.000 TEU an Kapazität zu Grenzkosten von Null hinzugefügt, so sinken die Transportkosten im Durchschnitt nur um $\frac{9}{10}$. Zu berücksichtigen beim Einsatz größerer Transportmittel sind daher auch Effizienzverbesserungen bei kleineren Transportmitteln. Steigt die Effizienz (bzw. sinken die Kosten) des Einsatzes kleinerer Transportmittel, so werden große Transportmittel und der damit verbundene intensivere Einsatz von Netzstrukturen relativ unattraktiver.

Knoten- und Kanteninfrastruktur. Neben der Infrastrukturbereitstellung, die im Einflussbereich der öffentlichen Hand ist, haben auch häufig Unternehmen im Verkehrsmarkt Einfluss auf die Bereitstellung von Infrastruktur. So bauen sich Luftverkehrsunternehmen an Flughäfen eigene Terminals oder Schifffahrtsunternehmen beteiligen sich an Hafenanlagen. Im Straßenverkehr stehen wesentliche Teile der Knoteninfrastruktur (z.B.

³⁰Vgl. Ihde und Kloster (2001), S. 30.

³¹Vgl. Brueckner und Spiller (1994).

³²Nicht eingegangen wird in dieser Arbeit auf den Pipelinetransport, hier liegen grundsätzlich andere Voraussetzungen vor.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

Umschlagslager- und rampen) im Eigentum der Verkehrsunternehmen bzw. der verladenden Unternehmen.

Verfügbarkeit und Kosten von Inputfaktoren. Die Inputfaktoren, deren Verfügbarkeit und Kostenniveau, sind ein grundsätzlicher Einflussfaktor auf jede Produktions- und Kostenfunktion. Beispielsweise kann im Straßengüterverkehr ein Mangel an Kraftfahrzeuglenkern und eine dementsprechende (Lohn-)Kostensteigerung dazu führen, dass größere Transportmittel mit weniger Personaleinsatz Vorteile ermöglichen.

3.3.1.4 Marktliche Einflussfaktoren im weiteren Sinn

Diese Gruppe von Einflussfaktoren hat weniger auf der operativen Ebene der Erstellung der Verkehrsleistung Bedeutung, ist aber gerade in längerfristigen Betrachtungen wichtig.

Intermodaler Wettbewerb. Der intermodale Wettbewerb bildet die Schnittstelle zwischen dem Teilmarkt eines Verkehrsträgers und den Teilmärkten der anderen Verkehrsträger. Intermodaler Wettbewerb hat, je nach Verkehrsträger, eine unterschiedlich starke Bedeutung. Die Verkehrsträger bieten nämlich unterschiedliche spezifische (physikalische) Vorteile³³, die zu gewissen Affinitäten der Transportgüter führen. Änderungen in den Transportmittelgrößen eines Verkehrsträgers können über diese intermodalen Wettbewerbsverflechtungen auf einen anderen Verkehrsträger rückwirken. Beispielsweise könnte die Zulassung von größeren Nutzfahrzeugen bei der Eisenbahn zu verstärktem Druck zur Einführung von Doppelstockcontainerzügen führen.

Ladegut und Transporteinheiten. Die Leistungsfähigkeit von Transportmitteln hängt davon ab, wie das Transportgut (bzw. die Transporteinheit) auf das Transportmittel abgestimmt ist. Ein typisches Problem in diesem Zusammenhang ist, dass Standard Euro-Paletten nicht längsseitig nebeneinander in einen ISO-Seecontainer geladen werden können.³⁴ Die Transportmittelgrößen sind häufig von genormtem Ladegut oder Transporteinheiten dominiert, wie Containerzüge oder Containerschiffe zeigen. Eine mögliche Doppelstockbeladung von Containerzügen ist eng an die Höhe der ISO-Seecontainer gebunden.

Risiken. Das Risiko, verstanden als Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses multipliziert mit dem finanziellen Schaden, ist in diesem Kontext besonders bedeutend. Oft werden die größeren ökonomischen Risiken übersehen, die größere Transportmittel aufweisen. Besonders bedeutend ist die Seite der Anbieter von Transportleistungen in diesem Kontext, da sich diese letztendlich, unter gegebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen, für oder gegen den Einsatz eines bestimmten Transportmittels entscheiden müssen.

³³ „Verkehrswertigkeiten“ in der Terminologie von Voigt (1973).

³⁴ Vgl. Kummer (2006), S. 179.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

Von Bedeutung sind dabei vor allem Auslastungs- und Wiederverkaufsrisiken. Größere Transportmittel tragen ein größeres Auslastungsrisiko, da sie nur auf wenigen, sehr aufkommensstarken Routen eingesetzt werden können und sich in der Vergangenheit häufig gezeigt hat, dass die großen Transportmittel bei einem Nachfrageeinbruch besonders betroffen sind.³⁵ Auch der Wiederverkauf ist durch die geringere Anzahl an potentiellen Kunden sowie die generell geringer Stückzahl erschwert. Das führt zu einem illiquiden und daher wenig attraktiven Markt. Ein zweiter Block an Risiken sind Sicherheits- und Umweltrisiken. Eine ausführliche Behandlung der Risiko-Thematik erfolgt in Abschnitt 4.4.

Sekundärmärkte für Transportmittel. Die Sekundärmärkte haben je nach Verkehrsträger eine unterschiedliche Bedeutung. Im Eisenbahnverkehr sind diese noch wenig ausgeprägt und werden z.T. durch die (ehemaligen) Staatsbahnen behindert. Im Luftverkehr haben Sekundärmärkte für Flugzeuge höhere Bedeutung, da die Restwerte von Flugzeugen beispielsweise von der Attraktivität der Flugzeuge zur Umrüstung von Passagier- auf Frachtflugzeuge abhängen. Im Schiffsverkehr ist der Sekundärmarkt von den Stahlpreisen beeinflusst, da diese wesentlich den Wert des Schiffes beim Abwracken bestimmen. Neben diesen unterschiedlichen Einflussgrößen bei den einzelnen Verkehrsträgern ist abstrahierend festzustellen, dass größere Stückzahlen einer homogenen Gruppe an Transportmitteln eine höhere Liquidität des Sekundärmarktes zur Folge haben. Einzelstücke oder Transportmittel, die nur in sehr geringen Stückzahlen gebaut wurden, weisen eher Nachteile am Sekundärmarkt auf.

Transportmittelindustrie. Die Transportmittelindustrie spielt bei allen Verkehrsträgern eine herausragende Rolle. Die Marktstrukturen unter den Herstellern sind unterschiedlich, von oligopolen Strukturen im Luft- und Eisenbahnverkehr zur Konkurrenz vieler Anbieter mit vergleichsweise homogenem Leistungsangebot im Straßengüterverkehr. Hinzu kommen insbesondere im Luft- und Eisenbahnverkehr Zuschüsse der Öffentlichen Hand, vor allem was die Forschung und Entwicklung betrifft. Weiters verfügen viele Hersteller über eigene Leasing- und Finanzierungsunternehmen, die die Verfügbarkeit von Transportmitteln verbessern.

Die beschriebenen Effekte sind zum Teil selbstverstärkend, z.B. bewirkt eine aus Wettbewerbsgründen durchgeführte Frequenzerhöhung die Nutzung kleinerer Flugzeugtypen. Die Frequenzerhöhung wirkt aber positiv auf die Nachfrage, das führt wiederum zu größeren Transportmitteln.

³⁵Bei Ölkrisen wurden zuerst die größten Schiffe stillgelegt, nach dem dem 11. September 2001 waren wurden besonders viele Boeing 747-Modelle vom Markt genommen.

3.3.2 Einfaches Modell der Produktivität eines Verkehrssystems

Die Produktivität y_{12} (vgl. zur Definition von Produktivität Abschnitt 1.5) eines sehr einfachen Verkehrssystems zum Transport eines homogenen beliebig teilbaren Gutes zwischen zwei Punkten 1 und 2 kann mit folgendem Zusammenhang beschrieben werden.³⁶ Anhand dieser Gleichung können die Zusammenhänge auf einer der in Abbildung 3.2 dargestellten Einflussgrößen aus einer operativen Ebene betrachtet werden.

$$y_{12} = \eta B k \frac{1}{\frac{d_{12}}{v(k)} + \frac{d_{12}}{v(0)} + k \left(\frac{1}{\mu^+} + \frac{1}{\mu^-} \right)} \quad (3.1)$$

Die Variablen haben folgende Bedeutung.

- B = Flottengröße (Anzahl der Fahrzeuge)
- K = Fahrzeugkapazität (t)
- k = Ladungsgröße pro Fahrzeug (t)
- η = Anteil der Fahrzeuge im Einsatz
- μ^+ = Beladungsgeschwindigkeit (t/h)
- μ^- = Entladungsgeschwindigkeit (t/h)
- $t_{ij}(k)$ = Fahrzeit von i zu j als Funktion von k
- d_{ij} = Entfernung von i zu j (km)
- $v(k)$ = Fahrzeuggeschwindigkeit als Funktion von k (km/h)
- f = Bedienungsfrequenz in $Stunden^{-1}$

Den modernen Transportmitteln aller Verkehrsträger ist gemein, dass die Leistungsfähigkeit der Antriebsaggregate mittlerweile so hoch ist, dass die Auswirkungen der Ladungsmasse auf die Fahrzeuggeschwindigkeit $v(k)$ sowie auf die Fahrzeiten $t_{ij}(k)$ nur mehr sehr gering sind. Tendenziell verbleibt die Bedeutung der Ladungsgröße auf die Fahrgeschwindigkeit sowie auf die Reisezeit bei den landgebundenen Verkehrsträgern sowie im Güterverkehr etwas höher.

Formt man die Gleichung zur Bestimmung der Produktivität nach der Fahrzeugkapazität um, so erhält man:

$$k = \frac{y_{12} \left(\frac{d_{12}}{v(k)} + \frac{d_{12}}{v(0)} \right)}{\eta B - y_{12} \left(\frac{1}{\mu^+} + \frac{1}{\mu^-} \right)} \quad (3.2)$$

Damit steigt die notwendige Transportmittelkapazität (z.B. durch einen bestimmten Transportauftrag) bei gegebener Produktivitätsanforderung eines Verkehrssystems bei einer größeren Distanz und sinkt mit höherer Be- und Entladegeschwindigkeit, mit einer größeren Flotte,

³⁶Vgl. Jara-Díaz (1982), S. 527. und Vuchic (2005), S. 5ff.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

mit einem größeren Anteil an verfügbaren Fahrzeugen dieser Flotte sowie mit größerer Transportmittelkapazität und höheren Transportmittelgeschwindigkeiten.

Weiters ergeben sich aus der Gleichung zur Produktivität die Umlaufzeit eines Fahrzeuges zu $t_c = t_{12}(k) + t_{21}(0) + \frac{k}{\mu^+} + \frac{k}{\mu^-}$ und die Frequenz zu $f = \frac{y_{12}}{k} = \frac{\eta B}{t_c}$.

Diese einfache Spezifikation eines Verkehrssystems fasst die Zusammenhänge einiger der wesentlichen Einflussfaktoren auf der Angebotsseite von Verkehrsunternehmen zusammen. In Zusammenhang mit der Aufzählung aller anderen, marktlichen und nicht-marktlichen Faktoren wird aber deutlich, dass ganz wesentliche Einflussfaktoren darüber hinaus von Bedeutung sind.

3.4 Entwicklung der Transportmittelgrößen der jeweiligen Verkehrsträger

3.4.1 Vergleich des Verlaufs des Größenwachstums

Die Entwicklung der Transportmittelgrößen im Vergleich zwischen den Verkehrsträgern weist bemerkenswerte Unterschiede auf. Die unterschiedlichen Entwicklungen von Straßengüterkraftfahrzeugen, Flugzeugen und Containerschiffen seit 1950 zeigt Abbildung 3.3. Ergänzt wurden die Punkte um Trendlinien, die zeigen, dass der Wachstumspfad der größten im kommerziellen Verkehr eingesetzten Transportmittel im Luft- und Straßengüterverkehr einen vergleichsweise leicht degressiven bzw. linearen Verlauf annimmt. Im Containerschiffsbereich findet sich hingegen ein exponentieller Wachstumsverlauf.³⁷

Der Wachstumsverlauf zeigt sich bei den Flugzeugen mit Sprüngen und langen Zeiträumen konstanter Transportmittelgröße, während bei den Containerschiffen und den Güterkraftfahrzeugen eher ein stetiges Wachstum zu beobachten ist. Bemerkenswert ist die Kapazitätssteigerung von Containerschiffen im Betrachtungszeitraum um das beinahe Zwanzigfache, die Versiebenfachung der Kapazität im Luftverkehr und die Versechsfachung im Straßengüterverkehr. Im Schienenpersonenverkehr haben sich die Transportmittelgrößen seit den 1960er Jahren weniger als verdoppelt (Nicht in der Abbildung dargestellt, vgl. Abschnitt 6.3).

Für den Bereich der Kapazitätsentwicklung bei Bussen sind folgende Entwicklungen festzustellen: In diesem Bereich existieren seit den 1950er Jahren Busse mit bis zu 45 Sitzplätzen und in den 1960er Jahren gab es bereits einstöckige Busse mit nahezu 60 Sitzplätzen³⁸. Heutige einstöckige Busse erreichen nicht wesentlich mehr Sitzplätze. Bei den Doppelstockbussen

³⁷Die Bestimmtheitsmaße der Trendlinien sind für den Luftverkehr 0,970, für den Straßengüterverkehr 0,986 und für die Containerschiffe 0,880.

³⁸z.B. der Kässbohrer-Setra S 14, erstes Baujahr 1961, 59 Sitzplätze.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

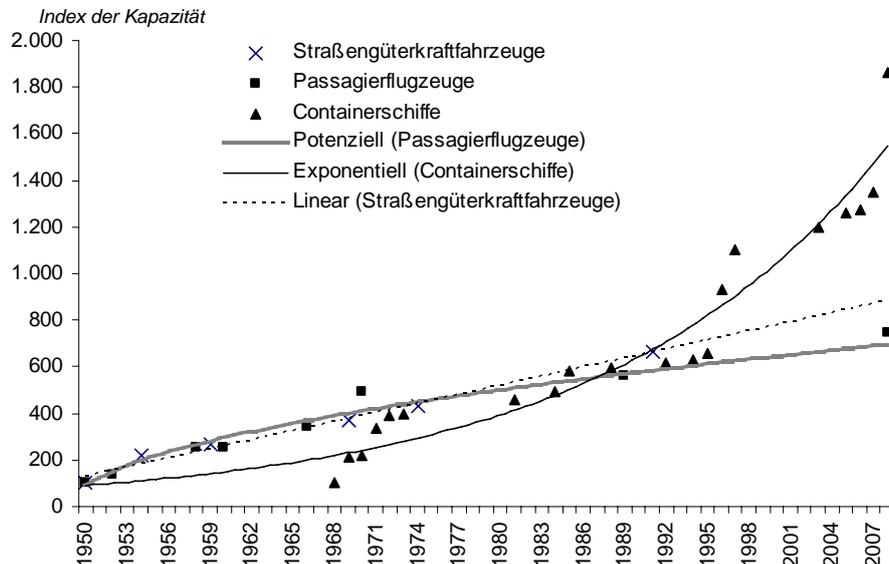


Abbildung 3.3: Vergleich des Wachstums der Transportmittelkapazität im Luft- (in Sitzplätzen pro Flugzeug), Schiffs- (in TEU pro Containerschiff) und Straßengüterverkehr (in t pro Fahrzeug) der größten Transportmittel
(Quelle: Eigene Darstellung)

ist ebenfalls eine eher konstante Entwicklung zu beobachten, im Stadtverkehr haben Doppelstockbusse sogar an Bedeutung verloren.³⁹ Lediglich im Bereich der Doppelstock-Reisebusse mit heute zwischen 70 und 80 Sitzplätzen sind im Vergleich zur Mitte des 20. Jahrhunderts gewisse Kapazitätserweiterungen zu verzeichnen. Generell zeigt sich aber im Busverkehr bisher ein nur äußerst moderates Größenwachstum.

Im Bereich des Eisenbahnpersonenverkehrs war lange Zeit eine Seitwärtsbewegung der Transportmittelgrößen evident. Im Nah- und Regionalverkehr ist der Einsatz von Doppelstockwagen vor allem in osteuropäischen Ländern wie der DDR oder Polen seit den 1950er Jahren üblich. Auch davor gab es schon im Jahr 1936 einen kommerziellen Einsatz von äußerst modernen und sogar klimatisierten Doppelstockwagen auf der Lübeck-Büchener-Eisenbahn (LBE) in Deutschland. Nicht zuletzt aufgrund des stark zurückgehenden Verkehrsaufkommens der Eisenbahn in Westeuropa bis in die 1990er Jahre war der Druck auf eine Ausweitung der Transportmittelgrößen nicht vordringlich. In Westeuropa breiteten sich Doppelstockwagen im Nah- und Regionalverkehr erst wieder ab den 1990er Jahren aus, mittlerweile sind in vielen Ländern wie z.B. Deutschland, der Schweiz, Österreich, den Niederlanden usw. Doppelstockwagen im Nah- und Regionalverkehr gut etabliert. Doppelstockverkehre im Eisenbahnpersonenfernverkehr existieren vor allem in Japan und in Frankreich (TGV Duplex).

³⁹Viele Städte wie z.B. Wien haben Doppelstockbusse abgeschafft.

3.4.2 Grenzen des Größenwachstums von Transportmitteln

Will man die zukünftige Entwicklung der Transportmittelgrößen abschätzen, dann spielen vor allem Widerstandspunkte eine wichtige Rolle. Widerstandspunkte können unterschiedliche Ursachen haben. Diese Ursachen können in zwei Bereiche aufgeteilt werden, die auch in Abbildung 3.1 dargestellt wurden, nämlich die marktlichen und die nicht-marktlichen Einflussfaktoren.

Die nicht-marktlichen Faktoren liegen weitestgehend außerhalb des Einflussbereiches der im Transportmarkt tätigen Unternehmen und unterliegen häufig komplexen (politischen) Entscheidungsmechanismen. Die technisch-physikalischen Rahmenbedingungen hängen vor allem von Forschungs- und Versuchsergebnissen und deren Aufbereitung für eine praktische Anwendung ab. Gerade im Luftverkehr aber auch bei anderen Verkehrsträgern spielt die öffentliche Hand bei der Forschungsfinanzierung eine wesentliche Rolle. Häufig investieren Transportmittelhersteller aber auch selbst in die Weiterentwicklung der Transporttechnologie.

Die Rahmenbedingungen bestimmen das Feld, innerhalb dessen die Mechanismen des Transportmarktes und der transportmarktnahen Märkte zur Wirkung kommen (vgl. auch hier Abbildung 3.1). Hier entscheiden die ökonomischen Faktoren über Einsatz und Nicht-Einsatz bestimmter Technologien.

Diese Faktoren stehen in einer Abhängigkeit zueinander. Die marktlichen Einflussfaktoren sind abhängig von den Rahmenbedingungen, wirken aber gleichzeitig auf die Rahmenbedingungen zurück, da dort, wo es aus den marktlichen Einflussfaktoren notwendig erscheint, Druck durch Interessensverbände, Lobbying und Öffentlichkeitsarbeit sowie die schon beschriebene Eigenforschung und Forschungsförderung auf die Veränderungen der Rahmenbedingungen entsteht. In vielen Fällen investieren Transportunternehmen selbst in die Infrastruktur. In diesem Punkt zeigt sich ein Unterschied zwischen den landgebundenen Verkehrsträgern und dem Luft- und Schiffsverkehr: Da die Kanteninfrastruktur zu Lande äußerst hohe Errichtungskosten und sehr lange Lebensdauern aufweist, ist der Eingriff der öffentlichen Hand nahezu unerlässlich. Im Luft- und Schiffsverkehr können die Verkehrsunternehmen mit wesentlich weniger finanzieller Unterstützung der öffentlichen Hand die Infrastruktur errichten und erweitern, da im Wesentlichen nur Knoteninfrastruktur vorhanden ist.

Nach einer Anpassung der nicht-marktlichen Rahmenbedingungen setzt innerhalb der Transportmärkte unter den beschriebenen marktlichen Einflussfaktoren ein Anpassungsprozess ein und es entstehen eine Reihe von teilweise erst nach einigen Jahren wirkende Veränderungsprozesse.⁴⁰ Beispiele für sehr langfristig wirkende Einflussfaktoren wären die Veränderung

⁴⁰Ein Beispiel für solche Anpassungsprozesse bieten die in den einzelnen Verkehrsträgern bereits erfolgten Liberalisierungen. Diese haben zu tiefgreifenden Veränderungen in den Leistungserstellungssystemen der Unternehmen geführt. Vgl. dazu für die USA Douglas u. a. (1981) und vor allem Winston (1998), S. 98f.

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

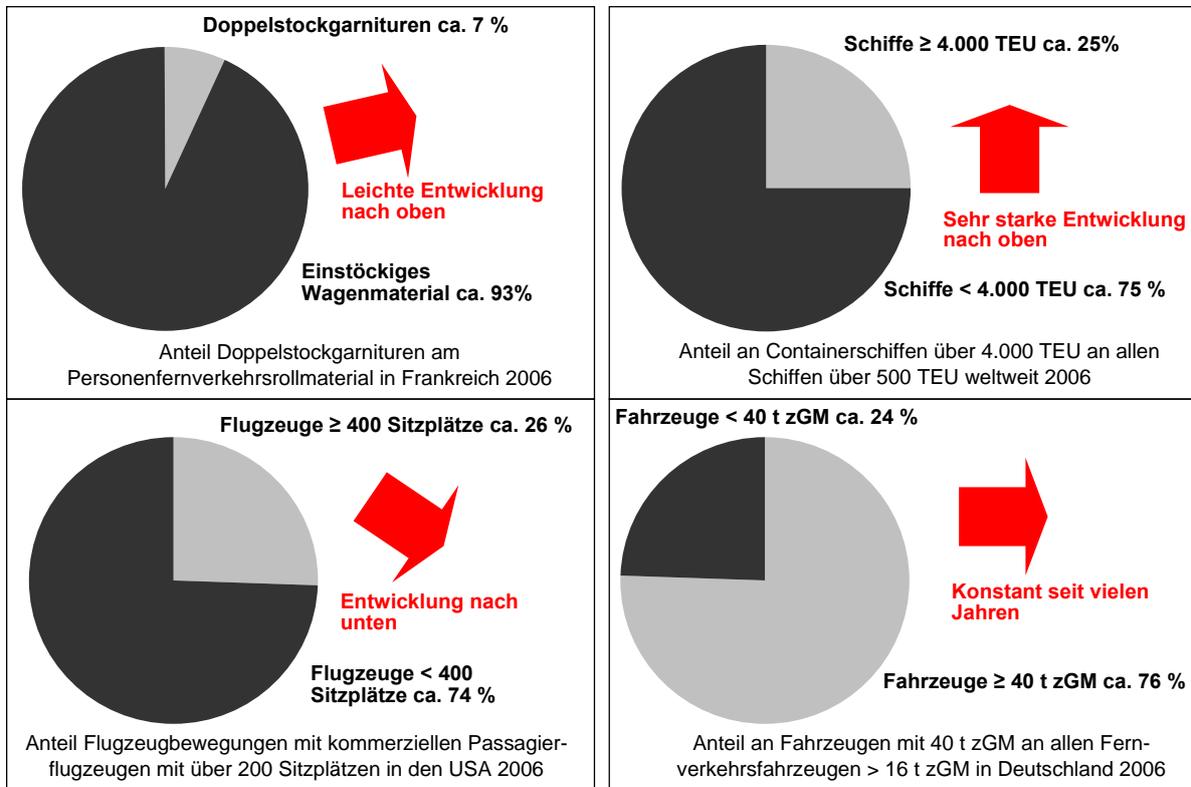


Abbildung 3.4: Vergleich des Anteils der größten Transportmittel im Transportmittelgesamtbestand im Fernverkehr (zGM = zulässige Gesamtmasse)
(Quelle: Eigene Darstellung)

der Sekundärmarktpreise von gebrauchten Transportmitteln oder die Entwicklung und Etablierung neuer Transporteinheiten wie Container.

3.4.3 Anteil der größten Transportmittel am Transportmittelbestand

Um den Druck abzuschätzen, der aus den marktlichen Faktoren auf eine Änderung der Rahmenbedingungen wirkt, ist ein Vergleich des Anteils der größten Transportmittel am Gesamtbestand der vorwiegend im Ferntransport eingesetzten Transportmittel aufschlussreich. Gewisse methodische Probleme erschweren so eine Untersuchung, beispielsweise ist der Nah- und Fernverkehr in jedem Verkehrsträger unterschiedlich definiert und auch die Abgrenzung der Transportmittel mit der größten Kapazität ist nicht zuletzt aufgrund der Datenlage problematisch. So existieren im Schienenverkehr und vor allem im Schienengüterverkehr beispielsweise keine Statistiken darüber, wie die Zusammensetzung einzelner Züge ist.

Abbildung 3.4 soll dennoch einen Versuch darstellen, anhand von Beispielen ein sehr wich-

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

tiges Argument zu veranschaulichen: Die Anteile der größten Transportmittel an den Ferntransportmitteln sind bei den einzelnen Verkehrsträgern unterschiedlich. Der Schienenpersonenverkehr weist einen besonders geringen Anteil dieser größten Transportmittel auf, der am gezeigten Beispiel Frankreich mit rund 7 % im Vergleich zu anderen Ländern sogar noch überdurchschnittlich hoch ist. Im Schienengüterverkehr dürfte der Anteil der größten Züge, die die maximale Kapazität erreichen, höher sein. Im Schiffs- und Luftverkehr haben die größten Transportmittel einen Anteil von rund einem Viertel an den Ferntransportmitteln, wobei dieser im gezeigten Beispiel des Containerschiffsverkehrs in Zukunft weiter wachsen wird, während im Luftverkehr die größten Transportmittel an Bedeutung verlieren, wie in den später folgenden Kapiteln zu den einzelnen Verkehrsträgern auch gezeigt wird. Generell ist bei fast allen Verkehrsträgern der Anteil der Transportmittel mit der größten Kapazität weit weniger als die Hälfte des Gesamtbestandes. Die wichtige Ausnahme bildet der Straßengüterverkehr. Dort ist der Anteil der größten Transportmittel mit mehr als 75 % wesentlich höher als bei den anderen Verkehrsträgern.

Im Bereich des Straßengüterverkehrs besteht daher ein besonderes Interesse an größeren Transportmitteln, da im Gegensatz zu den anderen Verkehrsträgern dort die nicht-marktlichen Faktoren begrenzend wirken. Bei den anderen Verkehrsträgern ist das nicht in diesem Ausmaß der Fall.

3.4.4 Prognose der Größenentwicklung von Transportmitteln

Aus den bisherigen Abhandlungen ergeben sich einige Rückschlüsse auf die Prognosen des Größenwachstums. Im Wesentlichen gibt es zwei Grundformen des Wachstums der Transportmittelkapazität, die in unterschiedlicher Intensität wirken.

1. Die Rahmenbedingungen (nicht-marktliche Faktoren) sind begrenzend für das Transportmittelwachstum.
2. Die Rahmenbedingungen (nicht-marktliche Faktoren) sind nicht begrenzend für das Transportmittelwachstum.

Sind die Rahmenbedingungen nicht-begrenzend, so enthält die Prognose drei Elemente:

1. Eine Abschätzung, welche Grenze einer Rahmenbedingung frühestens erreicht wird (z.B. im Containerschiffsverkehr eine technische Grenze mit Möglichkeit einer Passage des Suez-Kanals).
2. Ab welchem Zeitpunkt und in welcher Intensität diese Grenze aus den marktlichen Kriterien heraus Wirksamkeit hat (z.B. bei derzeitigem Schiffsgrößenwachstum wird diese Grenze ab 2010 wirksam)

KAPITEL 3. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON VERKEHRSSYSTEMEN DURCH VERÄNDERUNGEN BEI DEN TRANSPORTMITTELN

3. Wie und in welchem Zeithorizont diese Grenze aufgehoben werden kann und wie in weiterer Folge die Marktmechanismen reagieren.

Mit dieser abgestuften Vorgehensweise ist es möglich, die Stadien und die Einflussfaktoren auf das Transportmittelwachstum annähernd zu isolieren. Es ist auch möglich, dass Rahmenbedingungen auf absehbare Zeit nicht begrenzend wirken, wie das etwa im Schienenpersonen- oder Straßenpersonenverkehr sowie im Luftverkehr der Fall ist. Wirkt bereits eine nicht-marktliche Grenze auf das weitere Transportmittelgrößenwachstum, entfallen die ersten beiden Schritte und nur eine Betrachtung des dritten Schrittes ist notwendig.

Nach der Analyse der einzelnen Verkehrsträger in den Kapiteln 4 bis 7 wird im Kapitel 8 eine Prognose der Größenentwicklung von Transportmitteln vorgenommen und damit ein verkehrsträgerübergreifendes Bild des Größenwachstums von Transportmitteln vervollständigt.

3.5 Zusammenfassung und Implikationen

In diesem Kapitel wurden die wesentlichen marktlichen und nicht-marktlichen Einflussfaktoren auf das Wachstum der Kapazität von Transportmitteln herausgearbeitet. Wie genau die Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren sind, welche Rolle sie bei den einzelnen Verkehrsträgern spielen und wie sich deren Bedeutung im Zeitablauf verändert hat, wird in den folgenden Kapiteln über die einzelnen Verkehrsträger ausführlich untersucht.

Herausgearbeitet wurden unterschiedliche Wachstumsverläufe der Transportmittelgrößen bei den unterschiedlichen Verkehrsträgern. Herausragend war das Wachstum der Containerschiffgrößen, die Kapazität hat sich 40 Jahren Entwicklung verzwanzigfacht. Kein anderes Transportmittel weist in einem ähnlichen Zeitraum mehr als eine Versiebenfachung auf. Aus dieser Entwicklung ergibt sich die Frage, wo die Grenzen des Transportmittelgrößenwachstums liegen. Dazu wurde eine Trennung zwischen marktlichen und nicht-marktlichen Faktoren vorgenommen. Gerade im Straßengüterverkehr wirken die nicht-marktlichen Faktoren begrenzend, vor allem in Form von rechtlichen Bestimmungen. Im Luftverkehr hingegen wären größere Flugzeuge von den nicht-marktlichen Faktoren her betrachtet durchaus möglich, z.B. in Form eines verlängerten Airbus A380, werden aber derzeit nicht genutzt.

4 Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Schiffsverkehr

4.1 Einleitung

Bei keinem anderen Verkehrsträger ist ein so starkes Größenwachstum der Transportmittel zu beobachten wie im Schiffsverkehr, insbesondere in der Containerschifffahrt (vgl. Abschnitt 3.4.3). Gerade in diesem Bereich wird deutlich, zu welchen extremen Produktivitätssteigerungen Transportsysteme in der Lage sind. So hat sich das Transportaufkommen im Containerverkehr zwischen Asien und Europa zwischen 1997 und 2006 verdreifacht und Kosten der Inputs sind angestiegen, insbesondere die Kosten für Energie und Schiffsneubauten. Gleichzeitig sind die Frachtraten aber nominal nur um rund ein Drittel gestiegen, real sogar nur um rund 12 %.¹ Daraus sind große Produktivitätssteigerungen in der Containerschifffahrt zu vermuten, die nicht zuletzt durch das Größenwachstum der Containerschiffe ermöglicht wurden.²

Die Containerschifffahrt wird in diesem Abschnitt vertiefend untersucht, da dieser Bereich das größte Transportmittelgrößenwachstum aller Verkehrsträger aufweist. Weiters wird auf Tank- und Bulkschifffahrt sowie auf Car-Carrier eingegangen. Zusammen erbringen diese Teilmärkte den überwiegenden Teil der Verkehrsleistungen und stellen einen Großteil der kommerziellen Schiffsflotten. Die Passagierschifffahrt wird in der Analyse nicht behandelt, da diese abseits von Tourismus und Fährverkehren die Bedeutung nachgeordnet ist und für diesen Bereich auch wenig spezifische Informationen vorliegen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die wesentlichen Prinzipien des Größenwachstums auch in diesem Bereich Geltung haben. Aus der Analyse ausgeklammert wird ebenso der Bereich der Binnenschifffahrt. Allgemein kann zur Binnenschifffahrt vermerkt werden, dass in diesem Bereich häufig nicht-marktliche Faktoren begrenzend wirken und innerhalb derer vor allem die Infrastruktur.

¹Vgl. Platou (2007), S. 30f.

²Vgl. die Flottenentwicklung bei Drewry (2005), S. 47ff.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

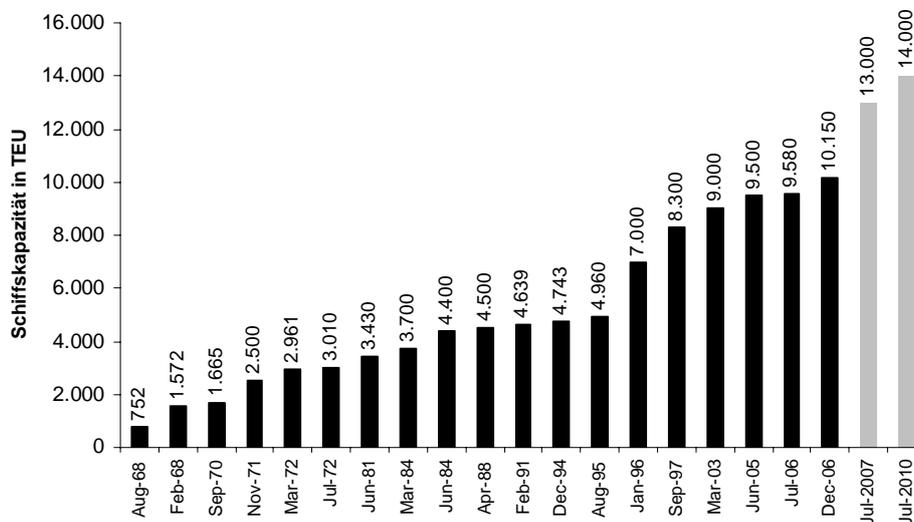


Abbildung 4.1: Containerschiffe mit der größten Kapazität im Zeitablauf
(Quelle: Eigene Darstellung)

4.2 Die Entwicklung der Schiffsgrößen

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über die wesentlichen Entwicklungen der größten Schiffe im Bereich der Güterschifffahrt. Eine Analyse zur Entwicklung der Flotte kommerziell genutzter Güterschiffe findet sich auch bei anderen Autoren.³

4.2.1 Entwicklung im Containerschiffsverkehr

Die Containerschifffahrt begann Ende der 1950er Jahre in den USA, richtige Verbreitung fand das Konzept ab Ende der 1960er Jahre. Von da an wurde der klassische Stückgutverkehr mit Stückgutschiffen mehr und mehr zurückgedrängt. Der Transport von Stückgütern erfolgt heute nahezu ausschließlich in Containerschiffen. Die Containerschifffahrt ist im Gegensatz zu anderen Schifffahrtsmärkten stark im Linienverkehr organisiert.

Die Abbildung 4.1 zeigt die Größenentwicklung von Containerschiffen. Von den ersten Containerschiffen in den 1960er Jahren an gab es ein relativ stetiges Wachstum bis Anfang der 1980er Jahre, wo die maximale Schiffsgröße mehr als 10 Jahre zwischen 4.000 und 5.000 TEU verharnte. Nur bis zu einer Schiffsgröße von ca. 4.800 TEU ist eine Durchfahrung des Panamakanals noch möglich (Panamax-Klasse). Mit der zunehmenden Intensivierung des Handels zwischen der USA und Südost- sowie Ostasien wurden auch Post-Panamax-Schiffe gebaut.

³Vgl. Stopford (1997), S. 19ff

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

Mit diesen Schiffen ist eine Durchfahrt durch den Panamakanal nicht mehr möglich. Nach 1995 verlief das Wachstum der Schiffgrößen dann wieder rasch und stetig weiter, sodass im Jahr 2006 bereits Schiffe mit einer Größe von über 10.000 TEU in Betrieb waren. 2007 wurden mit der *Emma Maersk* bereits rund 13.000 TEU erreicht.⁴ Bei Schiffen über 10.000 TEU ist eine Kapazitätsangabe mit TEU generell erschwert, da die Verwendung von High-Cube Containern und die Gewichte der Container diese Messgröße verzerren. Trotzdem wird häufig noch auf diese Größe zurückgegriffen. Die Verwendung der Größe dwt (tons dead weight) würde den Verlust des großen Vorteils den die Größe TEU hat, nämlich den Bezug auf das Volumen und nicht das Gewicht, bedeuten.

Ab einer Containerschiffgröße von ca. 14.000 TEU ist abhängig von der Bauart des Schiffes auch eine Durchfahrt durch den Suezkanal nicht mehr möglich (Suezmax). Eine weitere Grenze liegt bei einer Schiffgröße von ca. 20.000 TEU. Ab dieser Größe hätte ein Containerschiff einen Tiefgang von mehr als 21 m, was eine Passage der Straße von Malacca unmöglich macht (Malaccamax). Damit wäre ein Einsatz des Schiffes zwischen Ostasien und Europa de facto nicht mehr möglich. Die Schiffe blieben in ihrem Einsatzgebiet beschränkt auf Fahrten zwischen Ostasien und die USA.⁵

Die durchschnittliche Containerschiffgröße lag im Jahr 2006 bei 2.866 TEU.⁶ Diese wird sich aber in Zukunft deutlich erhöhen, da die durchschnittliche Schiffgröße der bis 2005 bestellten Containerschiffe bei einer Durchschnittsgröße von 3.767 TEU lag.⁷ Ab 2008 wird die durchschnittliche Schiffgröße Schätzungen zufolge vermutlich über 4.000 TEU ansteigen.⁸ Auch im Feederverkehr sind aufgrund der größeren Containermengen in den vergangenen Jahren Wachstumstendenzen der Schiffskapazitäten zu erkennen.

Die Containerisierung in der Schifffahrt hat auch dazu geführt, dass die Kostenstruktur der Schiffe sensibler auf die Treibstoffkosten geworden ist, bzw. deren Anteil an den Gesamtkosten gestiegen ist.⁹ Durch die Containerisierung ist der Anteil der Zeit auf See (reine Transportzeit) gegenüber der Be- und Entladezeit angestiegen.

4.2.2 Die Entwicklung im Tankschiffsverkehr

Im Gegensatz zur Entwicklung der Containerschifffahrt sehen wir im Bereich der Tankschiffe einen anderen Wachstumsverlauf. Der Bau der ersten Tankschiffe erfolgte im 19. Jahrhundert,

⁴Vgl. van Ham (2005), S. 90f.

⁵Vgl. Wijnolst u. a. (2000), S.17ff. und Hader (2006).

⁶Clarkson Research Studies, Vessel Registers.

⁷Vgl. MARAD (2006), Tabelle S-2.

⁸Vgl. Zachcial und Lemper (2006), S. 27.

⁹Vgl. Bridgman (2003), S. 7.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

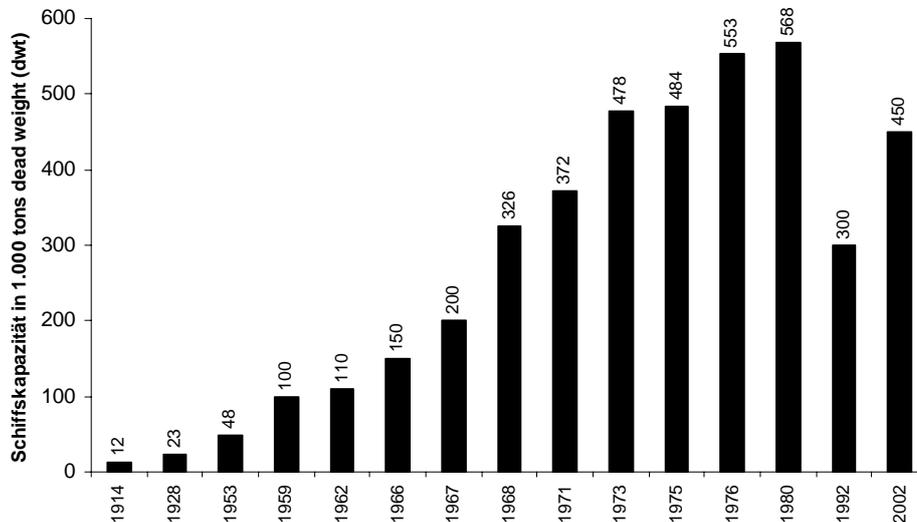


Abbildung 4.2: Die Verdrängung der größten Tankschiffe im Zeitablauf
(Quelle: Eigene Darstellung)

größere Bedeutung erlangten sie jedoch erst mit dem Bedeutungsgewinn des Automobils Anfang des 20. Jahrhunderts. Die Schiffsgrößen wuchsen dann moderat bis in die 1950er Jahre. Der erste massive Größensprung folgte bis 1959, da man, ausgelöst durch die Suezkrise, befürchtete, den langen Umweg um Afrika in Kauf nehmen zu müssen. Auch danach ging das rapide Größenwachstum weiter, ab 1967 wurden die ersten VLCC (Very Large Crude Carrier) mit mehr als 200.000 dwt gebaut, ein Jahr später waren schon ULCC (Ultra Large Crude Carrier) mit über 300.000 dwt im Einsatz. Der Höhepunkt der Entwicklung wurde im Jahr 1980 erreicht, als das bis heute größte jemals gebaute (Tank-)Schiff mit rund 568.000 dwt in Dienst gestellt wurde. Die danach gebauten Schiffe waren deutlich kleiner, im Jahr 1992 wurde das erste doppelwandige 300.000 dwt-Tankschiff gebaut und im Jahr 2002 wurden erstmals seit den 1980er Jahren wieder Schiffe mit mehr als 400.000 dwt gebaut. Zusammengefasst ist diese Entwicklung in der Abbildung 4.2.¹⁰

Die Verteilung der Schiffsgrößen im Tankschiffverkehr zeigt sich sehr homogen. Der Mittelwert der Schiffsgrößen aller Tankschiffe über 200.000 dwt im Tankschiffsverkehr liegt bei ca. 293.000 dwt, die Standardabweichung bei 24.483 dwt.¹¹ Das weist darauf hin, dass in diesem Bereich ein Kostenminimum zu finden ist.

Die intensive Expansion der Containerschiffahrt im Vergleich zu dem Tankschiffmarkt ist auch an den offenen Bestellungen für Tankschiffe evident. Die der Nachfrage nach Tankschiffen zugrunde liegende Rohölnachfrage unterliegt weltweit einem konstanten Wachstum.

¹⁰Vgl. Wijnolst u. a. (2000), S. 14.

¹¹Errechnet aus den Daten von Auke Visser's Tanker-Liste mit allen ULCC und VLCC, Stand 1. 1. 2007.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

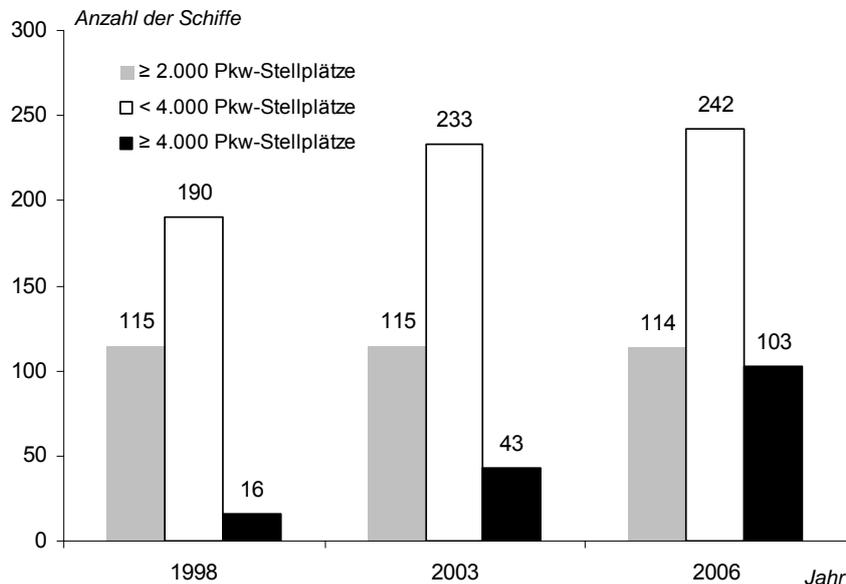


Abbildung 4.3: Car-Carrier mit einer Kapazität von über 2.000 Stellplätzen im Zeitablauf
(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Drewry (2006) und ESPO (2007))

Hinzu kommt ein vor allem durch die Ölimporte Chinas ausgelöstes Wachstum der durchschnittlichen Transportweiten von Rohöl.¹²

4.2.3 Entwicklungen bei anderen Schiffsarten

Neben den Container- und Tankschiffen haben auch andere Schiffsarten starkes Größenwachstum erfahren. Zu nennen sind vor allem Car-Carrier und Dry-Bulkschiffe. Bei den Dry-Bulkschiffen ist zu beobachten, dass es zwar einen langfristigen Wachstumstrend der durchschnittlichen Schiffsgröße gibt, sehr große Schiffe aber generell eher selten gebaut wurden, weil der Tiefgang bzw. die Breite der Schiffe ab ca. 300.000 dwt zu groß wird. Für diese Güterarten (Neufahrzeuge, Schüttgüter, etc.) ist auch der Aufbau von Hub-Spoke Systemen weniger bedeutend als im Containerverkehr, da häufig bestimmte Quell- und Senken-Häfen im Direktverkehr bedient werden.

Im Bereich der Car-Carrier zeigt sich das in Abbildung 4.3 dargestellte Bild, in der alle reinen Car-Carrier weltweit nach Ladekapazität aufsteigend geordnet zum jeweiligen Zeitpunkt dargestellt sind.

Die Abbildung zeigt, wie seit 1998 die Bedeutung Schiffe mit einer Größe von über 4.000 Pkw-Stellplätzen expandiert hat. De facto wurden nahezu alle in den vergangenen 10 Jahren

¹²Vgl. Platou (2007), S. 19.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

neu gebauten Car-Carrier Schiffe mit einer Stellplatzkapazität von über 5.000 gebaut. Das reflektiert sich auch in der durchschnittlichen Stellplatzkapazität pro Schiff, die von 4.343 Stellplätze im Jahr 1998 über 4.557 Stellplätze im Jahr 2003 auf 4.779 Stellplätze im Jahr 2006 angewachsen ist. Für den Bereich der Car-Carrier ist interessant, dass teilweise Schiffe durch den Einbau eines zusätzlichen Mittelteils verlängert wurden.¹³ Diese Maßnahme ist sehr spezifisch für Car-Carrier, ähnliche Veränderungen sind ansonsten nur bei Öltankern üblich.

4.3 Die Theorie der optimalen Schiffsgröße

Am Beispiel der Schifffahrt lässt sich besonders gut die Bedeutung einiger besonders wichtiger Einflussfaktoren auf das Größenwachstum von Transportmitteln zeigen.¹⁴ Es sind dies das Risiko des Betriebes großer Transportmittel sowie der Zusammenhang zwischen Frequenzen, Umschlagszeiten und technischen Effizienzvorteilen.

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur zum Schiffsverkehr hat sich ein bemerkenswerter Teilbereich herausgebildet, wie er in dieser Form für keinen anderen Verkehrsträger besteht, nämlich die „Theorie der optimalen Schiffsgröße“. Es geht dabei darum, für ein bestimmtes Einsatzgebiet die (Kosten-)optimale Schiffsgröße zu bestimmen. Es zeigen sich durch die Modellierung einige wesentliche Zusammenhänge und Einflussfaktoren, die auch für andere Verkehrsträger abstrahiert angewendet werden können.

4.3.1 Klassischer Aufbau der Theorie der optimalen Schiffsgröße

Das Zusammenspiel zwischen Knoteninfrastruktur und Transportmitteln wird anhand der Idee der Berechnung der optimalen Schiffsgröße verdeutlicht. Dabei werden die mit zunehmender Größe der Schiffe sinkenden Transportkosten pro Transportguteinheit den steigenden Kosten im Hafen gegenübergestellt.

Im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern gibt es im Schiffsverkehr vergleichsweise lange Transportzeiten, womit die Anzahl der zu untersuchenden Umläufe und die unterschiedlichen Ziele bzw. Relationen deutlich reduziert wird. Ein Containerschiff, das zwischen Europa und China verkehrt und für einen Umlauf 7 Wochen benötigt, hat im Jahr nur rund 7 solcher Umläufe zu absolvieren. Hinzu kommt, dass die transportierten Güter wie Container, Rohöl, Schüttgüter sehr homogen sind und die Be- und Entladezeiten kaum variieren. Diese

¹³Vgl. Drewry (2006).

¹⁴Die Einflussfaktoren wurden in Kapitel 3 allgemein analysiert.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

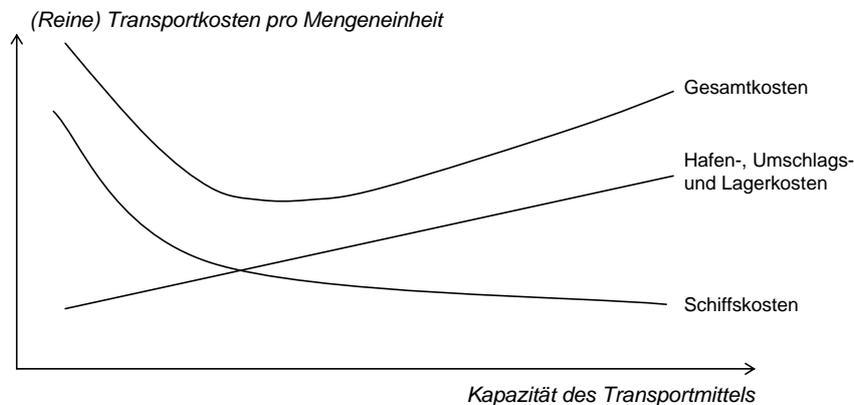


Abbildung 4.4: Bestimmung der Gesamtkosten aus Schiffs- sowie Hafen-, Umschlags- und Lagerkosten
(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Kendall (1972), S. 134.)

Voraussetzungen ermöglichen es aufgrund der relativ konstanten Eingangsvariablen und unter Kenntnis von Kostenverläufen eine kostenminimale Schiffsgröße zu bestimmen.¹⁵

Die erste Arbeit in dieser Richtung stammt von *Kendall*.¹⁶ Er stellte fest, dass die jedenfalls hinsichtlich der Kosten des Betriebes inklusive der Kapitalkosten eines Schiffes auftretenden Economies of Scale alleine nicht in der Lage sind, die Größenentwicklung von Schiffen zu erklären. Auch die Hafenkosten, die Kosten der Be- und Entladung sowie die Lagerkosten der Transportgüter sind in der Bestimmung der optimalen Schiffsgröße zu berücksichtigen.

Den Überlegungen von *Kendall* liegt ein Trade-Off zwischen den Kosten des Schiffes (den reinen Transportkosten) und den Hafen-, Umschlags- und Lagerkosten zugrunde, ähnlich wie das auch bei der klassischen EOQ-Formel (Economic Order Quantity) zwischen Lager- und Bestellkosten der Fall ist. Der Trade-Off ist in Abbildung 4.4 dargestellt.

Die Kosten des reinen Schiffstransports nehmen dabei mit zunehmender Schiffsgröße pro transportierter Mengeneinheit ab. Diese Abnahme ist jedoch degressiv, also im zweiten Differenzialkoeffizienten negativ. Die Kostendegression ist damit bei einem Größensprung z.B. 1.000 TEU bei einer Schiffsgröße von 2.000 TEU höher als bei einem gleichen Größensprung bei einer Schiffsgröße von 7.000 TEU.

Gleichzeitig nehmen mit steigender Schiffsgröße die Hafen-, Umschlags- und Lagerkosten zu, in der Abbildung ist ein linearer Kostenverlauf unterstellt. Aus den Kosten des reinen

¹⁵In anderen Verkehrsträgern sind solche Berechnungen ungleich schwieriger, weil die Transportmittel wesentlich flexibler eingesetzt werden und daher zu viele unterschiedliche Anforderungen an die Transportmittel gestellt werden. Hier steht vor allem eine Standardisierung der Transportmittel zur Flexibilisierung der Einsatzmöglichkeiten im Vordergrund.

¹⁶Vgl. Kendall (1972).

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

Schiffstransports sowie den Hafen-, Umschlags- und Lagerkosten kann eine Gesamtkostenfunktion der Verkehrsleistung gebildet werden, deren Minimum dann die optimale Schiffsgröße bestimmt. *Kendall* löst in seiner Arbeit die Problemstellung graphisch und führt einen kurzen empirischen Test seines theoretischen Modells durch.¹⁷ *Kendall* übersieht aber in seiner Analyse, dass die Kapitalkosten des Schiffes nicht nur während der Fahrt anfallen, sondern genauso im Hafen. Er mißachtet damit den produktivitätssenkenden Effekt, den größere Schiffe durch längere Be- und Entladezeiten haben.

Einige Monate vor *Kendall* veröffentlichten *Heaver* und *Studer* einen Aufsatz, in dem sie ein Zunehmen der Be- und Entladezeit von Schiffen mit Ihrer Größe postulieren. Interessant dabei ist jedoch, dass auch die Umschlagsgeschwindigkeit zunimmt, also größere Schiffe eine größere Be- und Entladungsmenge in einer gewissen Zeit aufweisen. Die Be- und Entladungskosten inklusive der Kosten des Schiffes, das im Hafen liegt, können bei größeren Schiffen geringer sein als bei kleineren.¹⁸ Man könnte argumentieren, dass die Hinzurechnung der reinen Betriebskosten des Schiffes, wie es *Heaver* und *Studer* tun, nicht ausreichend ist, vielmehr müsste man Opportunitätskosten des Schiffes durch die längere Liegezeit heranziehen. Dahinter steht die Überlegung, ein Schiff könnte anstatt zu laden auch Transportleistung erbringen und damit Einnahmen generieren.

4.3.1.1 Durchformulierung der Theorie der optimalen Schiffsgröße ohne Lager- und Zinskosten

Jansson und *Shneerson* präzisieren in ihrer formalen Ableitung der optimalen Schiffsgröße die Aussage *Kendalls*, indem sie von Economies of Scale im reinen Transport und Diseconomies of Scale beim Handling sprechen.¹⁹ Im Gegensatz zu *Kendall* beziehen sie auch Zins- und Lagerkosten nicht mit in ihr Modell ein. Die Arbeit von *Jansson* und *Shneerson* präzisiert trotzdem die Gesamtkostenfunktion des Schiffsverkehrs zu

$$C = \frac{2d}{h_1} \sum_{i=1}^n P_i q_i S^{e_i - E_1} + \frac{D}{h_2} \sum_{i=k+1}^u P_i q_i S^{e_i - E_2} + C_{fix}. \quad (4.1)$$

Dabei bezeichnen die Variablen d die Betriebszeit des Hafens als Anteil eines 24-Stunden-Tages, D die Transportentfernung und C_{fix} fixe Kostenkomponenten. P_i bezeichnet die Faktorkosten und q_i die Inputmengen (z.B. Arbeit, Treibstoff), wobei i die Inputs indexiert. Diese sind getrennt nach jenen Inputs 1 bis k , die nur im Umschlag Bedeutung haben und den Inputs

¹⁷Vgl. *Kendall* (1972), S. 135ff

¹⁸Vgl. *Heaver* und *Studer* (1972).

¹⁹Vgl. *Jansson* und *Shneerson* (1978). Bemerkenswerterweise zitieren *Jansson* und *Shneerson* in ihrer Arbeit *Kendalls* Arbeit nicht, woraus zu schließen ist, dass ihnen diese Arbeit nicht vorgelegen sein dürfte.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

von $k + 1$ bis n , die im Umschlag und im reinen Transport Bedeutung haben und in Inputs von $n + 1$ bis u , die nur im reinen Transport von Bedeutung sind.

H_1 ist die (dynamische) Kapazität des Umschlages (gemessen in Umschlagsmenge pro Zeiteinheit)²⁰ und H_2 die (dynamische) Kapazität des Schiffes während des Transports (gemessen in Massekilometer pro Zeiteinheit). H_1 und H_2 stehen mit $H_1 = h_1 S^{E_1}$ bzw. $H_2 = h_2 S^{E_2}$ über die Schiffsgröße S miteinander in Zusammenhang. h_1 und h_2 umfassen die von der Schiffsgröße unabhängigen Einflussfaktoren auf die Kapazitäten, z.B. die Beschaffenheit des Ladegutes oder die gewisse Konstruktionsmerkmale des Schiffes. Die Elastizitäten E_1 und E_2 stellen die Wirkungen der Schiffsgröße auf die Kapazitäten in einem exponentiellen Zusammenhang dar, den *Jansson* und *Shneerson* mit technischen Gegebenheiten rechtfertigen.²¹ Die Größe e_i beschreibt letztendlich die Kostenelastizitäten der Schiffsgröße hinsichtlich der einzelnen Kostenkomponenten.

Die Formulierung der Kostenfunktion in dieser Weise erlaubt nun die Identifikation der einzelnen Elastizitäten E und e und daraus gleich direkt die Analyse, ob Economies of Scale oder Diseconomies of Scale vorliegen. *Jansson* und *Shneerson* finden für alle $e_i - E_2$ ein negatives Vorzeichen, was Economies of Scale im reinen Transport impliziert und für $e_i - E_1$ für alle Kostenkomponenten einen positiven Wert, mit der Implikation von Diseconomies of Scale im Umschlag.²² *Talley et al.* schließen aus empirischen Untersuchungen, dass Betriebskostensenkungen (ohne Treibstoff) durch Economies of Scale im reinen Transport stark nach Schiffstypen variieren und weisen darauf hin, dass möglicherweise ab einer bestimmten Schiffsgröße keine Economies of Scale mehr auftauchen.²³

In einer späteren Arbeit präzisieren *Jansson* und *Shneerson* die Bedingungen, unter denen Modelle zur Optimierung der Schiffsgröße sinnvoll sind. Dazu muss ein relativ großer Güterstrom vorliegen und die Bedienungsfrequenz muss auch durch größere Schiffe ausreichend hoch bleiben, damit keine zusätzlichen Lagerkosten bei den Verladern entstehen. Zudem sind vor allem langfristige Entscheidungen interessant, da Prognosen über die Entwicklung von Kostenkomponenten gemacht werden können und daraus abgeleitet Rückschlüsse auf die vermutliche optimale Schiffsgröße in der Zukunft gemacht werden können.²⁴

Einige für alle Verkehrsträger bedeutende Implikationen lassen sich aus *Janssons* und *Shneersons* Analyse weiters ziehen²⁵:

²⁰Die Beschreibung dieser Größe mit Kapazität steht nicht im Einklang mit der in Abschnitt 3.3 getroffenen Definition von Kapazität und Produktivität. Für die Erläuterung des vorliegenden Modells wird daher eine terminologische Inkonsistenz zugelassen.

²¹Vgl. *Jansson* und *Shneerson* (1978), S. 288.

²²Vgl. *Jansson* und *Shneerson* (1978), S. 292f.

²³Vgl. *Talley u. a.* (1986).

²⁴Vgl. *Jansson* und *Shneerson* (1982), S. 217f.

²⁵Vgl. *Jansson* und *Shneerson* (1982), S. 254f.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

- Die optimale Transportmittelgröße nimmt mit steigender Transportdistanz zu, da der Anteil des reinen Transportes steigt und dort typischerweise Economies of Scale vorliegen.
- Eine Verbesserung der Produktivität der Umschlagseinrichtungen (Häfen, Flughäfen) erhöht ebenso die optimale Transportmittelgröße, da der Anteil der für den Umschlag benötigten Zeit geringer wird.
- Je höher die Produktivität eines Transportmittels, desto geringer wird die optimale Transportmittelgröße.
- Mit größerer Paarigkeit eines gegebenen Stroms von Personen- oder Güterströmen sinkt die optimale Transportmittelgröße, da mit der gleichen Anzahl an Transportmitteln mehr Verkehrsleistung erbracht werden kann.

Eine weitere interessante Einsicht ist, dass eine Erhöhung der Treibstoffkosten weniger stark auf das Größenwachstum der Transportmittel wirkt, als eine Erhöhung der Distanzen oder der Produktivität der Umschlagseinrichtungen. Das entsteht, weil die Inputfaktoren unterschiedliche Elastizitäten aufweisen und bei Erhöhung der Kosten eines Faktors Faktorsubstitutionsprozesse in Gang kommen. Da Treibstoffe bei einem hohen Anteil an den Gesamtkosten auch relativ hohe Gesamtkostenelastizitäten aufweisen, reduziert sich dadurch die Transportmittelgröße.²⁶

4.3.1.2 Die optimale Schiffsgröße unter der Berücksichtigung von Zins- und Lagerkosten

Replizierend auf *Janssons* und *Shneersons* Arbeiten stellen *Garrod* und *Miklius* bei modernen Umschlagstechnologien fest, dass die Kostenfunktion im Umschlag sehr flach sein kann und daher die optimale Schiffsgröße sehr große Schiffe ergibt. Das wiederum widerspricht der grundsätzlichen Annahme von *Jansson* und *Shneerson*, dass durch die großen Schiffe die Frequenzen nicht reduziert und die Zins- und Lagerkosten der Verlager steigen.²⁷ Es wird daher eine Berücksichtigung der Zins- und Lagerkosten in der Modellierung gefordert.²⁸

Deutliche Erweiterungen der Modellierung nehmen abermals *Jansson* und *Shneerson* mit einem Modell vor, das eine Trennung zwischen Produzenten (im vorliegenden Fall die Transportunternehmen) und Nutzern (im vorliegenden Fall die Verlager) vornimmt und einen über

²⁶Vgl. Jansson und Shneerson (1982), S. 231.

²⁷Vgl. Garrod und Miklius (1985).

²⁸Garrod und Miklius (1985) fordern auch eine Berücksichtigung des Risikos. Dabei sollen größere Lager kleinere Risiken implizieren. Modernere (Logistik-)Theorien würden diesen Zusammenhang in dieser Weise nicht herstellen.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

die reine Untersuchung der optimalen Schiffsgröße hinausgehenden Fokus hat.²⁹ Es wird mittels des Modells versucht festzustellen, ob „economies of scale of trade density“ auf bestimmten Routen vorliegen, also die Frage ob ein Unternehmen Kostenvorteile hat, wenn es den größten Marktanteil auf einer Route hat. In die Modellierung aufgenommen werden daher die Möglichkeiten der Bedienung mehrerer Häfen, Zinskosten der Güter auf See sowie Lagerkosten. Für die Frage der optimalen Schiffsgröße ergeben sich jedoch auch einige wichtige zusätzliche Erkenntnisse:³⁰

- Die notwendigen Bedienungsfrequenzen nehmen mit steigendem Transportvolumen nur mit der Quadratwurzel des Transportvolumens zu.³¹ Durch höheres Transportvolumen erhöht sich die Produktivität der Transportmittel, da sie weniger Ziele (z.B. Häfen) anlaufen müssen und daher mehr Zeit für die Erbringung der Transportleistung aufwenden können.
- Das gesamte Transportaufkommen auf einer Route hat vergleichsweise wenig Auswirkungen auf die reinen Transportkosten. Deutlich wichtiger ist die Auslastung der Transportmittel sowie die Paarigkeit der Ströme.

Aufbauend auf der gezeigten Analyse untersuchen *Pope* und *Talley* die Auswirkungen der Verwendung unterschiedlicher Modellierungen der Lagerkosten und deren Auswirkungen auf die optimale Schiffsgröße. Sie kommen zum Schluss, dass die Art der Modellierung wesentlichen Einfluss auf die Schiffsgröße hat und dass daher zur Bestimmung der optimalen Schiffsgröße die Adäquatheit des zu Grunde gelegten Lagermodells überprüft werden muss.³²

Eine weitere Perspektive bietet *Müllers* und *Schönknechts* Adaption der Modellierung der optimalen Schiffsgröße hinsichtlich der Kapitalrendite von Großcontainerschiffen. Die Kapitalrendite von Schiffen erreicht demnach bis zu einer Schiffsgröße von ca. 8.000 TEU ihr Maximum und fällt danach wieder ab.³³

4.3.2 Überlegungen zur optimalen Schiffsgröße bei Containerschiffen

Bei der Entwicklung der Analyse der optimalen Schiffsgröße in den 1970er Jahren war die Bedeutung der Containerschiffahrt noch gering. Vor allem ab den 1990er Jahren wurden bis

²⁹Vgl. Jansson und Shneerson (1985), S. 7.

³⁰Vgl. Jansson und Shneerson (1985), S. 16.

³¹Vgl. dazu auch den von Baumol und Vinod (1970), S. 417 beschriebenen Effekt, dass die Transportkosten bei höherer zu transportierender Menge unter Berücksichtigung der Lagerung um die Quadratwurzel der Lager- und Bestellkosten steigen.

³²Vgl. Pope und Talley (1988).

³³Vgl. Müller und Schönknecht (2005), S. 379.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

dato erreichte Erkenntnisse auf die Containerschifffahrt angewandt und auch die wesentlichen Weiterentwicklungen fanden in diesem Bereich statt.

Als Erster geht *Talley* explizit auf die optimale Schiffsgröße im Containerschiffsbereich ein. Er verwendet in seiner Analyse ein vereinfachtes Modell ohne Zins- und Lagerkostenmodellierung. Daraus lassen sich im Wesentlichen die gleichen Schlüsse wie von den Autoren zuvor ziehen, vor allem, was die Economies of Scale im reinen Transport und die Diseconomies of Scale im Umschlag betrifft.³⁴ Da dieses Modell nur an US-amerikanischen Güterströmen bzw. Round-the-World Containerdiensten empirisch überprüft wird, werden Panamax-Schiffe noch als die exogen gegebene Obergrenze für Containerschiffe angenommen. Tatsächlich wurden ab 1995 auch Post-Panamax-Schiffe gebaut.

Zwei weitere, in komparativ-statischer Analyse gewonnene Einsichten von *Talley*, können abstrahiert den Einflüssen auf die Entwicklung von Transportmittelgrößen hinzugefügt werden:³⁵

- Die optimale Transportmittelgröße nimmt ab, wenn mehrere Ziele pro Zeiteinheit (Tag) angesteuert werden.
- Die optimale Transportmittelgröße nimmt ebenso ab, wenn die Zeit, die pro Umschlag benötigt wird, steigt.

Nachdem die Erweiterung der Schiffe auf Post-Panamax Größe offensichtlich war, modifizierten und reevaluierten *Cullinane* und *Khanna* die bisherige Literatur. Nachgewiesen wurden deutlich geringere „Diseconomies of Scale“ im Umschlag als bis dato angenommen wurden. Es ist demnach ein bedeutender Grund für das Größenwachstum der Schiffe in der erfolgten Produktivitätsverbesserung von Umschlagsanlagen zu sehen.³⁶

- Größere Transportmittel sind stärker an (Hub-and-Spoke) Netzwerkstrukturen (z.T. in Form von Allianzen) gebunden, innerhalb derer sie operieren. Einer der wichtigsten Gründe ist die Notwendigkeit von Feeder-Verkehren.
- Die aktuelle Transportmittelgröße läuft der optimalen Transportmittelgröße hinterher, da die Zeiten, bis neue Schiffe geplant, gebaut und realisiert werden, sowie deren Lebensdauer (ca. 20 Jahre) sehr lang sind.

Aufgrund der steigenden Bedeutung der Bildung von Netzwerken hat sich die neuere Literatur im Bereich der Schifffahrt auch stärker dieser Thematik zugewendet.³⁷ Eine weitere

³⁴Vgl. Talley (1990) und Hautau (2002), S. 48ff.

³⁵Vgl. Talley (1990), S. 179.

³⁶Vgl. Cullinane und Khanna (1999), S. 201f.

³⁷Vgl. Wijnolst u. a. (2000).

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

Strömung ergab sich aus der Untersuchung der Frage, wie größere Schiffsgrößen und die damit verbundene intensivere Nutzung von Hub-and-Spoke-Netzwerken auf den Wettbewerb im Bereich der Schifffahrt wirkt.³⁸

- Große Transportmittel sind aufgrund ihrer stärkeren Abhängigkeit von Hub-and-Spoke Netzwerken stärker von den Preisen der Feederverkehre abhängig. Ist beispielsweise wenig Wettbewerb am Feedermarkt (im kombinierten Verkehr auch im landgebundenen Vor- und Nachlauf), dann können die Economies of Scale im Hauptlauf nicht in vollem Umfang genutzt werden.
- Im Wettbewerb mit anderen Unternehmen bilden sich bei ausreichend hohem Preisniveau der Transportleistung häufiger Direktverkehre aus.

Die Literatur zur optimalen Schiffsgröße konnte einige entscheidende Einflussfaktoren identifizieren, wie sie auch für andere Verkehrsträger zu übertragen sind. Besonders interessant ist eine Übertragung in den Bereich des Luftverkehrs, da dort, wie in der Schifffahrt, die Kannteninfrastruktur keine besondere Bedeutung hat.

4.4 Risiken von großen Transportmittelgrößen am Beispiel der Schifffahrt

Einem sehr wesentlichen Punkt wurde in der Literatur zur optimalen Schiffsgröße bisher kaum Beachtung geschenkt, nämlich der Bedeutung des Risikos. Das Risiko — so die These, die zu überprüfen ist — steigt mit der Größe der Transportmittel an. Größere Transportmittel tragen demnach ein größeres Risiko als kleinere Transportmittel. *Stopford* weist implizit auf dieses Problem hin, wenn er auf die Stilllegung bzw. den Verkauf von VLCC während der Rezession in den 1980er Jahren eingeht.³⁹

Untersucht man die Risiken größerer Transportmittel anhand des Beispiels der Schifffahrt genauer, so kann man folgende Teilrisiken bzw. deren Ursachen identifizieren:

Auslastungsrisiken. Ein besonders mit großen Transportmitteln verbundenes ökonomisches Problem ist das Auslastungsrisiko. Das Niveau der Transportnachfrage wirkt schon, wie bereits gezeigt, auf die optimale Schiffsgröße, hat aber auch in weiterer Folge Einfluss auf das Risiko sehr großer Schiffe. Wenn nämlich das Niveau der Nachfrage nur sehr knapp ein sehr großes Transportmittel rechtfertigt, dann ist schon bei einem geringen Nachfragerückgang das Transportmittel zu groß und müsste auf einer anderen Route

³⁸Vgl. Imai u. a. (2006).

³⁹Vgl. Stopford (1997), S. 152.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

eingesetzt werden. Da aber bei einem allgemeinen Nachfragerückgang die Routen für große Transportmittel generell zurückgehen, müssen große Transportmittel oft stillgelegt werden. Ein weiterer Faktor kommt über die Transportdistanzen hinzu. Verändert sich die Struktur der Nachfrage zu kürzeren Transportweiten, wie das häufig in Krisenzeiten der Fall ist, verstärkt sich der Effekt auf die großen Transportmittel. Kleinere Transportmittel weisen eine höhere Flexibilität im Einsatz auf und können auch bei einem Nachfrageeinbruch, wie er gerade bei Langstreckentransporten häufiger vorkommt, leichter Verwendung finden. Beispiele dafür sind offensichtlich der Einbruch der Öltankergrößen nach 1980 oder der Einbruch der Luftverkehrsnachfrage nach dem 11. September 2001.

Wettbewerbsrisiken. Da große Transportmittel häufig nur von den größten Transportunternehmen des jeweiligen Verkehrsträgers eingesetzt werden, ergeben sich besondere Implikationen für den Wettbewerb. Meistens zeigen sich interdependente Entscheidungsstrukturen durch die oligopolen Strukturen.⁴⁰ Dadurch kommt den großen Transportmitteln und den damit verbundenen Entscheidungen über Netzwerkstrukturen ganz besondere langfristige Wettbewerbsbedeutung zu. Im Schiffsverkehr zeigt sich das deutlich: Containerschiffe über 8.000 TEU benötigen fast immer Hub-and-Spoke Netzwerke, in denen sie verkehren. Dazu sind aber auch die notwendigen Hafenanlagen und Feeder-netze notwendig. Unternehmen stehen vor der Entscheidung, ob sie vom klassischen System der Anfahrt mehrerer Häfen mit kleineren Schiffen auf ein Hub-and-Spoke Netz umsteigen und wann das geschehen soll.⁴¹ Damit verbunden sind hohe Investitionsrisiken und eine bedeutende Verstärkung des Auslastungsrisikos.

Öffentliche Aufmerksamkeit und Sicherheitsrisiken. Da große Transportmittel auf Menschen eine große Faszination ausüben und in einem starken Medienfokus stehen, rücken sie bei Unfällen oder anderen Problemen sehr stark in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Im Fall von Schäden, Unfällen, Pannen, Sabotageakten und Terroranschlägen ist daher bei größeren Transportmitteln eine besondere Sensibilität vorhanden. Das kann im Personenverkehr dazu führen, dass bestimmte Transportmittel von den Passagieren abgelehnt werden.

Unfallrisiken und Schadensrisiken. Nimmt man an, dass größere Transportmittel die gleichen Unfallwahrscheinlichkeiten pro erbrachter Betriebsleistung (Fahrzeugkilometer, Betriebsstunden) haben wie kleinere Transportmittel bei derselben Laufleistung, dann ist das Unfallrisiko pro erbrachter Verkehrsleistung bei größeren Transportmitteln geringer.⁴² Allerdings wirkt dem entgegen, dass bei einem Unfall eines großen Transportmittels die direkten und indirekten Schäden deutlich größer sind. Da große Trans-

⁴⁰Vgl. Imai u. a. (2006).

⁴¹Eine Untersuchung eines Tiefwasserhafens findet sich bei Martin (2000).

⁴²Das impliziert auch, dass alle Transportmittel ähnliche Durchschnittsgeschwindigkeiten bzw. Verkehrsleistun-

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

portmittel wesentlich häufiger in Netzwerken verkehren, sind die Ausstrahlungseffekte auch größer, da z.B. Feederverkehre zusätzliche Leerfahrten oder längere Wartezeiten aufweisen. Zudem können auftretenden Schadenssummen sehr hoch sein. Der gesamte Güterwert der auf einem 14.000 TEU-Schiff geladenen Güter liegt unter der Annahme eines durchschnittlichen Warenwerts pro Container von EUR 100.000 bei insgesamt EUR 1,4 Mrd.

Technische Risiken. Die größten Transportmittel bedeuten für die Transportunternehmen ein besonderes Risiko, weil es sich häufig um neue, im dauerhaften Einsatz unerprobte, Technologie handelt. Dadurch entstehen vor allem in der Anfangsphase Kosten bei Umgang und Wartung dieser neuen Technologie sowie auch die Gefahr von erst längerfristig erkennbaren Fehlkonstruktionen.

Finanz- und Zinsrisiken. Durch größere Transportmittel steigen die Ansprüche an die Finanzierung, da die Teilbarkeiten und die Risikostreuung sinkt. Gerade bei krisenhafter Entwicklung am Finanzierungssektor oder auch in der Realwirtschaft können kleinere Finanzierungsprojekte einfacher umgesetzt werden. Weiters wirken die bisher genannten Risiken auch auf die Finanzierung zurück, da Anleger über die Risiken großer Transportmittel informiert sind und dafür entsprechende Prämien einfordern.

Wiederverkaufsrisiken. Gerade bei großen Transportmitteln ist der Wiederverkaufsmarkt aus mehreren Gründen in der Liquidität eingeschränkt. Der Anteil der größten Transportmittel an der gesamten Flotte ist gering, der Kreis potentieller Kunden ist häufig nur auf wenige große Transportunternehmen beschränkt, eventuelle Umrüstungen und Umbauten gestalten sich aufgrund der kleinen Stückzahlen häufig als problematisch.

Mit steigender Größe der Transportmittel steigen daher aus den aufgeführten Gründen die zu beherrschenden Risiken für die Transportunternehmen. Eine Auswirkung davon ist, dass diese in den Gesamtkosten für größere Transportmittel durch die Transportunternehmen berücksichtigt werden müssen. Es besteht die Möglichkeit, gegen diese Risiken vorzusorgen (z.B. gegen Unfallrisiken erhöhte Sicherheitsausstattung einzubauen) oder die Risiken in Kauf zu nehmen und die damit verbundenen Kosten zu tragen (z.B. bei Ausfall eines Hauptlaufes die Feederverkehre zu verzögern oder Ersatzfeederverkehre in Gang zu setzen). Abstrakt zeigt diesen Zusammenhang Abbildung 4.4. Den Einsparungen durch die mit zunehmender Transportmittelgröße sinkenden Kosten des reinen Transports stehen die steigenden Kosten der Risiken bzw. der Risikovermeidung gegenüber.⁴³

Es ist daher neben den schon genannten Einflussfaktoren das Risiko besonders großer Transportmittel als ein eher restriktiv auf das Transportmittelwachstum wirkender Faktor zu identifizieren.

gen pro Zeiteinheit erbringen.

⁴³Lehmann (2002) erwähnt diese Zusammenhänge erstmals, wenn auch nur in Ansätzen.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

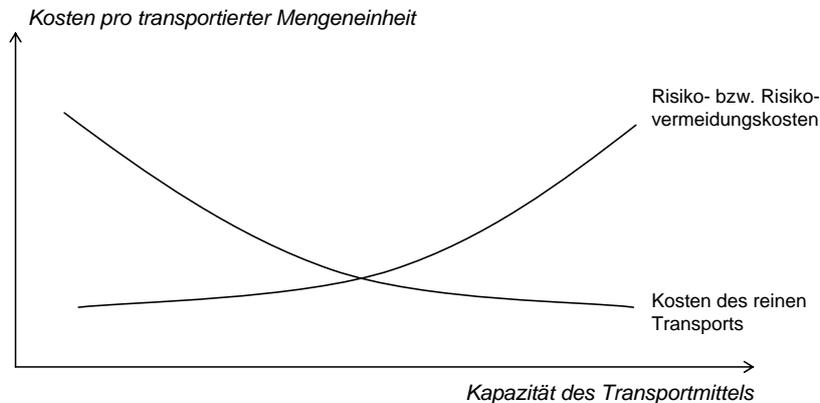


Abbildung 4.5: Trade-Off Situation von großen Transportmitteln zwischen Kosteneinsparungen und Risikokosten

(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Lehmann (2002).)

4.5 Conclusio zum Bereich des Schiffsverkehrs

Der Schiffsverkehr eignet sich gut für eine Analyse einiger grundsätzlicher Aussagen zum Transportmittelgrößenwachstum sowie zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen auf dieses Wachstum. Bestimmte Voraussetzungen ermöglichen auch bis zu einem gewissen Grad eine Modellierung dieser Zusammenhänge, was in der Literaturdiskussion zur „optimalen Schiffsgröße“ geschehen ist.

- Die optimale Transportmittelgröße nimmt mit steigender Transportdistanz zu, da der Anteil des reinen Transportes steigt und dort typischerweise Economies of Scale vorliegen.
- Mit größerer Paarigkeit von Personen- oder Güterströmen sinkt die optimale Transportmittelgröße, sodass mit der gleichen Anzahl an Transportmitteln mehr Verkehrsleistung erbracht werden kann.
- Die optimale Transportmittelgröße nimmt ab, wenn mehrere Ziele pro Zeiteinheit (Tag) angesteuert werden.
- Eine Verbesserung der Produktivität der Umschlagseinrichtungen (Häfen, Flughäfen) erhöht ebenso die optimale Transportmittelgröße, da der Anteil der für den Umschlag benötigten Zeit geringer wird.
- Größere Transportmittel sind stärker an (Hub-and-Spoke)-Netzwerkstrukturen (z.T. in Form von Allianzen) gebunden, innerhalb derer sie operieren. Eine der wichtigsten Ursachen hierfür ist die Notwendigkeit der Bündelung von Transportströmen zur Erreichung einer bestimmten Mindestauslastung.

KAPITEL 4. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM SCHIFFSVERKEHR

- Große Transportmittel sind aufgrund ihrer Abhängigkeit von Hub-and-Spoke Netzwerken stärker von den Preisen der Feederwege abhängig. Ist beispielsweise wenig Wettbewerb am Feedermarkt (im kombinierten Verkehr auch im landgebundenen Vor- und Nachlauf), dann können die Economies of Scale durch die Bündelung im Hauptlauf nicht genutzt werden.
- Wenn die Transportmittel innerhalb eines Verkehrsträgers stark für den Transport bestimmter Güter konstruiert sind, dann kann sich die Transportmittelgröße bei den einzelnen Transportmitteltypen innerhalb des Verkehrsträgers unterschiedlich entwickeln. Ein Beispiel ist das starke Wachstum der Containerschifffahrt während der 1980er Jahre, während zugleich die Schiffsgröße im Tankschiffbereich gesunken ist.

Die Wachstumsperspektiven für die Containerschifffahrt sind aus der gezeigten Analyse daher zusammenfassend so einzuschätzen, dass ein Erreichen der Suezmax-Größe in den kommenden Jahren zu erwarten ist und sich das Wachstum an dieser Grenze für eine Zeit lang stabilisieren wird. Abhängig von der weiteren Entwicklung des weltweiten Handels, der Entwicklung Chinas, der USA und der Etablierung von Container-Hubs in Ländern des Nahen Ostens (v.a. Arabische Emirate), erscheint die Erhöhung der Schiffsgrößen bis zur Malaccamax-Klasse möglich. Weiteres Wachstum über diese Größe hinaus scheint nur sehr langfristig möglich.

5 Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Luftverkehr

5.1 Einleitung

Die wesentliche Aufgabe dieses Kapitels über den Luftverkehr liegt im Nachweis der Hypothese, wonach die ökonomisch sinnvolle maximale Ladekapazität der kommerziell eingesetzten Transportmittel (Flugzeuge) bereits erreicht beziehungsweise überschritten wurde, obwohl die nicht-marktlichen Rahmenbedingungen größere Flugzeuge erlauben würden. Dementsprechend ist der Fokus der Analyse wie auch bei den anderen Verkehrsträgern auf den Flugzeugen mit hoher Kapazität (über 200 Sitzplätze bzw. 440 m^3 oder 70 t). Diese kommen vor allem auf Langstrecken zum Einsatz, finden aber auch Anwendung auf besonders aufkommensstarken Routen mit kürzerer Distanz, so zum Beispiel auf innerjapanischen Flügen.

Eine weitere Aufgabe dieses Kapitels ist es, zu zeigen, dass das Größenwachstum von Transportmitteln mit Geschäftsmodellen bestimmter Unternehmen zusammenhängt.¹ Notwendig ist ein umfassendes Konzept hinsichtlich der Betriebes, Marketings, Netzwerkmanagements und vieler anderer Dinge, um ein Transportmittel in das Produktionsgefüge eines Luftverkehrsunternehmens zu integrieren, um ein am Verkehrsmarkt konkurrenzfähiges Produkt anzubieten. Alle bisherigen Analysen des Luftverkehrs lassen diesen Zusammenhang ausgeklammert², obwohl gerade die Geschäftsmodelle sehr viel über langfristige Entwicklungen aussagen. Ein Beispiel dafür sind die Low-Cost Fluggesellschaften, die mit dem über 20 Jahre alten Southwest-Geschäftsmodell heute die Nachfrage nach Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen dominieren.

Um Schlüsse für zukünftige Entwicklungen zu ziehen, ist daher die Analyse der Geschäftsmodelle ein vielversprechender Ansatz zur notwendigen Disaggregation der einzelnen Einflüsse. Geschäftsmodelle bilden einen guten Indikator für die Entwicklung der Nachfrage, da Transportunternehmen, wie anzunehmen ist, sehr gute Informationen über die Nachfrage haben und ihre Geschäftsmodelle dementsprechend anpassen. Zudem versuchen Transportunter-

¹Zur Definition eines Geschäftsmodells vgl. Abschnitt 5.4.3.

²Vgl. Benkard (2004), Irwin und Pavcnik (2004) sowie Chase u. a. (2001).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

nehmen aktiv einen Markt für ihre Produkte aufzubauen.³ Eine Analyse der Kostenfunktionen von Luftverkehrsunternehmen, wie sie etwa Kirby⁴ sowie Irwin und Pavcnik⁵ durchführen, kann dadurch vertieft und verbessert werden, da nicht nur deskriptiv festgestellt wird, ob Economies hinsichtlich unterschiedlicher Outputdimensionen bzw. Elastizitäten vorliegen, sondern auch, welche Einflüsse auf diese wirken.⁶ Stark betriebswirtschaftliche Analysen, wie jene von Chase *et al.*, haben das Problem, dass sie die Nachfrage nach Flugzeugen nur sehr grob disaggregieren und daher die enge Verflechtung von Luftverkehrsunternehmen und deren Geschäftsmodellen auf die Flugzeughersteller nur eingeschränkt abbilden können.⁷

Am Beginn der Analyse des Luftverkehrs stehen eine historische Entwicklung der Flugzeuggrößen im Luftverkehr, der Einfluss der Flugzeughersteller auf die Größenentwicklung sowie die Wechselwirkungen zwischen den Geschäftsmodellen der Lufttransportunternehmen und den Transportmitteln.

5.2 Analyse der Entwicklung der Transportmittelgrößen im kommerziellen Luftverkehr

5.2.1 Historische Entwicklung der Transportmittelgrößen

5.2.1.1 Entwicklung bis in die 1960er Jahre (Stark regulierte Luftverkehrsmärkte)

Die Entwicklung der Transportmittel im Luftverkehr weist besonders interessante Merkmale auf. Am Beispiel der USA sind die Veränderungen, die der Luftverkehr über die vergangenen Jahrzehnte im Hinblick auf das Größenwachstum der Transportmittel durchlief, besonders gut darzustellen.

Die Entwicklung der kommerziellen Passagierluftfahrt begann in 1920er und 1930er Jahren, auch mit der Gründung vieler noch heute bedeutender Luftverkehrsunternehmen (Air France 1933, British Airways 1935, (alte) Lufthansa 1926, American Airways 1930, United Airlines 1926). Bis nach dem zweiten Weltkrieg war die Bedeutung der kommerziellen Luftfahrt gering. Danach jedoch nahm die technische Entwicklung bei den Transportmitteln entscheidenden Einfluss auf die kommerzielle Luftfahrt.

³Vorarbeiten zu diesem Themenbereich wurden in Nagl und Schlaak (2007) veröffentlicht.

⁴Vgl. Kirby (1986)

⁵Vgl. Irwin und Pavcnik (2004)

⁶Pompl (2007), S. 402 weist in einer Fußnote auf diese Problematik hin.

⁷Vgl. Chase u. a. (2001).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

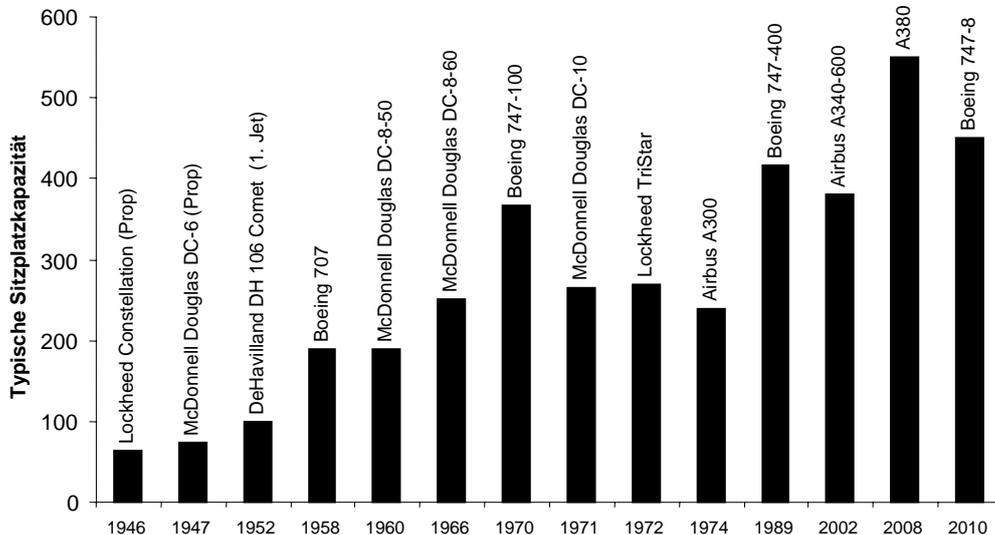


Abbildung 5.1: Zu ihrer Zeit besonders kapazitätsstarke Passagierflugzeuge seit 1946
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Abbildung 5.1 zeigt die Entwicklung der Flugzeuggrößen gemessen an den Sitzplätzen seit 1946. Die Lockheed Constellation stellte das erste Passagierflugzeug mit Druckkabine dar, war jedoch noch mit Kolbenmotoren angetrieben. Wie auch das technisch ähnliche Konkurrenzmodell, die McDonnell Douglas DC-6, bot die Constellation nur wenig mehr als 50 Personen Platz.

In den 1950er Jahren prägte die Nutzung des Jet-Antriebs in kommerziellen Flugzeugen die Entwicklung. Das erste jetgetriebene Flugzeug, die DeHavilland DH-106 Comet, verfügte nur über rund 100 Sitzplätze. Die wirklich große Zäsur in den 1950er Jahren stellte aber die Einführung der Boeing 707 bzw. der McDonnell Douglas DC-8 dar. Von diesen Modellen wurden über 1.000 (Boeing 707) bzw. über 500 Stück (DC-8) hergestellt. Diese Flugzeuge verfügten nicht nur über eine hohe und auch heute noch übliche Reisegeschwindigkeit von Mach 0,83 oder 885 km/h, sondern es konnten auch viel größere Reichweiten (bis ca. 7.000 km) geflogen werden, womit Atlaniküberquerungen in beide Richtungen ohne Stop problemlos möglich wurden.⁸ Hinzu kam die wesentlich höhere Sitzplatzkapazität von rund 190 Sitzplätzen.

Hinsichtlich der Netzwerkstrukturen der Luftverkehrsunternehmen sind bis in die 1950er Jahre bedingt durch die geringen Reichweiten der Flugzeuge sowie durch die niedrigen Passagieraufkommen Direktverkehrsnetzwerke mit vielen Zwischenlandungen üblich, wie das

⁸Langstreckenflüge gegen die Hauptwindrichtung (also Richtung Westen) waren bis dato sowohl im wichtigen Transkontinentalverkehr Nordamerikas als auch im transatlantischen Verkehr häufig mit einem Zwischenstopp verbunden.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

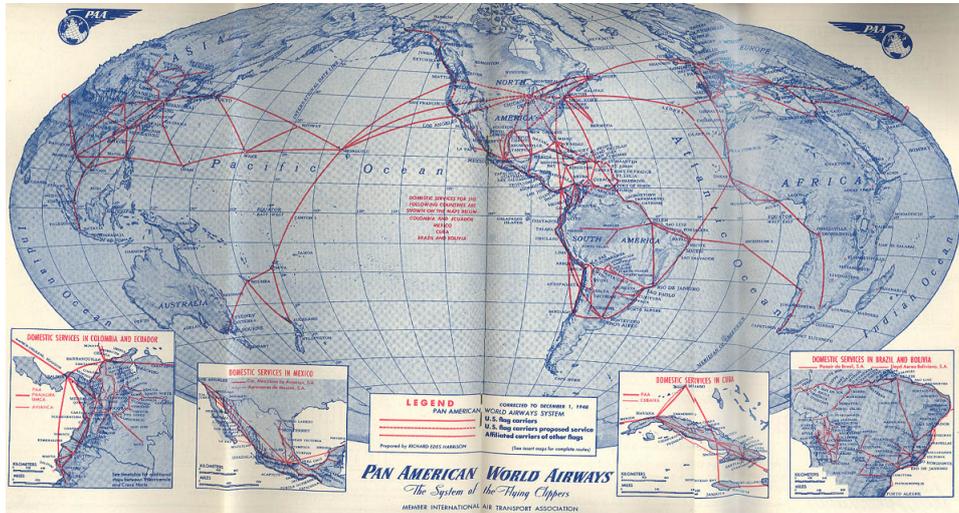


Abbildung 5.2: PanAm-Netzwerk von 1948
(Quelle: The Airchive by Chris Sloan)

PanAm-Netzwerk von 1948 in Abbildung 5.2 exemplarisch zeigt. Vor allem die internationalen Flüge der damaligen Zeit glichen demnach strukturell eher internationalen Fernpersonenzügen.

Ab den 1950er Jahren steigen mit den neuen Flugzeugtypen auch die Reichweiten und die Netzstrukturen ändern sich auf Direktverkehre (Non-Stop), wie die Netzkarte von Continental beispielhaft in Abbildung 5.3 zeigt. In diesem Zeitraum waren kaum Flugzeuge mit einer Kapazität von über 200 Sitzen im Einsatz, Widebody-Flugzeuge⁹ also in dieser Epoche noch unbekannt. Auch das allgemeine Luftverkehrswachstum förderte den zunehmenden Einsatz von Direktverkehren.

5.2.1.2 Entwicklung in den 1970er und 1980er Jahren (Phase der Deregulierung)

Bis in die 1970er Jahre war der amerikanische (Inlands-)Luftverkehr stark reguliert.¹⁰ Für die ökonomische Regulierung war das unabhängige und sehr rigide United States Civil Aeronautics Board (CAB) zuständig. Reguliert wurden vor allem die Flugpreise sowie der Zugang zu einzelnen Routen. Diese führte zu einem sehr starren System, in dem nur wenig Wettbewerb herrschte. Die Deregulierung der amerikanischen Luftfahrt begann in den 1970er Jahren, als das bis dahin sehr mächtige Civil Aeronautics Board durch den Airline Deregulation Act von

⁹ „Widebody“ oder „double-aisle“ Flugzeuge sind Flugzeuge, die über zwei Mittelgänge verfügen.

¹⁰ Die rechtliche Grundlage war der 1938 erlassene „Civil Aeronautics Act“.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

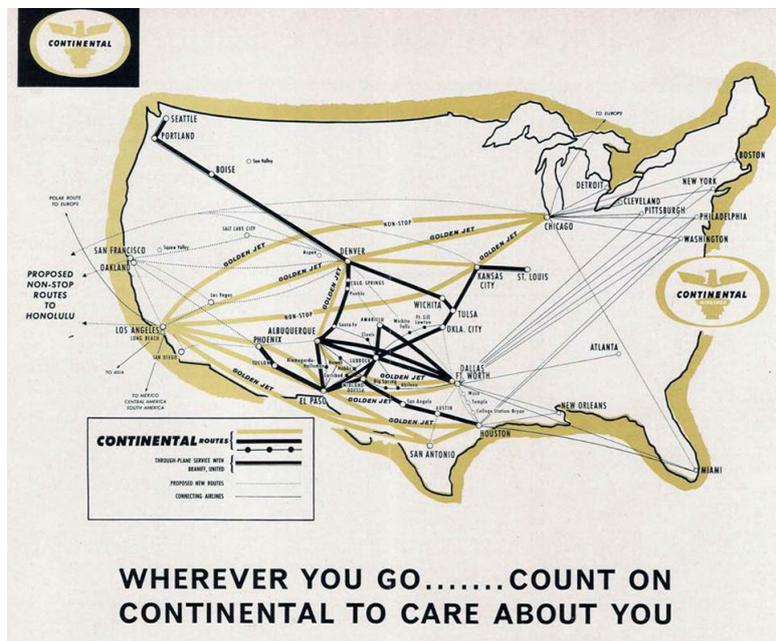


Abbildung 5.3: Continental Netzwerk von 1962
(Quelle: The Airchive by Chris Sloan)

1978 schrittweise entmachtet und letztendlich 1985 gänzlich aufgelöst wurde.¹¹

Die Gründe für die Deregulierung waren vielfältig. Anfang der 1970er Jahre kam es ausgelöst durch die erste Ölkrise zu weltweiter Stagflation, steigenden Flugpreisen und zu dementsprechender Unzufriedenheit der Flugreisenden. Hinzu kam eine besorgte öffentliche Hand ob deren steigenden Zuschüssen zu Luftverkehrsunternehmen. Aus technischer Sicht ist die Entwicklung und Indienststellung der Boeing 747 („Jumbo-Jet“) besonders bedeutend. Nachdem in den 1960er Jahren die Flugzeuggrößen nur moderat anwuchsen, wie etwa durch die verlängerte McDonnell Douglas DC8-8-60 mit knapp 250 Sitzplätzen, bildete die Boeing 747 als erstes Widebody-Flugzeug eine Revolution. Insgesamt stiegen die Produktionskosten (Stückkosten) zu laufenden Preisen in den 1970er Jahren, während sie in realen Preisen relativ konstant blieben. Zusätzlich zur Boeing 747 standen in den 1970er Jahren mit den dreistrahligen McDonnell Douglas DC-10 und der Lockheed TriStar sowie dem ersten zweistrahligen Widebody von Airbus (der A300) auch treibstoffsparendere und kapazitätsstärkere Muster als noch vor einem Jahrzehnt zu Verfügung. Diese wurden aufgrund der hohen Treibstoffpreise auch relativ rasch von den Luftverkehrsunternehmen in Dienst gestellt und lösten die viele älteren Baumuster zum Teil ab.¹²

¹¹ Ausführlich beschreibt die Deregulierung und deren Auswirkungen Bailey (1985), Weisman (1990), S. 18, Borenstein (1992) und Baltagi u. a. (1995).

¹² Vgl. Doganis (2002), S. 11ff. Hinsichtlich der dadurch entstehenden Überkapazität vgl. Baltagi u. a. (1998).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

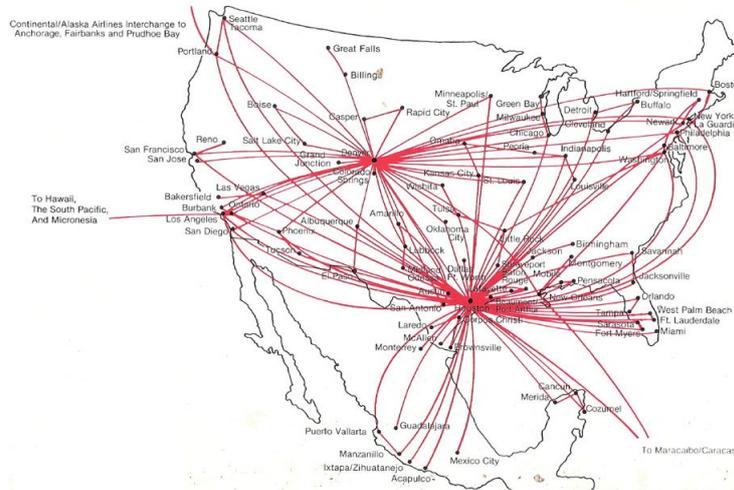


Abbildung 5.4: Continental Netzwerk von 1983
(Quelle: The Airchive by Chris Sloan)

Mit der Kapazitätserhöhung durch die neuen Flugzeuge sowie den relativ stark steigenden laufenden Preisen im Luftverkehr kam es zu Überkapazitäten und stark sinkenden Ladefaktoren der Flugzeuge¹³ im bis dato von Direktverkehren weiterhin dominierten Netzsystem, wodurch zusätzlicher Druck auf die Aufweichung der Regulierungen entstand.¹⁴

In den 1980er Jahren griffen die Auswirkungen der Liberalisierung im inneramerikanischen Luftverkehr. Der Wettbewerb nahm in der Folge drastisch zu, es kam zu Fusionen¹⁵ und die Netzstrukturen der meisten Luftverkehrsunternehmen änderten sich auf Hub-and-Spoke Verkehre, dargestellt auch anhand des Continental-Netzwerkes von 1983 in Abbildung 5.4.

Die sich herausbildenden Hub-and-Spoke-Netzwerke wiesen z.T. unterschiedliche Strukturen auf¹⁶, ihnen gemeinsam war die Nutzung der Vorteile aus der Hubbildung, die vor allem in der Bündelungswirkung, der Erhöhung der möglichen Reiseverbindungen im Netz und in der Erhöhung der Flugfrequenzen liegen. Fast alle großen Luftverkehrsunternehmen arbeiten seit damals mit Hubsystemen, es gibt jedoch vor allem bei den Low-Cost Airlines Ausnahmen. Diese nutzen vorwiegend Direktverkehre.¹⁷ Auch theoretisch wurden Untersuchungen

¹³Vgl. Doganis (2002), S. 18.

¹⁴Vgl. auch Meyer und Menzies (2002).

¹⁵Vgl. Borenstein (1992), S. 48.

¹⁶Die unterschiedlichen Strukturen von Hubs systematisieren Doganis und Dennis (1989), Button und Stough (2000) und Schnell und Hüschelrath (2004).

¹⁷Die Struktur dieser Direktverkehre ist allerdings unterschiedlich zu den Direktverkehren der 1960er Jahre. Es werden von einem Basisflughafen mit hohem Passagieraufkommen viele Destinationen angefolgt, wobei das Wachstum über zusätzliche Relationen von diesen Basisflughäfen und über die Basisflughäfen selbst verläuft. Als Beispiel dient die Ryanair, die unter anderem Dublin, London Stansted und Frankfurt Hahn als

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

hinsichtlich der Netzstruktur von Luftverkehrsunternehmen angestellt, um deren Wirkungsweisen genauer zu untersuchen.¹⁸ Die neuen Direktverkehre der Low-Cost Airlines wurden aber erst ab Mitte der 1990er Jahre bedeutend. Ab diesem Zeitpunkt war das Luftverkehrsaufkommen so stark gewachsen, dass auf vielen Routen Direktverkehre im Kurz- und Mittelstreckenbereich mit gängigen Flugzeugtypen, insbesondere dem Airbus A320 und der Boeing 737, rentabel wurden.

Mit der Liberalisierung innerhalb der USA kam auch eine Liberalisierung der bilateralen Abkommen für den internationalen Flugverkehr in Gang, wobei vor allem mit Europa bedeutend liberalere Abkommen geschlossen wurden.¹⁹

5.2.1.3 Entwicklung ab den 1990er Jahren (weitere Deregulierung weltweit)

Zusammenfassend ist im Luftverkehr im Hinblick auf die historische Entwicklung der Flugzeuggrößen in Zusammenhang mit den Netzwerkstrukturen eine bemerkenswerte Entwicklung zu beobachten. Von einem Direktverkehrsnetzwerk mit vielen Zwischenlandungen in der Zeit vor 1950 kam man bei steigendem Passagieraufkommen ab 1950 zu Direktverkehrsnetzwerken. Diese wurden dann in den 1980er Jahren durch Hub-and-Spoke Netzwerke abgelöst. In den 1990er Jahren erlangten Direktverkehre vor allem im Kurz- und Mittelstreckenbereich wieder zunehmende Bedeutung.

In den 1990er Jahren kam es dann auch zu einer Liberalisierung des europäischen Luftverkehrs.²⁰ Die Auswirkungen waren analog zu den Auswirkungen in den USA, es kam zu einem starken Anstieg des Luftverkehrs, der vor allem von den Low-Cost Luftverkehrsunternehmen getrieben wurde.²¹

Der Gütertransport in der Luft hatte lange Zeit vor allem im Bereich des Postfluges große Bedeutung. Bis heute wird ein großer Teil der Luftfracht zu Passagiermaschinen zugeladen („Belly-Fracht“) und somit in Kuppelproduktion erbracht.²² Die Erbringung von Luftfrachtleistungen gewinnt jedoch zunehmend an Bedeutung, die Transportleistungen werden verstärkt in umgebauten Passagierflugzeugen („Conversions“) oder in bereits für den Frachttransport

Basisflughäfen nutzt. Zudem gibt es Unternehmen, die ihr Direktverbindungsnetzwerk teilweise durch Hubs ergänzen, wie beispielsweise Air Berlin. Historisch gesehen bildete auch PanAm eine Ausnahme, dieses Unternehmen operierte sehr lange nicht über Hubs.

¹⁸Vgl. z.B. Brueckner und Spiller (1994) und Oum u. a. (1995). Insbesondere Dichtevorteile weisen besondere Bedeutung in diesem Zusammenhang auf, siehe Abschnitt 2.3.3.

¹⁹Weisman (1990), S. 25ff und Doganis (2002), S. 53ff analysieren hier genauer.

²⁰Vgl. Button und Swann (1991).

²¹Vgl. Pompl (2007), S. 418ff.

²²Vgl. Pompl (2007), S. 93.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

gebauten Flugzeugen erbracht. Bis auf wenige Ausnahmen²³ sind die Flugzeuge jedoch weitgehend baugleich zu den Passagierausführungen, weshalb auch im Verlauf der Arbeit stark auf den Passagierverkehr eingegangen wird.

5.2.2 Absehbare weitere Entwicklungen der Transportmittelgrößen im Luftverkehr

Die Kapazität der größten Transportmittel im kommerziellen Passagierverkehr hat zwischen 1952 und 2007 um rund 550 % zugenommen, wobei das größte Wachstum schon bis 1970 mit der Einführung der Boeing 747 stattgefunden hat. Zwischen 1950 und 1970 hatte sich die Kapazität der Passagierflugzeuge bereits um 495 % erhöht (vgl. Abbildung 5.1).

Die wesentliche Bestimmungsgröße für kommerziell freizügig einsetzbare Flugzeuge hinsichtlich der Abmessungen eines Flugzeuges ist das 80 x 80 m Quadrat. Über diese Abmessungen hinaus ist auf den meisten Flughäfen die Nutzung der Rollwege bzw. der Gatepositionen nicht mehr möglich. Der Airbus A380-800 stößt mit einer Länge von 72,7 m und einer Spannweite von 79,8 m schon deutlich an diese Grenzen.²⁴ Für die Wartung des A380 musste beispielsweise die Lufthansa sogar einen eigenen Hangar in Frankfurt bauen.

Aus technischer Hinsicht begrenzen neben den Rollwegen und Gateflächen auch Wirbelschleppen die Produktivität sehr großer Flugzeuge. So sind erhöhte Abstände zwischen einem Airbus A380 und anderen Flugzeugen bei Start- und Landevorgängen vorgeschrieben, wodurch sich die Kapazität der Infrastruktur von Start und Landebahnen reduziert.²⁵

Über einen Zeithorizont von zehn Jahren wäre eine Streckung des A380-800 auf das Modell A380-900 möglich. Dieses Modell würde eine Länge von 79,4 m erreichen, womit die derzeit gängigen maximal zulässigen Abmessungen seitens der Bodeninfrastruktur erreicht wären. Die Kapazität des Airbus A380 kann dadurch von 555 auf 656 Sitze (18,2 %) in 3-Klassen Konfiguration gesteigert werden.

Über einen Zeithorizont von 20 Jahren scheint aus heutiger Sicht ein weiteres Größenwachstum der Flugzeuge äußerst unwahrscheinlich. Seitens Airbus ist alleine der Produktlebenszyklus des Airbus A380 selbst mindestens 25 Jahre. Auch Boeing hat, wie sich bei der späteren Analyse in Abschnitt 5.4.2 zeigen wird, die kommenden zwei Produktentwicklungszyklen schon mit kleineren Flugzeugtypen gefüllt.

Aufgrund der mit äußerst hohen Investitionskosten verbundenen Umgestaltung ganzer Flughäfen ist auch in einem Zeithorizont von mehr als 20 Jahren nicht mit einer Vergrößerung der

²³z.B. die Flugzeuge des Typs Antonov AN-124 und AN-225.

²⁴Vgl. Böhm (2007), S.39.

²⁵Vgl. Kircher und Gerz (2006) sowie grundsätzlich zur Wirbelschleppenproblematik Choroba (2006).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

für Flugzeuge nutzbaren Fläche am Boden auszugehen. Eine bedeutende Möglichkeit, wie in ferner Zukunft mehr Passagiere bzw. Fracht als in einem Airbus A380 untergebracht werden können, stellen Nurflügler-Konzepte (Blended wing body) dar. Diese befinden sich allerdings erst in sehr frühen Entwicklungsphasen.²⁶

5.3 Untersuchung Kostenfunktionen von Luftverkehrsunternehmen

5.3.1 Bisherige Forschungsergebnisse aus der Literatur

Im Luftverkehr und hier vor allem im Bereich der kommerziellen Passagierluftfahrt, die auch einen Großteil der gesamten Luftfracht in Kuppelproduktion mitabwickelt (vgl. Abschnitt 5.2.1.3), sind Economies of Scale der Transportmittel (Flugzeuge) schon Untersuchungen unterzogen worden.

Begonnen hat die Untersuchung dieser Zusammenhänge mit der Frage, welche Auswirkungen die Deregulierungen in der Luftfahrt in den USA auf die Luftfahrt haben.²⁷ Unter anderem wurde die Frage erörtert, welche Netzstrukturen zu erwarten sind, welche Preisentwicklungen sich zeigen und welche Flugzeuggrößen verstärkt bzw. vermindert eingesetzt werden. Der Trend zum Einsatz kleineren Fluggeräts trotz hohen Nachfragesteigerungen sowohl im Gesamtnetz als auch auf einzelnen Routen wurde in der Literatur vor der Deregulierung nicht thematisiert.

Erst in der später folgenden (Post-Deregulierungs-)Literatur kommt der Frage der Flugzeuggrößen eine besondere Aufmerksamkeit zu, da sich gezeigt hatte, dass sich im Einsatz von Flugzeugen kontra-intuitive Muster ergeben. Abbildung 5.5 zeigt, dass sich zwischen 1990 und 2006 der Anteil an Flugbewegungen in den USA von größeren Flugzeugmustern (über 200 Sitzplätze) deutlich zurück gegangen ist. Sind 1990 noch 45,1 % aller Flugbewegungen von Flugzeugen über 200 Sitzplätzen durchgeführt worden, sind es 2006 nur noch 36,1 %.²⁸ Für die vorliegende Analyse interessanter ist, dass die Flugbewegungen mit Flugzeugen über

²⁶Das europäische Projekt dazu nennt sich „VELA-Very Efficient Large Aircraft“ und wurde von der EU gefördert. In den USA arbeiten u.a. Boeing und die NASA an einem ähnlichen Konzept. Ein entsprechendes verkleinertes Modell (X-48) führt derzeit Testflüge durch.

²⁷Vgl. u.a. Bailey (1985) und Baumol u. a. (1982), S. 500ff sowie nach der Deregulierung Graham u. a. (1983) und Brown (1992). Die Forschungsergebnisse und Prognosen haben die Zukunft großteils gut vorhergesagt, wengleich es teilweise auch deutliche Fehleinschätzungen gab.

²⁸Berechnungen in dieser Form sind derzeit nur für die USA möglich, da das Bureau of Transport Statistics die notwendigen sehr umfangreichen Datenbanken für diese Analysen zur Verfügung stellt. Für andere Teile der Welt sind jedoch ähnliche Aussagen gültig.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

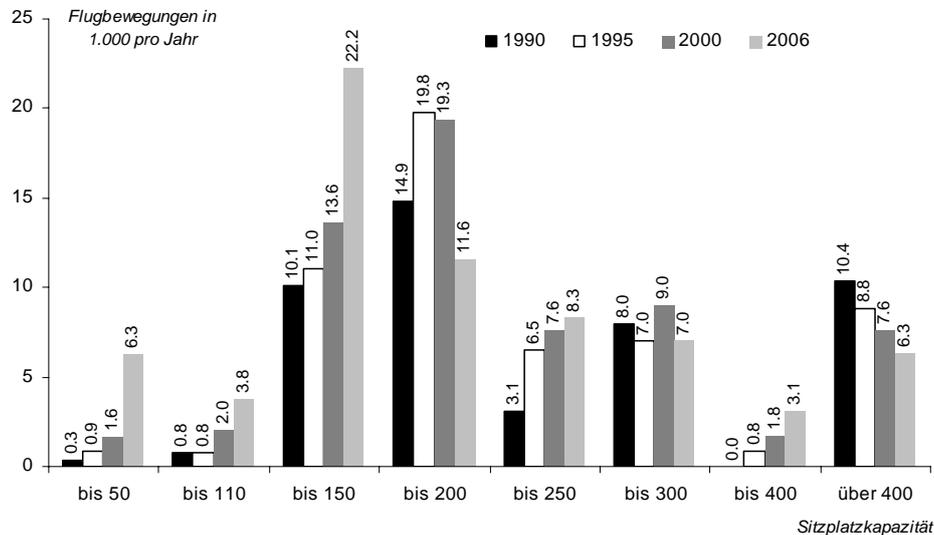


Abbildung 5.5: Flugbewegungen nach Flugzeuggrößenklassen in den USA

(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Datenbank des Bureau of Transport Statistics)

400 Sitzplätzen (Boeing 747) um mehr als 39 % zurückgegangen sind. Vor allem die Klasse der Flugzeuge bis 150 Sitzplätze konnte hingegen deutliche Zugewinne verzeichnen.

Das Forschungsinteresse der neueren Literatur gilt daher dem Widerspruch zwischen einerseits klar vorliegenden Economies of Scale in den Flugzeugbetriebskosten (Treibstoffe, fliegendes Personal, etc.)²⁹ aber andererseits in der Empirie häufig zu beobachtendem Einsatz immer kleineren Fluggeräts, vor allem auch auf Routen mit starker Nachfrage.³⁰

Die Argumente für diese Entwicklung sind vielfältig, die folgenden Gründe sind von besonderer Bedeutung:

- Auf der Seite der Kosten entdecken *Wei* und *Hansen* zwar Economies of Scale im reinen Flugbetrieb, allerdings entfallen diese vor allem auf kurzen Strecken, sobald man die Kosten der Piloten internalisiert.³¹
- Im Luftverkehr stellen die Flugfrequenzen, die Unternehmen bestimmte Routen bedienen, ein wichtiges Wettbewerbsinstrument dar.³² Frequenzen können überproportionale

²⁹Vgl. Antoniou (1991), S. 171f.

³⁰Vgl. Wei und Hansen (2003), Wei und Hansen (2004), Givoni und Rietveld (2006), Swan und Adler (2006) und Swan (2007).

³¹Vgl. auch den älteren Text von Kirby (1986) und Wei und Hansen (2003).

³²Hansen u. a. (2001), S. 89 argumentieren, dass bei sehr starker Konkurrenz die Flugzeuggrößen wieder wachsen, da weiterer Wettbewerb über Frequenzen nur wenig weiteren Nutzen bringe.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Nachfragesteigerungen auf die Attraktivität einer Fluggesellschaft gegenüber einer anderen auf einer bestimmten Route haben (S-Kurven Effekt). Der Effekt hat starke Wettbewerbsimplikationen, da möglicherweise mehr Flüge mit kleineren Flugzeugen und geringerer Auslastung als (gesamt-)kostenminimal angeboten werden.³³ Vor allem etablierte (Netzwerk-)Fluggesellschaften versuchen auf diese Weise neu eintretende Unternehmen abzuwehren, da diese, zumindest nicht von Beginn an, ausreichende Frequenzen anbieten können.

- Hub-and-Spoke Netzwerke führen im Speziellen vor allem aus Wettbewerbsgründen sowie zur besseren Feeder-Wirkung (Transfer-Passagiere) zur höherfrequenten Bedienung von einzelnen Routen. Dies führt zum Einsatz kleinerer Flugzeuge.³⁴
- Passagiere bevorzugen kleinere Flugzeuge, da diese kürzere Fluggastwechselzeiten ermöglichen, weniger verspätungsanfällig durch die geringere Zahl an Passagieren sind und für die Passagiere größeren Komfort bieten.³⁵
- Die Kosten der Verwendung kleineren Fluggeräts ist für die Luftverkehrsunternehmen teilweise extern, da Flughäfen in ihrem Preissystem kaum Engpass-Zuschläge verrechnen.

Die dargestellten Argumente können erklären, warum es innerhalb der gesamten Flugzeugflotten (also Flugzeuggrößen von unter 50 Sitzplätzen bis über 400 Sitzplätzen) eine Überbetonung kleinerer Flugzeuge gibt. Es wurde bisher nicht untersucht, nach welchen Mustern sich die Entwicklung von Flugzeugen im Segment über 200 Sitzplätzen erklären lässt.

5.3.2 Erweiterung der bisherigen Untersuchungen

Die bisherigen Forschungsarbeiten werden in der Folge um zwei wesentliche Aspekte ergänzt. In diesem Abschnitt werden die Besonderheiten der Kosten des Kaufs und die Betriebskosten von kommerziellen Verkehrsflugzeugen untersucht. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird dann vor allem auf die Luftverkehrsunternehmen und deren Wettbewerbsposition eingegangen sowie die Flugzeughersteller in die Analyse integriert.

5.3.2.1 Listenpreise von kommerziellen Verkehrsflugzeugen

Die Listenpreise von Verkehrsflugzeugen sind geprägt von unterschiedlichen Einflussfaktoren, wobei neben den Produktionskosten selbst auch andere Einflüsse zu beobachten sind. Auf-

³³Vgl. das klassische Argument von Mohring (1976), S. 145 sowie Wei und Hansen (2004).

³⁴Vgl. Brueckner und Zhang (2001) und Brueckner (2004). Das Ergebnis hängt allerdings stark von der Art der Modellierung der Nachfrage ab.

³⁵Vgl. Givoni und Rietveld (2006).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

bauend auf die Arbeit von *Wei* und *Hansen* wird kurz auf einige Besonderheiten des Listenpreisgefüges eingegangen.³⁶ Das Ergebnis der Analyse von *Wei* und *Hansen* ist, dass größere Flugzeugtypen teurer pro Sitzplatz seien, ein Umstand, den sie auf die Verbindung Reichweite und Größe zurückführen. Dieses Ergebnis berücksichtigt einige wesentliche Einflussfaktoren allerdings nicht.

Die Flugzeughersteller sind aufgrund des Bedeutungsgewinns von Low-Cost Fluggesellschaften seit rund 20 Jahren mit einer geringen Nachfrage nach Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen mit über 200 Sitzplätzen konfrontiert. Viele Luftverkehrsgesellschaften fanden mit den effizienten Modellen der Narrowbodyklasse Airbus A321 und der Boeing 737-900ER (bis zu 220 Sitzplätze in 1-Klassen-Bestuhlung) ausreichend große Flugzeugmodelle vor und bedienten diese aufkommensstarken Routen dann tendenziell eher in höherer Frequenz. Der Effizienzvorteil liegt in der relativen Bedeutung der Zeit des Flugzeuges am Boden gegenüber der Zeit in der Luft. Am Boden sind kleinere Flugzeuge von Vorteil, da diese durch kürzere Zeiten für Taxiing, Be- und Entladung und Betankung geringere Turnaround-Zeiten aufweisen. Je länger die Flugstrecke, desto besser sind größere Flugzeuge, da diese den Flugvorgang selbst ökonomischer bewältigen können. Die Kombination von Kurz- und Langstreckeneigenschaften in einem Flugzeug ist technisch schwierig, da die Auslegung hinsichtlich der Tanks, der möglichen Start- und Landevorgänge, der Bestuhlung usw. sich nur begrenzt miteinander kombinieren lässt.

Für kurze Strecken sind mit hoher Nachfrage daher die vergrößerten Narrowbodies mit ihrer leichteren Bauweise, geringeren Komplexität und höheren Stückzahlen oft deutlich im Vorteil. Kurz-/Mittelstrecken-Widebody-Flugzeuge, wie der Airbus A300, verloren in der Vergangenheit an Bedeutung. Mit der Boeing 787-3 wird es in Zukunft zwar wieder ein Mittelstrecken-Widebodyflugzeug geben, dieses Modell hat bisher jedoch nur etwas mehr als 6 % der gesamten Bestellungen für die Boeing 787 erreichen können.³⁷

Innerhalb der Widebody-Klasse selbst ist der Zusammenhang zwischen Flugzeuggröße und Listenpreisen generell eher uneindeutig, da zu viele andere Einflussfaktoren die Listenpreise bestimmen. Die von Boeing veröffentlichten offiziellen Listenpreise aus dem Jahr 2007³⁸ weisen eine Boeing 777-300ER mit 365 Sitzen in 3-Klassen-Bestuhlung mit 264,5 Mio. EUR aus, eine wesentlich größere Boeing 747-400 mit 390 Sitzplätzen in 3-Klassen-Bestuhlung hingegen mit lediglich 244,0 Mio. EUR. Für andere Boeing-Modelle zeigt die Tabelle 5.1 die Listenpreise der Flugzeuge pro Sitzplatz.

Es zeigen sich signifikant geringere Listenpreise bei der Boeing 747 als bei der Boeing

³⁶Vgl. Wei und Hansen (2003), S. 284f.

³⁷Stand per August 2007.

³⁸Vgl. <http://www.boeing.com/commercial/prices/index.html>. Listenpreise sind nur eine Annäherung an die wirklichen Preise, da beim Flugzeugkauf hohe Rabatte üblich sind.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Flugzeugtype	Sitzplätze (3-Klassen)	Listenpreis in Mio. EUR	Listenpreis pro Sitzplatz in Mio. EUR
Boeing 737-800	223	148,75	0,667
Boeing 787-8	223	162,0	0,726
Boeing 777-200ER	275	212,5	0,772
Boeing 777-300ER	365	264,5	0,725
Boeing 747-400	390	244,0	0,626
Boeing 747-8	450	292,75	0,651

Tabelle 5.1: Listenpreise für Boeing Widebody-Flugzeuge im Jahr 2007
(Quelle: Herstellerangaben)

777 pro Sitzplatz. Die Boeing 787 liegt, obwohl deutlich kleiner, hinsichtlich des Listenpreises zwischen den beiden anderen Flugzeugtypen. Die Situation der Airbus-Listenpreise ist deutlich schwieriger zu bewerten, da von Airbus keine Listenpreise in dieser Form veröffentlicht werden. Es ist davon auszugehen, dass bei Airbus das vierstrahlige Modell A340 mit deutlichen Rabatten gehandelt wird. Airbus versucht häufiger mehrstufige Vereinbarungen zu treffen, insbesondere in Verbindung mit dem Airbus A350. Dabei werden zuerst beispielsweise Airbus A330 einige Jahre an den Kunden verleast und dann einige Jahre später nach Verfügbarkeit des Airbus A350 die älteren Flugzeuge wieder eingetauscht.

Die Flugzeugpreise sind daher beeinflusst von den Stückzahlen der einzelnen Type, von der Wettbewerbssituation des Flugzeugtypes und vor allem von dessen Betriebskosten. Das erklärt den hohen Preis der Boeing 777, die besonders geringen Treibstoffverbrauch pro Sitzplatz aufweist und zu der bei Airbus kein Konkurrenzmodell existiert.

5.3.2.2 Betriebskosten von kommerziellen Verkehrsflugzeugen

Nach den Flugzeugpreisen analysieren *Wei* und *Hansen* die Betriebskosten von Flugzeugen. Sie stellen bei den Betriebskosten über alle Flugzeuggrößen hinweg im US-Inlandsverkehr nur geringe Economies of Scale fest. Zudem entfallen diese bei Internalisierung der Pilotenkosten gänzlich.³⁹ Ihre Analyse bezieht sich auf die Jahre 1987 bis 1998.⁴⁰

³⁹Vgl. Wei und Hansen (2003), S. 286ff.

⁴⁰Die direkten Betriebskosten der Flugzeuge stellen nur einen Teil der gesamten Kosten eines Luftverkehrsunternehmens dar. Ineffizienzen der Fluggesellschaften sind häufig nicht so sehr in den direkten Betriebskosten zu finden, häufig eher im Bereich der Wartung, den Netzstrukturen usw. Vgl. Seristö und Vepsäläinen (1997). Für die vorliegende Analyse ist das unproblematisch bzw. sogar förderlich, da so die Betriebskosten nahe am Betriebskostenminimum liegen und es daraus keine Verzerrungen gibt. Die anderen Kosten können generell nur über Zuschläge im Sinne einer Vollkostenrechnung verrechnet werden und sind daher nur von begrenzter Aussagekraft.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Um die Zusammenhänge für große Flugzeugtypen mit aktuellen Daten darzustellen, wird die von *Wei* und *Hansen* aufgestellte Kostenfunktion neu geschätzt. Um die spezifischen Effekte von großen Transportmitteln zu untersuchen, wurde diese nur für Flugzeuggrößen mit mehr als 180 Sitzplätzen untersucht. Diese ist spezifiziert mit

$$OC_{ikt} = f(SEAT_{ikt}, ASL_{ikt}, PFUEL_{ikt}, PPILOT_{ikt}, A_i). \quad (5.1)$$

OC bezeichnet die direkten Betriebskosten pro Flug, $SEAT$ die durchschnittliche Sitzplatzanzahl zur Darstellung der Kapazität, ASL die durchschnittliche geflogene Distanz auf der Orthodrome, $PFUEL$ den Treibstoffpreis und $PPILOT$ die Pilotenkosten. Alle Daten liegen pro Flugzeugtyp und Luftverkehrsgesellschaft vor, wobei i die Fluggesellschaft, k den Flugzeugtyp und t die Zeitperiode (das Quartal) bezeichnet. A_i ist ein Dummy für die jeweilige Fluggesellschaft. Aus ähnlichen Gründen wie bei *Wei* und *Hansen* kann keine Gesamtkostenfunktion geschätzt werden, da die indirekten Flugzeugbetriebskosten (v.a. Wartung, Vertriebskosten, etc.) nicht pro Flugzeugtyp vorliegen. Eine Aufteilung dieser Kosten auf die Flugzeugtypen ist generell problembehaftet, da Kosten auf Kostenträger proportionalisiert werden müssten, die keine Kostentreiber darstellen.

Zur Analyse wurde umfangreiches Datenmaterial auf Basis der Datenbank des Bureau of Transport Statistics (BTS)⁴¹ ausgewertet. Die Kosten-Zeitreihen wurden aufgrund der langen Beobachtungsperiode inflationsbereinigt.⁴² Der Zeitraum der Untersuchung ist 1996-2006, wobei Quartalsdaten verwendet wurden. Im Gegensatz zu *Wei* und *Hansen* werden nur internationale Flüge amerikanischer Linienfluggesellschaften mit Flugzeugen über 180 Sitzplätzen verwendet. Flugzeugtypen, die nur sehr kurz im Einsatz bzw. im Phase-out waren, wurden ausgeschlossen, analysiert wurden daher die Typen Boeing 757-200, 767-200, 767-300, 767-400, 777-200, 747-200/300, 747-400, Airbus A300 und A330-200/-300 sowie die McDonnellDouglas/Boeing MD-11.⁴³ Die amerikanischen Luftverkehrsunternehmen mit internationalem Linienverkehr mit diesen Flugzeugtypen sind American Airlines (AA), Continental (CO), Delta Airlines (DL), Northwest Airlines (NW), United Airlines (UA) und US Airways (US). Datensätze, die aufgrund der Einführung oder Außerbetriebnahme eines Flugzeugtyps bei einer Fluggesellschaft inkonsistente Aussagen liefern, wurden ausgeschlossen. Nach den beschriebenen Bereinigungen verblieben im Datensatz 947 Beobachtungen.

Die Mittelwerte der Variablen sind für die Betriebskosten von USD 36.793,27 pro Flugzeugstart, 238,77 Sitzplätze in 2- oder 3-Klassen-Bestuhlung, eine mittlere geflogene Distanz von

⁴¹Vgl. www.bts.org, Form 41 Financial Data und Traffic Data, Datenstand Juni 2007.

⁴²Verwendung fand der Quaterly Cost Index der Air Transport Association (ATA), verfügbar unter <http://www.airlines.org/economics/finance/Cost+Index.htm>.

⁴³Damit ist bei den Flugzeugtypen ein signifikant anderer Flugzeugmix im Vergleich zur Schätzung von *Wei* und *Hansen* (2003), S. 288 festzustellen.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

3.570,78 Meilen (Statue Miles), einen Treibstoffpreis von USD 0,79 pro Gallone (US Liquid Gallon) und USD 713,62 an Pilotenkosten pro Flugzeugbetriebsstunde (inklusive Taxiing).

Um die gezeigte Betriebskostenfunktion empirisch schätzen zu können, müssen bestimmte Funktionszusammenhänge unterstellt werden. Um diese Funktionszusammenhänge möglichst flexibel anzunehmen, wird eine de-mean Translog-Spezifikation der Kostenfunktion verwendet.⁴⁴

$$\begin{aligned} \ln(OC_{ikt}) - \overline{\ln(OC)} &= A_i + \sum_{j=1}^N \beta_j \left(\ln(X_{ikt}^j) - \overline{\ln(X^j)} \right) \\ &+ \sum_{j=1}^N \sum_{\ell \geq j}^N \lambda_{j\ell} \left(\ln(X_{ikt}^j) - \overline{\ln(X^j)} \right) \left(\ln(X_{ikt}^\ell) - \overline{\ln(X^\ell)} \right) \end{aligned} \quad (5.2)$$

Die zu schätzenden Koeffizienten sind A_i , β_j und $\lambda_{j\ell}$. N ist die Anzahl der unabhängigen Variablen im Modell. Die Schätzung erfolgt mittels OLS, das Ergebnis zeigt Tabelle 5.2.

Das R^2 weist auf einen hohen Erklärungsbeitrag des Modells hin. Die Signifikanz der Variablen (t-Statistik) ist, bis auf zwei Variablen zweiter Ordnung sowie einem Dummy, hoch. Der Wert des Koeffizienten von SEAT ist 0,76. Das bedeutet, dass beim Mittelwert der Sitzplatzanzahlen in der Stichprobe eine Elastizität der direkten Betriebskosten hinsichtlich der Flugzeuggröße von 0,76 besteht. Damit liegen in diesem Modell Economies of Scale vor, ähnlich wie bei *Wei* und *Hansen*. Der Koeffizient zweiter Ordnung der Sitzplatzanzahl (SEAT_SEAT_LOG) zeigt mit 0,95 an, dass sich die Elastizität mit steigender Flugzeuggröße verstärkt und damit mit steigender Sitzplatzanzahl immer geringere Economies of Scale vorliegen. Wie im Modell *Wei* und *Hansens* impliziert der Koeffizient der Kombination der Flugzeugkapazität und der Flugdistanz, dass die Economies of Scale bei steigender Flugdistanz zunehmen, allerdings ist dieser Effekt im vorliegenden Fall deutlich weniger bedeutend, da generell deutlich höhere Flugdistanzen untersucht werden.⁴⁵

Zeichnet man die geschätzte Kostenfunktion für unterschiedliche Flugdistanzen und Sitzplatzanzahlen bei konstanten Treibstoff- und Pilotenkosten, so erhält man das in Abbildung 5.6 gezeigte Bild. Die Kostenkurven haben einen U-förmigen Verlauf mit einem Kostenminimum, das bei steigender Flugdistanz nach rechts wandert.

Die optimale Flugzeuggröße gemäß der geschätzten Kostenfunktion liegt bei der durchschnittlichen Flugdistanz von 3.570 Meilen bei rund 279 Sitzplätzen. Bei Distanzen darüber

⁴⁴Die Translog-Spezifikation bietet neben ihrer hohen Flexibilität auch eine gute Ausgangsbasis zur Analyse von Economies of Scale. Vgl. Jara-Díaz (2000), S. 40f. Grundlegend zu Translog-Funktion vgl. Christensen u. a. (1973), Spady und Friedlaender (1978) und Caves u. a. (1984).

⁴⁵Vgl. Wei und Hansen (2003), S. 290.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Dependent Variable: OC_LOG				
Method: Least Squares				
Date: 08/20/07 Time: 16:58				
Sample: 1 947				
Included observations: 947				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SEAT_LOG	0.763700	0.041616	18.35113	0.0000
ASL_LOG	0.935555	0.025953	36.04847	0.0000
PFUEL_LOG	0.288033	0.068708	4.192135	0.0000
PPILOT_LOG	0.257781	0.024041	10.72268	0.0000
SEAT_SEAT_LOG	0.945629	0.151452	6.243753	0.0000
ASL_ASL_LOG	0.302216	0.044223	6.833864	0.0000
PFUEL_PFUEL_LOG	0.073684	0.034576	2.131089	0.0333
PPILOT_PPILOT_LO	0.167923	0.052659	3.188871	0.0015
SEAT_ASL_LOG	-0.553067	0.086507	-6.393349	0.0000
SEAT_PFUEL_LOG	-0.626606	0.363179	-1.725338	0.0848
SEAT_PPILOT_LOG	0.051303	0.128243	0.400042	0.6892
ASL_PFUEL_LOG	0.461033	0.186540	2.471491	0.0136
ASL_PPILOT_LOG	-0.282686	0.062515	-4.521890	0.0000
PFUEL_PPILOT_LOG	-0.577898	0.164483	-3.513422	0.0005
DUMMY_AA	-0.086301	0.019745	-4.370699	0.0000
DUMMY_CO	-0.226174	0.024618	-9.187241	0.0000
DUMMY_DL	-0.151175	0.017895	-8.447867	0.0000
DUMMY_NW	-0.102028	0.033078	-3.084431	0.0021
DUMMY_UA	-0.009485	0.018658	-0.508377	0.6113
DUMMY_US	-0.134043	0.021642	-6.193589	0.0000
R-squared	0.934972	Mean dependent var	-4.16E-16	
Adjusted R-squared	0.933639	S.D. dependent var	0.721726	
S.E. of regression	0.185921	Akaike info criterion	-0.506100	
Sum squared resid	32.04315	Schwarz criterion	-0.403602	
Log likelihood	259.6384	F-statistic	701.4966	
Durbin-Watson stat	0.473225	Prob(F-statistic)	0.000000	

Tabelle 5.2: Ergebnis der Schätzung der Flugzeug-Betriebskostenfunktion (Translog)
(Quelle: Eigene Berechnungen)

steigt die optimale Flugzeuggröße leicht an, bei geringeren Distanzen als der Durchschnitt sinkt die optimale Flugzeuggröße. In der Stichprobe sind der Airbus A330 mit 267 und die Boeing 777-200 mit 268 Sitzplätzen besonders nahe an diesen Größen. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, warum die untersuchten Fluggesellschaften allesamt derzeit keine größeren Modelle als die Boeing 777 (also keine Boeing 747 und auch keinen Airbus A340-500, A340-600 und A380) bestellt haben. Die im Langstrecken-Segment neu entwickelten Flugzeuge von Boeing (787) und Airbus (A350) werden die gezeigten Kurven weiter nach links unten verschieben. Vor allem die Einführung der Boeing 787 führt dazu, dass auch größere Distanzen mit kleineren Flugzeugen nahe am Kostenminimum aller Flugzeugtypen geflogen werden

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

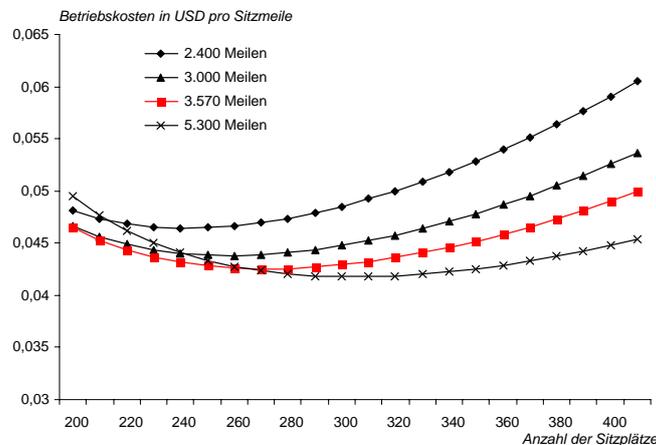


Abbildung 5.6: Flugzeugbetriebskosten pro Sitzmeile für unterschiedliche Flugdistanzen
(Quelle: Eigene Darstellung)

können. Der Einfluss des Airbus A380 ist als eine Verschiebung der Kurven nach rechts unten zu erwarten.

Generell ist die Annahme, dass Economies of Scale hinsichtlich der Größe des Flugzeuges vorliegen⁴⁶, daher nur bedingt gültig. Die Analyse impliziert ab einer Flugzeuggröße von rund 280 Sitzplätzen ein Wegfallen der Signifikanz von Economies of Scale beim reinen Transport.

In einem weiteren Schritt wird, wie von *Wei* und *Hansen* vorgeschlagen, auch ein Modell untersucht, in dem die Kosten der Piloten endogenisiert werden. Die Ergebnisse dieses Modells zeigt Tabelle 5.3.

Die Endogenisierung der Pilotenkosten verändert die Aussage des Modells hinsichtlich der Economies of Scale nicht substantiell, die Flugdistanzen haben dann allerdings kaum mehr über- oder unterproportionalen Einfluss auf die Gesamtkosten. Das impliziert, dass die Kosten der Piloten mit der geflogenen Distanz deutlich ansteigen. Das ist vorwiegend auf die notwendigen Ruhezeiten (z.B. muss bei Flügen über 8 Stunden Flugzeit die Besatzung ruhen) und auf die dann notwendige Reservebesatzung zurückzuführen. Weiters sind auch am jeweiligen Flugziel für den Rückflug jeweils neue Besatzungen notwendig. Generell ist der Einfluss der durchschnittlichen Flugdistanz bei internationalen Verbindungen in diesem Modell wie auch schon im Modell mit exogenen Pilotenkosten tendenziell von proportionalem Einfluss auf die Gesamtkosten. In diesem Punkt wäre eine explizite Untersuchung der Flüge mit einer Flugdistanz von über 5.000 Meilen interessant, da in diesem Fall die über die Betriebskosten hinausgehenden Kosten aufgrund der dann notwendigen komplexen Umläufe und längeren Standzeiten am Boden wesentlich bedeutender sind.

⁴⁶Vgl. Antoniou (1991).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Dependent Variable: OC_LOG				
Method: Least Squares				
Date: 08/20/07 Time: 16:59				
Sample: 1 947				
Included observations: 947				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SEAT_LOG	0.789559	0.042603	18.53314	0.0000
ASL_LOG	1.035572	0.025894	39.99224	0.0000
PFUEL_LOG	0.348432	0.071346	4.883715	0.0000
SEAT_SEAT_LOG	1.030300	0.137878	7.472565	0.0000
ASL_ASL_LOG	0.307558	0.045434	6.769359	0.0000
PFUEL_PFUEL_LOG	0.106114	0.036157	2.934823	0.0034
SEAT_ASL_LOG	-0.635702	0.088282	-7.200844	0.0000
SEAT_PFUEL_LOG	-0.583393	0.379784	-1.536117	0.1248
ASL_PFUEL_LOG	0.235097	0.189540	1.240356	0.2152
DUMMY_AA	-0.118635	0.020747	-5.718220	0.0000
DUMMY_CO	-0.284348	0.021605	-13.16125	0.0000
DUMMY_DL	-0.129023	0.018414	-7.006805	0.0000
DUMMY_NW	-0.033696	0.033267	-1.012887	0.3114
DUMMY_UA	-0.005216	0.018993	-0.274642	0.7837
DUMMY_US	-0.145835	0.021546	-6.768415	0.0000
R-squared	0.924564	Mean dependent var	-4.16E-16	
Adjusted R-squared	0.923431	S.D. dependent var	0.721726	
S.E. of regression	0.199709	Akaike info criterion	-0.368194	
Sum squared resid	37.17177	Schwarz criterion	-0.291320	
Log likelihood	189.3397	F-statistic	815.9202	
Durbin-Watson stat	0.461041	Prob(F-statistic)	0.000000	

Tabelle 5.3: Ergebnis der Schätzung der Flugzeug-Betriebskostenfunktion mit endogenen Pilotenkosten (Translog)
(Quelle: Eigene Berechnungen)

Zusammenfassend zeigt die Analyse der Kostenfunktionen bei Widebody-Flugzeugen auf internationalen Routen, dass das Betriebskostenminimum pro Sitzplatz zwar zunimmt, aber bei den am häufigsten geflogenen Distanzen (das 90 %-Quantil der Stichprobe sind Flüge bis zu 5.588 Meilen) die geringsten Betriebskosten pro Sitz-Meile bei Flugzeugen mit bis zu 300 Sitzplätzen erreicht werden. Dies liegt zum Teil an den überdurchschnittlich alten Flugzeugmustern, die größere Sitzplatzanzahlen aufweisen (insbes. Boeing 747-200/300), aber auch am Vorteil, den zweistrahlige Flugzeuge gegenüber vierstrahligen Flugzeugen aufweisen. Auf diese und auf weitere Aspekte wird im folgenden Abschnitt detailliert eingegangen.

5.4 Analyse des Einsatzes von Flugzeugtypen mit hoher Kapazität bezogen auf Hersteller und Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen

Neben den Anschaffungs- und Betriebskosten von Flugzeugen, der Wettbewerbssituation auf bestimmten Routen, Hubbing-Einflüssen, Flugdistanzen und Flughafenkapazitätsrestriktionen⁴⁷ bestehen noch weitere, vor allem langfristig wirkende Einflüsse auf die Größe der Transportmittel im Luftverkehr.

5.4.1 Allgemeine Überlegungen zum Wettbewerb der Flugzeughersteller

Die Produktpaletten der Flugzeughersteller stehen in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis, wenn es um Entwicklungen im Bereich der Transportmittel geht. Die beiden großen Flugzeughersteller Airbus und Boeing investieren stark in ihre Absatzmarktforschung und die Entwicklung neuer Flugzeugkonzepte zur Erschließung neuer Technologie, die den Luftverkehrsgesellschaften eine Erweiterung ihres Angebotes ermöglichen.⁴⁸ Es besteht eine starke wechselseitige Beziehung zwischen den Herstellern und den Luftverkehrsgesellschaften, indem von den Luftverkehrsgesellschaften die Entwicklung neuer Flugzeugtypen angeregt wird (z.B. 787-10) bzw. die Möglichkeiten neuer Produktentwicklungspfade von den Herstellern vorgestellt wird. Wie bedeutend diese Prozesse für die gesamte Entwicklung der kommerziellen Luftfahrt sind, wird in der Folge analysiert.

Seit den 1990er Jahren gibt es nur noch zwei bedeutende Hersteller von Verkehrsflugzeugen mit mehr als 100 Sitzplätzen.⁴⁹ Über den Zeitablauf gaben immer mehr Hersteller die Produktion von Verkehrsflugzeugen auf (beispielsweise Lockheed im Jahr 1984) oder wurden fusioniert (Boeing und McDonnell Douglas im Jahr 1997). Airbus begann erst wesentlich später als Boeing mit der Produktion von kommerziellen Flugzeugen. Erst im Jahr 1972 wurde das erste Airbus Modell (der A300) eingeführt. Damals war dieses Flugzeug der erste Widebody mit nur zwei Triebwerken, er wurde vor allem für Kurz- und Mittelstrecken mit hohem Passagieraufkommen konzipiert.

Die beiden Flugzeughersteller Airbus und Boeing befinden sich in einer wettbewerblichen Oligopol-Situation. Beide bieten unterschiedliche Produkte, von Narrowbodies als Kurz- und

⁴⁷Vgl. Hansen u. a. (2001), S. 87ff. und Pels u. a. (2003).

⁴⁸Die intensiven Marktforschungen manifestieren sich u. A. in den detaillierten Prognosen. Vgl. Airbus (2006) und Boeing (2006).

⁴⁹Abgesehen wird hier von den russischen Herstellern Tupolew und Ilyushin, deren Produkte international kaum wettbewerbsfähig sind und die auch nur sehr geringe Stückzahlen verkaufen. Bemerkenswert ist auch, dass sowohl Airbus als auch Boeing den Markt für Regionalflugzeuge (unter 100 Sitzplätzen) nicht bedienen.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

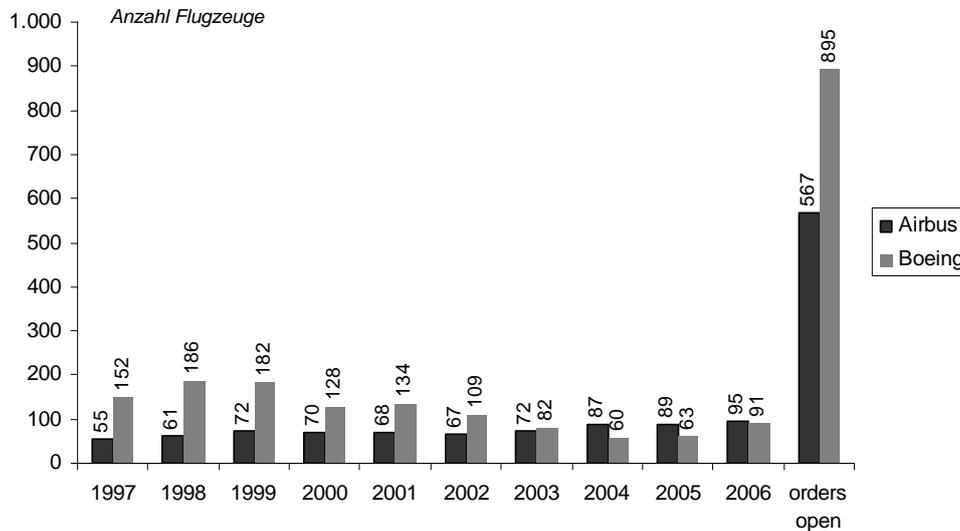


Abbildung 5.7: Auslieferungen und Bestellungen von Widebody-Flugzeugen bei Airbus und Boeing zwischen 1997 und 2006
(Quelle: Nagl und Schlaak (2007))

Mittelstreckenflugzeuge über Widebodies mit und ohne Doppelstocksystem an.⁵⁰ Auch innerhalb dieser Marktsegmente bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten. Im Jahr 2006 waren über 80 % aller verkauften Langstreckenflugzeuge zweistrahlige Modelle. Boeing kann deutlich mehr bestellte Langstreckenflugzeuge aufweisen als Airbus. Die Verkäufe und Bestellungen von Widebody-Flugzeugen zeigt Abbildung 5.7.

Airbus konnte in den Jahren 2004 bis 2006 erstmals mehr Widebody-Flugzeuge ausliefern als Boeing, aufgrund der Bestellungen ist aber eine Umkehrung dieses Verhältnisses zugunsten von Boeing absehbar.

Im Bereich der Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge mit kleinem Rumpfdurchmesser und über 100 Sitzplätzen sind derzeit nur Boeing und Airbus vertreten. Airbus bietet hier seine A318/A319/A320/A321 Familie an, während Boeing eine zum Ursprungsmodell von 1968 stark modifizierte Version der Boeing 737 dagegen stellt (Vgl. Abbildung 5.8). Bei den Verkäufen und offenen Bestellungen liegt Airbus voran, wobei der Wettbewerb in diesem Segment besonders stark ist.

Die Strategien für dieses Segment von Airbus und Boeing sind auf die Strategien im Langstreckenbereich abgestimmt: Während Airbus seine Flotte auf den Kurzstrecken-Zubringerverkehr zu Hubflughäfen optimiert, hat Boeing durchaus auch längere Strecken für den Direktverkehr im Fokus und dafür auch zwei passende Varianten der 737 im Programm. Zum einen

⁵⁰Vgl. zu Multiproduct-Firms grundlegend Hill (1982) und hinsichtlich des Verhaltens großer Mehrproduktunternehmen mit Forschung und Entwicklung die empirische Arbeit von Baysinger und Hoskisson (1989).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

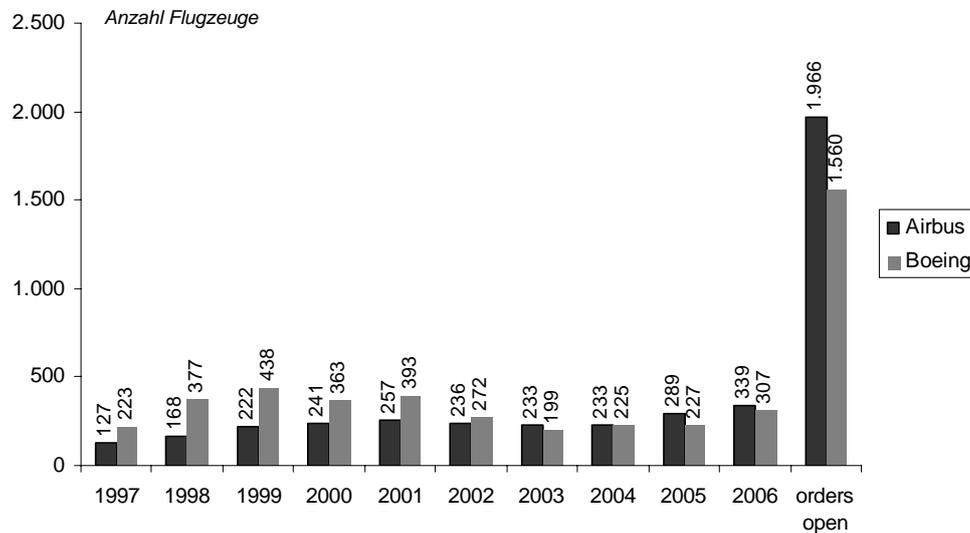


Abbildung 5.8: Auslieferungen und Bestellungen von Narrowbody-Flugzeugen bei Airbus und Boeing zwischen 1997 und 2006
(Quelle: Nagl und Schlaak (2007))

ist dies die erst 2006 eingeführte Boeing 737-700ER mit Reichweiten bis über 10.000 km und zum anderen die größere 737-900ER, die im Vergleich zu ihrem direkten Konkurrenten, dem Airbus A321 eine um rund 1.000 km höhere Reichweite aufweist. Mit der Boeing 737-900ER soll ein Nachfolgemodell zur Boeing 757-200 angeboten werden, welche heute sehr stark im Transatlantik und im amerikanischen Transkontinentalverkehr eingesetzt wird. Der Airbus A321 findet in den USA nicht zuletzt deshalb kaum Abnehmer, weil nordamerikanische Transkontinentalverkehre aufgrund der zu geringen Reichweite nicht möglich sind.

Das zeigt, dass nicht nur die Produkte im Widebody-Segment starke Wechselwirkungen untereinander aufweisen, wie im folgenden Abschnitt beschrieben, sondern dass auch das Narrowbody-Segment von den Entscheidungen im Widebody-Segment beeinflusst wird.

5.4.2 Airbus im Wettstreit mit Boeing im Bereich der Widebody-Flugzeuge

Für die Analyse des Größenwachstums der Flugzeuge deutlich wichtiger als das Segment der Narrowbody-Flugzeuge ist das Widebody-Segment. Dort findet derzeit auch der intensivere (Entwicklungs-)Wettbewerb der Flugzeughersteller statt. Die Analyse soll zeigen, welche Einflüsse auf die Möglichkeit der Nutzung von Skaleneffekten bei Transportmitteln wirken. Diese sind auch — und das zeigt die folgende Analyse — von Effizienzsteigerungen bei den

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

kleineren Transportmitteln im eigenen Verkehrsträger sowie von den Geschäftsmodellen und Strategien der Verkehrsunternehmen beeinflusst, die sie einsetzen.⁵¹

5.4.2.1 Einfluss langer Entwicklungszyklen neuer Flugzeugtypen

Ein bedeutender Einflussfaktor im Flugzeugbau ist die sehr lange Entwicklungszeit eines neuen Flugzeugmodells. In Abbildung 5.9 wird die Abfolge der Entwicklungen neuer Flugzeugtypen und Varianten von Boeing und Airbus gezeigt. Die Schriftformatierungen bedeuten dabei folgendes:

Fettschrift. Die Einführung einer gänzlichen Neuentwicklung einer Flugzeugfamilie.

Fett- und Kursivschrift. Eine in wesentlichen Parametern weitgehend veränderte Flugzeugfamilie oder eine grundlegende Erweiterung einer Flugzeugfamilie.

Normalschrift. Eine Modifikation oder eine neue Version einer Familie, wobei die wesentlichen Charakteristika der Flugzeugfamilie unverändert bleiben, Beispiel ist ein verlängerter Rumpf.

Kursivschrift. Eine Variante einer Flugzeugfamilie, wobei nur sehr geringe Veränderungen vorgenommen wurden, beispielsweise eine Reichweitenverlängerung ohne wesentliche Veränderungen am Rumpf.

Zwischen 1974 und 2014 hat Airbus sieben neue Flugzeugfamilien oder wesentlich überarbeitete Flugzeugfamilien herausgebracht, also durchschnittlich alle 5,7 Jahre. Boeing hat in einem ähnlichen Zeitraum neun solcher großen Projekte verwirklicht, also durchschnittlich alle 5,1 Jahre. Zusammengefasst kann daher ein Hersteller daher ungefähr zwei wesentlich überarbeitete Flugzeugfamilien bzw. gänzlich neue Flugzeugfamilien pro Jahrzehnt entwickeln. Betrachtet man nur die gänzlich neu entwickelten Flugzeugfamilien, dann kommt man auf einen Abstand von acht Jahren bei Airbus und auf 9,2 Jahre bei Boeing.

Deutlich wird aus dieser Analyse die Problematik der langen Entwicklungszeiten für eine neue Flugzeugfamilie oder eine Überarbeitung: Die langen Entwicklungszeiten können auch kaum oder nur mit extrem hohen Mitteleinsatz verkürzt werden. Für beide Unternehmen ist die Kapazität zur Entwicklung eines gänzlich neuen Flugzeugtyps begrenzt. Die intensive Entwicklungsphase, die Testphasen sowie das Hochfahren einer neuen Produktion ist derartig aufwändig und bindet so viel Know-How, dass eine Parallelisierung kaum sinnvoll erscheint. Die extrem hohen Entwicklungskosten eines Flugzeuges fallen viele Jahre vor dem Verkauf größerer Stückzahlen an. So sind bei Airbus A380 bis 2006 schon 80 % der Entwicklungskosten von rund EUR 12 Mrd. zwischen dem Entwicklungsbeginn 2001 und dem Jahr 2006

⁵¹Die Ansätze der folgenden Analyse sind in Nagl und Schlaak (2007) bereits diskutiert worden.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

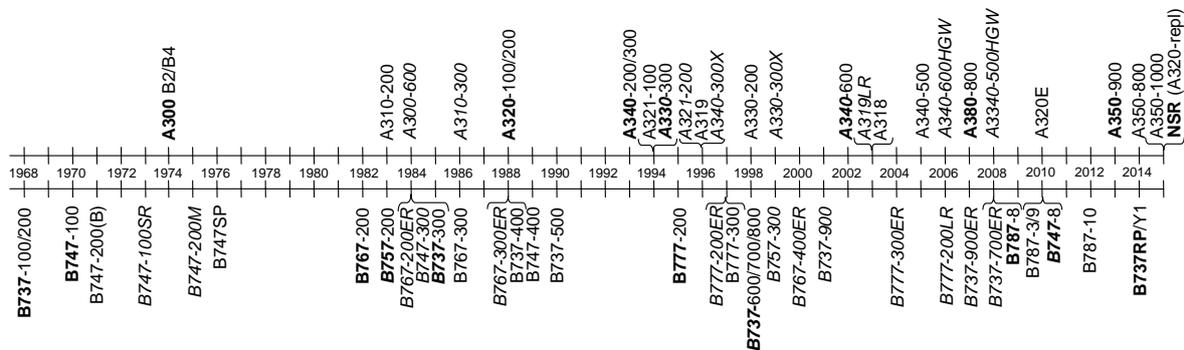


Abbildung 5.9: Entwicklung neuer Flugzeugtypen von Airbus und Boeing im Zeitablauf
(Quelle: Eigene Darstellung)

angefallen.⁵² Größere Stückzahlen dieses Typs werden aber erst ab 2009 ausgeliefert werden können.

Daraus ergibt sich das Problem, dass ein Unternehmen einen Entwicklungsrückstand nur extrem schwierig wieder aufholen kann. Dies ist nur dann tatsächlich möglich, wenn der jeweilige Mitbewerber einen Fehler begeht.

5.4.2.2 Effizienzgewinne bei kleineren Widebody-Flugzeugen oder Größenwachstum

Am Beispiel der Flugzeugentwicklungen von Airbus und Boeing lässt sich deutlich zeigen, welche Entscheidungskriterien und welche Überlegungen zur Entwicklung eines großen Transportmittels führen. Es zeigt sich, dass das Vorliegen von Economies of Scale in den Kosten durch ein größeres Transportmittel nur ein Entscheidungskriterium ist.⁵³

Blickt man in die Vergangenheit, so setzte Airbus seit der Einführung des ersten zweistrahligen Widebody, dem A300, in den 1970er Jahren wesentliche Maßstäbe im kommerziellen Flugzeugbau. Erst acht Jahre später konnte Boeing mit der Einführung der 757 bzw. der 767 nachziehen. Die in den 1980er Jahren eingeführte A320-Familie war aus technischer Sicht äußerst modern (Fly-by-Wire) und ist bis heute die Hauptstütze des Airbus-Konzerns mit bisher nahezu 5.000 Bestellungen⁵⁴.

Die erste unglückliche Entwicklung von Airbus aus heutiger Sicht war der A340-200 und -300, wobei angefügt werden muss, dass in den 1980er Jahren einerseits die Anhebung der

⁵²Vgl. Sperl (2006).

⁵³Eine Analyse dieses Problems aus strategischer Managementperspektive bieten De Bruijn und Steenhuis (2004).

⁵⁴Stand 31.12.2006

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

	Airbus present	Boeing present	Airbus future (2014)	Boeing future (2014)
double stack system			A380-900 (656 ³) A380-800 (555³) A380-700 (481 ³)	 B747-8 (450³)
double aisle	A340-600 (419², 380³) A340-500 (313³) A340-300 (295², 247³) A330-300 (295², 247³) <i>A340-200 (256²)</i> A330-200 (256², 200³) <i>A300 (240²)</i> <i>A310 (200²)</i>	B777-300 (388², 365³) B777-200 (348², 275³) <i>MD-11 (285²)</i> B767-400 (285², 245³) B767-300 (254², 178³) <i>B767-200 (224², 158³)</i>	A350-1000 (350³) A350-900 (314³) A350-800 (270³) A330-300 (295², 247³) A330-200 (256², 200³)	B777-300 (388², 365³) <i>B787-1000 (300³)</i> B777-200 (348², 275³) B787-9 (263³) B787-8 (223³) B787-3 (296², 223³)
single aisle	A321 (220¹, 190²) A320 (174¹, 156²) A319 (142¹, 124²) A318 (117¹, 107²)	<i>B757-300 (280¹, 243²)</i> <i>B757-200 (228¹, 200²)</i> B737-900ER (215¹, 180²) B737-800/900 (189¹, 158²) <i>B737-400 (167¹, 144²)</i> B737-700 (149¹, 132²) <i>B737-300 (149¹, 132²)</i> B737-600 (132¹, 100²) <i>B737-500 (132¹, 100²)</i> <i>B717-200 (125¹, 106²)</i>	A321 (220¹, 190²) A320 (174¹, 156²) A319 (142¹, 124²) A318 (117¹, 107²)	B737-900ER (215¹, 180²) B737-800/900 (189¹, 158²) B737-700 (149¹, 132²) B737-600 (132¹, 100²)

Abbildung 5.10: Die Modellpaletten von Airbus und Boeing. In Klammern Sitzplatzanzahl. ¹ = 1-Klassen-Bestuhlung, ² = 2-Klassen-Bestuhlung, ³ = 3-Klassen-Bestuhlung. Grau: Realisierung unbestätigt. Kursiv und grau: Auslaufmodell.

(Quelle: Nagl und Schlaak (2007))

ETOPS⁵⁵, sowie der stark steigende Ölpreis noch nicht evident waren. Der parallel zum A340-200 und -300 entwickelte A330 (Indienststellung 1994) stellte sich letztendlich als die Rettung dieses Programms heraus (Vergleiche auch Abbildung 5.10).

Zu Beginn der 1990er Jahre entwickelte Boeing mit der 777 den größten zweistrahligen Widebody und begann 1995 mit der Auslieferung. Noch im Jahr 2002 stellte Airbus den vierstrahligen A340-600 in Dienst, um ein Konkurrenzmodell zur für Boeing sehr wichtigen 747 anbieten zu können. Der vierstrahlige Airbus A340-600 erreichte den Markt allerdings zu spät, da zweistrahlige Langstreckenflugzeuge, die nicht im Doppelstocksystem aufgebaut sind, auf-

⁵⁵Die „Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards“ sind Regelungen, die festlegen, wie lange ein zweistrahliges Flugzeug von einem Ausweichflughafen entfernt operieren darf. Derzeit ist dieser Zeitraum — je nach Flugzeugtyp — zwischen 180 und 207 Minuten. Bei Entwicklung des A340 war dieser Zeitraum mit 90 bzw. 120 Minuten noch wesentlich kürzer und damit viele Routen mit zweistrahligen Flugzeugen nicht zu befliegen.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

grund der geringeren Treibstoff- und Wartungskosten einen signifikanten Kostenvorteil haben. Die Airbus Modelle A340-500 und -600 sind mit bisher nur 91 Auslieferungen und wenigen weiteren Bestellungen auch nicht mehr erfolgreich.

Boeing war um die Jahrtausendwende unentschlossen, welches Flugzeug im Langstreckenbereich neben der Boeing 777 und der 747 entwickelt werden sollte. Um das Jahr 2000 plante Boeing den Sonic Cruiser, der es durch die höhere Fluggeschwindigkeit ermöglicht, mehr Relationen als bisher in täglichen Flugzeugumläufen zu bedienen. Das führt zu einer höheren Produktivität eines einzelnen Flugzeuges. Aufgrund der steigenden Treibstoffpreise zu Beginn dieses Jahrzehntes änderte man die Konstruktion ab und entschied sich für den Bau eines auf Energieeffizienz optimierten Flugzeug als Nachfolger für die Boeing 767. Daraus entstand die Boeing 787 in heute bekannter Form. Betrachtet man die Produktpalette von Boeing ist dieses Flugzeug hinsichtlich der Kapazität unter der 777 eingeordnet und schließt den Markt auch nach unten hin mit einer Mittelstreckenvariante (787-3) ab.

Als der Erfolg der Boeing 787 immer deutlicher wurde (448 Bestellungen bis Ende 2006) reagierte Airbus im Jahr 2004 mit der Präsentation des A350 (Classic). Dieses Modell wäre hinsichtlich der Größe ein direkter Wettbewerber zur Boeing 787 geworden und stellte im Wesentlichen eine Überarbeitung des Airbus A330 dar. Dieser überarbeitete A330 konnte aber mit der vollständigen Neuentwicklung Boeing 787 nicht konkurrieren und erreichte kaum Bestellungen. Zudem hätte der A350 (Classic) das einzige erfolgreiche eigene Langstreckenmodell, nämlich den A330, gefährdet. Boeing hätte mit der 777 ein Monopol in ihrem Segment auf mindestens ein weiteres Jahrzehnt erlangt.

Im Jahr 2006 änderte Airbus daher den Entwurf des A350 in die auch in Abbildung 5.10 eingeordnete Form des A350 XWB (extra wide body).⁵⁶ Damit kann Airbus in Zukunft ein überlegenes Modell zur dann bald 20 Jahre alten 777 anbieten.

Was jedoch in dynamischer Sicht noch viel problematischer für Airbus sein könnte, ist der Entwicklungsrückstand: gelingt Boeing eine planmäßige Auslieferung der 787, kommt für Airbus eine andere Problematik zum Tragen, nämlich die lange Zeit für die Entwicklung von neuen Flugzeugtypen bzw. die Überarbeitung von bestehenden Modellen. Diese liegt zwischen sechst und sieben Jahren und kann auch kaum bzw. nur mit extrem hohem Mitteleinsatz verkürzt werden. Für beide Unternehmen ist die Kapazität zur Entwicklung eines gänzlich neuen Flugzeugtyps daher limitiert. Die intensive Entwicklungsphase, die Testphasen sowie das Hochfahren einer neuen Produktion binden ein so hohes Maß Ressourcen in den Unternehmen, sodass der Aufbau zusätzlicher Kapazität vor allem aus ökonomischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll erscheint.

⁵⁶Dieses Flugzeug ist nicht, wie häufig fälschlicherweise geschrieben, ein Konkurrent zur Boeing 787, sondern ein direkter Konkurrent zur 777. Vgl. beispielsweise Mock (2007).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Im Bereich der Nurfracht-Flugzeuge bietet Boeing zwei Frachter-Modelle an (777F und 747-8F) und weist für diese Modelle zusammen 110 Bestellungen aus. Airbus hingegen hat mit dem einzigen geplanten Frachtflugzeug, dem A380F, nach der Stornierung von FedEx und UPS die Realisierung der Frachtversion des A380 auf unbestimmte Zeit verschoben. Hinsichtlich der Skaleneffekte zeigt sich hier, dass das größte Flugzeug, nämlich genau der A380F, aus ökonomischen Gesichtspunkten derzeit kaum nutzbare Vorteile bringt. Es scheint derzeit vor allem die durchschnittliche Dichte der Luftfracht zu hoch zu sein, sodass der große Frachtraum des A380F wenig Vorteile bringt. Eine auch am Sekundärmarkt einfach erhältliche Boeing 747 mit geringerem Volumen aber fast gleicher Gewichtskapazität wie der A380F, ist daher häufig ökonomischer.⁵⁷

Die Luftverkehrsgesellschaften hätten den A380F, der eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren aufweist, auch nicht wegen einer Lieferzeitüberschreitung von 1-2 Jahren storniert, wenn die zu erwartenden Effizienzvorteile entsprechend hoch gewesen wären. Im Vergleich werden heute Airbus A350 (lange vor einem Erstflug) mit Lieferzeiten nach dem Jahr 2016 bestellt. Hier erwartet man sich offensichtlich deutliche Effizienzvorteile.

Der strategische Fehler von Airbus lag im Rückblick in dem Versuch des Angriffs auf das Monopol Boeings für Flugzeuge über 400 Sitzplätze von oben. Die bessere Strategie wäre es rückblickend gewesen, anstatt des A380 den A350 XWB zu entwickeln und etwas größer als die Boeing 777 zu dimensionieren. Damit wäre es möglich gewesen, die Boeing 747 zu gefährden und auch die Boeing 777 unter Druck zu setzen. Der häufig genannte Ansatz, dass Airbus gezwungen war, Boeing mit einem größeren Modell unter Druck zu setzen, hat sich als Fehlüberlegung herausgestellt.⁵⁸

Es zeigt sich in der Analyse dieses Fallbeispiels, dass die Ausnützung von Economies of Scale durch größere Flugzeuge nicht notwendigerweise in einem weiteren ökonomischen Zusammenhang von Nutzen sein müssen. Welche Faktoren im Luftverkehr von Bedeutung sind, zeigt der folgende Abschnitt.

5.4.2.3 Ökonomische Grenzen des Kapazitätswachstums von Flugzeugen am Beispiel des Airbus A380

Noch bis zum Jahr 2005 wurde ganz allgemein Airbus als der überlegenere Hersteller von Passagierflugzeugen angesehen, es wurde sogar für möglich gehalten, dass Boeing das kom-

⁵⁷Die 747 hat noch weitere Vorteile gegenüber dem A380, beispielsweise die aufklappbare Flugzeugnase und die daher besseren Beladungsmöglichkeiten.

⁵⁸Sogar in der strategischen Managementliteratur findet sich häufig diese falsche Darstellung. Vgl. De Bruijn und Steenhuis (2004), S. 390.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

merzielle Flugzeuggeschäft fallen lassen könnte.⁵⁹ Airbus konnte über Jahre hinweg mehr Bestellungen und Auslieferungen als Boeing verbuchen.

Als Airbus auch noch den Erstflug des Airbus A380 im April 2005 erfolgreich abschließen konnte, sah es nach einer Zementierung der Marktführung von Airbus aus. Dies stellte allerdings eine Fehleinschätzung heraus denn Airbus hatte die ökonomischen Aspekte und Zusammenhänge falsch eingeschätzt. Mit der geringen Anzahl an Bestellungen für den A380 zeigte sich, dass Größenwachstum trotz der dadurch zweifellos erzielbaren Economies of Scale in der Flugphase nicht unbedingt zu einem erfolgreichen Produkt führen müssen.

Irvin und *Pavcnik* schätzen in ihrer Arbeit die langfristige Nachfrage nach Flugzeugen des A380 bei mindestens 20 % Rabatt vom Listenpreis auf rund 38 Flugzeuge pro Jahr.⁶⁰ Bei einem von Airbus prognostizierten Break-Even bei 420 ausgelieferten A380,⁶¹ würde dieser Break-Even erst nach rund 11 Jahren eintreten. Per 31. August 2007 sind allerdings erst 165 Bestellungen für den A380 eingegangen.

Der Ausgangspunkt für die aktuelle Krise bei Airbus liegt nicht so sehr in den technischen Problemen des A380. Diese werden häufig als Ursache für den geringen Erfolg des A380 genannt, die folgende Analyse zeigt hingegen den A380 als strategischen Fehler aus einer langfristigen Flottenstrategieentscheidung, in der die folgenden ökonomischen Aspekte nicht ausreichend in Betracht gezogen wurden.

- Die Frequenzvorteile werden von den Passagieren auch im Langstreckenbereich deutlich honoriert.⁶² Einerseits ist das die Auswahl zwischen Flugzeiten aber auch die Flexibilität, beim Verpassen eines Kurses nicht 24 Stunden warten zu müssen. Dieser Aspekt ist gerade für hochwertige Kundengruppen bedeutend.⁶³
- Die aktuellen Marktstrukturen in einem deregulierten Marktumfeld begünstigen Widebody-Flugzeuge mit zwei Triebwerken.⁶⁴ Einerseits wird von großen Hubflughäfen die Bedienung von sekundären Langstreckenzielen immer bedeutender, andererseits werden primäre Langstreckenziele (z.B. New York, Tokyo, London) bei Flugzeiten unter 10 Stunden mehrmals täglich zu unterschiedlichen Zeiten mit kleineren Flugzeugen angefliegen.
- Der Wettbewerb von Fluggesellschaften wird auch im Langstreckenbereich intensiver, da einerseits die US-amerikanischen Gesellschaften deutlich stärker Transatlantikverkehre bedienen und andererseits weitere europäische Luftverkehrsgesellschaften in das

⁵⁹Vgl. Lawrence und Thornton (2006), S. 127ff, die Autoren vermuten in ihrem Postskriptum zu ihrem Buch jedoch interessanterweise auch einen Wiederaufschwung Boeings.

⁶⁰Vgl. Irwin und Pavcnik (2004), S. 241.

⁶¹Vgl. Sperl (2006).

⁶²Vgl. Wei und Hansen (2006), S. 846f.

⁶³Vgl. auch Swan (2007), S. 6.

⁶⁴Vgl. Adrangi u. a. (1999).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Langstreckengeschäft einsteigen (z.B. Air Berlin mit LTU).⁶⁵ Das führt zu einer Dezentralisierung und zu einem Bedeutungsverlust starker Hub-zu-Hub Verbindungen.⁶⁶

- Große Hubflughäfen werden für Passagiere unattraktiv. Überlastungserscheinungen wie beispielsweise in Heathrow oder Frankfurt, lange Transferwege, hohe Minimum Transfer Times, Unübersichtlichkeit, starke Wetterabhängigkeit, Anfälligkeit für Terroranschläge, etc. führen dazu, dass Passagiere kleinere Hubflughäfen (z.B. Amsterdam, Wien, Helsinki) als attraktiv empfinden.⁶⁷
- Die Effizienzverbesserungen bei kleineren Widebody-Modellen (vor allem dem Airbus A350 und der Boeing 787) führen dazu, dass die Einsparungen an Sitzplatzkosten, die ein großes Flugzeug wie der A380 bringt, relativ geringer ausfallen.
- Da die Märkte von Widebodyflugzeugen untereinander verbunden sind, untergräbt Airbus mit dem A380 seine eigenen anderen Produkte im Widebodybereich. Dies geschieht sogar in relativ stärkerem Ausmaß, als Produkte von Boeing betroffen sind.⁶⁸
- Mit einem A380 wird die Flottenstruktur einer Fluggesellschaft tendenziell uneinheitlicher.⁶⁹ Beispiele sind die Lufthansa und Thai Airways. Setzt eine Fluggesellschaft nur den A380 und keine Boeing 747 ein, so ergibt sich ein großer Kapazitätssprung zum nächstkleineren Modell. Das führt dazu, dass der A380 nur für sehr wenige Fluggesellschaften in Frage kommt, die ihrerseits dann eine sehr hohe Verhandlungsmacht haben.
- In Abschwungphasen bzw. in Phasen mit geringer Nachfrage sind große Flugzeugmodelle besonders betroffen. Generell ist mit ihrem Einsatz ein höheres ökonomisches Risiko verbunden.⁷⁰
- Große Flugzeuge haben weniger potentielle Käufer, da nur wenige Luftverkehrsgesellschaften entsprechende Unternehmensgrößen und Geschäftsmodelle aufweisen. Nur sehr bestimmte Geschäftsmodelle von Luftverkehrsgesellschaften sind affin zu Flugzeuggrößen, wie sie der Airbus A380 aufweist. (Vgl. Abschnitt 5.4.3) Hat ein Luftverkehrsgesellschaft nur eine oder zwei Routen, die den Einsatz eines A380 rechtfertigen ergeben sich zudem Umlaufprobleme, da etwaige Restzeiten oder Reserve- und Überkapazitäten nicht sinnvoll auf anderen Routen eingesetzt werden kann.⁷¹

⁶⁵Auch Konsolidierung in Inlandsmärkten hat über Netzwerkeffekte Auswirkungen auf die internationalen Märkte. Vgl. Clougherty (2005).

⁶⁶Vgl. Martín und Román (2004).

⁶⁷Vgl. dazu auch Roos und van Herwijnen (2002), sie argumentieren dass Investitionen in eine Reduktion der Wartezeiten der Passagiere auf Flughäfen die optimale Flugzeuggröße erhöhen.

⁶⁸Vgl. Irwin und Pavcnik (2004), S. 243.

⁶⁹Vgl. grundsätzlich zur Flottenhomogenität Kilpi (2007).

⁷⁰Vgl. Mason (2007).

⁷¹Vgl. King (2007). Derzeit sind bei spezialisierten Sub-Flotten wie die A340-500 von Thai Airlines und Singapore Airlines auch tägliche Kurzrotationen der Reserveflugzeuge bzw. der Flugzeuge vorgesehen, deren

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

- Im Gegensatz zur Boeing 747 können mit dem A380 nur bestimmte Flughäfen angeflogen werden und ein Umschlagen der Passagiere und Güter ist nur mit speziellen Vorrichtungen möglich (Fluggastbrücken, Push-Backs, etc.). Diese Einrichtungen sind an den Flughäfen, die nur wenige A380-Frequenzen haben, dann sehr schlecht ausgelastet.⁷² Das und andere Faktoren wie z.B. Wirbelschleppen führen zu ökonomischen Problemen auf Flughäfen.

Aus hohem Aufkommen an Passagieren und Gütern auf einer bestimmten Route kann daher im Allgemeinen *nicht* ein Bedeutungsgewinn sehr großer Flugzeugtypen geschlossen werden. Es zeigt sich, dass gerade diese Routen durch den Eintritt von Mitbewerbern, den Aufbau von Direktverkehren, die Unattraktivität großer Hubflughäfen und die bei großem Aufkommen vorteilhafte Frequenzerhöhung dazu beitragen, dass die Bedeutung der größten Flugzeugmodelle nicht im Vordergrund steht.

Der Luftverkehr bietet daher ein bemerkenswertes Beispiel dafür, dass technisch mögliches Wachstum der Kapazität eines Transportmittels aus ökonomischen Gesichtspunkten ein Risiko darstellen kann, wie schon in Kapitel 3 theoretisch beschrieben.

Um den Bedarf nach sehr großen Flugzeugen umfassender analysieren zu können, wird im folgenden untersucht, wie der Zusammenhang zwischen den Luftverkehrsunternehmen als Nachfrager nach Flugzeugen und deren Geschäftsmodellen ist. Dabei wird abgeleitet, dass der A380 für ganz bestimmte Geschäftsmodelle und dort wiederum nur für sehr spezifische Entwicklungsprognosen einsetzbar ist.

5.4.3 Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen als Einflussfaktor auf die Nachfrage nach Flugzeugmodellen

5.4.3.1 Typologie von Geschäftsmodellen der Luftverkehrsunternehmen mit Langstreckenfluggerät

Um eine umfassende Analyse der Entwicklung der Flugzeuggrößen anbieten zu können, ist eine Analyse der Luftverkehrsunternehmen von besonderer Bedeutung. Die bisher verfügbaren Arbeiten lassen diesen Punkt nahezu vollständig außer Acht und schätzen Nachfrage aufgrund von historischen Daten⁷³. Durch die zu erwartende weitere Konsolidierung der Luftverkehrsunternehmen und auch die engere Bindung in Allianzen ist in Zukunft höherer Druck auf die Hersteller zu erwarten.

Umläufe lange Wartezeiten der Flugzeuge zu Folge haben. Fluggesellschaften versuchen generell kleine Sub-Flotten zu vermeiden, da die Ersatzteillager, Personalschulungen, etc. sich bei kleinen Flotten als überdurchschnittlich kostenaufwändig erweisen.

⁷²Vgl. allgemein zu den Aspekten des A380 auf Flughäfen Forsyth (2005).

⁷³Vgl. Benkard (2004), S. 593 und Irwin und Pavcnik (2004), S. 226.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Eine besondere Rolle im Luftverkehr spielten in der Vergangenheit die Entwicklung von Geschäftsmodellen. Unter einem Geschäftsmodell wird ein Modell verstanden, das bezogen auf die Geschäftstätigkeit

- die beteiligten Akteure, ihre Rollen und ihren Beitrag zur Wertschöpfung (Architektur der Wertschöpfung),
- den Nutzen, den Kunden oder andere Akteure aus der Geschäftstätigkeit ziehen können (Value Propositions) und
- die Einnahmequellen, die die Geschäftstätigkeit eröffnet (Ertragsmodell)

abbildet.⁷⁴ Sichtbar ist das beispielsweise an den vielen Low-Cost Luftverkehrsunternehmen, die in den 1990er Jahren entstanden sind und die häufig das Southwest-Geschäftsmodell kopiert und adaptiert haben. Auch im Langstreckenbereich sind Geschäftsmodelle von Bedeutung, vor allem im Hinblick auf die neuen Fluggesellschaften aus den arabischen Ländern. (Emirates, Etihad, Qatar, Gulf Air).

Es wird daher die folgende Systematik von Geschäftsmodellen von Fluggesellschaften, die Langstreckenflieger einsetzen, definiert:⁷⁵

Große Netzwerkfluggesellschaften (Majors) z.B. AirFrance KLM, British Airways, Delta, Lufthansa, Japan Airlines, Thai, United. Diese Gesellschaften operieren internationale Hubnetzwerke (häufig mehrere Hubs) und haben aufgrund der Größe ihres Heimatlandes ein hohes Originäraufkommen. Hinzu kommt ein dichtes Kurz- und Mittelstreckennetz in ihrem Heimatland bzw. ihrer Heimatregion oder ihrem Heimatkontinent.

Kleine Netzwerkfluggesellschaften z.B. Austrian Airlines, Aerolineas Argentinas, Air New Zealand, Alitalia, Finnair, LAN Chile, SAS, South African. Betreiben hauptsächlich regionale Hubnetzwerke (häufig ein Hub) und einzelne Langstrecken als Ergänzung. Zum Teil befriedigen diese Unternehmen auch den besonderen Mobilitätsbedarf von abgelegenen Ländern. Kleine Netzwerkfluggesellschaften sind in der Regel aus früheren staatlichen Unternehmen entstanden.

Reine Langstreckenfluggesellschaften z.B. Cathay Pacific, Emirates, EVA Air, Malaysia Airlines, Singapore Airlines, Virgin Atlantic. Bei diesem Geschäftsmodell werden nur Langstreckenrouten bzw. Routen mit hohem Passagieraufkommen und keiner intermodalen Konkurrenz bedient. Typischerweise wird ein sehr gut ausgebauter Hubflughafen verwendet.

⁷⁴Vgl. Rentmeister und Klein (2001), S. 19. sowie in Erweiterung Magretta (2002), Mansfield und Fourie (2004) und Shafer u. a. (2005).

⁷⁵Vgl. Pompl (2007), S. 123ff.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Charter und Low-Cost Fluggesellschaften mit Widebody-Flugzeugen z.B. Condor, Corsair, JetStar, LTU, Oasis. Unternehmen mit diesem Geschäftsmodell setzen Widebodyflugzeuge auf Langstrecken in touristische Ziele im Charterverkehr oder als Low-Cost Modell für Langstreckenverkehre (JetStar, Oasis, Kingfisher) ein.

Nahezu alle derzeit operierenden Fluggesellschaften lassen sich in diese Typologie eingliedern. Im nächsten Schritt kann analysiert werden, welche Geschäftsmodelle welchen Flugzeugtyp im Langstreckenbereich benötigen können.

5.4.3.2 Einordnung des Airbus A380 in die Geschäftsmodelle von Luftverkehrsunternehmen

Um die Economies of Scale eines A380 nutzbar zu machen, ist fast ausnahmslos ein aufkommensstarkes Hub-and-Spoke Netzwerk notwendig. Direktverbindungen, die alleine mit dem Aufkommen des Quell- und Zielflughafens bedient werden können, sind weltweit nur in sehr geringem Ausmaß vorhanden (z.B. London-New York).

Die klassischen großen Netzwerkfluggesellschaften werden von ihren großen Hubs ausgehend wachsen und deshalb auf bestimmten Routen die Economies of Scale eines A380 nutzen wollen,⁷⁶ vor allem auf jenen Routen, die derzeit einmal täglich schon mit größtem Fluggerät (häufig Boeing 747) und sehr guter Auslastung befliegen werden. Hier kann mit einem Airbus A380 gut inkrementelles Wachstum erzielt werden, anstatt zwei tägliche Flüge anzubieten.

Bei weiterem Aufkommenswachstum auf einer Route verwenden große Netzwerkgesellschaften zum Teil die Strategie, von ihrem zweiten Hub ausgehend eine Verbindung anzubieten, also beispielsweise könnte AirFrance-KLM einen Flug von Amsterdam und einen von Paris anbieten, die Lufthansa von Frankfurt und München fliegen.⁷⁷

Der Airbus A380 wurde bisher vor allem von Langstrecken-Airlines bestellt, wie auch aus der Abbildung 5.4 hervorgeht. Die reinen Langstreckenfluggesellschaften vereinen knapp 50 % der bisherigen Bestellungen für den A380 (davon entfällt mehr als die Hälfte alleine auf Emirates), die großen Netzwerkfluggesellschaften knapp 40 %.⁷⁸ Die Etablierung der Langstreckenfluggesellschaften ist in vielen vor allem kleinen Staaten (Vereinigte Arabische Emirate, Kuwait, Singapur, Hong Kong) ein stark (wirtschafts)politischer Akt. Zusammen mit den Fluggesellschaften hat man massiv mit öffentlichen Geldern die notwendige Umschlagsinfrastruktur in Form großer Flughäfen geschaffen.

⁷⁶Dementsprechend bspw. die Ankündigungen von Lufthansa und Air France, die ihre Airbus A380 von Frankfurt bzw. Paris aus einsetzen werden.

⁷⁷Zu beachten sind Slot-Restriktionen an stark belasteten Hubs wie Frankfurt oder Heathrow.

⁷⁸Campbell (2005) weist darauf hin, dass die 747 bei ihrem Erstflug bereits wesentlich mehr Bestellungen hatte als der A380.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Besteller	Anzahl bestellter Flugzeuge			
	Gesamt	gNW	kNW	rLS
Emirates	58			58
QANTAS Airways	20	20		
Singapore Airlines	19			19
Lufthansa	15	15		
British Airways	12	12		
Air France (Groupe)	10	10		
Intl Lease Finance Corp	10			
Virgin Atlantic Airways	6			6
Thai Airways International	6	6		
Penerbangan Malaysia Berhad (MAS)	6	6		
Korean Air Lines	5	5		
Kingfisher Airlines	5		5	
China Southern Airlines	5		5	
Qatar Airways	5			5
Etihad Airways	4			4
Summe	185	73	10	92

Tabelle 5.4: Bestellungen für den Airbus A380 nach Geschäftsmodellen der Fluggesellschaften (gNW: große Netzwerkfluggesellschaft, kNW: kleine Netzwerkfluggesellschaft, rLS: Reine Langstreckenfluggesellschaft)
(Quelle: Herstellerangaben per 31.10.2007, eigene Berechnungen)

Eine immer häufiger ins Spiel gebrachte These ist auch, dass die großen Hubs aus mehreren Gründen in Zukunft nicht mehr so stark wachsen werden.⁷⁹ Die Gründe sind vielfältig, vor allem aber gibt es räumliche Beschränkungen, lange Umsteigewege, Anfälligkeit auf Wetter (Nebel) oder die Gefährdung durch Terroranschläge. Insgesamt sind große Flughäfen für Passagiere zunehmend unattraktiv, vor allem im Umsteigeverkehr.

Problematisch ist auch ein weiterer Effekt: Da der A380 besonders abhängig von Feederflügen ist, steigt die Abhängigkeit im Netzwerk einer Luftverkehrsgesellschaft, die den A380 einsetzt. Verspätungen auf Feederflügen, die mit hohen Kosten verbunden sind, wirken sich umso stärker aus.⁸⁰ Hinzu kommt, dass Teile der Kosteneinsparungen durch die Bündelung wieder verloren gehen, da Hubverkehre fast immer auch Umwege des Transportgutes notwendig machen. Steigen die Kosten des Flugbetriebes auf den Feederflügen, so sind auch die Hauptläufe betroffen.

⁷⁹Love und Goth (2006) beschreiben und argumentieren dieses Phänomen. Swan (2007) ist dazu skeptisch.

⁸⁰Vgl. Rühle u. a. (2006).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Routen mit hoher Affinität zum Einsatz eines A380 liegen vor, wenn nicht ein vollständiger Umlauf an einem Tag mit einem Flugzeug nicht bewerkstelligen lässt (typischerweise sind das Flugzeiten über 8-10 Stunden pro Richtung) und das Transportaufkommen auf dieser Route höher ist, als die maximale Kapazität des Flugzeugtyps mit der größten Kapazität einer Flotte eines Luftverkehrsunternehmens.⁸¹ Routen mit kürzeren Flugzeiten sind wesentlich affiner zu Frequenzverbesserungen. Beispiele dafür sind die Air France, die sieben tägliche Flüge zwischen Paris und New York anbietet, wovon nur einer mit einer Boeing 747 durchgeführt wird. Ebenso führt Lufthansa nur drei ihrer täglichen fünf Flüge von Frankfurt nach New York mit einer Boeing 747 durch. An dieser Route zeigt sich, wie trotz hohem Aufkommen auch deutlich kleinere Flugzeugmodelle als das größte verfügbare Modell zum Einsatz gebracht werden.

Das Einsatzgebiet des A380 wird zusammenfassend demnach vor allem besonders lange Strecken sein, also beispielsweise Routen von Europa nach Australien oder Routen von den USA nach Asien.⁸² Das ist auch daran zu erkennen, dass die meisten Luftverkehrsunternehmen, die Flüge nach Australien anbieten (Qantas, Thai Airways, Singapore Airlines, Emirates) den A380 bestellt haben. Zum einen besteht auf sehr langen Routen für A380-Operatoren nicht das Problem, das Mitbewerber mit einer besseren Frequenz (z.B. zwei mal täglich) eintreten. Zum anderen verstärken sich die Economies of Scale mit Flugzeuggröße und der Länge der geflogenen Route.⁸³ Große Flugzeuge verlieren nämlich Teile ihrer Vorteile, die sie während des Fluges haben, durch die längeren Turnaround-Zeiten am Boden wieder.

5.4.3.3 Definition eines Attraktivitätsmaßes von Hubflughäfen zur Analyse der Wettbewerbsbedingungen von Luftverkehrsgesellschaften mit Langstreckenverkehren

Warum vorwiegend die Luftverkehrsunternehmen mit einem reinen Langstreckengeschäftsmodell den A380 kaufen, lässt sich mit deren Verkehrsströmen begründen. Diese Unternehmen sprechen Kunden an, die zwischen den großen Regionen bzw. Agglomerationen der Erde fliegen. Da diese Unternehmen jedoch durchwegs nur einen Hub betreiben, ergeben sich naturgemäß oft große Umwege für die einzelnen Reisenden.⁸⁴ Diese Umwege werden vor allem durch den Einsatz sehr großen Fluggeräts mit dementsprechend niedrigen Sitzplatzkosten pro Kilometer kompensiert.

⁸¹Bei den meisten Luftverkehrsunternehmen ist das größte Flugzeug derzeit eine Boeing 747, 777-300 oder ein A340-600.

⁸²Vgl. zum Einsatz von Flugzeugen auf langen Strecken King (2007).

⁸³Vgl. Abschnitt 5.3.2.2.

⁸⁴Zur Klassifizierung und Bedeutung von Hubs vgl. Schnell und Hüschelrath (2004).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Diese Problematik soll mit Hilfe eines Attraktivitätsmaßes⁸⁵ für Flughäfen mit Hubfunktion im Langstreckenverkehr untersucht werden.⁸⁶ Zur Thematik der optimalen Anordnungen von Hubs existieren unterschiedliche Ansätze, die teilweise aus dem Operations Research⁸⁷ oder aus der ökonometrisch-empirischen Literatur⁸⁸ kommen. Die Hub-Entscheidung unter Wettbewerbsgesichtspunkten untersucht *Adler*.⁸⁹

Das Attraktivitätsmaß A_h für einen Hub in dieser Arbeit ist definiert mit

$$A_h = \sum_{i_{r_1}=1}^{n_{r_1}} \sum_{i_{r_2}=1}^{n_{r_2}} d_{i_{r_1}h} w_i + d_{i_{r_2}h} w_i \quad (5.3)$$

Dabei stellen $d_{i_{r_1}h}$ die Distanzen zwischen dem Hauptflughafen der Agglomerationsräume über 1 Mio. Einwohner einer Region r_1 (z.B. Südostasien) und dem zu untersuchenden Hubflughafen h und $d_{i_{r_2}h}$ die Distanzen zwischen dem Hubflughafen und dem Hauptflughafen der Agglomerationsräume über 1 Mio. Einwohner einer anderen Region r_2 (z.B. Nordamerika) dar. Um die unterschiedliche Bedeutung der Agglomerationsräume abbilden zu können, werden die jeweiligen Entfernungen der Agglomerationen zum Hub gewichtet (w_i). Das Gewicht bilden die Langstreckenflüge pro Einwohner der jeweiligen Region.⁹⁰

Die Langstreckenflüge pro Einwohner analysieren *Love et al.* Dabei gehen Sie vor allem auf den Zusammenhang zwischen Langstreckenflügen und dem BIP pro Kopf ein.⁹¹ Die Arbeit argumentiert, dass die Nachfrage nach Langstreckenflügen bei einem BIP pro Kopf von unter \$ 15.000 nur mit einer Elastizität kleiner 1 wächst, während darüber die Nachfrage nach Langstreckenflügen eine Elastizität hinsichtlich des BIP pro Kopf von über 1 aufweist.⁹² Das führt zum Schluss, dass auch in den kommenden 10 Jahren die Bedeutung der traditionellen Märkte für Langstreckenflüge (Nordamerika, Europa, Australien, Japan) sehr hoch bleiben und jene der Entwicklungsländer erst langsam aufholen wird. Dabei muss zudem angefügt werden, dass bei einem BIP von über USD 15.000 der Zusammenhang zwischen BIP pro Kopf und Langstreckenflügen sehr instabil ist und hier wohl andere Faktoren stärker wirken, wie beispielsweise die geographische Lage des Landes.

⁸⁵Erreichbarkeit im Luftverkehr allgemein handelt *Medenbach* (2006) ab.

⁸⁶Vgl. Allgemein zu Hubs *Button und Stough* (2000), S. 231ff.

⁸⁷Vgl. z.B. *Drezner und Drenzer* (2001).

⁸⁸Vgl. *Huston und Butler* (1991) sowie *Huston und Butler* (1993).

⁸⁹Vgl. *Adler* (2005).

⁹⁰Die Anzahl der Einwohner der jeweiligen Metropolregionen sind in Anhang A dargestellt.

⁹¹Vgl. *Love u. a.* (2006b). Aus der dort auf Seite 3 abgebildeten Graphik wurden für die einzelnen Länder relevanten Langstreckenflüge pro 1.000 Einwohner rekonstruiert. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die von *Love et al.* abgebildete Kurve vor allem im rechten Bereich problematisch ist, da hier ein Zusammenhang zwischen BIP und Flügen kaum mehr signifikant ist. Das würde vor allem dann offensichtlich, wenn man nur jene Länder betrachtet, die ein BIP von mehr als USD 15.000 pro Kopf haben.

⁹²Vgl. *Love u. a.* (2006a), S. 2.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Da in *Love et al.* nicht von allen Ländern, für die eine Gewichtung notwendig ist, ein Datensatz über die Anzahl der Langstreckenflüge pro 1.000 Einwohner vorliegt, wurden die übrigen Länder dementsprechend approximiert und die Annahmen in Tabelle 5.5 dargestellt.⁹³

Die Gewichtung der Langstreckenflüge unterliegt einigen Annahmen bzw. Einschränkungen. Zum einen sind die Langstreckenflüge immer für ein ganzes Land angegeben, die Einwohner um die Metropolregionen haben aber typischerweise ein höheres Einkommen, was auch deren Präferenz für Langstreckenflüge erhöht. Hinzu kommt, dass das Einzugsgebiet eines Flughafens oft auch über die Metropolregion selbst hinausgeht. Die Messung der Personen in den Metropolregionen bietet zudem das Problem, dass die Besiedlungsdichte Einfluss auf die Gewichtung hat.

Die Entfernungsberechnung zwischen den Agglomerationsräumen und den Hubs bzw. zwischen Agglomerationsräumen untereinander erfolgte mittels den Großkreisentfernungen (Distanz auf der Orthodrome). Die Orthodrome stellt die geringste Entfernung zweier Punkte auf einer Kugel dar. Auf die Erde als annähernde Kugel angewendet bewegt man sich im Bereich der sphärischen Trigonometrie, wonach sich der Abstand dargestellt als Winkel (Zentralwinkel) zweier Punkte berechnet nach:

$$\Delta\hat{\sigma} = \arccos(\sin\phi_o \sin\phi_d + \cos\phi_o \cos\phi_d \cos\Delta\lambda) \quad (5.4)$$

Dabei ist ϕ_o die geographische Breite des Ausgangsflughafens, ϕ_d die geographische Breite des Zielflughafens und $\Delta\lambda$, die Differenz der geographischen Länge des Ausgangs- und Zielflughafens. Den Zentralwinkel muss man noch mit dem Erdradius multiplizieren, dann erhält man die Distanz zwischen den zwei Punkten.

5.4.3.4 Besondere Affinität von Luftverkehrsunternehmen mit reinem Langstreckengeschäftsmodell zum Airbus A380

Mit Hilfe des definierten Attraktivitätsmaßes von Hubflughäfen werden nun einige Hubflughäfen auf ihre Attraktivität hin überprüft. Gewählt wurden die folgenden Hubflughäfen:

Dubai - DXB. Hubflughafen einer typischen reinen Langstreckenfluggesellschaft (Emirates), deren bisherige starke Expansion und zukünftigen Expansionspläne besondere Aufmerksamkeit erfordert. Die für den Flughafen Dubai getroffenen Aussagen gelten sinngemäß auch für weitere Fluggesellschaften und Flughäfen in dieser Region, Abu Dhabi (Etihad) und Doha (Qatar Airways).

⁹³Vgl. Love u. a. (2006b).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

Afghanistan	2	Irak	7	Peru	7
Ägypten	7	Iran	7	Philippinen	7
Algerien	7	Irland	123,81	Polen	21
Angola	2	Israel	410,95	Portugal	21
Argentinien	16,17	Italien	57,89	Puerto Rico	21
Armenien	7	Japan	75,24	Republik Südafrika	21
Aserbaidshan	7	Jemen	2	Rumänien	7
Äthiopien	2	Jordanien	7	Russland	7
Australien	204,76	Kambodscha	2	Sambia	2
Bangladesch	2	Kamerun	2	Saudi-Arabien	21
Belgien	74,76	Kanada	81,9	Schweden	131,9
Bolivien	2	Kasachstan	7	Schweiz	213,33
Brasilien	7,16	Kenia	2	Senegal	2
Bulgarien	7	Kolumbien	8,04	Serbien und Montenegro	7
Burkina Faso	2	Kongo (Dem. Rep.)	2	Simbabwe	2
Chile	21	Kuba	7	Somalia	2
China	1,37	Kuwait	21	Spanien	43,8
Costa Rica	7	Libanon	7	Sri Lanka	7
Dänemark	131,9	Liberia	2	Sudan	2
Deutschland	94,74	Libyen	7	Südkorea	27,27
Dominikanische Rep.	7	Madagaskar	2	Syrien	2
Ecuador	7	Malaysia	7	Taiwan	20,25
Elfenbeinküste	7	Marokko	7	Thailand	4,94
Eritrea	2	Mexiko	7	Tschad	2
Finnland	131,9	Mosambik	2	Tschechische Republik	21
Frankreich	107,89	Myanmar	2	Tunesien	7
Georgien	2	Nepal	2	Türkei	15
Ghana	2	Neuseeland	204,76	Uganda	2
Griechenland	21	Nicaragua	2	Ukraine	7
Großbritannien	241,9	Niederlande	112,86	Ungarn	21
Guinea	2	Nordkorea	2	Usbekistan	2
Haiti	2	Österreich	118,1	Venezuela	23,5
Honduras	2	Pakistan	2	Vereinigte Arabische Emirate	67,11
Hong Kong	57,02	Palästina	2	Vereinigte Staaten	81,9
Indien	1,75	Panama	7	Vietnam	2
Indonesien	7	Paraguay	7	Weißrussland	7

Tabelle 5.5: Langstreckenflüge pro 1.000 Einwohnern 2003
(Quelle: Love u. a. (2006b))

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

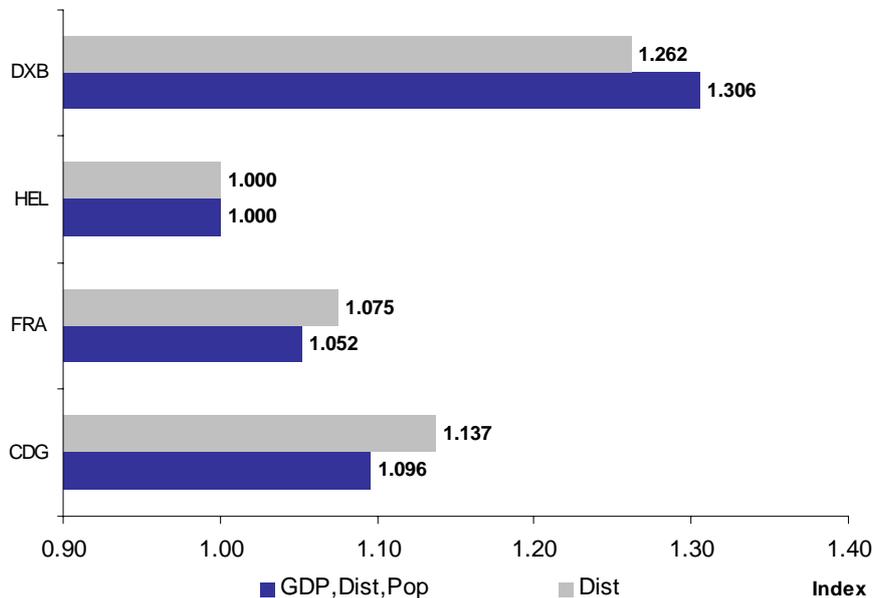


Abbildung 5.11: Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Ostasien (1 = größte Attraktivität)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Helsinki - HEL. Hubflughafen einer kleinen Netzwerkfluggesellschaft (Finnair), die in den vergangenen Jahren trotz des harten Wettbewerbs und der im allgemeinen krisenhafte Entwicklung vieler Fluggesellschaften mit diesem Geschäftsmodell (z.B. Alitalia, Sabena, Swiss, Austrian Airlines, SAS, etc.) erfolgreich v.a. nach Asien expandiert.

Frankfurt - FRA. Hubflughafen einer großen Netzwerkfluggesellschaft (Lufthansa), der aufgrund seiner zentralen Lage in Europa untersucht wird.

Paris - CDG. Hubflughafen einer großen Netzwerkfluggesellschaft (Air France), der in Europa eine eher dezentrale Lage aufweist und sich weder für Westbound- noch für Eastboundflüge optimal eignet. Gerade bei Flügen von Europa Richtung Osten weist der Flughafen sogar eine sehr ungünstige Lage auf.

Mit den Distanzen zwischen den Flughäfen der Agglomerationsräume, der Gewichtung und den definierten Hubflughäfen können die Attraktivitätsmaße bestimmt werden. Die Ergebnisse wurden getrennt nach Relationen zwischen Regionen dargestellt um eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen. Das Ergebnis auf Relationen zwischen Europa und Ostasien (v.a. Japan, China, Südkorea) zeigt Abbildung 5.11. Die Attraktivität wurde jeweils einmal nur über die Distanz ohne Gewichtung (Dist) und einmal über Distanzen mit Gewichtung nach Einwohnern und GDP (GDP, Dist, Pop) errechnet. Die Werte wurden auf den geringsten Wert normalisiert und stellen einen Index dar.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

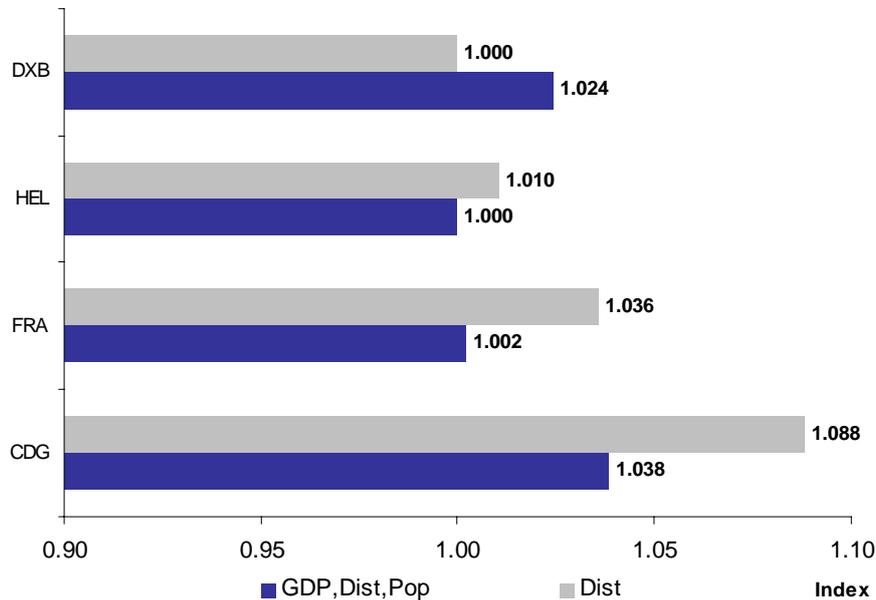


Abbildung 5.12: Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Südostasien (1 = größte Attraktivität)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Im Fall der Relationen zwischen Europa und Ostasien zeigt sich die Attraktivität Helsinkis gegenüber den anderen Flughäfen. Vor allem Flüge über den Hub Dubai sind gegenüber den anderen Hubstandorten von bedeutend höheren Distanzen gekennzeichnet: Flüge von Europa nach Ostasien über Dubai sind gegenüber Helsinki um fast 30 % länger, und gegenüber Frankfurt und Paris um rund 20 %. Es sind damit vergleichsweise lange Umwegverkehre bei Flügen über Dubai in Kauf zu nehmen.

Von Europa nach Südostasien (v.a. Thailand, Singapur, Indonesien) hat Dubai als Hub bei einer Betrachtung der Distanzen alleine einen leichten Vorteil, der aber nach der Gewichtung der Agglomerationsräume verschwindet und sich zu einem leichten Nachteil in der Erreichbarkeit gegenüber Helsinki und Frankfurt umkehrt. (Vgl. Abbildung 5.12)

Auch von Europa nach Südasien (v.a. Indien) ist der Vorteil von Dubai hinsichtlich der Erreichbarkeit nur auf der Ebene der Distanzen ohne Gewichtungen gegeben. Mit Gewichtung der Agglomerationsräume sind die Erreichbarkeiten über Helsinki und Frankfurt besser, wie Abbildung 5.13 zeigt. Nach Indien bietet Dubai als Hub vor allem den Vorteil, dass teilweise mit Kurzstreckenflugzeugen geflogen werden kann, womit eine andere Ausgangsposition im Vergleich zu den europäischen Fluggesellschaften besteht. Diese können nur mit Langstreckenflugzeugen nach Indien fliegen und daher auch nur bestimmte (große) Städte anfliegen.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

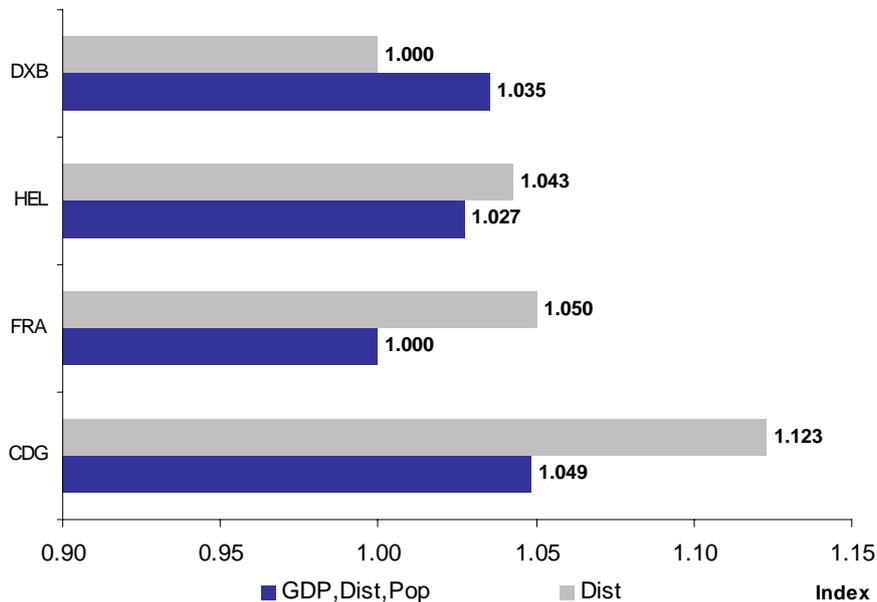


Abbildung 5.13: Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Südasi-
en (1 = größte Attraktivität)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Relationen, auf denen Dubai als Hub Vorteile aus der geographischen Lage aufweist, finden sich vor allem zwischen Europa und Australien. Abbildung 5.14 zeigt diese Vorteile graphisch. Dies dürfte auch ein Grund sein, warum mittlerweile viele europäische Netzwerkfluggesellschaften wie die Lufthansa, Austrian Airlines und auch British Airways ihr Angebot nach Australien eingestellt haben bzw. reduziert haben.

Die Umwege, die bei den Flügen über die Golfstaaten (Vereinigte Arabische Emirate, Qatar) häufig geflogen werden müssen, spiegeln sich auch in der Flottenwahl wieder. Auf die Fluggesellschaften Emirates, Etihad und Qatar entfällt über ein Drittel der gesamten Bestellungen für den Airbus A380. Damit können diese Fluggesellschaften den Nachteil des Umweges über diese Staaten und den damit verbundenen höheren Sitzplatzkosten durch die Nutzung der Kostenvorteile des großen Fluggerätes kompensieren. Ein weiteres Indiz dafür ist auch, dass Emirates einen Teil seiner A380 Flotte mit der dichtesten Sitzplatzkonfiguration von 644 Sitzen bestellte. Die bisher von anderen Bestellern maximal bekannte Sitzplatzkonfiguration liegt bei 550 Sitzen. Gleichzeitig sind die Umschlagkosten durch die großen und mit öffentlichen Geldern finanzierten Flughäfen in diesen Ländern gering.

Bezieht man in die bisherige Analyse die Hypothese mit ein, dass die Treibstoffkosten in Zukunft weiter zunehmen, so könnte argumentiert werden, dass die Nutzung von Economies of Scale im reinen Flugbetrieb an Bedeutung gewinnen. Bei starken Faktorpreiserhöhungen

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

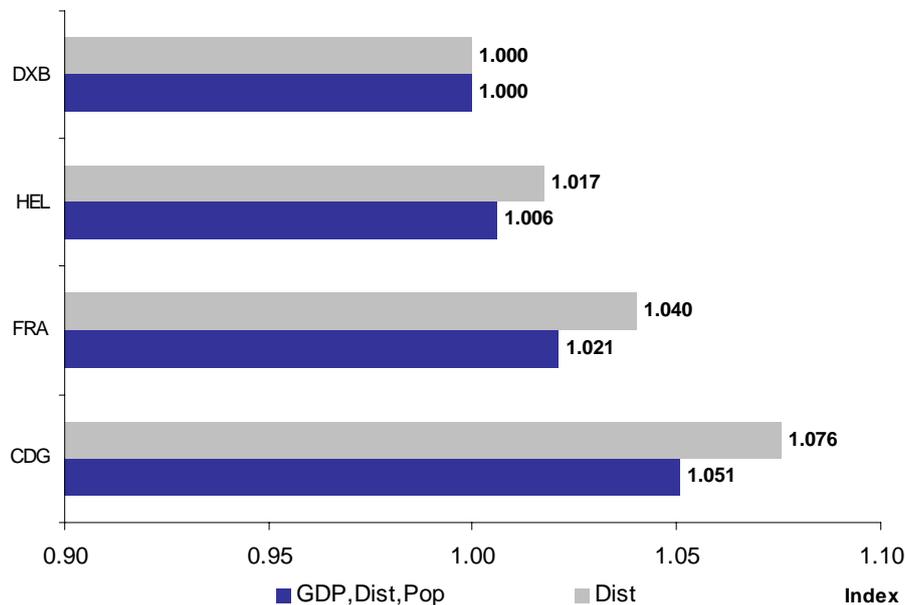


Abbildung 5.14: Attraktivität von Hubflughäfen auf Relationen zwischen Europa und Australien (1 = größte Attraktivität)

(Quelle: Eigene Darstellung)

im Flugbetrieb wären die Economies of Scale, die der A380 nutzt, zwar umso bedeutender, jedoch tritt das Problem hinzu, dass sich das Preisniveau von Flugreisen generell erhöhen würde, was mit einem negativen Nachfrageeffekt einhergeht, der auch den A380 selbst betrifft. Dies liegt an den Feederflügen, auf die der A380 besonders angewiesen ist, sowie an den durchschnittlich größeren Hub-Umwegen, die für die Nutzung des A380 geflogen werden müssten. Kommt es zu sehr starken Treibstoffpreiserhöhungen (ähnlich einer Ölkrise), ist mit einem generellen Abschwung im Luftverkehr zu rechnen, womit gerade der Airbus A380 überproportional stark betroffen wäre, da die Anzahl der Routen sinkt, auf denen ein ausreichendes Transportaufkommen vorliegt.⁹⁴ Gefahr und Chance liegen für den Airbus A380 in der Bildung neuer Geschäftsmodelle.

5.5 Conclusio zum Bereich des Luftverkehrs

Die Erkenntnisse der Analyse des Luftverkehrs hinsichtlich des Größenwachstums von Transportmitteln sind sehr umfangreich. Beginnend mit den spezifischen Ergebnissen lässt sich vor allem zeigen, dass Größenwachstum von Transportmitteln nicht generell von Erfolg sein muss.

⁹⁴Vgl. Mason (2007).

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

- Das Betriebskostenminimum bei internationalen Langstreckenflügen von in den USA beheimateten Luftverkehrsgesellschaften liegt derzeit bei einer Flugzeuggröße von rund 280 Sitzplätzen. Größere Flugzeuge bringen höhere Betriebskosten, mit der Konsequenz, dass die Einsätze großer Flugzeugmodelle, insbesondere der Boeing 747 in den vergangenen 10 Jahren deutlich abgenommen haben.
- Der Airbus A380 kann seine Economies of Scale in den Betriebskosten nur auf bestimmten Routen ausspielen, ansonsten sind Frequenzvorteile und andere Aspekte der Nachfrageseite zu bedeutend. Gleichzeitig erhöht sich die Verspätungsanfälligkeit bei Netzwerkverkehren, da der A380 besonders von Feeder-Verkehren abhängig ist.
- Die Bündelungswirkung von Hubverkehren, die zum Betrieb großer Flugzeuge wie dem Airbus A380 notwendig ist, zeigt sich differenziert in den Auswirkungen. Zwar wächst der Luftverkehr mit hohen Wachstumsraten, gerade große Hubsysteme können aber nur unterdurchschnittlich von diesem Wachstum profitieren. In Zukunft sind daher im Langstreckenverkehr zwar weiterhin Hubverkehre von hoher Bedeutung, allerdings werden zunehmend Direktverkehre mit kleineren Hubs auftreten.
- Die Entscheidung von Airbus zum Bau des A380 war aus einer ex-post Perspektive eine Fehlentscheidung. Anstatt im Bereich der Langstreckenflugzeuge gegen Boeing mit einem Modell von „oben“ in den Wettbewerb zu treten, hätte zuerst der A350 XWB entwickelt werden sollen, um damit in Konkurrenz zur Boeing 777 und zugleich zur Boeing 747 gehen zu können.
- Der Airbus A380 ist nur für wenige Fluggesellschaften mit einem ganz bestimmten Geschäftsmodell (Langstreckenfluggesellschaft) von größerem Nutzen. Aufgrund der geringen Anzahl an möglichen Kunden ist deren Verhandlungsmacht sehr hoch.

Hubverkehre haben im Passagierbereich den Nachteil, dass sie in der Regel als unangenehm empfunden werden und daher auch gewisse Preisabschläge zu Direktflügen (*ceteris paribus*) erfordern. Diese Problematik ist beim Gütertransport selbst weniger ausgeprägt. Hier haben zusätzliche Umschlagvorgänge lediglich Auswirkungen auf die Reisezeit der Güter sowie begrenzt auch auf die Beschädigungen, Verluste, etc. während des Verkehrsvorganges.

Die Analyse des Luftverkehrs hinsichtlich der Entwicklung der größten dort eingesetzten Transportmittel bringt auch einige sehr wesentliche, vom Luftverkehr selbst abstrahierbare Erkenntnisse.

- Economies of Scale in den Betriebskosten sind alleine nicht ausreichend, um den wirtschaftlichen Einsatz eines Transportmittels zu gewährleisten. Besondere Bedeutung hat auch die Frage, ob die Leistungen des Transportmittels am Markt umgesetzt werden können.

KAPITEL 5. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM LUFTVERKEHR

- Effizienzsteigerungen bei kleineren Transportmitteln im selben Verkehrsträger haben Einfluss auf die Effizienz von großen Transportmitteln.
- Systemverkehre (insbes. Hub-and-Spoke Netze) sind gerade für den Einsatz großer Transportmittel besonders wichtig. Bei steigender Gesamtnachfrage verlieren aber tendenziell Hub-and-Spoke Netze ihre Bedeutung zugunsten von Direktverkehren. Weiters kann es vorkommen, dass große Hubknoten ineffizient werden und immer mehr kleinere Hubs die Chance haben, die Effizienzgrenze zu überschreiten.
- Wettbewerbssituationen unter den Herstellern von Transportmitteln können dazu führen, dass Transportmittel entwickelt werden, die im Betrieb durch die Verkehrsgesellschaften keinen oder nur geringen zusätzlichen Nutzen bringen.
- Die Geschäftsmodelle von Verkehrsunternehmen bestimmen die Wahl der Transportmittel sehr stark. Wie im Bereich der Low-Cost Fluggesellschaften vor allem Boeing 737 und Airbus A320 zum Einsatz kommen, nutzen reine Langstreckenfluggesellschaften in signifikantem Ausmaß den Airbus A380.
- Die Risiken, die mit den größten Transportmitteln eines Verkehrsträgers verbunden sind, nehmen, wie schon im Schiffsverkehr gezeigt, zu.

Im Luftverkehr wird besonders deutlich, wie viele Einflussfaktoren wirken und wie diese die Nutzbarkeit von Economies of Scale der Transportmittel beeinflussen. Die Verbindungen zwischen Transportmittelherstellern, Verkehrsgesellschaften und deren Produktionssystemen und Geschäftsmodellen sowie die Präferenzen der Konsumenten haben wesentlichen Einfluss.

6 Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Eisenbahnverkehr

6.1 Einleitung

Die maximale Länge von Zügen sowie das maximale Zuggewicht ist von der Infrastruktur und von der Leistungsfähigkeit des Triebfahrzeuges bzw. von deren Zusammenspiel bestimmt. Diese enge Bindung zeigt sich bei der Diskussion der Veränderung der Transportmittelgrößen im Schienenverkehr immer wieder sehr deutlich. Aufgrund der engen Bindung zwischen Eisenbahninfrastruktur und Eisenbahnbetrieb werden in diesem Kapitel zuerst die technischen Aspekte diskutiert und aus dieser Diskussion heraus die bisherige und zukünftige Entwicklung der Transportmittelgrößen untersucht.

In Zusammenhang mit der Eisenbahn ist die Verwendung des Begriffes „Transportmittel“ mehrdeutig, da man auch einzelne Eisenbahnwaggons als Transportmittel bezeichnen kann. Es wird daher der Begriff „Transportmittel“ im Eisenbahnverkehr auf ganze Züge bezogen, es geht also um die maximale Kapazität eines Zuges im Personen- bzw. Güterverkehr.¹

6.2 Technische Aspekte der Kapazität von Eisenbahnzügen

Die Eisenbahn ist unter allen Verkehrsträgern jener Verkehrsträger, bei dem die wechselseitige Abhängigkeit von Infrastruktur und Transportmitteln am intensivsten ist. Ohne eine sehr enge Abstimmung aller Komponenten, angefangen von der Trassierung, den Gleisgeometrien bis hin zu Sicherungssystemen und Betriebsführung müssen enge Abstimmungen vorgenommen werden.² Der prinzipielle Vorteil, dass der Reibungskoeffizient im Rad-Schiene-System um ein Vielfaches geringer ist als zwischen (Gummi)-Rad und Straße, bringt der Eisenbahn zwar

¹Dabei sind nicht nur Ganzzüge (Blockzüge) gemeint, sondern auch im Hauptlauf verkehrende Wagengruppen- und Wagenladungsverkehre. Vgl. zu den Produktionssystemen im Schienengüterverkehr Berndt (2001), S. 18ff

²Vgl. Berndt (2001), S. 4ff.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

Land	maximal zulässige Dimensionen		
	Zuglänge in m	Zugmasse in t	Achslast in t
China (†)	850-1.050	3.500-6.000	20,5-25,0
Deutschland (†‡)	750	2.000-2.700	22,5
Frankreich	750	1.200	22,5
Italien	550	1.000-1.200	20-22,5
Österreich (‡)	650-700	2.000	22,5
Polen	650-750	2.000-3.200	20,0-22,5
Russland	850	3.000	23,5
Schweiz (‡)	750	2.000	22,5
Tschechien	600	2.600	22,5
Ukraine	800	2.000	21,0
Vereinigte Staaten (†)	2.200	6.000	35,0

Tabelle 6.1: Wesentliche Infrastrukturparameter ausgewählter Länder für maximale Zuglängen und Zugmassen auf Hauptstrecken († = Einzelne Strecken für höhere Zuglängen und -massen; ‡ = Vor allem auf Rampenstrecken sind die maximalen Zuggewichte deutlich geringer.)

(Quelle: Eigene Berechnungen sowie Daten des AGC der UNECE)

den Vorteil höherer Energie-Effizienz im Transport, hat aber den Nachteil, dass Fahren auf Sicht bei höheren Geschwindigkeiten (über ca. 40 km/h) unmöglich wird und daher aufwendige Systeme zur Sicherung und Betriebsführung notwendig sind.³

Die wesentlichen Infrastrukturparameter, die die Kapazität von Eisenbahnzügen bestimmen, sind die maximal zulässige Zuglänge, die maximal zulässige Zugmasse, die maximal zulässige Achslast sowie der Lichtraum. Für einige ausgewählte Länder zeigt diese Daten die Tabelle 6.1.

Die Angaben sind teilweise in Abhängigkeit der jeweiligen Strecke unterschiedlich, wobei auf den Hauptstrecken überwiegend die angegebenen Werte erreicht werden. Es fällt auf, dass vor allem die Eisenbahnnetze Frankreichs und Italiens nur mit größeren Einschränkungen genutzt werden können. Italien weist eine besonders geringe maximale Zuglänge auf und Frankreich erlaubt nur ein geringes maximales Zuggewicht. Österreich und die Schweiz weisen vor allem auf den alpenquerenden Strecken Einschränkungen auf. Auffällig sind die in China häufig großzügigeren Parameter im Vergleich zu den meisten anderen Ländern inklusive Russlands.⁴ Die USA weisen vor allem die Zuglängen und die Achslasten betreffend

³Vgl. Pacht (2004), S. 1ff.

⁴Die Angaben aus China sind mit gewisser Vorsicht zu interpretieren, in Näherung dürften diese Werte jedoch zutreffend sein.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

die höchsten Werte auf. Die maximale Länge der Bahnsteige für Personenzüge ist in Europa überwiegend 400 m, in Russland bei 470 m und in China bei ca. 600 m.

6.2.1 Die Achslasten und Zugmassen

Die Größen Achslasten, Zugmassen und Zuglängen stehen grundsätzlich miteinander in Verbindung. Abhängig vom zu transportierenden Gut und den dafür eingesetzten Wagen stellen jeweils andere Faktoren Begrenzungen dar. Bei Gütern mit hoher Ladungsdichte sind die Zugmasse und die Achslasten im Vordergrund, bei Gütern mit geringerer Dichte (z.B. im Containerverkehr) sind eher die Zuglängen limitierend.

Hinsichtlich der Zugmassen von besonderer Bedeutung ist die Anfahrzugmasse m_a , also jene Zugmasse, die bei gegebener Steigung vom Triebfahrzeug noch sicher angefahren werden kann:⁵

$$m_a = \frac{F - m_L g i}{g(i + r_a)} \quad (6.1)$$

Dabei stehen die Variablen F für die Anfahrzugkraft, m_L für die Masse der Lokomotive, i für die Steigung der Strecke, g die Erdbeschleunigung und r_a für den spezifischen Anfahrwiderstand.

Die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO)⁶ legt aktuell eine Längsneigung bei Hauptbahnen mit maximal 12,5 ‰ fest, wobei einige Streckenabschnitte in Deutschland und vor allem in Österreich und der Schweiz Neigungen von über 20 ‰ aufweisen. Bei einer Steigung von 12,5 ‰ ergibt sich für eine 90 t schwere Bo'Bo' Drehstrom-Lokomotive eine Anfahrzugkraft von 309 kN und daraus eine Anfahrzugmasse von 1.350 t.

Auf ebenen Strecken mit Steigungen von weniger als 12,5 ‰ kann daher mit einer einzigen modernen Drehstromlok ein großer Teil der Züge befördert werden. Bei stärkeren Steigungen muss auf Doppeltraktionen bzw. stärkere Lokomotiven (z.B. in Co'Co'-Achskonfiguration) zurückgegriffen werden. Bei geringeren Steigungen steigt die Anfahrzugmasse deutlich an, wie Abbildung 6.1 verdeutlicht.

Vor allem bei Güterzügen die über Steigungen zu befördern sind kommt in Europa das Problem hinzu, dass die im Normalspurnetz Europas eingesetzten Schraubenkupplungen ihre Zuhakengrenzlast bei rund 450 kN erreichen. Damit können Strecken mit stärkeren Steigungen nicht in Doppeltraktion befahren werden, sondern es müssen Zwischen- oder Nachschiebeloks

⁵Vgl. Pachl (2004), S. 30f.

⁶Wie auch im Kapitel über den Straßengüterverkehr wird vor allem auf die deutsche Rechtslage eingegangen, generell werden die rechtlichen Aspekte aber auf einer sehr allgemeingültigen Ebene behandelt.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

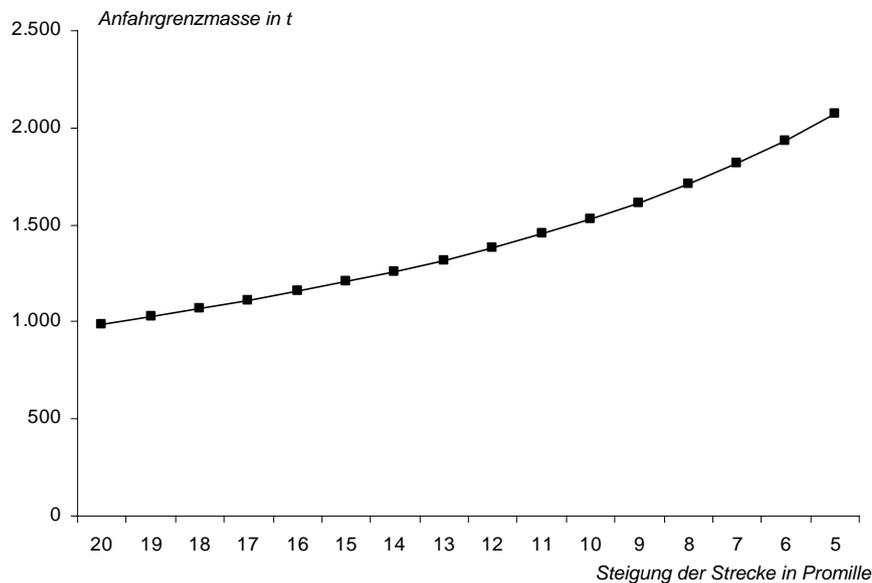


Abbildung 6.1: Die Anfahrzugmasse bei einer Anfahrzugkraft von 309 kN in Abhängigkeit der Steigung
(Quelle: Eigene Darstellung)

eingesetzt werden. In den USA, Russland und China erlauben die Mittelpufferkupplungen mit bis zu 1.500 kN wesentlich höhere Grenzlasten.

Einen weiteren wesentlichen limitierenden Faktor hinsichtlich der Zugmasse bilden die maximalen Achslasten. Die maximal zulässigen Achsmassen hängen vom Schienengewicht, der Schwellendichte und der Bettungsstärke ab. In Europa (außer Russland) herrscht bei den Hauptstrecken überwiegend Streckenklasse D4 mit einer Achslast von 22,5 t vor.⁷ Nebenbahnen haben teilweise deutlich geringere Achslasten von unter 20 t, auch die Zuglängen und die Zugmassen sind häufig signifikant geringer. Der Nachteil hoher Achslasten ist vor allem ein stark steigender Erhaltungsaufwand, da Schienenstöße und Weichen sich bei hohen Achslasten deutlich stärker abnutzen.⁸

6.2.2 Die maximale Zuglänge

Die physikalischen Vorteile lassen sich durch längere Züge besonders gut in wirtschaftliche Vorteile längerer Züge umwandeln, da die Grenzkosten des Anhängens eines zusätzlichen Waggons an einen Zug sehr gering sind. Die Kostendegression tritt aus mehreren Gründen

⁷Vgl. Berndt (2001), S. 54.

⁸Vgl. de Fontgalland (1980), S. 52.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

ein, da Personalkosten, Trassenkosten, Energiekosten, Kapitalbindungskosten der Lokomotive usw. gespart werden können.⁹

Die maximale Länge eines Zuges ist in Deutschland gesetzlich nicht direkt geregelt, die EBO normiert lediglich: „Ein Zug darf nicht länger sein, als es seine Bremsverhältnisse, Zug- und Stoßeinrichtungen und die Bahnanlagen zulassen. Reisezüge dürfen nur dann länger als die Bahnsteige sein, wenn die Sicherheit der Reisenden durch betriebliche Anweisungen gewährleistet ist.“¹⁰

Bei Personenzügen ist die maximale Bahnsteiglänge entscheidend, die in Europa (außer Russland) durchwegs bei maximal 400 m liegt. Eine Verlängerung der Bahnsteige erscheint kaum möglich, da Personenbahnhöfe üblicherweise in dicht verbauten Gebieten liegen und für eine Verlängerung der Bahnsteige die Bahnhofsschieneninfrastruktur völlig umgestaltet werden müsste. Zudem verlängern sich die Wege der Passagiere auf den Bahnsteigen, um zu ihren Wagen zu gelangen. Die Kapazität für einen Zug im Fernverkehr, der ausschließlich aus einstöckigen Personenzugwagen gebildet ist, liegt damit bei ca. 900-950 Sitzplätzen (1. und 2. Klasse). Im Nah- und Regionalverkehr verwendet man aufgrund der deutlich geringeren Bahnsteiglängen abseits der wichtigen Knotenbahnhöfe kaum Personenzüge mit Längen über 300 m. In Doppelstockkonfiguration können im Personenfernverkehr deutlich über 1.000 Personen mit angemessenem Komfort transportiert werden.

Im Güterverkehr werden die maximalen Zuglängen vor allem bei Gütern mit geringer Dichte oder bei Leerwagenzügen voll ausgeschöpft. Im (ISO)-Containerverkehr sind Züge mit einer Länge von 600-700 m üblich. Gerade in den USA werden deutlich längere Züge eingesetzt, die Längen bis über 2 km erreichen.

Eine technische Begrenzung der Zuglänge bildet die Wirkungsweise der Bremse. Bei sehr langen Zügen entsteht das Problem, dass das Anlegen und Lösen der Bremsen aufgrund der Zeitverzögerungen durch den langen Zug zu Spannungen innerhalb des Wagenverbandes führt. Diese Probleme können allerdings mit modernen technischen Einrichtungen vergleichsweise einfach gelöst werden.

6.2.3 Die Begrenzung des Lichtraumprofils der Eisenbahnfahrzeuge

Neben der Länge und den Massen der Züge ist vor allem das Lichtraumprofil von Bedeutung. Das Lichtraumprofil ist sowohl in internationalen UIC-Abkommen geregelt als auch in nationalstaatlichen Regelwerken verankert.

⁹Zur Vorteilhaftigkeit sowie zu den Möglichkeiten der Nutzung der maximalen Zuglänge vgl. UIC (2006),

¹⁰Vgl. §34 Abs 8 EBO.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

Der Regellichtraum gibt die zu jedem Gleis gehörenden Räume an und ist ein Parameter der Infrastruktur.¹¹ In diesen Bereich dürfen keine anderen Teile der Infrastruktur hineinragen, mit Ausnahme der Oberleitung. Der Fahrdrabt muss mindestens auf einer Höhe von 4.950 mm und maximal auf einer Höhe von 6.200 mm angebracht sein. Der Mindestabstand von der Oberleitung muss 150 mm betragen.¹² Die Regelfahrdrabhöhen bewegen sich zwischen 5.300 und 5.700 mm.

Für die Eisenbahnfahrzeuge ergeben sich die zulässigen Lichtraumprofile aus dem Regellichtraum unter Berücksichtigung der Bewegungen der Fahrzeuge am Gleis, den Toleranzen in der Gleislage sowie dem Mindestabstand zur Oberleitung.¹³ Die sich daraus ergebende Bezugslinie ist deutlich kleiner als der Regellichtraum und ist in § 22 EBO geregelt.

Innerhalb Europas sind unterschiedliche Regellichträume verbreitet, wobei in Großbritannien der Lichtraum kleiner ist als in Mitteleuropa, in den Ländern mit Breitspurverkehr ist der verfügbare Regellichtraum größer. Für Fahrzeuge, die nur innerhalb Deutschlands eingesetzt werden, gilt die Bezugslinie G2, für grenzüberstreichend am Normalspurnetz eingesetzte Fahrzeuge die Bezugslinie G1.¹⁴

Im Personenverkehr bietet der Regellichtraum gewisse Einschränkungen in der Nutzbarkeit der Wagen vor allem im oberen Stock, dennoch sind in vielen Ländern Doppelstockwagen im Einsatz, vor allem im Nah- und Regionalverkehr. Seltener werden Doppelstock-Personenverkehrswagen im Schlafwagenverkehr und im Fernverkehr eingesetzt.

6.3 Größenentwicklung der Eisenbahntransportmittel

6.3.1 Entwicklung im Personenverkehr

Die Größenentwicklung der Transportmittel im Eisenbahnverkehr ist von einem Zusammenspiel vieler Faktoren bestimmt, letztlich führen aber im Einklang mit dem eher volumensgetriebenen Größenwachstum vor allem Doppelstocksysteme im Personen- und im Güterverkehr zu den signifikantesten Veränderungen der Kapazität im Eisenbahnverkehr.

Generell gibt es im Personenverkehr eine relativ konstante Entwicklung der Transportmittelgrößen, wie Abbildung 6.2 zeigt. In Japan war bereits der erste gebaute Shinkansen-Zug (JR 0) aus dem Jahr 1964 in der Lage, 1.340 Passagiere zu transportieren. Die Kapazität hat

¹¹Vgl. §9 Abs 1 EBO.

¹²Vgl. §9 Abs 5 EBO mit Anlage 3.

¹³Vgl. Berndt (2001), S. 56.

¹⁴Vgl. §22 Abs 1 EBO.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

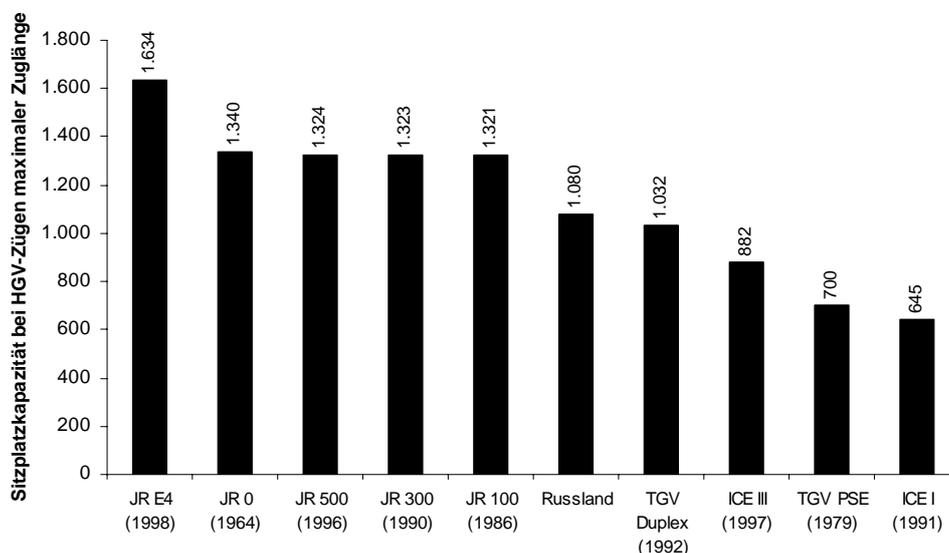


Abbildung 6.2: Die Kapazität von Personenfernverkehrszügen bei Ausnutzung der maximalen Zuglänge im internationalen Vergleich
(Quelle: Eigene Darstellung)

sich auch durch neu entwickelte Züge kaum verändert. Erst im Jahr 1998 wurden doppelstöckige Züge mit maximaler Zuglänge (in Japan ebenso 400 m für Personenzüge) eingeführt, womit sich die Kapazität auf über 1.600 Passagiere erhöhte. Dabei ist zu beachten, dass die japanischen Hochgeschwindigkeitszüge deutlich leichter gebaut sind als europäische Modelle, pro Sitzplatz weisen sie ungefähr die halbe Fahrzeugmasse auf. Hinzu kommt, dass in Japan wie auch in China teilweise 3+2 bzw. sogar 3+3 Bestuhlungen üblich sind. Im Unterschied zu Österreich und Deutschland können keine Stehplätze genutzt werden.

In Frankreich ist durch den Einsatz von Doppelstockzügen im Fernverkehr (TGV-Duplex) eine deutliche Kapazitätssteigerung gelungen. In Deutschland hat beim ICE vor allem der Verzicht auf eigene Triebköpfe, wie sie noch beim ICE I verwendet wurden, beim ICE III eine Steigerung der Kapazität gebracht. In Russland können derzeit bis zu 24 Personenverkehrswagen in einem Personenzug eingesetzt werden, obwohl die übliche Länge der Züge selten über 20 Wagen liegt. Damit können knapp über 1.000 Personen mit Sitzplatz befördert werden. Ähnlich ist die Situation in China, dort werden derzeit keine Doppelstockwagen im Fernverkehr eingesetzt.

6.3.2 Entwicklung im Güterverkehr

Historisch betrachtet war vor allem die Entwicklung der Elektrolok ein bedeutender Sprung in Richtung längerer und schwererer Züge. Schon die erste Generation an Elektroloks in den

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

1920er und 1930er Jahren erlaubte eine signifikante Erhöhung der Zugmassen vor allem auf Steilstrecken.¹⁵ Die zweite Generation Elektroloks ab den 1950er Jahren verbesserte die Situation weiter und seit der Indienststellung von modernen Drehstromlokomotiven ist es ohne Probleme möglich, bis zu 2.000 t schwere bzw. 700 m lange Züge auf Strecken mit geringen Steigungen von nur einer Lokomotive zu befördern.

Besonders große Sprünge in der Produktivität der Eisenbahnen hat China gemacht, das bezogen auf die Infrastruktur im Güterverkehr derzeit die bei weitem produktivste Eisenbahn der Welt hat.¹⁶ Die USA haben die zweithöchste Produktivität weltweit und haben vor allem seit Einführung der Doppelstock-Containerbeladung Anfang der 1980er Jahre starke Produktivitätsverbesserungen erzielt.¹⁷ Gleichzeitig wurden in den USA die höchstzulässigen Achslasten seit den 1950er Jahren kontinuierlich angehoben, sodass derzeit 35 t pro Achse auf den wichtigsten Routen erlaubt sind.¹⁸ Zur Einführung war die Entwicklung spezieller Taschenwagen sowie eine Adaption der Infrastruktur notwendig, wobei es sich dabei vor allem um die Durchfahrthöhen von Brücken und Tunnels handelte. Mittlerweile ist es auf vielen Strecken möglich, sogar zwei 9 ft 6" hohe Inlandscontainer übereinander zu transportieren.¹⁹ Da in den USA der Elektrifizierungsgrad der Strecken gering ist, stellte die Oberleitung kein Hindernis dar. Derzeit ist der Einsatz von Doppelstock-Containerzügen nur in den USA und Indien üblich, die aus den unterschiedlichen Beladungskonzepten resultierende TEU-Kapazität zeigt sich folgendermaßen:

- In den USA haben Doppelstock-Containerzüge im Transkontinentalverkehr eine Kapazität von 320 TEU.
- In Indien verkehren auf der Strecke Jaipur-Pipavav (ca. 950 km) Doppelstock-Containerzüge mit einer Kapazität von 180 TEU.
- In Europa haben Standard-Containerzüge am Normalspurnetz in einigen Ländern eine Kapazität von 80 TEU.

In China wird derzeit begonnen mit Hilfe von Weltbank-Krediten im Rahmen des „Dritten Nationalen Eisenbahnprojekts“ einige besonders wichtige Strecken für Doppelstock-Containerzüge zu ertüchtigen.²⁰ Im Gegensatz zu Indien und den USA werden in China Doppelstock-Containerverkehre unter Fahrdracht durchgeführt werden, woraus sich dann auch noch bessere Erkenntnisse für mögliche Doppelstock-Einsätze in Europa ableiten lassen. In Russland wird

¹⁵Bereits 1948 konnten zwei Elektrolokomotiven Züge mit 1.500 t über die Geislinger Steige ziehen, die eine Steigung von 22,5 % aufweist.

¹⁶Vgl. Hatano (2005), S.71. und Thompson (2007), S. 386ff.

¹⁷Vgl. McCullough (2007).

¹⁸Vgl. Blaze (2006).

¹⁹Vgl. Meng und Niemeier (2000), S. 227. Für die Maße der Container allgemein vgl. Abschnitt 7.2.2.

²⁰Vgl. Worldbank (2006).

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

ebenso an Doppelstock-Containerverkehre gedacht, da vor allem auf der Transsib die Containerverkehre zunehmen und durch die großen Transportweiten solche Verkehre attraktiv sind.²¹

Immer wieder gibt es in Europa Bestrebungen auch Güterzüge mit einer Länge von mehr als 750 m zuzulassen. Allerdings sind diese Bestrebungen aufgrund der aufwendigen Infrastrukturmaßnahmen (v.a. die Verlängerung von Bahnhofsgleisen) nur sehr eingeschränkt realistisch. In der Schweiz wird überlegt, bis zu 1.500 m lange Güterzüge für die Fahrt über die NEAT (Neue Alpentransversalen) zuzulassen. Damit soll insbesondere die Kapazität des Gotthard-Basistunnels gesteigert werden, da weniger Trassen verbraucht werden. Problemfelder von solchen langen Zügen liegen u.a. in der Bremstechnik, weshalb im Jahr 2003 einige Probefahrten auf dem Schweizer Schienennetz mit einem solchen langen Zug mit einer Masse von rund 4.000 t durchgeführt wurden.²²

Im Allgemeinen hat sich die Kapazität im Bereich der Transportmittel des Güterverkehrs der Eisenbahn vor allem in Europa seit den 1950er Jahren, als moderne Elektrolokomotiven zur Verfügung standen, kaum verändert. In den USA und China sowie z.T. in Russland hat sich die Kapazität hingegen vor allem durch ein Anheben der Achslasten sowie die Doppelstockbeladung von Containern signifikant gesteigert.

6.4 Entwicklungspotentiale der Transportmittelkapazität im Schienenverkehr

Die Entwicklungspotentiale im Schienenverkehr für die Transportkapazität sind vielschichtig und interdependent. Im Personenverkehr erscheint eine Kapazitätserhöhung vor allem durch den Einsatz von Doppelstockzügen noch in vielen Fällen möglich.²³ Sollte das Transportaufkommen so hoch sein, dass diese Doppelstockzüge nicht ausreichen, ist es in diesen seltenen Fällen eher von Vorteil, die Frequenz der Zugfahrten zu erhöhen, wodurch zugleich der Nutzen für die Fahrgäste deutlich erhöht wird. Dies geschieht vor allem im öffentlichen Nahverkehr bei U-Bahnen, wo zu Stoßzeiten die Taktzeiten dementsprechend verkürzt werden. Eine Erweiterung der Kapazitäten über Doppelstockverkehre hinaus ist daher nur in äußerst seltenen Fällen von Bedeutung.

Anders stellt sich die Situation im Güterverkehr dar, wo eine Frequenzerhöhung deutlich weniger Nutzen hat. Es zeigen sich folgende Möglichkeiten zur Erhöhung der Kapazität von

²¹Vgl. Liliopoulou u. a. (2005).

²²Das schweizerische Bundesamt für Verkehr hat diesen Versuch auch gefördert. Bundesamt für Verkehr (2004), S. 23f.

²³Ein Doppelstock-Personenwagen hat eine zwischen 40 und 45 % höhere Sitzplatzkapazität als ein einstöckiger Wagen.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

Güterzügen:²⁴

- Erhöhung der maximal zulässigen Zuglänge
- Erhöhung der maximal zulässigen Zuggewichte
- Erhöhung der maximal zulässigen Achslasten
- Erweiterung des Lichtraumprofils

Die maximal zulässigen Zuglängen wurden bisher in keinem Land generell angehoben, es erfolgten häufig diverse Anpassungen auf einzelnen Strecken. Die dazu notwendigen Adaptationen bei der Infrastruktur wären erheblich, Bahnhöfe (auch Rangierbahnhöfe) und Ausweichgleise müssten umgebaut werden, die Sicherungstechnik müsste angepasst werden. Möglich wäre der Einsatz längerer Güterzüge vor allem auf speziell dafür ausgebauten Güterverkehrsachsen (z.B. als Hafen-Hinterlandverkehre) mit einer Zugteilung, wenn wieder auf dem konventionellen Streckennetz gefahren wird. Im Eisenbahnverkehr besteht auch die Möglichkeit, gewisse Strecken nur als Güterverkehrsstrecken zu errichten und dort spezielle Infrastrukturparameter anzuwenden.²⁵

Eine Erhöhung der maximalen Zuggewichte steht eng in Verbindung mit den zulässigen Achslasten sowie den Steigungen, die auf Strecken vorherrschen. Vor allem die Erhöhung der zulässigen Achslasten wirkt sich bei stark grundstofflastigen Transportleistungen und ebenen Trassierungen positiv aus. Da der Anteil dieser Güter auch auf der Eisenbahn vor allem in Europa an Bedeutung verliert und der Trend deutlich zu Transportgütern mit größerem Volumen (v.a. Container- und Automobilindustrie-Transporte) geht²⁶, ist eine Erhöhung der Zuggewichte und Achslasten zwar grundsätzlich produktivitätserhöhend, diese findet allerdings in einem Marktsegment statt, in dem die Eisenbahn generell einen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Straßengüterverkehr hat und gleichzeitig dieses Marktsegment in Zukunft relativ geringere Bedeutung gegenüber den volumensorientierten Segmenten haben wird.

Dieser Trend kann auch an der Entwicklung der Containergrößen abgelesen werden. In den USA gewinnen 53 ft lange Container zunehmend an Bedeutung, in Europa 45 ft High-Cube-Container. Diese Container haben bei gleicher höchstzulässiger Masse deutlich vergrößertes Ladevolumen. Um diesem Trend begegnen zu können, bietet sich bei der Eisenbahn eine bessere Ausnutzung bzw. eine Erhöhung der zulässigen Lichtraumprofile an. Besonders im Fokus steht die Doppelstock-Containerbeladung auf Containerzügen. Gerade im Vor- und Nachlauf zu den Häfen im kombinierten Verkehr würde das annähernd eine Verdoppelung der Kapazität für die Eisenbahn bewirken.²⁷

²⁴In der Arbeit von Thompson (2007), S. 388f wird mehr auf die organisatorischen Potentiale hingewiesen.

²⁵Eine Trennung von Personen- und Güterverkehrsnetzen hat durchaus ökonomische Vorteile, vgl. Sánchez (2000).

²⁶Vgl. Aberle (2003), S. 91ff.

²⁷Vgl. Koch (2006b).

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

Für den Einsatz von Doppelstock-Containerbeladung in Europa nach amerikanischem Vorbild ergeben sich einige wesentliche Überlegungen.²⁸ Ähnlich wie in den USA müssten auch in Europa Taschenwagen eingesetzt werden. Diese haben den Nachteil, dass sie über den Drehgestellen nicht beladen werden können und daher die effektive Ladelänge dadurch sinkt. Weiters sind spezielle aufwändige Bremsvorrichtungen notwendig. Taschenwagen befinden sich allerdings seit langer Zeit europaweit im Einsatz.²⁹ Der geringste Abstand eines Containers über der Schienenoberkannte (SOK), für dessen Erreichung zudem auch ein deutlicher konstruktiver Aufwand notwendig wäre, beträgt 270 mm, die in den USA derzeit gängigen Wagen erreichen 306 mm Abstandshöhe.³⁰ Auch mit der sehr geringen Abstandshöhe von 270 mm zeigt sich, dass die Begrenzungslinie G2³¹ sehr deutlich überschritten wird. Auch die aktuelle Oberleitungshöhe³² stellt ein Problem dar. Abbildung 6.3 zeigt eine Darstellung einer Doppelstock-Containerbeladung mit der aktuellen Bezugslinie.³³

Bei der Beladung mit zwei konventionellen ISO-Containern (linke Darstellung) wird der obere Rand der Bezugslinie um rund 800 mm überschritten, die Breite stellt generell kein Problem dar. Für die Führung von Doppelstock-Containerzügen wäre eine umfassende Anpassung der Oberleitung notwendig, wobei die Arbeitshöhen der Stromabnehmer (6.200 mm) nicht angepasst werden müssten. Die Mindeshöhe des Fahrdrahtes müsste auf ca. 5.600 mm angehoben werden. Weiters notwendig wären Anpassungen bei Brücken und Tunnels sowie eventuell bei Signalanlagen. Diese Kosten betragen auf einer Referenzstrecke rund 310.000 EUR pro Streckenkilometer.³⁴ In Anbetracht dieser hohen Kosten wäre eine Ausrüstung einzelner sehr stark im Containerzugverkehr befahrenen Strecken von Interesse.

Der Schienenverkehr ist vor allem im Bereich des Containertransports stark von der Entwicklung der Containerschifffahrt abhängig. Am Beispiel Europa zeigt sich, dass bei einer zukünftig stärker dezentralen Belieferung der Häfen Europas (etwa durch die Nutzung der Südhäfen) die Bedeutung von Doppelstockcontainerzügen durch die geringeren Transportweiten eher abnimmt. Gleichzeitig wirkt dem entgegen, dass bei Suezmax-Containerschiffen nur sehr wenige Häfen angelaufen werden können und das zu einer Bündelung der Containerströme führt, womit leistungsfähige Hinterlandverbindungen unumgänglich werden. Ein mögliches Szenario wäre, dass in China einige große Häfen an der Küste entstehen und von dort aus mit sehr großen Containerschiffen in Offshore-Häfen in Europa (z.B. auf Kreta)³⁵ oder in

²⁸Vgl. für den Fall Chinas auch Meng und Niemeier (2000).

²⁹Ein Vorbild wäre der in Großbritannien eingesetzte Wagen vom Typ Sfgmmns, gebaut bei Talgo.

³⁰Vgl. Koch (2006a), S. 20.

³¹Vgl. §22 Abs 1 EBO mit Anlage 8.

³²Vgl. §9 Abs 5 EBO mit Anlage 3.

³³Auch geringfügig erweiterte Lichtraumprofile wie das immer weiter verbreitete Profil GC ändern die Problematik nicht wesentlich.

³⁴Vgl. Koch (2006b), S. 528.

³⁵Zu Offshore-Containerterminals vgl. Reise (2005).

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

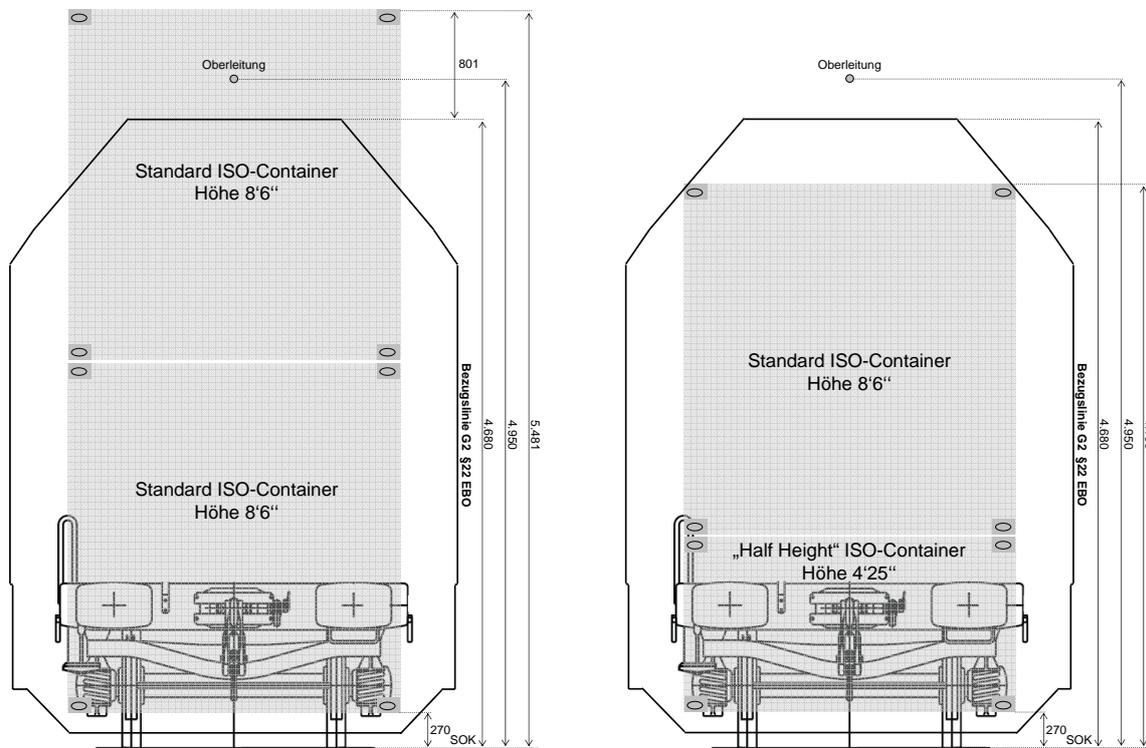


Abbildung 6.3: Doppelstock-Containerbeladung im Vergleich mit der derzeit gültigen Bezugslinie (Längenmaße in mm)
(Quelle: Eigene Darstellung)

andere Europa vorgeladerte Häfen (z.B. in Dubai) gefahren wird. Von dort aus kann dann eine weitere Verteilung auf die vielen kleinen Häfen Europas mit Feeder-Schiffen stattfinden.³⁶ Mehrhubsysteme scheinen auch mit dem Beispiel des Luftverkehrs weniger von Bedeutung. Dieser These nach wäre Doppelstockcontainerverkehr in China von höchster Bedeutung, in Europa nur von untergeordneter Bedeutung.

Eine andere Lösung findet sich in Australien, dort werden auf konventionelle ISO-Container spezielle flache Container aufgeladen. Diese Möglichkeit ist in Abbildung 6.3 rechts dargestellt, indem neben konventionellen 8 ft 6" hohen Containern noch ein halbhoher („Half Height“)-Container zusätzlich transportiert wird. Diese Container finden vor allem bei Gütern mit hoher Ladungsdichte Einsatz, haben jedoch nur einen geringen Verbreitungsgrad. Diese Kombination würde die Bezugslinie knapp einhalten. Die praktische Relevanz dieser Art der Doppelstockbeladung ist deutlich reduziert, da die halbhohen Container nur auf wenigen Relationen zusammen mit konventionellen Containern eingesetzt werden. Es dürfte daher vor allem dann von Bedeutung sein solche Züge zu bilden, wenn konkrete Warenströme dieser

³⁶Auch Sea-Air Verkehre sind denkbar.

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

Art vorliegen.

Hinsichtlich der Zuladungsmasse bei Doppelstockcontainerbeladung sind Beschränkungen zu beachten. Bei voller Nutzlast können maximal zwei 20 ft und ein 40 ft Container pro Tragwagen geführt werden, vier 20 ft Container würden die maximalen Achslasten überschreiten.

6.5 Conclusio zum Bereich des Eisenbahnverkehrs

Im Bereich der Eisenbahn zeigen sich, wie schon in den anderen Verkehrsträgern zuvor, einige Besonderheiten hinsichtlich des Größenwachstums der Transportmittel. Die Kapazität der Eisenbahn ist in den letzten 50-60 Jahren, abgesehen von der Einführung von Doppelstock-Containerbeladung, nur langsam gestiegen. Gerade im Eisenbahngüterverkehr hat Europa die Entwicklung der USA zu einem stark güterverkehrslastigen Netz nicht nachvollzogen, Europa setzt weiterhin stark auf Mischverkehre.³⁷ Ein großer Teil von Produktivitätssteigerungen in den vergangen 10-20 Jahren kam durch eine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeiten, vor allem im Personenverkehr. In den letzten 20 Jahren ist im Güterverkehr vor allem ein Trend zu volumensorientierten Transporten zu beobachten. Folgende Schlussfolgerungen ergeben sich daher aus dem Bereich der Eisenbahn.

- Liegen Engpässe in der streckenbezogenen Infrastruktur vor, eignet sich vor allem die Adaption bestimmter Strecken für größere Transportmittel. In Kombination dazu müssen die Transportmittel so gestaltet sein, dass ein einfaches Wechseln auf konventionelle Infrastruktur möglich ist. Damit können teure Infrastrukturadaptionen auf den Strecken durchgeführt werden, wo der Nutzen am größten ist. Ein Beispiel wäre die Führung von zwei aneinandergekuppelten Güterzügen (mit Zwischenlok) auf bestimmten Strecken mit einer Trennung bei der Nutzung einer konventionellen Strecke.
- Im Eisenbahnpersonen- und Güterverkehr lagen bisher wenig Engpässe hinsichtlich der Kapazitäten der Transportmittel vor. Mit der Liberalisierung im Güterverkehr sowie der Attraktivierung des Personenverkehrs durch Hochgeschwindigkeitsverkehre vor allem in Deutschland, Frankreich und Spanien hat ein durchaus bemerkenswertes Wachstum im Eisenbahnverkehr stattgefunden. In Zukunft ist daher mit verstärkter Bedeutung von Doppelstock-Fahrzeugen vor allem im Personenverkehr zu rechnen. Im Güterverkehr ist eine Doppelstockbeladung schwieriger durchsetzbar, da eine große Infrastrukturanpassungsnotwendigkeit besteht.
- Das Größenwachstum im Schienengüterverkehr ist in Europa eher volumensgetrieben als gewichtsgetrieben. Dementsprechend ist eine Ausnutzung der maximalen Volumen interessanter als eine der maximalen Massen.

³⁷Zu den Vor- und Nachteilen dieser Vorgehensweise vgl. COMPETE (2006).

KAPITEL 6. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM EISENBAHNVERKEHR

- Die Nutzung von Economies of Scale in einem Verkehrsträger (z.B. Containerschiffahrt) kann in der Transportkette auch zu verstärkter Nutzung von Economies of Scale bei anderen Verkehrsträgern führen (z.B. Eisenbahn-Containerverkehre).

Die Beobachtung der Entwicklung des Doppelstock-Containerverkehrs in China ist von vorrangigem Interesse, da in diesem Bereich die größten Reserven für Größenwachstum von Transportmitteln aller Verkehrsträger zu orten sind. Die ersten breiten Einsätze solcher Züge sind in China ab dem Jahr 2010 zu erwarten. Zeichnet sich in China ein ähnlicher Erfolg wie in den USA ab, dann könnte eine entsprechende Debatte auf EU-Ebene aber auch in Deutschland und Österreich in Bewegung kommen.

7 Kapazitätswachstum bei Transportmitteln im Straßenverkehr

7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt der Arbeit beschäftigt sich mit dem Verkehrsträger Straße, wobei vor allem auf den Straßengüterverkehr eingegangen wird und der motorisierte Individualverkehr bzw. der Verkehr mit Omnibussen nur exkursartig behandelt wird.

Die Betrachtung des Güterkraftverkehrs im Lichte von Veränderungen der zulässigen Dimensionen erfolgt sehr differenziert und versucht möglichst viele Aspekte zu beleuchten, wobei die ökonomische Bewertung der Wirkungen im Vordergrund steht. Ähnlich umfassende Untersuchungen zu dieser Thematik gab es in den USA, Großbritannien, Deutschland, Neuseeland und den Niederlanden.¹

7.2 Transportmittel im Straßengüterverkehr — Güterkraftfahrzeuge

7.2.1 Systematisierung von Güterkraftfahrzeugen

Die Anzahl der unterschiedlichen Variationen der im Straßengüterverkehr eingesetzten Fahrzeugarten ist beträchtlich. Fahrzeuge werden in vielen Fällen nach ganz unterschiedlichen Anforderungen ihres Einsatzzwecks angefertigt und unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich des Chassis, der Motorleistung, ihres Alters und letztendlich auch in den Abmessungen sowie dem Fahrzeuggewicht.²

¹Vgl. US Department of Transportation (2000) und Transportation Research Board (2002) mit der Replik von McCullough (2003) für die USA, Sleath und Pearson (2000) und Allan Kennaird Consulting (2001) für Neuseeland, McKinnon (2005) für Großbritannien und Hagen u. a. (2006) für die Niederlande. Etwas weniger mit ökonomischen Fokus ist Glaeser u. a. (2006) für Deutschland.

²Im folgenden wird „Abmessungen“ für die räumlichen Dimensionen des Fahrzeuges verwendet, Gewicht synonym für Masse, „Größe“ bezieht sich auf Abmessungen und Gewicht.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR



Abbildung 7.1: Systematisierung von Straßengüterverkehrsfahrzeugen nach deren Größe
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Terminologie zur Bezeichnung der im Straßengüterverkehr eingesetzten Fahrzeuge zeigt sich nicht immer einheitlich. Güterverkehr kann im Verbund mit Personenverkehr, mit motorisierten Fahrzeugen oder mit nicht motorisierten Fahrzeugen vor sich gehen. Nicht motorisierter Güterverkehr ist selten, kommt jedoch bei Briefträgern, Zeitungszustellern usw. durchaus vor.

Diese Arbeit konzentriert sich auf *Güterkraftfahrzeuge* bzw. Lastkraftwagen (Lkw), diese Begriffe werden synonym verwendet und bezeichnen alle Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit dem Hauptzweck des Straßengütertransports die durch technisch freigemachte Energie angetrieben werden.³ Darunter fallen demnach insbesondere Anhängerzüge (bestehend aus Kraftwagen und Anhänger) ebenso wie Sattelkraftfahrzeuge (bestehend aus Sattelzugfahrzeug und Sattelaufzieger).⁴

Die Abbildung 7.1 zeigt eine gebräuchliche Systematisierung nach drei Fahrzeuggrößen. Die Trennung zwischen leichten, mittelschweren und schweren Fahrzeugen ist in der Regel durch eine Reihe von gesetzlichen Bestimmungen gegeben.

Leichte Güterkraftfahrzeuge dürfen mit einer Fahrerlaubnis⁵ für gewöhnliche Personenkraftwagen (Pkw) gelenkt werden und sind mit einer zulässigen Gesamtmasse (zGM) von

³Eine etwas andere Terminologie wird in Kummer u. a. (2003) verwendet, da dort der Analysegegenstand ein anderer ist.

⁴Davon abweichend ist die Terminologie des österreichischen Kraftfahrgesetzes (§ 2 Abs. 1 Z8), in der Sattelkraftfahrzeuge nicht als Lastkraftwagen bezeichnet werden und daher kein Überbegriff für Güterkraftfahrzeuge existiert.

⁵In Österreich spricht man von einer Lenkberechtigung, einheitlich für die EU werden diese Fahrzeuge der Klasse „B“ zugeordnet. Vgl. dazu in Deutschland das Straßenverkehrsgesetz sowie die Verordnung zur

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

3,5 t⁶ begrenzt. Die Fahrzeuge dienen vielen unterschiedlichen Zwecken, hervorzuheben sind Verteilverkehre (u.a. für Kurier-, Express- und Paketgut), der Werksverkehr von handwerklichen Betrieben sowie privater Gütertransport.

Mittelschwere Güterkraftfahrzeuge liegen in einem Gewichtsbereich von 3,5 und 12 t. Das Lenken dieser Fahrzeuge bedarf in der Regel in der EU einer Fahrerlaubnis der Klasse „C“ oder „C1“ (Begrenzung bis 7,5 t zGM).⁷ In den USA sind die Fahrerlaubnisse (drivers licence) der Basisklasse „C“ bzw. „D“ in der Regel gültig für Fahrzeuge bis zu einem Gewicht von 11,79 t (26.000 lb).⁸ Eingesetzt werden die Fahrzeuge unter anderem im Verteilverkehr von Stückgut⁹, im Baustellen- und Versorgungsverkehr sowie im Werksverkehr. In Deutschland gibt es durch die Einführung der fahrleistungsabhängigen Lkw-Maut für Fahrzeuge über 12 t starke Zuwachsraten bei dieser Fahrzeugklasse.

Schwere Güterkraftfahrzeuge haben eine zGM von mehr als 12 t. Es wird in der EU eine eigene Fahrerlaubnis der Klasse „C“ benötigt, bei Führen eines Anhängers zusätzlich noch die Klasse „E“. In den USA sind die Klassen „A“ bzw. „B“ Voraussetzung. Die zGM für Güterkraftfahrzeuge bewegt sich in Europa in den unterschiedlichen Ländern zwischen 36 und 60 t. Australien erlaubt die höchsten Gewichte für Güterkraftfahrzeuge, nämlich bis zu 125 t (vgl. im Detail 7.2.3). Die Einsatzzwecke von schweren Güterkraftfahrzeugen sind ebenso vielfältig, besondere Bedeutung haben der Langstreckentransport, der Transport schwerer und voluminöser Güter sowie der Hauptlauftransport von gebündelten Warenströmen.

In weiterer Folge dieser Arbeit wird vor allem auf die schweren Güterkraftfahrzeuge eingegangen.

Zulassung von Personen zum Straßenverkehr. In Österreich finden sich die dementsprechenden Regelungen im Führerscheingesetz. In der EU vereinheitlicht sind die Fahrerlaubnisse in der RL 80/1263 EWG, RL 91/493 EWG sowie der dritten Führerscheinrichtlinie, beschlossen vom EU-Verkehrsministerrat am 27. 3. 2006. In den USA ist die Basisklasse „C“ bzw. „D“.

⁶In den USA ist die Regelung des Straßenverkehrs Angelegenheit der Bundesstaaten, weshalb die Regelungen in den einzelnen Staaten in gewissen Punkten differieren. Die Regelungen sind im Allgemeinen jedoch ähnlich zu den europäischen Regelungen.

⁷Nach altem deutschen Recht wurden bis 1998 Führerscheine ausgestellt, die auch in der Basisklasse ein Lenken von Fahrzeugen bis zu einem zGM von 7,5 t vorsahen. Diese Führerscheine behalten ihre Gültigkeit.

⁸Vgl. Texas Department of Public Safety, Nevada Department of Motor Vehicles, NYC Department of Motor Vehicles.

⁹Zur Abgrenzung zwischen Stückgut und KEP siehe ausführlich Nagl und Potzmann (2006).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

	20 ft Container		40 ft Container	
	<i>imperial</i>	<i>metrisch</i>	<i>imperial</i>	<i>metrisch</i>
Länge	20 ft	6,058 m	40 ft	12,192 m
Breite	8 ft	2,438 m	8 ft	2,438 m
Höhe	8 ft 6"	2,591 m	8 ft 6"	2,591 m
Volumen	1.169 <i>ft</i> ³	33,1 <i>m</i> ³	2.385 <i>ft</i> ³	64,5 <i>m</i> ³
Bruttomasse	52.910 lb	24.000 kg	67.200 lb	30.480 kg
Tara	5.140 lb	2.330 kg	8.820 lb	4.000 kg
Zuladung	47.770 lb	21.670 kg	58.380 lb	26.480 kg
Nutzlast/Volumen	40,9 lb/ <i>ft</i> ³	655 kg/ <i>m</i> ³	24,5 lb/ <i>ft</i> ³	392 kg/ <i>m</i> ³
	45 ft Container		53 ft Container	
	<i>imperial</i>	<i>metrisch</i>	<i>imperial</i>	<i>metrisch</i>
Länge	45 ft	13,716 m	53 ft	16,154 m
Breite	8 ft	2,438 m	8 ft 6"	2,591 m
Höhe	8 ft 6"	2,591 m	9 ft 6,5"	2,908 m
Volumen	3.038 <i>m</i> ³	86,0 <i>m</i> ³	3.857 <i>ft</i> ³	109,2 <i>m</i> ³
Bruttomasse	67.200 lb	30.480 kg	67.200 lb	30.480 kg
Tara	10.850 lb	4.921 kg	11.110 lb	5.039 kg
Zuladung	56.350 lb	25.560 kg	56.090 lb	25.442 kg
Nutzlast/Volumen	18,5 kg/ <i>m</i> ³	293 kg/ <i>m</i> ³	14,5 lb/ <i>ft</i> ³	232 kg/ <i>m</i> ³

Tabelle 7.1: Abmessungen von häufig eingesetzten ISO-Containern

(Quelle: Eigene Darstellung)

7.2.2 Genormte Transporteinheiten und Ladungsträger als determinierender Faktor für die Dimensionen von Güterkraftfahrzeugen

Von herausragender Bedeutung bei der Diskussion um die Dimensionen von Güterkraftfahrzeugen sind Transporteinheiten (z.B. Container, Wechselaufbauten) sowie Ladungsträger (z.B. Paletten, Gitterboxen).¹⁰ Da diese besonders häufig das Ladegut charakterisieren, trägt die Koordination der Dimension von Transporteinheiten und Ladungsträgern in besonderem Maß zur Fahrzeugauslastung bei.

In Tabelle 7.1 sind die Abmessungen von gängigen Containern dargestellt. Nicht in der Tabelle dargestellt, aber doch auch häufig im Einsatz sind 48 ft Container, diese allerdings wie auch die 53 ft Container nur im Binnenverkehr der USA, Kanadas und z.T. Australiens.

¹⁰Vgl. für die Terminologie Kummer (2006).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Im internationalen Warenverkehr dominieren 20 und 40 ft Container, teilweise auch 45 ft Container, die einen wachsenden aber noch immer kleinen Anteil haben.¹¹ Hinsichtlich der Höhe existieren auch Container mit 9 ft 6" und 10 ft 6", sogenannte „High-Cubes“, die 53 ft Container der USA weisen generell eine Höhe von 9 ft 6" auf.

Bei den Wechselaufbauten sind im Wesentlichen nur die Längen der Aufbauten von Bedeutung. Gängig sind Wechselaufbauten mit einer Länge von 7,15 m, 7,45 m und 7,82 m, wobei insbesondere die Wechselaufbauten mit 7,45 m Länge eine große Rolle spielen und die 7,82 m langen Wechselbrücken eher für Volumen Transporte geeignet sind.¹² Für größere Wechselaufbauten sind Maße von 12,50 m bzw. 13,60 m gebräuchlich.¹³ Die Wechselaufbauten haben ihren Ursprung im kombinierten Verkehr Straße-Bahn, während die Container ihren Ursprung im kombinierten Verkehr mit Schiffen haben.

Wechselaufbauten sind in der Regel nicht stapelbar, weshalb diese für den Transport auf Schiffen ungeeignet sind, lediglich Transport auf Fähren wird durchgeführt.

7.2.3 Derzeitige Limits für Abmessungen und Gewichte von Güterkraftfahrzeugen

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die derzeitigen Standards der wesentlichen Limits von Abmessungen und Gewichten für Kraftfahrzeuge. Die Standards verkörpern im Wesentlichen die Regeln für das reibungslose Zusammenspiel zwischen der Straßeninfrastruktur und den darauf verkehrenden Transportmitteln. Die Richtlinien zur Erstellung von Straßeninfrastruktur¹⁴ sind auf den Einsatz von bestimmten Fahrzeugkonfigurationen abgestimmt. Das Zusammenspiel zwischen Infrastruktur und Transportmitteln soll einen möglichst reibungslosen, sicheren, infrastrukturechonenden und umweltfreundlichen Betrieb gewährleisten.

Wesentliche Bestimmungsgrößen für dieses Zusammenspiel sind:

- Abmessungen
 - Fahrzeuglänge
 - Fahrzeugbreite
 - Fahrzeughöhe
- Gewichte

¹¹Vgl. United Nations Commission for Europe (2006).

¹²Die DIN 70013/14 sowie die BDF-Norm bilden die Basis für die Entstehung genormter Wechselbehälter. Aktuell gilt vor allem die europäische Norm EN284.

¹³EN 452

¹⁴In Österreich erarbeitet diese Richtlinien die Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr und publiziert sie als „Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen“(RVS).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

- Höchst zulässige Achslasten
- Höchst zulässiges Gesamtgewicht

Neben den Abmessungen und den Fahrzeuggewichten sind auch noch weitere Spezifikationen von Fahrzeugen von Bedeutung, wie beispielsweise die Fahrleistungen (z.B. Beschleunigungsvermögen, Bremsvermögen), die Fähigkeit lange Steigungen zu befahren oder die Höhe der Scheinwerfer um entgegenkommende Fahrzeuge nicht zu blenden.

Die derzeitigen Regelungen für einige ausgewählte Länder in Europa zeigt Tabelle 7.2.¹⁵ In der Tabelle nicht angegeben wurden die Höhe und die Breite der Fahrzeuge, diese liegt fast durchgehend bei 4 m für die Höhe und 2,55 m für die Breite bzw. 2,60 m für Kühlfahrzeuge.

Deutlich wird die starke Ähnlichkeit der Limits innerhalb Europas. Der Grund dafür liegt in den frühen Bemühungen zur Vereinheitlichung dieser Regelungen. Aus historischer Sicht stellte sich die Entwicklung der Lkw-Dimensionen schon früh als ein klassischer Einflussbereich supranationaler Einrichtungen wie der EU oder der UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) heraus. Getrieben war die Erweiterung der Lkw-Dimensionen häufig von den Erfordernissen des Kombinierten Verkehrs. So wurde bereits in der RL 85/3/EWG ein höchstzulässiges Gesamtgewicht von Sattelzügen im Kombinierten Verkehr von 44 t (regulär 40 t) vorgesehen. Die Fahrzeuglängen betragen für Sattelzüge 15,5 m und für Gliederzüge 18,0 m. Mit RL 89/461/EWG wurde die maximale Länge von Sattelzügen um einen Meter auf 16,5 m erhöht. In einem weiteren Schritt wurde mit der RL 91/60/EWG die Länge der Gliederzüge auf maximal 18,35 m begrenzt. Treiber für diese Verlängerungen waren nicht nur die Vergrößerung des Laderaumes sondern auch Argumente zur Verbesserung des Komforts der Fahrerkabinen.

Das für die Lkw-Abmessungen auf EU-Ebene derzeit bedeutendste und aktuellste Regelwerk ist die RL 96/53/EG, die die Lkw-Dimensionen in der EU wesentlich novellierte und konsolidierte. Unter anderem wurde die maximale Länge von Gliederzügen auf 18,75 m angehoben.

Auch im internationalen Vergleich lässt sich durchaus eine gewisse Homogenität der Lkw-Dimensionen erkennen (vgl. Tabelle 7.3). Gründe dafür liegen vor allem in der stark internationalisierten Fahrzeugindustrie sowie den weltweit häufig genormten Ladungen bzw. Verpackungen. Trotzdem existieren durchaus beträchtliche Unterschiede zwischen den Ländern. Auf Basis dieser Tabelle wird auch im folgenden Abschnitt ein Standardgüterkraftfahrzeug entsprechend definiert.¹⁶

¹⁵Einige der von der ECMT angegebenen Werte entsprechen nicht exakt den Realitäten, es wurden daher, soweit möglich, einige Korrekturen vorgenommen. Insgesamt bietet die Tabelle jedoch eine gute Übersicht.

¹⁶Nagl (2007a) untersucht die Dimensionen von Güterkraftfahrzeugen aus einer internationalen Perspektive.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Land	Maximale Längen		Maximale Fahrzeugmassen				
	Gliederzug	Sattelzug	pro Achse	pro angetr. Achse	Gliederzug vier Achsen	Gliederzug fünf und mehr Achsen	Sattelzug fünf und mehr Achsen
Dänemark	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	38 t	42/48 t	42/48 t
Deutschland	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t	40 t	40 t (*)
Finnland (†)	25,25 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t	44 t	42/48 t
Frankreich	18,75 m	16,50 m	13 t	13 t	38 t	40 t	40 t
Großbritannien	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t	40 t	40/44 t
Niederlande	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	40 t	50 t	50 t
Norwegen	19,50 m	17,50 m	10 t	11,5 t	39 t	46 t	44 t
Österreich	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	40 t (*)	40 t (*)	40 t (*)
Polen	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t	40 t	40 t
Russland	20 m	20 m	10 t	-	36 t	38 t	38 t
Spanien	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t (*)	40 t (*)	40 t (*)
Schweden	24 m	25,25 m	10 t	11,5 t	60 t	60 t	60 t
Tschechien	18,75 m	16,50 m	10 t	11,5 t	36 t	44 t (‡)	42/48 t

Tabelle 7.2: Zulässige Lkw-Dimensionen in Europa, * = bis 44 t im Vor- und Nachlauf zum KV; †= für Fahrzeuge, die in einem EU-Land registriert sind; ‡= mit Luftfederung (Quelle: ECMT, eigene Darstellung)

In einigen Ländern, vor allem in den USA und in Kanada, differieren die Abmessungen beträchtlich innerhalb des Landes, da die Bundesgesetzgebung nur gewisse (Mindest-) Rahmenbedingungen vorgibt, die Ausgestaltung von Details aber den einzelnen Bundesstaaten überlässt. Vor allem die Bundesstaaten mit dünner Besiedelung erlauben Fahrzeugkombinationen mit erweiterten Dimensionen. Bemerkenswert im internationalen Vergleich ist die höchstzulässige Achslast, die in kaum einem Land über 10 t liegt. Gerade jene Länder, die erweiterte Fahrzeugkombinationen einsetzen, wie Australien, Kanada und die USA, liegt die höchstzulässige Achslast deutlich unter 10 t.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Land	Maximale Abmessungen			Maximale Fahrzeugmassen	
	Länge	Breite	Höhe	pro nicht angetriebener Achse (*)	Sattelzug fünf und mehr Achsen
Australien (†)	19,0 (53,5) m	2,5 m	4,3 m	9,0 t	45,5 (125,2) t
Brasilien (†)	22,4 (30,0) m	2,6 m	4,4 m	10,0 t	45,0 (74,0) t
China	18,0 m	2,5 m	4,2 m	10,0 t	40,0 t
Deutschland (‡)	18,75 m	2,55 m	4,0 m	10,0 t	40,0 t
Großbritannien	18,75 m	2,55 m	4,0 m	10,0 t	44,0 t
Indien	18,0 m	2,7 m	4,2 m	10,2 t	44,0 t
Japan	18,0 m	2,5 m	3,8 m	10,0 t	36 t
Kanada	25,0 (38,1) m	2,6 m	4,12 m	9,1 t	62,5 t
Russland	20,0 m	2,55 m	4,0 m	10,0 t	44,0 t
Schweden	18,75 (25,25) m	2,55 m	4,0 m	10,0 t	44,0 (60,0) t
Thailand	10,0 m	2,5 m	4,0 m	10,0 t	37,4 t
USA (§)	19,8 (35,2) m	2,6 m	4,1 m	9,1 t	36,3 (59,45) t

Tabelle 7.3: Zulässige Güterkraftfahrzeug-Dimensionen weltweit (* = in vielen Ländern ist die maximale Masse pro angetriebener Achse um ein bis zwei t höher; †= erweiterte Dimensionen nur auf bestimmten Routen; ‡= Ausnahmen für kombinierten Verkehr und Kühlverkehr; §= in den USA variieren die Regelungen nach Bundesstaat, in der Tabelle finden sich die Mindestsätze nach Bundesrecht bzw. in den Klammern die höchsten Werte unter den Bundesstaaten.)

(*Quellen:* Asien: (United Nations Economic Commission for Asia and the Pacific, 2002, 7f); Australien: National Transport Commission (National vehicle dimensions); Brasilien: „Resolução No 68, DE 23“; Großbritannien: „The Road Vehicles (Construction and Use) Regulations 1896“ und „The Road Vehicles (Authorised Weight) Regulations 1998“; Kanada: Schulmann (2003); USA: „Code of Federal Regulations Title 23 Part 658 (Revised as of 2005-04-01)“)

7.3 Longer Combination Vehicles als Untergruppe der schweren Straßengüterkraftfahrzeuge

7.3.1 Einleitung

Die Terminologie betreffend Straßengüterkraftfahrzeuge im Allgemeinen und Longer Combination Vehicles (LCV) im Speziellen ist uneinheitlich, weshalb im Rahmen dieser Arbeit in diesem Abschnitt definitorisch vorgegangen wird. LCV zählen zur Gruppe der schweren

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

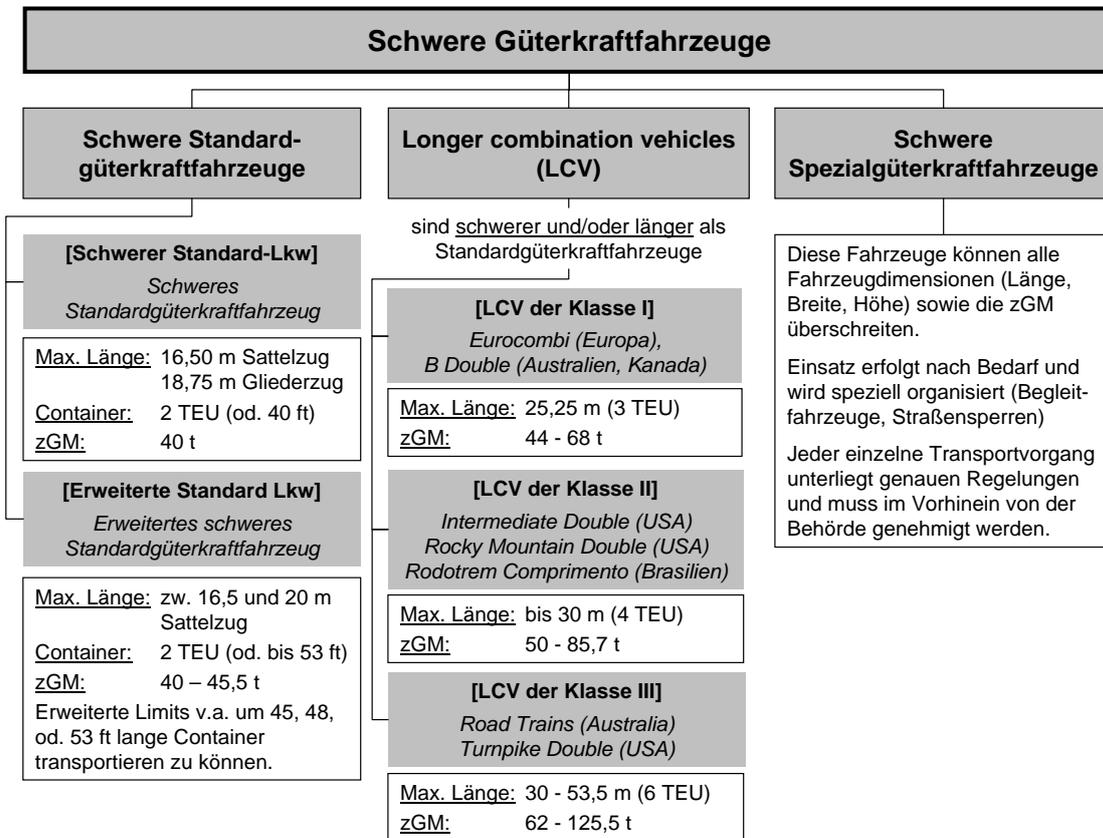


Abbildung 7.2: Systematisierung von Longer Combination Vehicles
(Quelle: Eigene Darstellung)

Güterkraftfahrzeuge (Vgl. Abschnitt 7.2.1). Die schweren Straßengüterkraftfahrzeuge lassen sich in drei Gruppen untergliedern, in schwere Standardgüterkraftfahrzeuge, in Longer Combination Vehicles sowie in schwere Spezialgüterkraftfahrzeuge (Vgl. Tabelle 7.2).

Die Spezialgüterkraftfahrzeuge unterscheiden sich von den anderen beiden Typen dadurch, dass sie bei jeder einzelnen Fahrt spezielle Genehmigungen aufweisen müssen und nicht freizügig eingesetzt werden können. Sie sind daher nicht für den regulären Betrieb im Güterverkehr einsetzbar. Spezialgüterkraftfahrzeuge werden daher in der Arbeit nicht weiter behandelt.

Die einzelnen Klassen an schweren Straßengüterkraftfahrzeugen werden in den folgenden Abschnitten definiert und untersucht.

7.3.2 Schwere Standardgüterkraftfahrzeuge

Unter dieser Gruppe fallen die aktuell in den meisten europäischen und auch weltweit eingesetzten schweren Standardgüterkraftfahrzeuge.¹⁷ Die gängigen Dimensionen sind

- eine Länge von 16,50 m bei Sattelstützen bzw. 18,75 m bei Gliederzügen,
- eine Breite von 2,5-2,6 m,
- eine Höhe von 4 m,
- ein maximal zulässiges Höchstgewicht von 40 t,
- eine Achslast von 9,0-10,0 t für nicht angetriebene Achsen,
- eine Ladeflächenlänge von 13,6 m bei Sattelzügen und von max. 15,65 m bei Gliederzügen (2 x 7,825 m).

In den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen haben im europäischen Fernverkehr vor allem Sattelzüge, wohingegen Gliederzüge an Bedeutung verloren haben. Diese zeichnen sich durch Vorteile in der Fahrstabilität sowie in der Manövrierfähigkeit und in der einfacheren Beladung aus. Diese kann im Falle des Sattelschleppers ohne Abkuppeln des Zugfahrzeuges erfolgen.

Die Dimensionen von Lastkraftwagen sind, wie im vorangegangenen Abschnitt ausgeführt, seit Mitte der 1990er Jahre in dieser Form gültig und auch davor waren keine fundamental anderen Grenzwerte in Kraft.

Hinsichtlich der Eignung von wechselbaren Transporteinheiten (Containern, Wechselaufbauten) besteht die Möglichkeit des Transports eines 20 ft Containers mit einer Bruttomasse von 24 t (zwei voll beladene Container können nicht transportiert werden) sowie von Wechselaufbauten mit bis zu je 7,825 m Länge, diese allerdings nur mit spezieller Zentralachs-Konfiguration.

Die Abbildung 7.3 zeigt die wesentlichen Dimensionen und die Ladekapazitäten von schweren Standardgüterkraftfahrzeugen. Sowohl Sattel- als auch Gliederzüge können ISO-Container von 20 und 30 ft Länge aufnehmen, diese können jedoch nur mit sehr beschränktem Gewicht transportiert werden. Vor allem Sattelzugvarianten weisen ein vergleichsweise hohes Verhältnis zwischen Nutzlast und Volumen auf.

Eine bedeutende Nischengruppe bei den schweren Standardgüterkraftfahrzeugen sind Fahrzeugkonfigurationen mit erhöhtem Ladevolumen, sogenannte „Jumbos“. Diese Fahrzeuge weisen eine erhöhte Ladehöhe auf und dienen häufig zum Transport von stapelbarer Ware mit

¹⁷Vgl. für Österreich §4 KFG idF. BGBl.Nr. 267/1967 und für Deutschland §32 StVZO.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Schwere Standardgüterkraftfahrzeuge			
<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>		<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>	
Zulässige Gesamtmasse [t]:	40	Zulässige Gesamtmasse [t]:	40
Gewöhnliche Nutzlast [t]:	26	Gewöhnliche Nutzlast [t]:	26
Gewöhnliches Volumen [m³]:	87/101	Gewöhnliches Volumen [m³]:	100/115
EUR-Palettenstellplätze:	33	EUR-Palettenstellplätze:	36
Nutzlast/Volumen [kg/m³]:	299/257	Nutzlast/Volumen [kg/m³]:	260/226
Gewichtsbeschränkungen bei 40 ft Containern, Transport von 2 x 7,45 m WAB nicht möglich.		2 x 7,82 m WAB möglich. Erhöhtes Volumen weisen Fahrzeuge mit Zentralachsanhänger auf.	

Abbildung 7.3: Dimensionen von schweren Standardgüterkraftfahrzeugen

(* = ISO-Container nur mit Gewichtsbeschränkung)

(Quelle: Eigene Darstellung)

geringer Dichte. Diese beträgt knapp 3 m gegenüber den üblichen 2,6 m bei konventionellen Fahrzeugen. Genutzt als Jumbo-Konfiguration werden sie vor allem als Sattelzüge und als Gliederzüge mit Zentralachsanhänger. Die größere Ladehöhe wird vor allem durch Bereifung mit Reifen von geringerem Durchmesser gewonnen. Problematisch hinsichtlich dieser Fahrzeuge ist vor allem die Höhenbegrenzung auf 4 m. Diese macht es technisch sehr aufwendig eine Ladehöhe von 3 m zu erreichen. In diesem Bereich wird daher häufig eine Anhebung der maximal erlaubten Fahrzeughöhe von 4,0 m auf 4,1 m gefordert.

7.3.3 Erweiterte schwere Standardgüterkraftfahrzeuge

Eine Hybridstellung zwischen schweren Standardgüterkraftfahrzeugen und den LCV nehmen erweiterte Standardgüterkraftfahrzeuge ein. Diese Fahrzeuge überschreiten die erlaubten Dimensionen für Standardgüterkraftfahrzeuge leicht in Länge, Höhe, Breite oder Höchstgewicht. Im überwiegenden Teil der Fälle geschieht das, um beladene ISO-Container im intermodalen Verkehr transportieren zu können.

In der EU geht es dabei vor allem um das maximal zulässige Höchstgewicht. Dieses beträgt für ein schweres Standardgüterkraftfahrzeug nur 40 t, was zum Transport von einem 40 ft Container mit einem Bruttogewicht von rund 30 t (vgl. Tabelle 7.1) nicht ausreichen würde, da das Eigengewicht eines Sattelzuges mit einem Containerchassis bei deutlich über 10 t liegt. Zusätzlich bedeutend ist der Transport von Wechsellaufbauten mit 45 ft Länge, wofür ebenfalls ein zulässiges Gesamtgewicht von 44 t erforderlich ist.¹⁸

¹⁸Ursprünglich lief die in der RL 96/53/EG vorgesehene Ausnahmeregelung für 45 ft Container im Jahr 2006 aus. In einer Veröffentlichung der Europäischen Kommission vom 1. Dezember 2006 (IP/06/1670) wurde

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Erweiterte Schwere Standardgüterkraftfahrzeuge			
<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>			
Zulässige Gesamtmasse [t]:	44	Zulässige Gesamtmasse [t]:	44
Gewöhnliche Nutzlast [t]:	30/24	Gewöhnliche Nutzlast [t]:	30
Gewöhnliches Volumen [m³]:	95/111	Gewöhnliches Volumen [m³]:	110
EUR-Palettenstellplätze:	37	EUR-Palettenstellplätze:	---
Nutzlast/Volumen [kg/m³]:	316/216	Nutzlast/Volumen [kg/m³]:	272
Vorteile v.a. für KV, da 40, 45 und 48 ft Container und 2 x 7,45 WAB möglich.		Für Transport von 53 ft US-Binnencontainer ist eine Fahrzeuglänge von ca. 20 m notwendig.	

Abbildung 7.4: Dimensionen von erweiterten schweren Standardgüterkraftfahrzeugen

(* = ISO-Container nur mit Gewichtsbeschränkung)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Abbildung 7.4 gibt eine Übersicht über die wesentlichen Spezifikationen von erweiterten Standardgüterkraftfahrzeugen. Im Vergleich zu den gewöhnlichen Standardfahrzeugen ist vor allem die Länge und das zGM geringfügig erhöht, was vor allem für den Transport von intermodalen Transporteinheiten notwendig ist. Es können damit in Europa auch 40 und 45 ft Container auf der Straße transportiert werden.

In Deutschland gibt es derzeit einen Großversuch mit rund 300 Sattelzügen, die über verlängerte Sattelaufleger verfügen und eine Gesamtlänge von 17,8 m statt der üblichen 16,5 m aufweisen. Das ergibt eine um 1,3 m verlängerte Ladefläche (14,9 anstatt 13,6 m) und maximal 37 anstatt gewöhnlich nur maximal 33 Palettenstellplätze in einem schweren Standardsattelzug. Diese Länge ermöglicht neben dem Transport von 48 ft Containern auch den Transport von zwei 7,45 m langen Wechselbrücken. Besonders engagiert in diesem Segment ist der deutsche Fahrzeughersteller *Kögel*, der Produktname ist „Big-MAXX“.

Außerhalb der EU und da vor allem in Nordamerika sind auch längere Container im Einsatz, die Längen von 48 ft bzw. 53 ft aufweisen. Damit diese auch im Vor- und Nachlauf zu Bahn und Schiff transportiert werden können, sind Sattelzüge zugelassen, die eine Länge von bis zu 20 m aufweisen.

diese Regelung auf unbestimmte Zeit verlängert.

7.3.4 Longer Combination Vehicles (LCV)

Longer Combination Vehicles (LCV) sind definiert als schwere Güterkraftfahrzeuge, die länger als 18,75 m (Nordamerika und Australien über 20 m)¹⁹ sind und/oder eine zGM von über 44 t aufweisen. LCV überschreiten in der Regel nicht die Abmessungen für die Höhe, die Breite sowie die zulässigen Achslasten. Eine denkbare Übersetzung wäre „Überlange Fahrzeugkombinationen“. Da dieser Ausdruck aber nicht gebräuchlich ist wird von einer Verwendung abgesehen und der auch in der Literatur häufigere englischsprachige Begriff verwendet.

Die Begrifflichkeiten für LCV unterliegen einer starken Fragmentierung, gleiche Zeitschriften und auch Autoren wechseln den zugeordneten Begriff oft innerhalb von einzelnen Artikeln. Einige häufig auftretende Begriffe sind:

LZV - Langere en Zwaardere Voertuigcombinaties. Niederländische Bezeichnung für die im Eurocombi-System vorgesehenen Fahrzeuge.

VLL - Véhicules plus longs et plus lourds. Die französische Bezeichnung für die im Eurocombi-System vorgesehenen Fahrzeuge.

MCV - Modular Concept Vehicle. Wird für Fahrzeuge verwendet, wie sie in der Richtlinie 96/53/EG vorgesehen sind.

60-Tonnen-Lkw. Wird häufig umgangssprachlich im deutschen Sprachraum verwendet.

25,25-Meter-Lkw. Wird häufig im nordischen Raum verwendet.

RTS - Road Train System. Produktbezeichnung für Eurocombi-Modelle der Spedition Meyer & Meyer.

EcoCombi. Produktbezeichnung für das Eurocombi-Modell von Mercedes Benz.

Gigaliner. Produktbezeichnung für das Eurocombi-Modell von Krone.

EMS - Euro Module System. Produktbezeichnung für das Eurocombi-Modell von Volvo.

Weiters werden noch allgemeiner Umschreibungen verwendet, wie „Innovative Nutzfahrzeugkonzepte“, oder einfach nur „Fahrzeugkombinationen“. LCV lassen sich in drei Klassen einteilen, diese drei Klassen werden in der Folge beschrieben.

7.3.4.1 Longer Combination Vehicle der Klasse I

Longer Combination Vehicles der Klasse I sind Fahrzeuge mit einer Länge bis 25,25 m und einer zGM von 60 t.

¹⁹In diesen Ländern sind Sattelzüge mit Containern bis zu 53 ft Länge zugelassen, diese werden noch unter der Kategorie „Erweiterte schwere Standardgüterkraftfahrzeuge“ eingeordnet (Vgl. Abschnitt 7.3.3)

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen, die die Abmessungen von Standardgüterkraftfahrzeugen überschreiten, sind EU-rechtlich grundsätzlich zugelassen (RL 96/53/EG), allerdings müssen zur Sicherung des internationalen Wettbewerbs immer auch Fahrzeugkombinationen zugelassen werden, die aus Kombinationen von richtlinienkonformen Fahrzeugen bestehen (modulares Konzept). Dieses modulare Konzept, die straßeninfrastrukturellen Gegebenheiten und Regelwerke sowie die freizügige Einsetzbarkeit von einheitlichen Fahrzeugtypen und die einfache Durchführung von Großversuchen hat dazu geführt, dass in Europa LCV mit Längen von bis zu 25,25 m und mit einer zGM von bis zu 60 t von besonderer Relevanz sind. Es existieren auch Vorschläge zu Fahrzeugen mit 22,30 bis 23,00 m Länge, die auf den Transport von 7,82 m langen Wechselbrücken bzw. 30 ft Containern ausgelegt sind.²⁰ Bei den in Tabelle 7.5 dargestellten Konfigurationen von LCV der Klasse I haben die Typen A, D und E besondere Bedeutung. Da diese ein Sonderfall von LCV der Klasse I sind, werden sie im weiteren Verlauf der Arbeit als „Eurocombi-Fahrzeuge“ bezeichnet, als Abkürzung für Euro-Fahrzeugkombinationen.

Die Untergliederung nach einzelnen Typen erfolgt angelehnt an das niederländische Schema²¹, wobei in Abbildung 7.5 nur die bedeutenden Typen dargestellt wurden. In den Niederlanden am häufigsten eingesetzt wurden Typ D mit einem Anteil von 63 %, Typ A mit einem Anteil von 16 % und Typ B mit 14 %. Vor allem in Australien und Kanada werden ähnliche Fahrzeugkombinationen verwendet (B-Train, B-Double). Grundsätzlich zeichnen sich LCV der Klasse I dadurch aus, dass sie in den meisten Ländern auf der gängigen Straßeninfrastruktur ohne größere Anpassungen grundsätzlich eingesetzt werden können. Das zeigen die Beispiele Schweden und Finnland sowie auch der niederländische Testversuch.

Hinsichtlich der Verwendbarkeit für den Containertransport zeigen LCV der Klasse I keine außerordentlichen Verbesserungen, denn es können weder zwei 20 ft noch ein 40 ft und ein 20 ft Container ohne Gewichtsbeschränkungen transportiert werden.

Der Tabelle 7.4 ist zu entnehmen, dass bei der gewichtsorientierten Variante der Eurocombi-Fahrzeuge die Erhöhungen der Ladekapazität in allen drei Dimensionen (Nutzlast, Nutzvolumen, Euro-Palettenstellplätze) relativ ausgewogen sind. Obwohl der Gewinn an Nutzvolumen doch deutlich über dem Nutzlastgewinn liegt, ändert sich das maximale durchschnittliche Gewicht pro Palette nur geringfügig. Deutlich wird auch, dass die derzeit zugelassenen Standardgüterkraftfahrzeuge (insbes. Sattelzüge) stark gewichtsoptimiert sind. Das Verhältnis Nutzlast zu Volumen ist bei allen LCV-Klassen deutlich geringer als bei den gewichtsorientierten schweren Standardgüterkraftfahrzeugen in Sattelzugkonfiguration.

Hinsichtlich des kombinierten Verkehrs zeigen Eurocombi-Fahrzeuge einen Vorteil beim

²⁰Vgl. Wildhage (2007b) und Wildhage (2007a).

²¹Vgl. Hagen u. a. (2006), S. 19; in der Studien des BAST wird auf S. 87 von „Varianten“ gesprochen. Vgl. Glaeser u. a. (2006).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

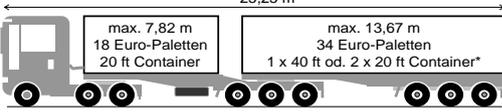
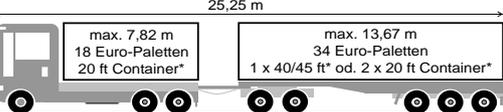
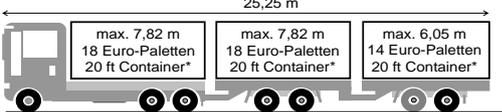
Longer Combination Vehicles Klasse I (bis 25,25 m Gesamtlänge)	
Eurocombi Typ A	Eurocombi Typ B /B-Double/B-Train Double
	
<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>	<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>
Zulässige Gesamtmasse [t]: 58/48	Zulässige Gesamtmasse [t]: 60
Gewöhnliche Nutzlast [t]: 36,5/26,5	Gewöhnliche Nutzlast [t]: 37,5
Gewöhnliches Volumen [m ³]: 136/158	Gewöhnliches Volumen [m ³]: 136/158
EUR-Palettenstellplätze: 52	EUR-Palettenstellplätze: 52
Nutzlast/Volumen [kg/m ³]: 268/168	Nutzlast/Volumen [kg/m ³]: 276/237
In der volumenorientierten Form mit einem mZG von 48 t kann eine Achse entfallen (grau unterlegt).	"B-Double" oder "B-Train" in Kanada und Australien, dort auch erhöhte mZG für Containertransport (62,5 bzw 68 t)
Eurocombi Typ D	Eurocombi Typ E
	
<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>	<i>Gewichts-/Volumenorientiert</i>
Zulässige Gesamtmasse [t]: 60	Zulässige Gesamtmasse [t]: 60/48
Gewöhnliche Nutzlast [t]: 37,5	Gewöhnliche Nutzlast [t]: 36,5/31
Gewöhnliches Volumen [m ³]: 136/158	Gewöhnliches Volumen [m ³]: 138/156
EUR-Palettenstellplätze: 52	EUR-Palettenstellplätze: 50
Nutzlast/Volumen [kg/m ³]: 276/237	Nutzlast/Volumen [kg/m ³]: 264/199
Am häufigsten eingesetztes Modell beim niederländischen Testbetrieb.	In der volumenorientierten Form mit einem zGG von 48 t kann eine Achse entfallen (grau unterlegt).

Abbildung 7.5: Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse I (* = ISO-Container nur mit Gewichtsbeschränkung)
(Quelle: Eigene Darstellung)

<i>Gewichtsorientierte Betrachtung</i>				
	Nutzlast [kg]	Nutzvolumen [m ³]	Euro-Paletten Stellplätze	Nutzlast pro Palettenstellplatz [kg]
Standard-Sattelzug	26.000	86,6	34	764,7
Eurocombi Typ D	37.500	136,4	52	721,2
Veränderung	44,2 %	57,5 %	52,9 %	-5,7 %
<i>Volumenorientierte Betrachtung</i>				
	Nutzlast [kg]	Nutzvolumen [m ³]	Euro-Paletten Stellplätze	Nutzlast pro Palettenstellplatz [kg]
Volumens-Standardgliederzug	26.000	114,9	36	722,2
Eurocombi Typ A (zGM 48 t)	26.500	157,7	52	509,6
Veränderung	1,9 %	37,2 %	44,4 %	-29,4 %

Tabelle 7.4: Vergleich Nutzlastkapazitätserweiterung durch Eurocombi-Fahrzeuge
(Quelle: Eigene Darstellung)

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Longer Combination Vehicles Klasse II (bis 30 m Gesamtlänge)	
<i>Erweiterter EuroCombi Typ A</i>	
	Zulässige Gesamtmasse [t]: 58/48 Gewöhnliche Nutzlast [t]: 36,5/26,5 Gewöhnliches Volumen [m³]: 144/169 EUR-Palettenstellplätze: 55 Nutzlast/Volumen [kg/m³]: 253/157
<i>Rocky Mountain Double</i>	
	Gewöhnliche Nutzlast [t]: 41 Gewöhnliches Volumen [m³]: 178 Nutzlast/Volumen [kg/m³]: 230 Zulassung nur in bestimmten US-Staaten sowie in Australien, Brasilien und Kanada.
<i>Intermediate Double (USA), Rodotrem comprimento (Brasilien)</i>	
	Zulassung nur in bestimmten US-Staaten (zGG 61 t) sowie in Australien (85,7 t), Brasilien (74 t) und Kanada (60,5 t).

Abbildung 7.6: Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse II (* = ISO-Container nur mit Gewichtsbeschränkung)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Vor- und Nachlauf beim Transport von zwei 20 ft Containern. Auch bei einer zGM des Fahrzeuges von 60 t können nicht zwei voll beladene 20 ft Container befördert werden, aber zumindest können diese hinsichtlich deren Nutzlast zu rund 75 % beladen sein. Der Transport von einem 20 und einem 40 ft Container erscheint generell weniger bedeutsam, da nur wenige Verlader beide Containergrößen parallel einsetzen.

7.3.4.2 Longer Combination Vehicle der Klasse II

LCV der Klasse II überschreiten die Länge von 25,25 m und können bis zu 30 m lang sein (Abbildung 7.6). Diese Fahrzeuge können vor allem in Ländern mit großzügiger Straßeninfrastruktur, wie sie in Teilen Nord- und Südamerikas vorhanden ist, verkehren und bis zu zwei 40 ft Container transportieren. Mit einem zGM von 74 t, wie es in Brasilien erlaubt ist, können zwei 40 ft Container ohne Gewichtseinschränkung transportiert werden.

In Europa gibt es den Vorschlag, anstatt 25,25 m lange Fahrzeuge zuzulassen die höchstzulässige Länge auf 26,55 m auszuweiten. Das hat den Hintergrund, dass dadurch drei 7,45 m lange Wechslaufbauten transportiert werden könnten, was bei einer Fahrzeuglänge von LCV der Klasse I (25,25 m) nicht möglich wäre.²² Problematisch bei diesen Kombinationen ist

²²Ähnliche Überlegungen spielen auch bei erweiterten Standardgüterkraftfahrzeugen eine Rolle. Vgl. Abschnitt 7.3.3.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

die Einhaltung des BO-Kraftkreises²³, diese kann nur mit einem lenkbaren Dolly und einer lenkbaren Hinterachse erzielt werden.

Erweiterungen zu den LCV der Klasse I hinsichtlich der zGM auf 68 t ermöglichen den Transport von einem voll beladenen 40 ft und einem 20 ft Container.

Ab dieser Klasse von Fahrzeugen ist die Manövrierfähigkeit schon deutlich eingeschränkt. Ein Zurückschieben der Fahrzeuge ist ohne Abkuppeln einzelner Anhänger kaum mehr möglich.

7.3.4.3 Longer Combination Vehicle der Klasse III

LCV der Klasse III haben eine Gesamtlänge von über 30 m und sind im Einsatz auf der gewöhnlichen Straßeninfrastruktur deutlichen Restriktionen unterworfen. Die in Australien verkehrenden „Road Trains“ können bis zu knapp 54 m lang sein, unterliegen aber starken Regulierungen und dürfen nur gewisse Routen befahren. Die zGM ist in den USA und in Kanada bei diesen Fahrzeugkombinationen nicht mehr wesentlich höher als jenes der LCV der Klasse II. In Australien allerdings können diese Fahrzeuge maximal zulässige Gesamtmassen von bis zu 125,5 t erreichen.

In Europa ist ein Einsatz dieser Fahrzeuge technisch nahezu ausgeschlossen.

Vor allem bei LCV der Klassen II und III spielen in Ländern mit geringer Besiedelungsdichte Überlegungen zur Trennung von Personen- und Nutzfahrzeugen eine Rolle. Die Vorteile sind im Wesentlichen die Reduktion von Staus und Unfallhäufigkeiten bzw. Unfallschwere sowie die Schonung der Straßeninfrastruktur, da diese dann adäquater gebaut werden kann.²⁴

7.3.5 Technische Aspekte von Longer Combination Vehicles in Europa

Der Abschnitt beschäftigt sich mit stärker technischen Fragestellungen von LCV, die behandelten Aspekte bilden die Grundlage für die spätere ökonomische Analyse.

Für die Manövrierfähigkeit auf europäischen Straßen besonders relevant ist der sogenannte BO-Kraftkreis nach § 32d StVZO. Dort wird normiert, dass „Kraftfahrzeuge und Fahrzeugkombinationen so gebaut und eingerichtet sein müssen, daß einschließlich mitgeführter austauschbarer Ladungsträger (§ 42 Abs. 3) die bei einer Kreisfahrt von 360 Grad überstrichene Ringfläche mit einem äußeren Radius von 12,50 m keine größere Breite als 7,20 m hat. Dabei muß die vordere - bei hinterradgelenkten Fahrzeugen die hintere - äußerste Begrenzung des

²³Vgl. §32d StVZO (Deutschland).

²⁴Vgl. Samuel u. a. (2002) und De Palma u. a. (2007).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

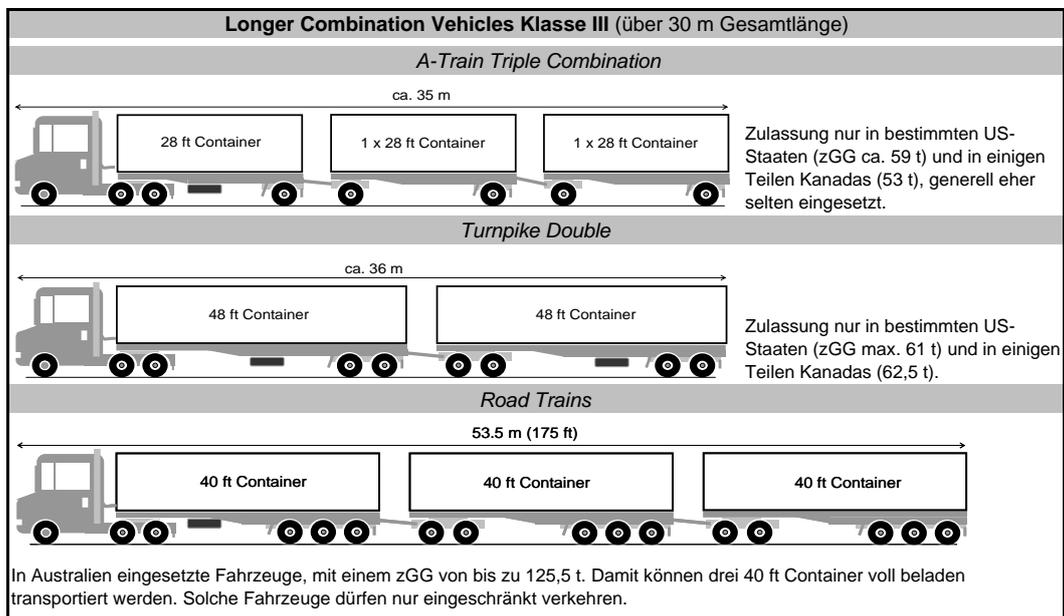


Abbildung 7.7: Dimensionen von Longer Combination Vehicles der Klasse III
(Quelle: Eigene Darstellung)

Kraftfahrzeugs auf dem Kreis von 12,50 m Radius geführt werden.²⁵ Diese Bedingung kann von Eurocombi-Fahrzeugen mit Hilfe technischer Einrichtungen wie lenkbaren Achsen an den Anhängern bzw. am Dolly üblicherweise knapp erreicht werden.²⁶

Als die wesentlichen Problemfelder lassen sich identifizieren:

- Deutlich erhöhte Inanspruchnahme anderer Fahrstreifen beim Rechtsabbiegen auch bei groß dimensionierten Knoten.
- Ausreizung und teilweise (geringfügige) Überschreitung aller Limits bei der Befahrung von kleinen Kreisverkehren.
- Längere Räumzeiten von Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen bzw. Bahnübergängen.
- Stellplatzproblematik an Autobahnraststätten bzw. Parkplätzen.

Dadurch wird deutlich erkennbar, dass der Schwerpunkt der Problemfelder auf dem nachgeordneten Straßennetz liegt. Die Probleme auf Autobahnen bzw. Schnellstraßen liegen vor

²⁵ § 32d Straßenverkehrszulassungsordnung.

²⁶ Für eine ausführliche Untersuchung aus technischer Sicht siehe Glaeser u. a. (2006), S. 62ff und auch Allan Kennaird Consulting (2001). Simulationen zu Fahrzeugen dieser Länge führen auch Wallentowitz u. a. (2000), Sandkühler u. a. (2001), Neunzig u. a. (2003), de Melo (2005) für Brasilien und Debauche und De-cock (2007) durch.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

allem in der Stellplatzproblematik. Es ist daher erstrebenswert, dass LCV so wenig wie möglich das nachgeordnete Straßennetz nutzen. Zu ähnlichen Implikationen führen auch Aspekte der Verkehrssicherheit.

Betrachtet man die Abnutzung bzw. die Beanspruchung der Straßeninfrastruktur, so zeigt sich, dass LCV vermutlich keine besonderen Schäden an der Infrastruktur bewirken.²⁷ Problemfelder sind vor allem ältere Brückenbauwerke sowie Leitschienen und Tunnelsysteme.²⁸

7.3.5.1 Aspekte der Verkehrssicherheit von LCV

Der Aspekt der Verkehrssicherheit ist von einem sehr allgemeinen Trade-Off beherrscht: Einerseits sinkt durch LCV die für eine bestimmte Transportleistung zu erbringende Fahrleistung ab, aber andererseits steigen mit Fahrzeugen von höherer Masse und größerer Länge Unfallrisiken an. Was der Trade-Off letztendlich zum Ergebnis hat, hängt vor allem von der technischen Ausstattung der Eurocombi-Fahrzeuge ab.

Hinsichtlich der Verkehrssicherheit sind die wesentlichen Problembereiche die durch die höheren Fahrzeugmassen auftretenden höheren kinetischen Energien bei Unfällen und die daraus entstehenden Folgen, die Flächenbeanspruchungen bei Knoten sowie Probleme bei Überholvorgängen auf Straßen mit nur je einer Richtungsfahrbahn.²⁹ Beim niederländischen Feldversuch mit dort als „EcoCombi“ bezeichneten Fahrzeugen gab es während der Testlaufzeit lediglich ein Unfallereignis mit Eurocombi-Beteiligung, dieses war aber nicht spezifisch für diese Fahrzeugkategorie.³⁰ Die wesentlichen Problembereiche die folgende Aufstellung:

Beschleunigungs- und Bremsvorgänge. Durch das höhere Fahrzeuggewicht sind eine erhöhte Antriebsleistung und zwei angetriebene Achsen nötig. Beim Bremsen ergeben sich Probleme durch mögliches Einknicken langer Fahrzeugkombinationen.

²⁷Zur zusätzlichen Schonung der Straßen werden manchmal reduzierte Achslasten sowie ein Verbot von LCV mit Single-Breitbereifung (z.B. in der Dimension 495/45R22.5) als Ersatz für eine Zwillingsbereifung gefordert. Vgl. dazu auch European Commission (2001). Grundlegend zum Zusammenhang zwischen Achslasten und Straßenschädigungen ist American Association of State Highways and Transportation Officials (1962).

²⁸Vgl. Glaeser u. a. (2006).

²⁹Hanley und Forkenbrock (2005) zeigen, dass durch längere Fahrzeuge nicht nur die Zeit und die Strecke, die ein überholendes Fahrzeug auf der anderen Richtungsfahrbahn verbringen muss, ansteigt, wenn längere Fahrzeugkombinationen zugelassen werden. Vielmehr nehmen auch die Überholgelegenheiten generell ab, wodurch die Fahrer der überholenden Fahrzeuge auch dazu verleitet werden könnten, mehr Risiken beim Überholen einzugehen. Weiters entstehen Zeitverluste durch die reduzierten Überholgelegenheiten. Es zeigen sich auch deutlich höhere Überholgeschwindigkeiten.

³⁰Vgl. Hagen u. a. (2006). Die Ergebnisse des niederländischen Feldversuches sind bedingt durch den begrenzten Zeitraum und die begrenzte Anzahl an Fahrzeugen nicht uneingeschränkt auf eine generelle Zulassung übertragbar.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Eingeschränkte Manövrierfähigkeit. Die Manövrierfähigkeit ist vor allem beim Reversieren, auf Unternehmensparkplätzen oder bei unvorhergesehenen Ereignissen wie Unfällen oder Umleitungen problematisch.

Vergrößerte tote Winkel. Durch den größeren Abstand der Fahrzeughinterkante zum Seitenspiegel am Führerhaus ist der für den Fahrer nicht einsehbare Bereich hinter dem Fahrzeug noch größer.

Überholmanöver. Pkw, die Eurocombi-Fahrzeuge auf Straßen mit nur je einer Richtungsfahrbahn überholen wollen, müssen längere Überholdauer und -wege einkalkulieren. Dadurch sinkt die Anzahl der Überholmöglichkeiten und die Reisezeiten für Pkw steigen an.

Bahnübergänge. Hier besteht das Problem, dass die Zeiträume des Schließens von Schranken bzw. anderen Warnanlagen auf die derzeitigen Fahrzeuglängen abgestimmt sind.

Abbiegevorgänge. Gerade bei Abbiegevorgängen am nachgeordneten Straßennetz müssen Eurocombi-Fahrzeuge häufiger Gegenfahrbahnteile oder Straßenbegrenzungen mitbenutzen.

Auffahrunfälle. Durch die höheren Fahrzeugmassen sind bei Auffahrunfällen von Eurocombi-Fahrzeugen auf Pkw gravierendere Auswirkungen zu befürchten.

Kreuzungsräumzeiten. Durch die Länge von Eurocombi-Fahrzeugen ergeben sich längere Kreuzungsräumzeiten, ein Faktor, der insbesondere bei Ampelschaltungen von Bedeutung ist.

Es besteht gerade bei Eurocombi-Fahrzeugen eine Reihe von Möglichkeiten die Verkehrssicherheit zu heben, indem besondere Sicherheitsausstattungen für alle diese Fahrzeuge vorgeschrieben werden. Mit diesen Einrichtungen können deutliche Verbesserungen bei den bedeutendsten Ursachen von Lkw-Unfällen (zu geringer Abstand, Ermüdung und Unkonzentriertheit, nicht angepasste Geschwindigkeit)³¹ erzielt werden. Solche Vorschriften würden einen deutlichen Schritt zur Internalisierung bisher externer Unfallkosten führen.

Zur Erhöhung der Sicherheit von LCV sind folgende Maßnahmen in Betracht zu ziehen:

Automatische Abstandskontrolle mit aktivem Bremsassistenten. Durch einen Radarsensor wird der Abstand zum einem vorausfahrenden Fahrzeug bzw. einem Hindernis bestimmt. Bei zu großer bzw. zu rascher Annäherung greift das System automatisch ein und bremst das Kraftfahrzeug entsprechend ab.

³¹Zu den verhaltensbezogenen Ursachen von Lkw-Unfällen siehe Evers und Auerbach (2005), für die allgemeine Statistik zu Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen siehe Fastenmeier u. a. (2002) und Statistisches Bundesamt (2006).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

ESP - Elektronisches Stabilitätsprogramm. Durch elektronische Sensoren und aktive Eingriffe in Bremsen und Lenkung wird das Fahrzeug stabilisiert. Dieses System kann auch zur Sammlung von Daten über den Fahrstil des Fahrers dienen. Danach könnten unzuverlässige Fahrer zu Nachschulungen verpflichtet werden bzw. gänzlich ihre Zulassung für das Lenken von LCV verlieren.

Spurhalteassistent. Dieses Instrument erkennt automatisch, wenn ein Fahrzeug die Fahrspur verlässt und warnt den Fahrer (Spurhaltewarnung). In weiterer Folge ist es möglich, dass das Fahrzeug die Spurhaltung automatisch korrigiert.³²

Rückfahrkameras und Seitenkameras. Diese Maßnahme dient zur Reduktion des toten Winkels vor allem bei Abbiegemanövern sowie beim Rückwärtsfahren.

Bremsassistent zur Auslösung von Gefahrenbremsungen. Diese Einrichtung stellt aufgrund verschiedener Parameter (u.A. die Geschwindigkeit, mit der das Bremspedal getreten wird) fest, ob der Fahrer eine Gefahrenbremsung beabsichtigt und stellt dann die volle Bremsleistung zur Verfügung.

Scheibenbremsen an jedem Rad. Scheibenbremsen sind derzeit auch bei Nutzfahrzeugen schon weit verbreitet, für LCV sollten sie jedoch Vorschrift sein.

GPS zur Erfassung und Sammlung von Daten über LCV. Diese Einrichtung soll die Datenverfügbarkeit über LCV verbessern und mögliche Delikte reduzieren, vor allem, wenn LCV nur routengenehmigt werden. Weiters kann das GPS mit einer Notruf Funktion bei Unfällen ausgestattet werden, die im Notfall die Position automatisch übermitteln kann. Problematisch in diesem Bereich sind Fragen des Datenschutzes.

Die Kosten für die drei ersten und wichtigsten Einrichtungen belaufen sich zusammen auf ca. EUR 6.000,00 bei Anschaffung der Fahrzeuge.³³

7.3.5.2 Aspekte der Schadstoffemissionen bzw. der Energieeffizienz

Da LCV im Vergleich zu schweren Standardgüterkraftfahrzeugen eine höhere Gütermenge pro Fahrzeug transportieren, ist die Bedeutung von schadstoffarmen bzw. energieeffizienten Fahrzeugen besonders groß. Abhängig vom Zeitpunkt des Zulassungsprozesses wäre für Eurocombi-Fahrzeuge daher jedenfalls eine Verpflichtung zu den höchsten technisch mögli-

³²Die Begrifflichkeiten sind hier teilweise ungenau. Man spricht manchmal auch von „Spurhalteassistenten“ und meint „Spurhaltewarnung“. Für den „Spurhalteassistenten“ wird auch „Spurhalteunterstützung“ verwendet.

³³Diese Einrichtungen wären generell für alle schweren Standardgüterkraftfahrzeuge von Bedeutung. Besonders bietet sich auch eine Förderung von sicherheitsrelevanter Fahrzeugausstattung durch die dementsprechende Gestaltung der Kfz-Steuer an. Vgl. Kummer u. a. (2007b), S. 20.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

chen Abgasnormen vorzuschreiben.³⁴ Ganz ähnlich könnten in weiterer Folge auch Vorschriften für besonders niedrige Luftwiderstandswerte vorgesehen werden.

7.3.5.3 Aspekte der Lärmemissionen

Die Lärmemissionen stehen immer nur am Rande aller Untersuchungen zu LCV. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass ein LCV kaum eine höhere Lärmemission aufweist als ein schweres Standardgüterkraftfahrzeug. Reduktionen der Lärmemissionen können vergleichbar zu den Schadstoffemissionen durch Vorschriften für neu angemeldete Güterkraftfahrzeuge erfolgen. Wesentlich für die Entwicklung der Lärmemissionen ist jedoch die vordringliche Frage, ob durch LCV längerfristig Lkw-Fahrten eingespart werden können oder ob der Straßengüterverkehr durch diese Fahrzeugkombinationen noch beschleunigt wächst. Dieser Frage wird im Abschnitt über die ökonomische Perspektive von LCV nachgegangen.

7.3.5.4 Zusammenfassung

Grundsätzlich gilt für technische Fragen, dass gerade im Bereich der schweren Güterverkehrsfahrzeuge die Möglichkeiten der Technik derzeit bei weitem nicht ausgeschöpft werden.

Gerade die Zulassung einer völlig neuen Fahrzeugklasse, wie sie Eurocombi-Fahrzeuge darstellen, würde die einmalige Gelegenheit bieten, hohe Standards für sicherheits- und umweltrelevante Einrichtungen vorzuschreiben. Ob und in welcher Weise solche Maßnahmen auch eine ökonomische Rechtfertigung haben, wird im Folgenden festgestellt.

7.4 Untersuchung der Auswirkungen von Eurocombi-Fahrzeugen aus makroökonomischer Perspektive

Nach der Charakterisierung von Güterkraftfahrzeugen und LCV als deren Untergruppe werden in diesem Abschnitt stärker ökonomische Aspekte betont und untersucht, welche einzel- und gesamtwirtschaftlich relevanten Auswirkung durch eine mögliche Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen zu erwarten sind.

³⁴Die Abgasnormen nach den EURO Klassen sind in Anhang A2 dargestellt. Neben der derzeit vorgesehenen EURO V bzw. EEV-Norm wäre für Eurocombi-Fahrzeuge auch die gerade in Ausarbeitung befindliche EURO VI-Norm als Vorschrift zu überlegen.

7.4.1 Allgemeines zu den Auswirkungen der Steigerungen des Ladevolumens von Güterkraftfahrzeugen auf einzel- und gesamtwirtschaftlicher Ebene

7.4.1.1 Sendungsgrößen und die Kapazität von Güterkraftfahrzeugen

Im Straßengüterverkehr stehen hinsichtlich der Einwirkung auf die Transportmittelgrößen die Sendungsgrößen als Element der Transportnachfrage besonders im Vordergrund. Bei keinem anderen Verkehrsträger übersteigt in so häufiger Zahl der Umfang (sei es in Volumen, Paletten oder Gewicht) einzelner Sendungen die maximale Kapazität des größten Transportmittels. Für diese Aussage soll Evidenz geboten und in weiterer Folge Implikationen abgeleitet werden.

Allgemein kann die Auslastung eines Fahrzeuges in mehreren Dimensionen gemessen werden, nämlich bezogen auf die Zeit (z.B. 8 Stunden pro Tag), auf das Gewicht und auf das Volumen in unterschiedlichen Ausprägungsformen (z.B. Ladehöhe, Stellfläche, etc.). Multipliziert man die Auslastung mit den mit dieser Auslastung gefahrenen Kilometern und nimmt man auch die Leerfahrten hinzu, so erhält man den sogenannten Ladefaktor, also die Auslastung pro gefahrenem Kilometer.³⁵

Im Allgemeinen sind Daten über die Auslastung von Güterkraftfahrzeugen in den Verkehrstatistiken einfach verfügbar, entsprechende Daten für die Länder Deutschland, Großbritannien und Österreich zeigt Tabelle 7.5. Erkennbar ist, dass die Fahrzeuge in Österreich deutlich besser als in Deutschland und Großbritannien ausgelastet sind. Das könnte mit der hohen Lkw-Maut in Österreich zusammenhängen. Der Unterschied zwischen der „gewichtsmäßigen Auslastung beladen“ und der „gewichtsmäßigen Auslastung gesamt“ besteht in der Einrechnung der Leerfahrten.

Betrachtet man die Leerfahrten genauer, so erkennt man eine Zunahme des Leerfahrtenanteils bei Erhöhung der Fahrzeuggröße sowie eine Reduktion der Leerfahrten bei Langstreckenfahrten.³⁶

Die gewichtsmäßige Auslastung aller Kraftfahrzeuge für ein Jahr alleine ist jedoch nicht besonders aussagekräftig, da sie keine gültige Aussage über die größten Straßengüterverkehrsfahrzeuge bieten kann. In diesem Fall wird das statistische Material deutlich dünner. Für Deutschland und Großbritannien sind dennoch Aussagen möglich.

Die erste interessante Feststellung betrifft die gewichtsmäßige Auslastung differenziert nach der Fahrzeuggröße. Hier fällt auf, dass Fahrzeuge mit größerer Kapazität hinsichtlich des Gewichts deutlich besser ausgelastet sind als Fahrzeuge mit geringerer Kapazität, wie in Tabelle

³⁵Vgl. McKinnon (1999), S. 8f.

³⁶Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 81. Für eine genauere Untersuchung des Phänomens Leerfahrten vgl. z.B. McKinnon (1996).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Land	gewichtsmäßige Auslastung beladen in %	gewichtsmäßige Auslastung gesamt in %
Deutschland	63,92	39,76
Großbritannien	57,00	41,38
Österreich	72,20	48,60

Tabelle 7.5: Durchschnittliche Auslastung von Straßengütertransportfahrzeugen in Deutschland, Großbritannien und Österreich im Jahr 2005

(Quelle: Für Deutschland siehe Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 64f und S. 80f, Werte für gewerblichen Verkehr und Werksverkehr. Für Großbritannien siehe National Statistics, Department for Transport (2006), S. 47. Für Österreich siehe Statistik Austria (2006).)

7.6 gezeigt.³⁷ Für die Schweiz konnte ebenso ein Referenzwert ermittelt werden. Die Auslastung über alle Fahrten (inkl. Leerfahrten) für schwere Sattelzüge im Jahr 2003 liegt bei 49 %.³⁸

Daraus kann geschlossen werden, dass bei Bestehen der Möglichkeit des Einsatzes von Fahrzeugen größerer Kapazität tendenziell das größere Fahrzeug gewählt wird. Dies deutet darauf hin, dass das Gewicht einer Sendung oft nicht die limitierende Dimension ist, sondern ein anderer Faktor. Generell zeigt sich aber, dass das Gewichts/Volumens-Verhältnis der Sendungen im Durchschnitt unter jenem Nutzlast/Volumens-Verhältnis („Dichte“) liegt, das schwere Standardgüterkraftfahrzeuge aufweisen.³⁹ Umgekehrt ist es ebenso plausibel, dass für Sendungen mit hoher Dichte die dafür vergleichsweise gut geeigneten Standardgüterkraftfahrzeuge mit hoher zGM eingesetzt werden können, deren Nutzlast/Volumens-Verhältnis jedoch in vielen Fällen ungünstig ist.

Ein Gütertransportfahrzeug kann in mehreren Dimensionen abseits des Gewichts in seiner Ladekapazität limitiert sein. Dazu zählen die Anzahl der Palettenstellplätze, die verfügbare Ladefläche, die Ladehöhe oder aber das Ladevolumen. Die Größen sind teilweise miteinander korreliert, weshalb in weiterer Folge vor allem auf die Palettenstellplätze sowie das Ladevolumen eingegangen wird.⁴⁰ *Lumsden* zeigt für Schweden, dass der kapazitätslimitierende Faktor

³⁷Dieses Phänomen erwähnt auch McKinnon und Campbell (1997), S. 3.

³⁸Vgl. BFS (2006), S. 17. Als Nutzlast wurde 20 t angenommen da im Jahr 2003 die Schweiz noch eine reduzierte zGM erlaubte.

³⁹Das Nutzlast/Volumens-Verhältnis liegt bei einem schweren Standardsattelzug bei 299 kg/m^3 , dargestellt in Abbildung 7.3.

⁴⁰*Samuelsson und Tilanus* ermitteln in einer Delphi-Studie primär das Volumen als den limitierenden Faktor hinsichtlich der Kapazität im Less-than-Truckload-Bereich. Bei genauerer Aufspaltung der Größe „Volumen“ stellen sie fest, dass vor allem die verfügbare Stellfläche sowie die verfügbaren Palettenstellplätze eine Restriktion darstellen. Geringere Bedeutung als limitierenden Faktor haben die Ladehöhe und das Fahrzeug-

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Deutschland		Großbritannien	
<i>zGM in kg</i>	<i>Auslastung in %</i>	<i>zGM in kg (rigid vehicles)</i>	<i>Auslastung in %</i>
bis 7.500	51,0	ab 3.501 bis 7.500	41,0
7.501 bis 11.999	56,2	ab 7.501 bis 17.000	39,0
12.000 bis 20.000	57,0	ab 17.001 bis 25.000	46,0
20.001 bis 30.000	64,9	über 25.000	64,0
30.001 bis 40.000	71,6	<i>zGM in kg (artics)</i>	
		ab 3.501 bis 33.000	43,0
		über 33.000	59,0

Tabelle 7.6: Auslastung von Straßengütertransportfahrzeugen in Deutschland und Großbritannien nach Größenklasse

(Quelle: Für Deutschland siehe (Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr, 2006, 80 und 64), Werte für gewerblichen Verkehr und Werksverkehr. Für Großbritannien siehe (National Statistics, Department for Transport, 2006, 47).)

eines schweren Gütertransportfahrzeuges deutlich häufiger die Anzahl der Palettenstellplätze bzw. das Volumen als das Gewicht ist.⁴¹

Die Gründe dafür sind vielfältig, sind jedoch vor allem in der zunehmenden Palettisierung von Sendungen, dem Bedeutungsgewinn der Verpackung sowie im Güterstruktureffekt zu sehen.⁴² Demnach gibt es eine Verschiebung hin zu höherwertigen (Konsum)Gütern und weg von Grundstoffen.

Für Deutschland wurde mit Hilfe einer Sonderauswertung des Kraftfahrt-Bundesamtes die Auslastungssituation der größten Güterkraftfahrzeugklasse im Detail untersucht.⁴³ Die Ergebnisse dieser Auswertung zeigt Abbildung 7.8. Primär deutlich ist die hohe volumensbezogene Auslastung von schweren Güterkraftfahrzeugen mit einer zGM von über 30 t.⁴⁴ Knapp 60 % der Fahrten, das sind rund 81,6 Mio. Fahrten, mit Fahrzeugen dieser Fahrzeugklassen sind zu über 90 % dem Volumen nach ausgelastet. Dies kann insgesamt als deutliches Indiz gewertet werden, dass eine signifikante Anzahl an Fahrten mit Güterkraftfahrzeugen mit einer zGM über 30 t begrenzt durch das Volumen sind.

In einem weiteren Schritt wäre noch die Aufteilung der kapazitätsbeschränkten Fahrten auf Fahrten in Hauptläufen von Netzwerkverkehren oder auf Direktverkehre von Interesse. Da-

volumen. Vgl. Samuelsson und Tilanus (1997), S. 147ff und auch McKinnon (1999), S. 26.

⁴¹Vgl. Lumsden (2005), S. 15.

⁴²Vgl. Aberle (2003), S. 91ff.

⁴³Diese Sonderauswertung kann auf Anfrage beim Autor zur Verfügung gestellt werden.

⁴⁴Die zugrundeliegende Frage über die volumensbezogene Auslastung haben nur zwischen 55 und 70 % der Befragten beantwortet, dies ist also mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

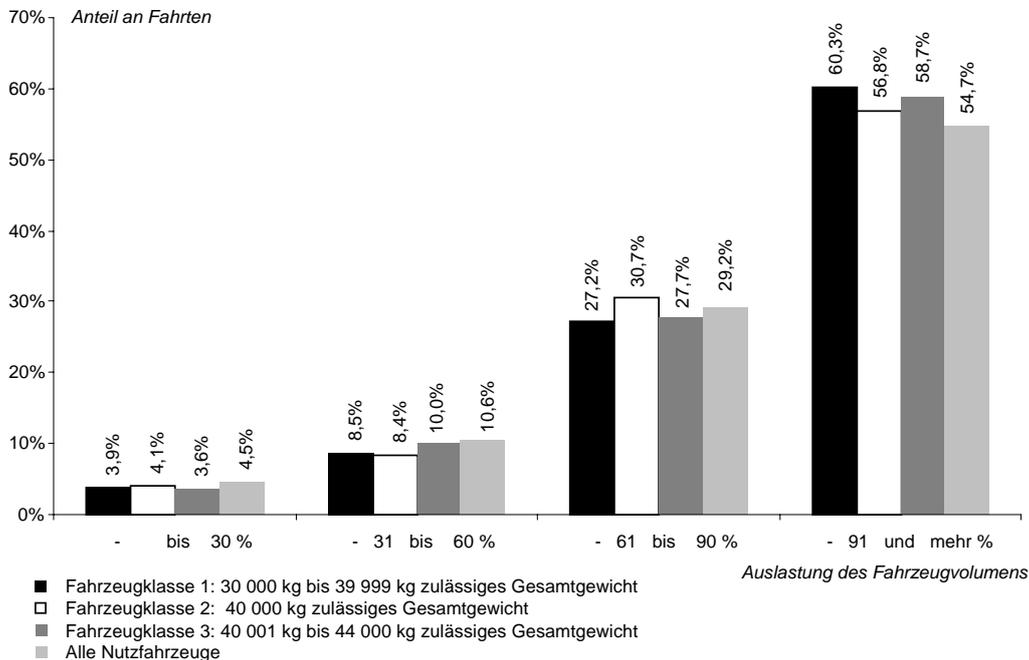


Abbildung 7.8: Auslastung von deutschen Güterkraftfahrzeugen nach Volumen im Jahr 2005
(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes.)

zu sind keine offiziellen Statistiken verfügbar, es ist jedoch anzunehmen, dass Restriktionen bei Direktverkehren als auch bei Hauptläufen in Netzwerkverkehren auftreten. Denkbar wäre auch, dass Fahrten mit den größten Fahrzeugen auf Hub-Spoke-Relationen kapazitätsrestringiert sind. Solche Fahrten sind aber als Ausnahmefall zu sehen, da solche umfangreichen Sendungen ja gerade im Direktverkehr gefahren werden würden.

Zusammenfassend sind zwei Dinge von besonderer Bedeutung. Erstens hat ein hoher Anteil der Sendungen im Straßengüterverkehr Dimensionen, die die Kapazität eines schweren Standardgüterkraftfahrzeuges überschreiten. Zweitens ist in der überwiegenden Anzahl der Fälle nicht das Gewicht die limitierende Dimension, sondern eine Raumgröße, vor allem die Anzahl der Palettenstellplätze sowie das Volumen.

7.4.1.2 Kurz- und langfristige Auswirkungen der Steigerungen des Ladevolumens von Güterkraftfahrzeugen

Bisher wurden in diesem Kapitel technische Aspekte von LCV in den Vordergrund gestellt. In dem vorliegenden, weiteren Schritt werden nun die ökonomischen Fragen im Mittelpunkt stehen. Vergleicht man die Erfordernisse der Transportnachfrage, so ist, wie in Abschnitt 7.4.1.1 gezeigt, ein deutlicher Bedarf seitens der Verloader nach größerem Ladevolumen bzw. einer

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

größeren Anzahl an Palettenstellplätzen erkennbar. Dadurch ist der Druck bzw. das Interesse von diversen Verbänden bzw. Unternehmen zu erklären, die die Einführung von Straßengütertransportfahrzeugen mit erweiterten Dimensionen fordern.⁴⁵

Deutlich voneinander zu unterscheiden sind kurz- und langfristig eintretende Auswirkungen, die durch eine Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen zu erwarten sind. Die kurzfristig eintretenden Effekte wirken unmittelbar nach der Einführung und behalten ihre Wirkung, während die langfristig eintretenden Effekte erst im Verlauf mehrerer Jahre ihre Wirkung entfalten.⁴⁶ Drei der wesentlichen langfristigen Effekte sind:

1. Durch die Reduktion der Transportkosten kommt es unter den Bedingungen eines wettbewerbsintensiven Marktes wie dem Straßengüterverkehr in weiterer Folge zu einer Senkung der Transportpreise im Straßengüterverkehr. Unter der Annahme, dass die Preiselastizität der Nachfrage nach Transportleistungen > 0 ist⁴⁷, wird *Transport originär generiert*, da Unternehmen sich z.B. für transportintensivere Logistikstrukturen entscheiden. Wie viel Verkehr insgesamt generiert wird, hängt weiters davon ab, ob auch die anderen Verkehrsträger als Reaktion auf die Preisänderungen im verbundenen Markt des Straßenverkehrs ihre Transportpreise reduzieren und dadurch zusätzlicher Verkehr auch für andere Verkehrsträger generiert wird.
2. Durch die intermodale Konkurrenzsituation zu anderen Verkehrsträgern kommt es unter der Annahme, dass die Nachfrage nach Leistungen der einzelnen Verkehrsträger eine Preiselastizität > 0 haben und bei einer tatsächlichen Reduktion der Straßentransportpreise zu Verkehrsverlagerung hin zur Straße.
3. Die Struktur der Transportnachfrage (Sendungsstruktur) ändert sich. Durch die neuen Fahrzeuge adaptieren die Verloader ihre Sendungsgrößen und -frequenzen auf die neuen Fahrzeugdimensionen.

Unter diesen Bedingungen verlieren die anderen Verkehrsträger notwendigerweise relativ an Verkehrsleistungen an die Straße. Wie viel an Transportleistung an die Straße abgegeben wird, ist abhängig von den exakten Elastizitäten sowie einer Reihe von Begleitumständen, wie z.B. die Gestaltung von Auflagen und Mautsätzen für Eurocombi-Fahrzeuge.

⁴⁵Darunter befinden sich u. A. der Bundesverband der Deutschen Industrie (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2005)), der Bundesverband des Groß- und Außenhandels und der Verband Schwedischer Unternehmen (Ramberg (2004)).

⁴⁶McKinnon (2005) schätzt in seiner Arbeit über die Erhöhung der zGM in Großbritannien fast ausschließlich kurzfristige Faktoren ab. Dieses Vorgehen kritisiert Emberger (2005), S. 244ff zu Recht, bietet aber keine Lösungsmöglichkeiten.

⁴⁷Die Preiselastizität der Nachfrage ist definiert als $\eta_D = -\frac{\partial Q_D}{\partial P} / \frac{P}{Q_D}$.

7.4.2 Kostenvergleichsrechnung zwischen einem Standardsattelzug und einem Eurocombi

Um für die spätere Modellierung eine klare Ausgangsbasis bezüglich der Kosten eines schweren Standardgüterkraftfahrzeuges und einem Eurocombi zu haben, wird eine Lkw-Kostenrechnung für beide Fahrzeugtypen aufgestellt. Die Berechnungen erfolgen für zwei Referenzfahrzeuge, einen Standardsattelzug (zGM 40 t, 5 Achsen) und einen Eurocombi in B-Konfiguration. Diese beiden Fahrzeugkonfigurationen sind in ihrer Klasse stückzahlenmäßig vorherrschend.

Die getroffenen Annahmen wurden transparent dargestellt und aufbereitet. Da es sich bei so einer Kalkulation immer nur um eine Durchschnittskalkulation handeln kann, sind die Annahmen natürlich generell diskussionsfähig und das gewählte Preis- und Mengengerüst kann Änderungen unterworfen sein. Grundsätzlich relevant für den weiteren Verlauf der Arbeit ist aber vor allem das Kostenverhältnis, dass zwischen den Fahrzeugtypen besteht.⁴⁸

Die Kostenvergleichsrechnung bezieht sich auf deutsche Verhältnisse, ist jedoch auch auf Österreich weitgehend übertragbar. Die Rechtslage ist vom Stand September 2007, es werden Mauterhöhungen in Deutschland sowie neue Lenk- und Ruhezeitbestimmungen berücksichtigt.⁴⁹

Da für Eurocombi-Fahrzeuge derzeit keine Mautkostensätze verfügbar sind, wurde hier angenommen, dass sich der Mautsatz proportional zur Änderung der zGM der derzeitigen Lkw verhalten würde. Für Österreich wären das demnach EUR 0,5115 pro gefahrenem Kilometer auf hochrangigen Straßen, für Deutschland EUR 0,165 für Fahrzeuge mit EURO V-Abgasnorm.⁵⁰ Die Treibstoffkosten wurden auf Basis eines Durchschnittspreises im ersten Halbjahr 2007 ermittelt, um die Umsatzsteuer (USt.) bereinigt und ein 6 %iger Abschlag für die Nutzung von Lkw-Tankstellen mit günstigeren Kosten gebildet. Entsprechend angepasst wurden auch die Kfz-Steuer sowie die Wartungskostensätze. Die Kfz-Steuer wurde bereits mit dem EU-Mindestsatz, wie für Deutschland ab 1. September 2007 für EURO V Fahrzeuge gültig, in die Berechnung aufgenommen, die Hochrechnung auf die Eurocombi-Fahrzeuge erfolgte über das Verhältnis der zGM.

Der Kraftstoffverbrauch von Eurocombi-Fahrzeugen ist einer der Schlüsselbereiche für mögliche Kosteneinsparungen. Dementsprechend vorsichtig wurde hier aus den Daten eine

⁴⁸Literatur zur Lkw-Kostenrechnung gibt es u.A. von Huemer und Stowasser (1998).

⁴⁹Vgl. dazu die RL 2002/15/EG, in Österreich umgesetzt durch Novellierung des Arbeitszeitgesetzes und Arbeitsrechtsgesetzes per 1. Juli 2006. In Deutschland sind die Regelungen ähnlich und traten mit 1. September 2006 in Kraft.

⁵⁰Vgl. die in §9 Bundesstraßenmautgesetz idF. BGBl. I Nr. 26/2006 in Österreich festgelegten Verhältnisse zwischen den Mautsätzen.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Annahme getroffen. Gemäß den Ergebnissen des niederländischen Testversuchs sind für Eurocombi vom Typ D 37,1 lt Kraftstoff pro 100 km zu veranschlagen.⁵¹ Andere Untersuchungen aus Deutschland zeigen Verbrauchswerte von nur 33 lt/100 km.⁵² Im Zuge der sehr vorsichtigen Annahmen und auch der Prämisse, dass lediglich EURO V-Fahrzeuge, die einen leicht höheren Kraftstoffverbrauch aufweisen, verwendet werden, wurde für einen Standardsattelzug ein durchschnittlicher Kraftstoff von 31 lt/100 km und für einen Eurocombi Typ D von 38,3 lt/100 km angenommen.

Diese und alle anderen Werte wurden in der Tabelle 7.7 dargestellt und transparent kommentiert. Die Kalkulation versteht sich als beispielhaft für ein Fahrzeug, dass im Ferntransport mit einfacher Fahrerbesetzung eingesetzt wird.⁵³

Analysiert man die Sensitivitäten der einzelnen Kostenpositionen in Tabelle 7.7, so fallen vor allem die Jahreskilometerleistung sowie die Treibstoffkosten als besonders sensible Einflussgrößen auf. Einfluss auf die Kostenrechnung haben auch mögliche spezielle Regelungen betreffend der sicherheitsrelevanten Ausstattung der Fahrzeuge sowie etwaige Fahrertrainings.

Bezieht man die Ergebnisse der Kostenrechnung mit den gezeigten absoluten Kostenwerten nun auf die Fahrleistung, so zeigen sich die in Tabelle 7.8 angegebenen Werte. Die variablen Kosten pro Kilometer liegen beim Eurocombi-Fahrzeug um rund 32 % höher als bei einem Standardsattelzug, die fixen Kosten um rund 23 %. Bricht man die gesamten Kosten auf die Jahresfahrleistung um, so erhält man bei den Eurocombi-Fahrzeugen rund 27 % höhere Kosten pro Kilometer. Exkludiert man die Mautkosten als Teil der variablen Kosten bzw. die Personalkosten als Teil der fixen Kosten, so zeigt sich vor allem die starke Fixkostendegression durch Eurocombi-Fahrzeuge.

Weiters sind in der Tabelle 7.8 die Gesamtkosten der beiden Fahrzeugklassen auch zu Faktorkosten dargestellt. Für die gesamtwirtschaftliche Bewertung sind auch die Faktorkosten⁵⁴ pro Kilometer für beide Fahrzeugklassen ausgewiesen. In diesem Kostenwert wurden die indirekten Steuern (Mineralölsteuer, Versicherungssteuer, Kfz-Steuer) abgezogen. Dieser Kostenersatz wird im Verlauf der Arbeit für die gesamtwirtschaftliche Beurteilung herangezogen.

⁵¹Vgl. Hagen u. a. (2006), S. 30.

⁵²Vgl. Grimm (2007), S. 1.

⁵³Vgl. dazu die Fahrzeugkostenrechnung von Meyer-Rühle u. a. (2005), S. 65ff.

⁵⁴Die gezahlten Steuern stellen keinen Ressourcenverzehr dar. (vgl. Cerwenka u. a. (2007), S. 61ff) Die Lkw-Maut wurde als ressourcenverzehrend angenommen, da diese auf Basis der Wegekostenrechnung (Rommerskirchen u. a. (2002)) ermittelt wurden und die Kosten der Nutzung der Straßeninfrastruktur decken. Produkte zu Marktpreisen und Faktorkosten unterscheiden sich durch die Differenz zwischen Produktions- und Importabgaben („indirekte Steuern“) und Subventionen (der Saldo wird auch manchmal mit „Nettoabgabe im Produktionsbereich“ bezeichnet). Die Produkte/Einkommen zu Faktorkosten berechnen den Wert der Güterproduktion als Summe der im privatwirtschaftlichen Bereich entstandenen Kosten. Addiert man die Produktions- und Importabgaben hinzu und zieht die Subventionen ab, so erhält man den Marktwert der Güter. Felderer und Homburg (2005), S. 40 sowie die Definition im ESVG 1999.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Kostenposition	Schwerer Standardsattelzug		Eurocombi in D-Konfiguration	
Jahreslaufleistung [km]	150.000		150.000	
<i>Variable Kosten [EUR]</i>				
Treibstoffkosten	42.368,56	Verbr. 31 lt/100 km, EUR 0,91/lt Diesel exkl. USt.	52.327,04	Verbr. 38,3 lt/100 km, EUR 0,91/lt Diesel exkl. USt.
Ad Blue für EURO 5	1.116,00	Verbr. 4 %/lt Diesel, EUR 0,60/lt	1.378,80	Verbr. 4 %/lt Diesel, EUR 0,60/lt
Schmiermittelkosten	1.500,00	EUR 0,01/km	1.500,00	EUR 0,01/km
Reifenkosten	2.160,00	EUR 300,00/Reifen, Laufleistung 250.000 km mit Nachschnitt	3.960,00	EUR 300,00/Reifen, Laufleistung 250.000 km mit Nachschnitt
Lkw-Maut	14.850,00	Lkw-Mautsatz EUR 0,11/km, 90 % Anteil mautfpl. Straßen	22.275,00	Lkw-Mautsatz EUR 0,165/km, 90 % Anteil mautfpl. Straßen
Instandhaltung	4.500,00	EUR 0,03/km	6.000,00	EUR 0,04/km
Summe var. Kosten	66.494,56		87.440,84	
<i>Fixe Kosten [EUR]</i>				
Fahrpersonal	46.122,78	lt. Tarifvertrag inkl. 12 Überstunden p.m., 1,2 Fahrer pro Fahrzeug, inkl. Sonderzahlungen, Taggelder und Lohnnebenkosten	48.182,34	lt. Tarifvertrag plus 15 % inkl. 12 Überstunden p.m., 1,2 Fahrer pro Fahrzeug, inkl. Sonderzahlungen, Taggelder und Lohnnebenkosten
Abschreibung	16.642,86	AW Zugmaschine EUR 90.000 (Afa 5 Jahre, RW EUR 15.000), AW Auflieger EUR 28.000 (14 Jahre Afa, RW EUR 5.000)	27.428,57	AW Motorwagen EUR 135.000 (Afa 5 Jahre, RW EUR 15.000), AW Auflieger EUR 28.000 (Afa 14 Jahre, RW EUR 5.000), AW Dolly EUR 25.000 (Afa 14 Jahre, kein RW)
Schneeketten	420,00	Schneekettenpflicht	420,00	Schneekettenpflicht
Finanzierungskosten	3.540,00	Finanzierungskosten des Fahrzeuges, 6 % Zinsen	5.640,00	Finanzierungskosten des Fahrzeuges, 6 % Zinsen
Versicherungen	9.000,00	Haftpflicht- und Kaskoversicherung	11.400,00	Haftpflicht- und Kaskoversicherung
Kfz-Steuer	929,00	Kfz-Steuer EU-Mindestsatz	1.393,50	Kfz-Steuer auf zGM hochgerechnet
Summe fixe Kosten	76.654,64		64.464,41	
Gesamtkosten p.a.	143.149,19		181.905,25	

Tabelle 7.7: Fahrzeugkostenvergleichsrechnung zwischen einem schweren Standardgüterkraftfahrzeug und einem Eurocombi in D-Konfiguration (AW = Anschaffungswert, RW = Restwert) für Deutschland

(Quelle: Eigene Berechnungen)

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Kostenposition	Schwerer Standardsattelzug	Eurocombi D-Konfiguration	Veränderung
Variable Kosten pro km	0,443	0,583	+ 31,6 %
Fixe Kosten pro km	0,511	0,630	+ 23,3 %
Gesamte Kosten pro km	0,954	1,213	+ 27,1 %
Gesamte Kosten pro km ohne Maut	0,855	1,064	+ 24,4 %
Gesamte Kosten pro km ohne Personal	0,647	0,891	+ 37,7 %
Gesamte Kosten pro km zu Faktorkosten	0,805	1,027	+ 27,6 %

Tabelle 7.8: Fahrzeugbetriebskostenvergleichsrechnung pro Kilometer zwischen einem schweren Standardgüterkraftfahrzeug und einem Eurocombi in D-Konfiguration (Quelle: Eigene Berechnungen)

Ein sehr ähnliches Kostenverhältnis der Kosten pro Kilometer eines Eurocombi-Fahrzeuges im Vergleich zu einem schweren Standardgüterkraftfahrzeug wie in Tabelle 7.8 ergeben sich auch bei anderen Kostenvergleichsrechnungen.⁵⁵

Berechnet man in der Folge die Kosten pro Tonnenkilometer (tkm)⁵⁶, so zeigen sich bei einem Standard-Sattelzug bei gewichtsmäßiger Vollauslastung Kosten von EUR 0,0367 pro tkm und bei einem Eurocombi-Fahrzeug von EUR 0,0328 pro tkm. Das bedeutet, dass im optimalen Fall der Vollauslastung die Transportkosten im Eurocombi um rund 10,7 % geringer sind. Bezieht man die Transportkosten auf das Nutzvolumen, dann ergibt sich ein Kostenvorteil des Eurocombi von rund 11,5 %. Bei den Kosten pro Palettenstellplatzkilometer betragen die Kosteneinsparungen 16,9 %. Damit kann man für einen Euro eine Palette in einem voll ausgelasteten Eurocombi-Fahrzeug rund 42,9 km weit transportieren, mit einem Standardsattelzug sind nur 35,6 km möglich.

Um die Bereiche zu identifizieren, in denen Eurocombi-Fahrzeuge besonders hohe Vorteile gegenüber konventionellen Fahrzeugen aufweisen, können die Kostenverläufe in Abhängigkeit der Sendungsgröße dargestellt werden. In dieser Arbeit wurde das Sendungsgewicht als Maß für die Sendungsgröße verwendet, eine Darstellung bezogen auf andere Maße für die Sendungsgröße wie z.B. das Volumen oder die Anzahl der Paletten würde das Ergebnis nicht beeinflussen.

Die Abbildung 7.9 zeigt den Kostenverlauf eines schweren Standardsattelzuges im Vergleich mit dem eines Eurocombi pro 1.000 km und pro Tonne der Sendung.⁵⁷ Erkennbar ist,

⁵⁵Vgl. Wildhage (2005).

⁵⁶Das Maß „Tonnenkilometer“ ist zur Bewertung des Outputs bei Transportleistungen ein mit vielen Problemen behaftetes, vgl. Jara-Díaz (1982). Aufgrund der Daten die als Ausgangsbasis vorliegen, muss zwangsläufig auf dieses Maß zurückgegriffen werden.

⁵⁷Diese Grafik kann auch mit mehreren Fahrzeugtypen gezeichnet werden, hier wird aus Gründen der Übersicht-

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

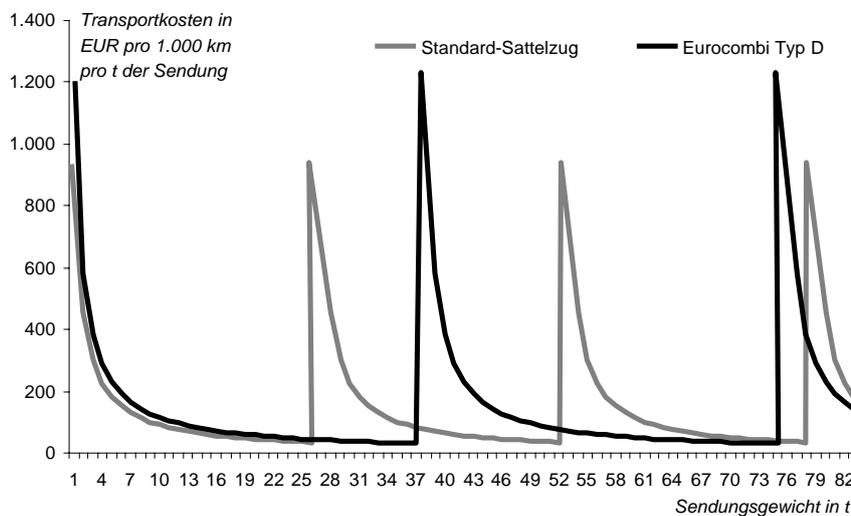


Abbildung 7.9: Schematischer Transportkostenverlauf einer Sendung pro Tonne der Sendung bei Verfügbarkeit von zwei Fahrzeugtypen
(Quelle: Eigene Darstellung)

dass bis zu einem Sendungsgewicht von 26 t die Kosten eines Eurocombi-Fahrzeuges über jenen des Standardgüterkraftfahrzeuges liegen.⁵⁸ Ist eine Sendung größer als die maximale Kapazität eines Fahrzeuges, so kann entweder das nächstgrößere Fahrzeug eingesetzt werden oder die Sendung geteilt werden. Letzteres muss erfolgen, wenn die größten erlaubten Fahrzeuge die Sendung nicht auf einmal aufnehmen können.

Bei Formalisierung des Problems der optimalen Flottenkomposition für ein Unternehmen ist die Formulierung eines ganzzahligen linearen Optimierungsproblems hilfreich. Vereinfacht nimmt man dazu einen Warenfluß in eine Richtung y_{12} mit einer konstanten Entfernung \bar{d} zwischen den Punkten 1 und 2 an. Um die optimale Flottenkomposition zu ermitteln, kann man Etezadi und Beasley⁵⁹ vereinfachend folgend, das folgende MIP (mixed integer program) formulieren:

K_j bezeichnet die Anzahl der unterschiedlichen Fahrzeugtypen, zum Beispiel Standardgüterkraftfahrzeuge K_{26} mit einer Kapazität von 26 t und Eurocombi-Fahrzeuge K_{37} mit einer Kapazität von 37 t usw. Die Variable c_j zeigt den Kostensatz pro Tonnenkilometer der jeweiligen Fahrzeugtypen. Es wird im Einklang mit den Ergebnissen aus der Kostenrechnung aus

lichkeit nur mit zwei Fahrzeugtypen gearbeitet. Hätte man mehrere Fahrzeugtypen, so würde man sehen, dass es an deutlich mehr Stellen geringere Kosten gibt und die unterschiedlichen Sendungsgrößen mit adäquateren Transportmitteln geladen werden können.

⁵⁸Das zeigt deutlich, dass Eurocombi-Fahrzeuge aus reinen Kostengründen nicht für den Transport von Sendungen unter 26 t Gewicht herangezogen werden.

⁵⁹Vgl. Etezadi und Beasley (1983), das Modell für diesen Zweck stark vereinfacht.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

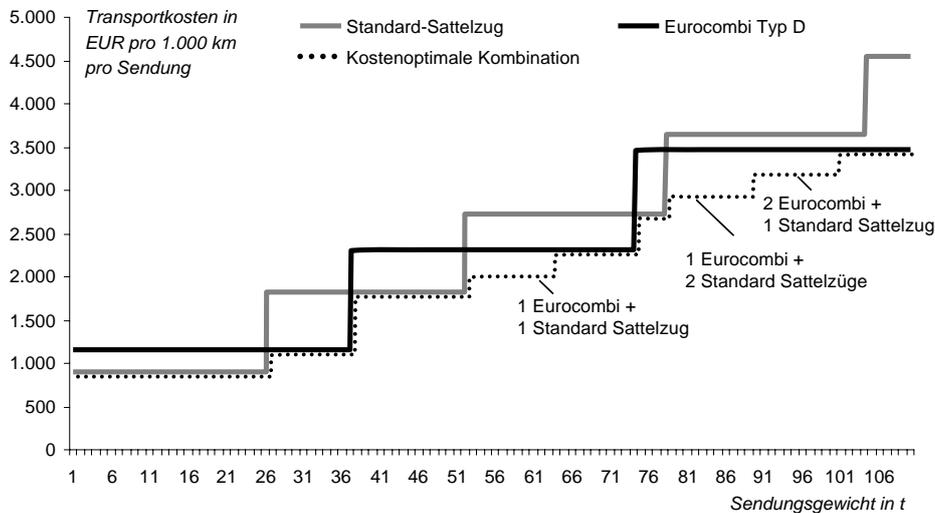


Abbildung 7.10: Schematische Transportkostenverläufe einer Sendung bei Verfügbarkeit von zwei Fahrzeugtypen
(Quelle: Eigene Darstellung)

Tabelle 7.7 angenommen, dass der Kostensatz pro Tonnenkilometer mit zunehmender Größe des Fahrzeuges sinkt, da es ansonsten betriebswirtschaftlich keinen Sinn machen würde diese Fahrzeuge einzusetzen. Die Variable a_j bezeichnet die Kapazität der unterschiedlichen Fahrzeugtypen K_j .

$$\min \sum_l c_l x_l \quad (7.1)$$

$$s.t. \sum_l a_l x_l \leq y_1 2 \quad (7.2)$$

$$x \geq 0 \quad (7.3)$$

$$x = \{0, 1, 2, \dots\} \quad (7.4)$$

Zur graphischen Darstellung mit zwei Fahrzeugtypen (Eurocombi-Fahrzeuge mit 37 t Zuladung und schwere Standardgüterkraftfahrzeuge mit 26 t Zuladung) werden zusätzlich Kostensätze aus der Fahrzeugkostenrechnung und eine fixe Entfernung \bar{d} von 1.000 km angenommen. Das Ergebnis dieses Beispiels zeigt Abbildung 7.10.

Die gepunktete Linie zeigt dabei die geringsten erreichbaren Kosten bei optimaler Kombination der Fahrzeugtypen unter den gegebenen Restriktionen. Dies können einerseits durch den Einsatz von nur einem Fahrzeugtyp, in diesem Fall liegt die gepunktete Linie direkt an einer Kostenkurve eines der beiden Fahrzeugtypen an, oder andererseits im gemischten Einsatz zweier (mehrerer) Fahrzeugtypen (in diesem Fall liegt die gepunktete Linie in einem Abstand

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

unter den Kostenkurven des Einsatzes von nur einem Fahrzeugtyp) erreicht werden. In der Realität stellt sich die Flottenplanung von Transportunternehmen noch wesentlich komplexer dar, da viele unterschiedliche Transportgüter, Fahrzeugtypen, Streckenlängen usw. berücksichtigt werden müssen. Auch dynamische Aspekte wie Nachfragewachstum oder Unternehmensexpansion können eine Rolle spielen.

Damit ist auch klar, dass wesentliche Entscheidungen über das Ausmaß des Einsatzes von Eurocombi-Fahrzeugen bei den Unternehmen getroffen werden. Eine Simulation der Einführung solcher Fahrzeuge wäre daher auf dieser Ebene besonders interessant, scheitert aber an der Verfügbarkeit von Datenmaterial. Prinzipiell wären Erhebungen durch Umfragen bei Transportunternehmen möglich, diese lassen allerdings aufgrund der noch sehr geringen Erfahrungen der Unternehmen mit Eurocombi-Fahrzeugen nur begrenzte Aussagekraft erwarten.

Es wird infolgedessen auf eine Abschätzung des Einsatzes von Eurocombi-Fahrzeugen bei Zulassung aus einer Makro-Perspektive zurückgegriffen.

7.4.3 Modell zur Abschätzung der Auswirkungen einer Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen im Straßengüterverkehr

7.4.3.1 Allgemeines zur Abschätzung von Auswirkungen der Zulassung von neuen Fahrzeugtypen

Die Abschätzung des Anteils an Eurocombi-Fahrzeugen, die bei deren Zulassung verkehren werden, gestaltet sich als sehr komplex und vieldimensional. Zu beachten ist vor allem, dass Gütertransport selbst nur ein Teil von Logistiksystemen und Supply Chains ist und daher nur einen Teil der entscheidungsrelevanten Kosten darstellt. Eine Vergrößerung der Transporteinheiten und damit eine Senkung der Lieferfrequenzen bedingt beispielsweise eine Erhöhung von Lagerkosten, da Lieferfrequenzen und Lagerbestände einen Trade-Off bilden.⁶⁰ Es ergibt sich daher, dass Eurocombi-Fahrzeuge die Logistikstrukturen zu größeren Ladungen und damit zu weniger Lkw-Fahrten führen, was dem Trend der vergangenen Jahre zur Reduktion der Sendungsgrößen aufgrund der Wertsteigerung der Güter entgegensteht.

Die Schätzung der Anzahl an Eurocombi-Fahrzeugen, die nach einer weitgehenden Zulassung verkehren würden, gestaltet sich insofern als schwierig, da das vorhandene Datenmaterial keine optimale Ausgangsbasis liefert.⁶¹ Folgende Probleme treten auf:

⁶⁰Hierzu existiert ausführliche Literatur, beispielhaft sind die klassische Arbeit von Baumol und Vinod (1970), bei der Transport- und Lagerkosten berücksichtigt wurden und der allgemeinere Artikel von Carter und Ferrin (1995). McKinnon und Woodburn (1996) geht explizit auf die Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Logistikstrukturen und dem Gütertransport generell ein.

⁶¹Vgl. für die USA zur Transportstatistik Han und Fang (1998).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

1. Für Verlagerungen primär relevant sind Sendungen, die in den derzeit zugelassenen Standard-Güterkraftfahrzeugen aufgrund von Volumens- oder Massebeschränkungen nicht auf einmal transportiert werden können. Es ergibt sich jedoch häufig aus Unpaarigkeiten, Lieferzeiterfordernissen, Umlaufgründen sowie Frachtpreisvereinbarungen, dass kleinere Sendungen mit größeren Fahrzeugen transportiert werden und umgekehrt größere Sendungen mit mehreren kleineren Fahrzeugen. Diese Vorgänge können nicht abgebildet werden.
2. Es gibt keine Statistiken darüber, die Sendungen bzw. deren Maße und Gewichte und damit die eigentliche Transportnachfrage erfassen. Es werden statistisch immer nur Fahrten oder Fahrzeuge und deren Auslastungen erfasst, womit die Nachfrage schon mit den spezifischen Anforderungen der Leistungserstellungssysteme (Lademittelgrößen, etc.) vermenget ist. Das bedeutet, dass man statistisch ein Marktergebnis als Ausgangsbasis nimmt, das bereits von den derzeit gültigen Regelungen hinsichtlich der Lkw-Dimensionen determiniert ist. Bei einer Veränderung der Rahmenbedingungen für Leistungserstellungssysteme verändert sich daher die Berechnungsbasis selbst.

Damit ist eine Abschätzung der Verlagerung von Transportleistungen innerhalb des Verkehrsträgers Straße selbst schon sehr komplex. Das Abschätzen der intermodalen Verkehrsverlagerung und die Veränderung des Transportaufkommens allgemein erhöht diese Komplexität weiter. Ein Modellierungsansatz dieser vielfältigen Wirkungsmethoden aus makroskopischer Perspektive findet sich in den folgenden Abschnitten. Ein Ansatz zur Mikromodellierung wird daran anschließend in Abschnitt 7.5 vorgestellt.

7.4.3.2 Ausgangsbasis für die Modellierung der Auswirkungen einer Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen im Straßengüterverkehrssektor

Methoden zur Abschätzung des Ausmaßes, in dem Eurocombi-Fahrzeuge bei einer Zulassung eingesetzt werden, finden sich in sehr unterschiedlicher Form.⁶² Eine Gruppe der Modellierungen zielt vor allem auf die Auswirkungen im Verkehrsträger Straße.⁶³ Eine andere Gruppe versucht, die Auswirkungen der Zulassung auf andere Verkehrsträger (vor allem der Eisenbahn) abzuschätzen.⁶⁴

Für die Schweiz existiert durch die Erhöhung der zGM im Zuge der Einführung der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) ein gewisses Referenzbeispiel für die Aus-

⁶²Eine Übersicht über grundlegende Arbeiten zur Modellierung von Güterverkehren vgl. Harker (1985).

⁶³Glaeser u. a. (2006), S. 35ff und Anhang 0 sowie nur für kleinere Änderungen in der zGM McKinnon (2005) S. 84 bieten dazu eine recht ausführliche methodische Arbeit. Oft finden sich auch einfachere Modellierungen wie bei Allan Kennaird Consulting (2001), S. 41ff und bei Binnenbruck (2005), S. 496.

⁶⁴Vgl. dazu K+P Transport Consultants (2006) sowie TIMCONSULT (2006). Beide Arbeiten legen ihre Berechnungsmethodik nicht offen.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

wirkungen von Erhöhungen der zulässigen Dimensionen von Güterkraftfahrzeugen. Im Jahr 2001 wurde das zGM von 28 auf 34 t angehoben. Die Auswirkungen waren zwar weiterhin steigende Verkehrsleistungen jedoch bei gleichzeitig *rückläufigen* Fahrleistungen.⁶⁵

Die folgende Berechnung wird für Deutschland durchgeführt, da die Datenlage für eine solche Abschätzung deutlich besser ist als jene in Österreich. Die grundsätzlich entwickelte Methode kann aber entsprechend adaptiert werden.

Der derzeit im Straßengüterfernverkehr erbrachte Anteil an den Transportleistungen ist nicht direkt ermittelbar, kann aber auf drei Wege grob abgeschätzt werden, was exemplarisch für Deutschland durchgeführt wurde.⁶⁶

- Die Transportleistungen, die in Fahrten mit einer Entfernungsstufe über 150 km getätigt wurden. Das ergibt für gewerblichen Verkehr und Werksverkehr eine Transportleistung von 233.275,7 Mio. tkm.
- Die Transportleistungen, die in Fahrten mit Fahrzeugen mit einer zGM (ohne Begrenzung des Höchstgewichts) von 40 t abgewickelt wurden. Das ergibt für den gewerblichen Verkehr und Werksverkehr eine Transportleistung von 284.166,7 Mio. tkm.
- Die Transportleistungen, die mit Fahrzeugkombinationen erbracht wurden, die aufgrund ihrer Achskombination die Ausnützung der Höchstgewichte erlauben. Das ergibt für gewerblichen Verkehr und Werksverkehr eine Transportleistung von 280.345,5 Mio. tkm.

Da in diesen Zahlen aber auch Fahrten enthalten sind, in denen aus Umlauf- und anderen Gründen die Transportnachfrage selbst nicht den Einsatz eines schweren Standardgüterkraftfahrzeuges mit einer zGM von über 30 t erfordert hätte, wurden nur jene Fahrten als Ausgangsbasis herangezogen, die eine sehr hohe Volumenauslastung aufweisen. Das Volumen wurde gewählt, weil darüber Statistiken vorliegen, die es im Gegensatz dazu nicht hinsichtlich der Ausnutzung der Palettenstellplätze gibt.

Die Ausgangsdaten wurden getrennt für Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 30.000 und 39.999 kg sowie zwischen 40.000 und 44.000 kg ermittelt um später bei diesen beiden Gruppen unterschiedlich starke Affinität der Sendungen zur Migration auf Eurocombi-Fahrzeuge annehmen zu können. Die Tabelle 7.9 zeigt die verwendeten Ausgangsdaten.⁶⁷ Diesen Daten

⁶⁵Vgl. ARE (2004), S. 54ff.

⁶⁶Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 78ff. Dabei wurden bei der Ermittlung nach Achszahlen die Fahrzeugkombinationen mit Sattelanhängern mit einer und zwei Achsen unterschieden. Bei der Ermittlung nach gewichtsmäßiger Fahrzeuggröße wurde immer die Erfassungsmethode „Mit Beschränkung des Höchstgewichts“ gewählt.

⁶⁷Die bedeutendste Ausgangsbasis ist Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 80ff.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

<i>Fahrten über 91 % Volumenauslastung</i>	Schwere Standardgüterkraftfahrzeuge	
	<i>zGM 30.000 bis 39.999 kg</i>	<i>zGM 40.000 bis 44.000 kg</i>
Verkehrsleistung mit deutschen Fahrzeugen in tkm	25.355.092.612,77	138.372.056.708,47
Verkehrsleistung mit ausländischen Fahrzeugen in tkm	11.201.897.820,25	61.132.872.362,14
Verkehrsleistung Gesamt in tkm	36.556.990.433,02	199.504.929.070,60
Anzahl Fahrten inländische Fahrzeuge	23.322.642,44	53.590.680,82
Anzahl Fahrten ausländische Fahrzeuge	2.455.469,77	5.642.169,29
Anzahl Fahrten Gesamt	25.778.112,21	59.232.850,11
Fahrleistung inländische Fahrzeuge in km	1.929.703.258,55	8.073.326.786,44
Fahrleistung ausländische Fahrzeuge in km	852.544.262,24	3.566.801.475,05
Fahrleistung gesamt in km	2.782.247.520,79	11.640.128.261,48
durchschnittliche Transportweite inländische Fahrzeuge in km	82,74	150,65
durchschnittliche Transportweite ausländische Fahrzeuge in km	347,20	632,17
durchschnittliche Transportweite in- und ausländische Fahrzeuge in km	107,93	196,51
durchschnittliche gewichtsmäßige Auslastung pro Lastfahrt in t	13,14	17,14

Tabelle 7.9: Leistungsdaten Güterkraftfahrzeuge über 30.000 kg zGM für Deutschland, Bezugsjahr 2005

(Quelle: Eigene Berechnungen, verschiedene Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes)

zufolge sind potentiell rund 76,9 % aller im Straßengüterverkehr Deutschlands von in- und ausländischen Fahrzeugen erbrachten Transportleistungen grundsätzlich verlagerbar.⁶⁸

Die Beförderungsleistungen von Fahrzeugen über einer zGM über 40 t wurden in den Berechnungen berücksichtigt, obwohl es sich dabei vor allem um Vor- und Nachlaufleistungen zum kombinierten Verkehr handelt und daher zum Teil andere Mechanismen durch die Kombination mit dem Eisenbahnverkehr zum Tragen kommen. Die Berechnung der Anteile der

⁶⁸Das deckt sich auch ungefähr mit den Statistiken aus Schweden, wonach über 80 % der Transportleistungen in Schweden von Eurocombi Fahrzeugen erbracht werden. (Vgl. Statens institut för kommunikationsanalys (2007), S. 11) Insgesamt sind die Statistiken aus Schweden nicht einfach auf die Situation in Deutschland oder Österreich übertragbar, da in Skandinavien die Bedeutung der Grundstoffindustrien höher ist, die Dichte des Eisenbahnnetzes geringer ausfällt und die Straßeninfrastruktur auch abseits der hochrangigen Straßen sehr großzügig angelegt ist. Vgl. ähnliche Argumente in Glaeser u. a. (2006), S. 37.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

von ausländischen Fahrzeugen in Deutschland erbrachten Transportleistungen, Fahrleistungen und Fahrten erfolgte über eine Hochrechnung aus dem Jahr 2004.⁶⁹ Dabei wurde angenommen, dass die ausländischen Fahrzeuge die gleiche Auslastung wie die inländischen Fahrzeuge aufweisen. Der Leerfahrtenanteil wurde allerdings differenziert nach in- und ausländischen Fahrzeugen.

Nach dem Erfassen der Ausgangsdaten erfolgt das Festlegen der zur Modellierung notwendigen Parameter. Um die Robustheit des Modells zu gewährleisten, werden die Annahmen auch statistisch unterlegt bzw. deduktiv abgeleitet. Die besonders sensiblen Annahmen werden mit einem „*“ gekennzeichnet und bei der Entwicklung der Modellierungsergebnisse in einer Sensitivitätsanalyse variiert und dadurch deren Einfluss in einer gewissen Bandbreite auf das Ergebnis dargestellt. Die Variationsbandbreite wird in Klammern ausgewiesen.

In Tabelle 7.10 werden die Parameter für den Straßengüterverkehrssektor dargestellt. Das Ladevermögen von Güterkraftfahrzeugen wurde in Abschnitt 7.3 bereits diskutiert. Die Auslastungskennzahlen für das Gewicht sind berechnet aus den Werten der Tabelle 7.9, für das Volumen wurde 95 % angenommen (die Untersuchung umfasst nur Fahrten mit einer Auslastung über 91 %).

Die Leerfahrtenanteile für die Standardgüterkraftfahrzeuge wurden aus Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes⁷⁰ entnommen. Die Zahlen für die inländischen Fahrzeuge entsprechen dabei den Werten der jeweiligen Gewichtsklassen. Für die ausländischen Fahrzeuge wurde unter gegebener durchschnittlicher Fahrtränge das Äquivalent der inländischen Leerfahrtenanteile angenommen. Der Anteil für Eurocombi-Fahrzeuge beruht auf einer Schätzung⁷¹, wobei diese einerseits die Tatsache erfasst, dass Eurocombi-Fahrzeuge eher längere Distanzen zurücklegen und andererseits aufgrund der höheren Kosten pro km der Druck zu geringeren Leerfahrtenanteilen besteht. Allerdings ist vor allem zu Beginn einer Eurocombi-Zulassung keine deutliche Reduktion gegenüber den Standardgüterkraftfahrzeugen zu erwarten, da der Anteil dieser Fahrzeuge an der Gesamtflotte geringer ist und daher die Wahrscheinlichkeit, ein passendes Fahrzeug verfügbar zu haben, ebenfalls geringer ist. Denkbar wäre auch der Argumentationsgang, dass die Leerfahrtenanteile der Standardgüterkraftfahrzeuge und der Eurocombi-Fahrzeuge ansteigen, da durch die weniger homogene Fahrzeugflotte die Flexibilität sinkt. Generell bleiben solche Effekte aber stark begrenzt, da Eurocombi-Fahrzeuge immer Kombinationen von Standardgüterkraftfahrzeugen sind und daher auch jederzeit als Standardfahrzeuge verkehren können.⁷² Generell ist die Annahme der Leerfahrtenanteile der

⁶⁹Dazu verwendet wurde Kraftfahrt-Bundesamt (2007), S. 3 und 5. Die Werte wurden mit 3 % hochgerechnet für 2005. Die Fahrleistungen wurden gegengeprüft mit den Angaben aus Deutscher Bundestag (2007), S. 49.

⁷⁰Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 80ff.

⁷¹Vgl. auch die Werte der niederländischen Testläufe in Hagen u. a. (2006).

⁷²Zur Thematik der Leerfahrten vgl. auch McKinnon u. a. (2004), S.38ff.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Eurocombi-Fahrzeuge keine besonders sensible Annahme, da die zu erwartenden Schwankungsbreiten gering sind.

Die nicht-verlagerbaren Güter sind jene Güter, die aller Voraussicht nach nicht für den Transport auf Eurocombi-Fahrzeugen zugelassen werden. Dies sind vor allem Gefahrgüter⁷³. Deren Anteil wurde mit 5,00 % abgeschätzt. Der Anteil der innerhalb des Straßenverkehrssektors auf Eurocombi-Fahrzeuge verlagerbaren Transportleistungen wurde im Ausgangsszenario mit 20 % für Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 30.000 und 39.999 kg, bzw. mit 40 % für Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 40.000 und 44.000 kg angenommen.⁷⁴ Die Variationsbreiten und die Ausgangswerte für die spätere Analyse wurden bei den kleineren Fahrzeugen niedriger angesetzt, da in diesem Segment die Wahrscheinlichkeit einer Verlagerung auf Eurocombi-Fahrzeuge geringer ist.

Die Kostenwerte wurden aus der Kostenrechnung in Tabelle 7.8 übernommen. Die Einsparungen an Kosten pro tkm liegen über jenen Einsparungen pro m^3 km, da das Volumen bei den Eurocombi-Fahrzeugen nicht mehr einen so stark beschränkenden Faktor darstellt. Das bedeutet, dass die Volumenauslastung von Eurocombi-Fahrzeugen im Durchschnitt unter der derzeitigen Volumenauslastung schwerer Standardgüterkraftfahrzeuge liegen wird. Die Gewichtsauslastung wird ähnlich hoch wie bisher angenommen.

Nach der Darstellung der Ausgangssituation im Straßengüterverkehrssektor selbst sind noch weitere Inputdaten für die Modellierung der intermodalen Auswirkungen erforderlich, was im folgenden Abschnitt dargestellt wird. Aus dieser Modellierung der intermodalen Auswirkungen errechnen sich dann die Transportleistungen, die unter den gegebenen Annahmen bei Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen im gesamten Straßengüterverkehrssektor zu erwarten sind.

7.4.3.3 Verkehrsträgerübergreifende Modellkonfiguration und Eingangsdaten zur Modellierung

Die Modellierung der verkehrsträgerübergreifenden Effekte ist besonders bedeutend, da hier mehrere zum Teil gegenläufige, Faktoren zur Wirkung kommen. So ist beispielsweise der Zuwachs der Transportleistungen im Straßengüterverkehr bei einer Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen davon abhängig, wie weit die Transportpreise im Straßengüterverkehr gesenkt werden, ob diese im Schienengüterverkehr gesenkt werden und in welchem Ausmaß. Dadurch entstehen verschiedenste Wechselwirkungen. Hinzu kommt, dass bei Transportpreissenkungen auch die allgemeine Transportnachfrage zunimmt.

⁷³Vgl. Glaeser u. a. (2006), S. 41 und Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (2006), S. 102

⁷⁴Debauche und Decock (2007), S. 8f erheben bei einer Umfrage unter Straßentransportunternehmern in Belgien, dass rund 53 % der Unternehmen Eurocombi-Fahrzeuge für eine Alternative halten.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Fahrten über 91 % Volumenauslastung	Güterkraftfahrzeuge		
	zGM von 30.000 kg bis 39.999 kg	zGM von 40.000 kg bis 44.000 kg	Eurocombi
Ladevermögen in t pro Fahrzeug	21,00	26,00	37,00
Ladevermögen in m ³ pro Fahrzeug	90,00	101,00	145,00
Gewichtsauslastung in %	62,57	65,92	65,00* (50-80)
Volumenauslastung in %	95,00	95,00	90,00* (85-95)
Leerfahrten in % der Lastfahrten inländ. Fzg.	27,81	24,02	16,00
Leerfahrten in % der Lastfahrten ausländ. Fzg.	13,74	4,93	
Anteil nicht-verlagerbare Güter in %	5,00	5,00	
Anteil der verlagerten Transportleistungen auf Eurocombi-Fzg in %	20,00* (10-30)	40,00* (30-50)	
Transportkosten pro Fzg.-km in EUR	0,9066	0,9543	1,2127
Transportkosten pro tkm in EUR abhängig von Auslastungsannahmen	0,06900	0,05568	0,05042
Transportkosten pro m ³ km in EUR abhängig von Auslastungsannahmen	0,01060	0,00995	0,00929
Kostenreduktion Standard-Fzg. zu Eurocombi pro tkm in %	12,67		
Kostenreduktion Standard-Fzg. zu Eurocombi pro m ³ km in %	7,64		

Tabelle 7.10: Straßengüterverkehrsbezogene Eingangswerte der Modellierung (* = Variation in Sensitivitätsanalyse, Variationsbandbreite in Klammern), Bezugsjahr 2005 (Quelle: Eigene Berechnungen, verschiedene Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes)

Die Reaktion der Marktanteile im Güterverkehr (Modal-Split Anteile) s_j ($j = 0, 1, 2$, wobei 0=Binnenschiffsverkehr, 1=Eisenbahnverkehr und 2=Straßenverkehr) auf die Veränderungen der Transportpreise eines bestimmten Transportangebotes p_i ($i = 1, 2$, wobei 1=Eisenbahnverkehr und 2=Straßenverkehr) wird mit einer Logit-Spezifikation⁷⁵ abgebildet.⁷⁶

$$s_i = \frac{e^{\delta_i - \alpha p_i}}{\sum_{j=0}^2 e^{\delta_j - \alpha p_j}} \quad (7.5)$$

Durch eine Normalisierung mit $\delta_0 - \alpha p_0 = 0$ wird der Verkehrsmodus 0 als Residuum

⁷⁵Vgl. dazu die grundlegende Arbeit von Ben-Akiva und Lerman (2006) und Quinet und Vickermann (2004), S. 73ff

⁷⁶Die Modellierung insgesamt folgt in diesem Bereich den Ansätzen von Ivaldi (2007) und Ivaldi und Vibes (2007). Ähnliche Ansätze finden sich z.B. bei Inaba und Wallace (1989).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

in der Modellierung behandelt. Der Parameter δ_i beschreibt die Transportqualität des Verkehrsträgers i und α ist ein zu kalibrierender Parameter, in der Form $\alpha = \frac{1}{(1-s_2)(p_2-c_2)}$. Die Variable c_i bezeichnet die Grenzkosten des Transportes des jeweiligen Verkehrsträgers. Die Transportqualität δ_i wird aus den beobachteten Marktanteilen⁷⁷ berechnet mit

$$\delta_i = -\alpha p_i + \ln(s_0) - \ln(s_i). \quad (7.6)$$

Die Preissetzung der Transportunternehmen erfolgt über die Elastizitäten ε_i , die durch die Logit-Spezifikation nachfrageseitig implizit sind mit $\varepsilon_i = \alpha(1 - s_i)$, mit der Gleichung

$$p_i - c_i = \frac{1}{\varepsilon_i}. \quad (7.7)$$

Die Unternehmen können die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten, die sich in der Elastizität ausdrückt, dadurch optimal abschöpfen.

Um die durch Preisveränderungen in den Verkehrsträgern entstehenden Auswirkungen auf die Konsumenten darzustellen, wird die Konsumentenrente (CS)⁷⁸ errechnet aus

$$CS = \frac{1}{\alpha} \ln \left(\sum_{j=0}^2 e^{\delta_j - \alpha p_j} \right). \quad (7.8)$$

Die für diese Modellierung notwendigen Daten sind in Tabelle 7.11 aufgeführt. Die Verkehrsleistungen der Verkehrsträger Schiene und Binnenschiff sind ebenso wie der Straßenverkehr nach dem Territorialprinzip erhoben.⁷⁹ Diese drei Verkehrsträger bilden in diesem Abschnitt den Gesamtmarkt D_j . Im Straßengüterverkehr werden die Verkehrsleistungen mit Fahrzeugen unter einer zGM von 30 t nicht mitbetrachtet, da dieser Bereich v.a. Nahverkehre erfasst und nur in sehr geringem Maße von einer möglichen Eurocombi Einführung betroffen ist.⁸⁰

Die Verkehrsleistungen, die im hier definierten Gesamtmarkt erbracht werden, unterliegen aber nicht vollständig einem intermodalen Wettbewerb. Es ist für die Betrachtung der Einführung größerer Straßengütertransportfahrzeuge daher ein relevanter Markt als Anteil r_j am

⁷⁷Vgl. Berry (1994).

⁷⁸Vgl. Anderson u. a. (1992).

⁷⁹Vgl. BMVBS (2006), S. 235.

⁸⁰Es ergibt sich daher eine etwas abweichende Definition zu den in BMVBS (2006), S. 237 angegebenen Werten. Dies ist einerseits aus den Unterschieden in der hier verwendeten Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes, dem Weglassen des Rohfernverkehrs und der Bereinigung um die Fahrzeuge mit einer zGM unter 30 t zu sehen.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Gesamtmarkt D_j zu definieren, innerhalb dessen Verschiebungen im Modal Split stattfinden können. Die Verkehrsleistungen außerhalb dieser relevanten Märkte sind annahmegemäß nicht direkt im Wettbewerb mit dem Straßengüterverkehr.⁸¹ Diese Annahme ist vor allem deshalb wichtig, da der Verkehrsträger Bahn einen verhältnismäßig höheren Anteil ihrer eigenen Verkehrsleistungen in diesem relevanten Markt hat als der Straßen- und Binnenschiffsverkehr.⁸² In den Verkehrsunternehmen selbst werden die wettbewerbsrelevanten Märkte häufig stärker wahrgenommen, da gerade in diesem Bereich hoher Aufwand zu betreiben ist. Die Annahme über die Höhe des wettbewerbsrelevanten Marktes wird am Ende dieses Abschnitts einer Sensitivitätsanalyse in den in der Tabelle 7.11 angegebenen Bandbreiten unterzogen. Die Abbildungen in diesem Abschnitt beziehen sich immer auf die Ausgangswerte.

Die Transportkosten (langfristige stetige Grenzkosten) pro tkm entstammen für den Schienengüterverkehr aus dem Geschäftsbericht der Railion Deutschland AG.⁸³ Für den Straßengüterverkehr werden die betriebswirtschaftlichen Transportkosten aus der Kostenrechnung der Tabelle 7.8 für Standardgüterkraftfahrzeuge angesetzt.⁸⁴

Zur Kalibrierung der Größen α und δ_i sind weiters auch die Transportpreise notwendig. Diese wurden für den Straßengüterverkehr mit einem Aufschlag auf die Transportkosten in Folge des starken Wettbewerbes in diesem Sektor von 0,8 % angesetzt.⁸⁵ Im Schienengüterverkehr wurden die Transportpreise aus den erzielten Umsätzen und den Verkehrsleistungen der Railion Deutschland AG herangezogen.⁸⁶

Nach erfolgter Kalibrierung der Größen α und δ_i kann im folgenden Abschnitt mit der Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien fortgefahren werden.

Durch die Veränderungen der Transportpreise in der Modellierung sind neben den Verlagerungen von Verkehrsleistungen zwischen den Verkehrsträgern auch Auswirkungen auf das Gesamtvolumen der Transportnachfrage zu erwarten. So sind bei fallenden Preisen Nachfragesteigerungen und vice versa zu erwarten. Dies wird mit Hilfe von Preiselastizitäten abgebildet, wobei eine Preiselastizität der Transportnachfrage η_D ⁸⁷ von $-0,84$ Eingang in die Modelle fand.⁸⁸ Für den Schienenverkehr gilt die Annahme, dass die Preissenkungen lediglich das

⁸¹Vgl. Forkenbrock (2001), S. 323.

⁸²Die Abschätzung erfolgte einerseits aufgrund der transportierten Gütergruppen sowie im Straßenverkehr aufgrund der in Tabelle 7.9 angegebenen Verkehrsleistungen. Vgl. BMVBS (2006), S. 238ff.

⁸³Vgl. Railion Deutschland AG (2007), S. 2. Werte für das Jahr 2005.

⁸⁴Die Annahme langfristiger Grenzkosten ist für den Straßengüterverkehr problemlos, im Falle der Eisenbahn weist sie aufgrund der dort vorhandenen hohen Fixkostenanteile restriktiveren Charakter auf.

⁸⁵Vgl. die Voithofer und Schober (2005), S. 24. Die Ertragslage der deutschen Unternehmen wurde als der österreichischen gleich angenommen.

⁸⁶Vgl. Railion Deutschland AG (2007), S. 2. In diesem Bezugsjahr (2005) wurde ein Verlust erwirtschaftet, das wurde dementsprechend im Modell berücksichtigt.

⁸⁷Eine Definition dieser Variablen wurde bereits in Abschnitt 7.4.1.2 vorgenommen.

⁸⁸Vgl. Graham und Glaister (2004), S. 269. Teilweise werden auch unterschiedliche Elastizitäten für Straßen-

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Bezeichnung	Wert
<i>Verkehrsleistungen (Territorialprinzip) Gesamtmarkt in Tsd. tkm</i>	
Binnenschifffahrt (D_0)	64.100.000
Eisenbahnverkehr (D_1)	95.400.000
Straßenverkehr (D_2)	409.711.749
<i>Anteil Verkehrsleistungen (Territorialprinzip) im Wettbewerb in %</i>	
Binnenschifffahrt (r_0)	10,00* (5,00-15,00)
Eisenbahnverkehr (r_1)	30,00* (20,00-40,00)
Straßenverkehr (r_2)	20,00* (10,00-30,00)
<i>Marktanteil im relevanten Markt in % (in Klammer die Marktanteile im Gesamtmarkt)</i>	
Binnenschifffahrt (s_0)	5,48 (11,26)
Eisenbahnverkehr (s_1)	24,47 (16,76)
Straßenverkehr (s_2)	70,05 (71,98)
<i>Transportkosten pro tkm in EUR</i>	
Eisenbahnverkehr (p_1)	0,04032
Straßenverkehr (p_2)	0,05774
<i>Transportpreise zur Kalibrierung pro tkm in EUR</i>	
Eisenbahnverkehr (p_1)	0,03990
Straßenverkehr (p_2)	0,05820

Tabelle 7.11: Eingangswerte für die verkehrsträgerübergreifende Modellierung (* = Variation in Sensitivitätsanalyse, Variationsbandbreite in Klammern), Bezugsjahr 2005 (Quelle: Eigene Berechnungen)

mit dem Straßenverkehr in Konkurrenz stehende Marktsegment betreffen. Dahinter steht die Beobachtung, dass die Produkte im Schienengüterverkehr wesentlich differenzierter sind als im Straßengüterverkehr und dass in ersterem eine stärkere Segmentierung der Produkte möglich ist als im letzteren. Es ergeben sich daher die Verkehrsleistungen nach Einführung der Eurocombi-Fahrzeuge D_j^{EC}

$$D_0^{EC} = \sum_{j=0}^2 d_j s_0 + D_0 (1 - r_0) \quad (7.9)$$

und Eisenbahnverkehr vorgeschlagen, allerdings ist kein eindeutiges Ergebnis abzuleiten. Vgl. die Diskussion in Small und Winston (1999), S. 39f und Quinet und Vickermann (2004), S. 16f.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

$$D_1^{EC} = \sum_{j=0}^2 d_j s_1 (1 + \Delta p_1 \eta_D) + D_1 (1 - r_1) \quad (7.10)$$

$$D_2^{EC} = \left(\sum_{j=0}^2 d_j s_2 + D_2 (1 - r_2) \right) (1 + \Delta p_1 \eta_D) \quad (7.11)$$

Im Straßengüterverkehr ist im Gegensatz zum Schienengüterverkehr bei Preissenkungen der Gesamtmarkt erfasst, da aufgrund der Variabilität des Rollmaterials und des hohen Wettbewerbsgrades deutlich weniger Segmentierungsmöglichkeiten bestehen. Der Binnenschiffsverkehr bleibt als Residuum und mit einem deutlich abgegrenzten Markt nur indirekt betroffen. Das Ergebnis für D_2 wird dann in weiterer Folge verwendet, um die Veränderungen an Fahrleistungen im Straßengüterfernverkehr zu messen.

7.4.3.4 Ergebnisse der Modellierung der intermodalen Auswirkungen

Das beschriebene Modell sowie die erhobenen Inputdaten ermöglichen nun einen Einblick in die Wirkungszusammenhänge, die durch eine Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen entstehen. Die entscheidenden Faktoren im intermodalen Wettbewerb sind das Ausmaß der Preissenkung des Straßenverkehrs in Folge der Kostensenkung durch Eurocombi-Fahrzeuge und die Reaktion der Schienengüterverkehrsunternehmen auf die Preissenkungen. Diesen stehen im Wesentlichen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Die Eisenbahnen reagieren auf Preisänderungen des Straßenverkehrs im relevanten Markt ihrerseits mit Preisänderungen und versuchen ihren Marktanteil zu halten.
- Die Eisenbahnen reagieren nur schwach auf Preisänderungen des Straßenverkehrs im relevanten Markt und nehmen dadurch Marktanteilsverluste in Kauf.

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Strategien auf die Margen der Unternehmen im jeweiligen Sektor, auf die Modal-Split Anteile sowie auf die Konsumentenrenten und auf die gesamten Fahrleistungen für die einzelnen Szenarien werden in der Folge dargestellt.

Nimmt man an, dass der Straßenverkehr die Kostenvorteile aus der Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen aufgrund des starken Wettbewerbes über niedrigere Preise in unterschiedlichem Ausmaß an den Markt weitergibt, können die Schienengüterverkehrsunternehmen ihrerseits mit einer Preissenkung reagieren. Sollen im Schienenverkehr keine Marktanteile verloren gehen, so muss der Preis p_1 so gesetzt werden, dass

$$p_1 = \frac{1}{\alpha} \left(\delta_2 + \alpha p_2 - \ln \left(- \frac{(e^{\delta_2} + e^{\alpha p_2}) s_1}{s_1 - 1} \right) \right). \quad (7.12)$$

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

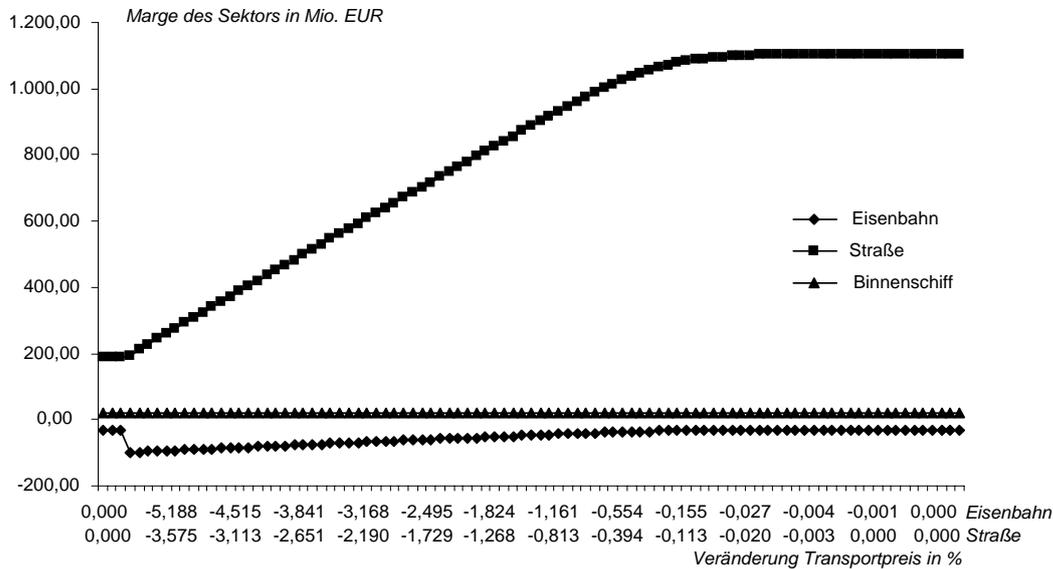


Abbildung 7.11: Entwicklung der aggregierten Margen wenn Schienengütertransportunternehmen ihre Marktanteile durch Preissenkungen verteidigen
(Quelle: Eigene Darstellung)

Diese Maßnahme hat, abhängig vom Ausmaß der Preissenkung im Straßenverkehr, einen deutlichen Einbruch im Umsatz des Schienenverkehrs mit $-4,2\%$ zur Folge, der Umsatz des Straßenverkehrs bleibt nahezu konstant, allerdings steigen die kumulierten Margen aufgrund der Preissenkung in diesem Segment leicht an, da durch die Preissenkung die Gesamtnachfrage nach Gütertransporten steigt. Die Verkehrsleistung der Schiene nimmt durch die Preissenkung ebenso leicht zu. Abbildung 7.11 zeigt, wie sich die Margen der Verkehrsträger entwickeln, wenn die Schienengüterverkehrsunternehmen mit deutlichen Preissenkungen auf Preissenkungen im Straßengüterverkehr reagieren. In dieser und in den folgenden fünf Abbildungen sind die ersten drei Punkte von links immer die Ausgangssituation, im vierten Punkt folgt dann die Simulation des jeweiligen Schocks.

Die Preisreaktionen der Eisenbahnen übersteigen jene der Straße, um den Marktanteil konstant zu halten. Bei einer extremen Preissenkung um die gesamten Kosteneinsparungen von Eurocombi-Fahrzeugen (vgl. Tabelle 7.11) kann der Transportpreis des Straßengüterverkehrs um rund $3,8\%$ gesenkt werden. Die Eisenbahnen müssten darauf mit einer Preissenkung um rund $5,6\%$ im relevanten Markt reagieren, um Ihren Marktanteil konstant zu halten. In diesem Fall bleiben die aggregierten Margen der Straßengüterverkehrsunternehmen konstant. Geben die Straßengüterverkehrsunternehmen nur einen Teil der Kosteneinsparungen weiter (z.B. aufgrund von monopolistischen Marktstrukturen) erhöhen sich die aggregierten Margen im Straßengüterverkehr und jene des Schienenverkehrs sinken weniger stark, da die Transportpreise

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

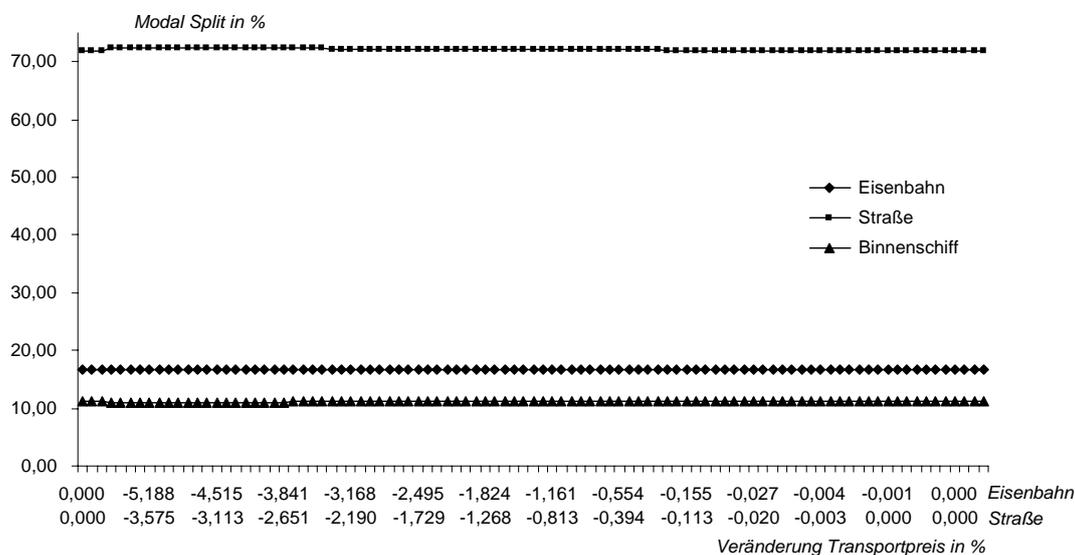


Abbildung 7.12: Entwicklung des Modal Splits im Gesamtmarkt wenn Schienengütertransportunternehmen ihre Marktanteile durch Preissenkungen verteidigen
(Quelle: Eigene Darstellung)

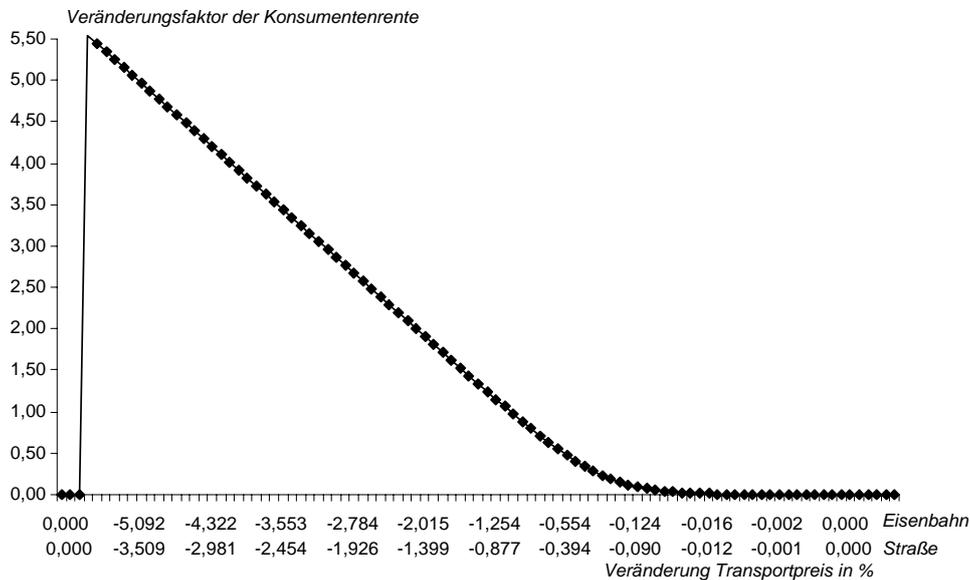
nicht so stark gesenkt werden müssen.

Die Marktanteile im Gesamtmarkt bleiben in diesem Szenario konstant (Abbildung 7.12), wobei das Volumen des Gesamtmarktes abhängig von den Transportpreissenkungen der beiden Verkehrsträger Schiene und Straße um bis zu 2,6 % zunimmt. Die stärksten Auswirkungen zeigen sich jedoch bei der Konsumentenrente. Diese nimmt aufgrund der Preissenkungen in beiden Verkehrsträgern deutlich zu und erreicht bei der maximalen Preissenkung des Straßen- und Schienenverkehrs auch den höchsten Wert aller Szenarien. Abbildung 7.13 zeigt den Verlauf der Konsumentenrente.

Ein deutlich anderes Bild zeigt sich, wenn die Schienengüterverkehrsunternehmen ihre Preissetzung weniger aggressiv wählen und damit Marktanteilsverluste in Kauf nehmen. Senken die Straßengütertransportunternehmen unter diesen Umständen ihre Preise (im Extremfall um die gesamten Kosteneinsparungen durch Eurocombi-Fahrzeuge), können die Eisenbahnen ihre Marge teilweise sogar verbessern, wie Abbildung 7.14 zeigt. Dies liegt daran, dass die verbleibenden Bahnkunden eine vergleichsweise geringere Preiselastizität aufweisen. Generell verlieren die Eisenbahnen weniger an aggregierter Marge, wenn sie die Preise konstant halten, als wenn sie die Preise aggressiv anpassen würden.

Um die Auswirkungen einer fahrleistungsabhängigen Mauterhöhung auf Eurocombi-Fahrzeuge abzubilden, wurden auch Simulationsläufe mit einem Mautsatz von EUR 0,10 pro km

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR



KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

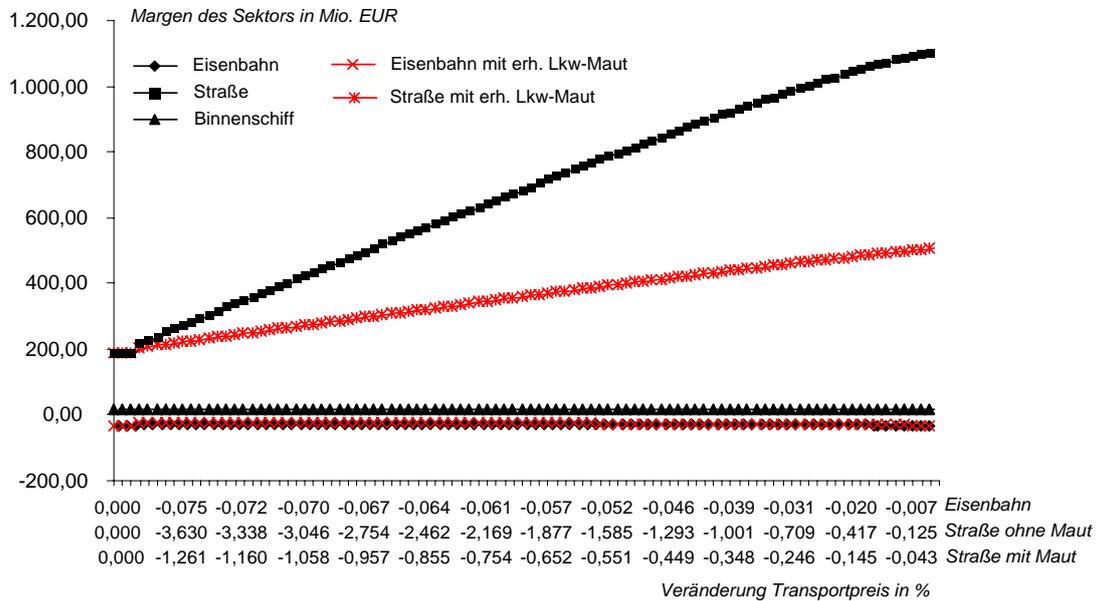


Abbildung 7.14: Entwicklung der aggregierten Margen, wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen
(Quelle: Eigene Darstellung)

die Zugewinne im Marktanteil für den Straßenverkehr, während der Schienenverkehr deutlich weniger Marktanteile verliert. Im Extremfall der vollen Weitergabe der niedrigeren Kosten im Straßengüterverkehr um rund 18,7 %. Grundsätzlich zeigt sich dadurch, dass mit Hilfe einer Maut die Modal-Split Auswirkungen deutlich eingedämmt werden können. Ab einem Mautsatz von EUR 0,32 pro km wären die Kostenvorteile durch Eurocombi-Fahrzeuge aufgezehrt und damit kaum mehr ein Modal-Split-Effekt gegeben.

Durch eine Maut sinkt auch das Niveau der erzielbaren Konsumentenrenten deutlich ab (Abbildung 7.16), da sowohl im Straßen- als auch im Schienenverkehrssektor die Preise deutlich weniger stark gesenkt werden. Die erzielbaren Mauterlöse durch die erhöhte Maut für Eurocombi-Fahrzeuge von EUR 0,10 pro km liegen den Berechnungen zufolge zwischen 352 und 380 Mio. EUR, abhängig von den Preissenkungen des Straßengüterverkehrs.

Die Binnenschifffahrt bleibt generell in allen Szenarien eher gering betroffen, da sich nur ein kleiner Teil der Umsätze dem wettbewerbsrelevanten Markt ausgesetzt ist.

Tabelle 7.12 zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalysen. Da die Parameter über die Anteile der relevanten Märkte als auch die Anteile der innerhalb des Straßenverkehrs verlagerbaren Transportleistungen Variationen unterliegen können, ergibt sich eine große Zahl unterschiedlicher Variationskombinationen, von denen die wichtigsten in der Tabelle dargestellt sind. Neben dem Ausgangsszenario ist vor allem das Szenario mit den

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

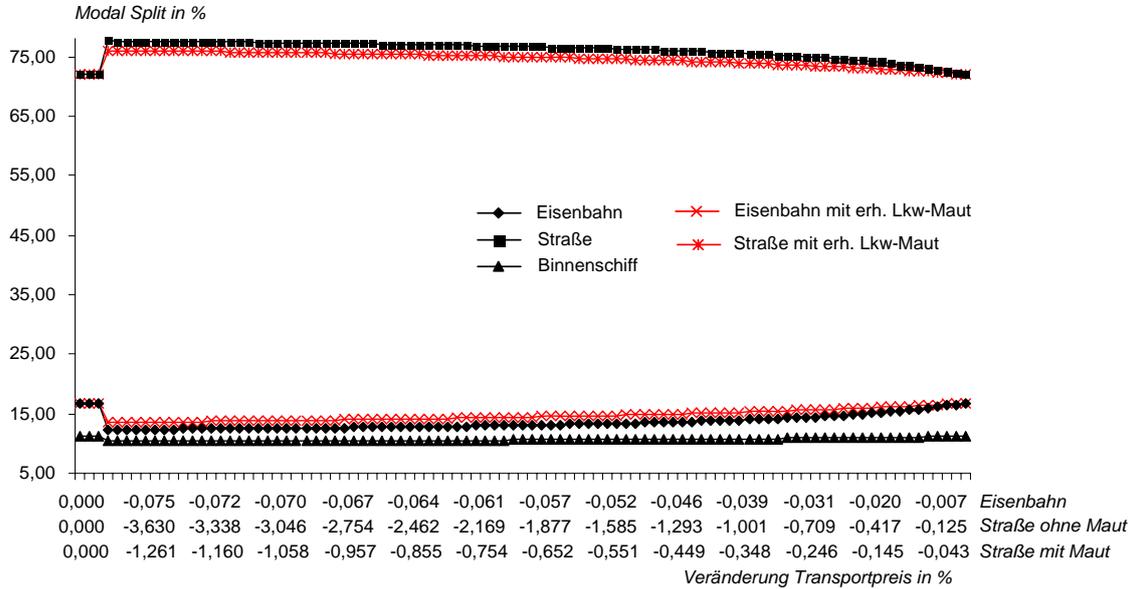


Abbildung 7.15: Entwicklung des Modal Splits im Gesamtmarkt, wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen
(Quelle: Eigene Darstellung)

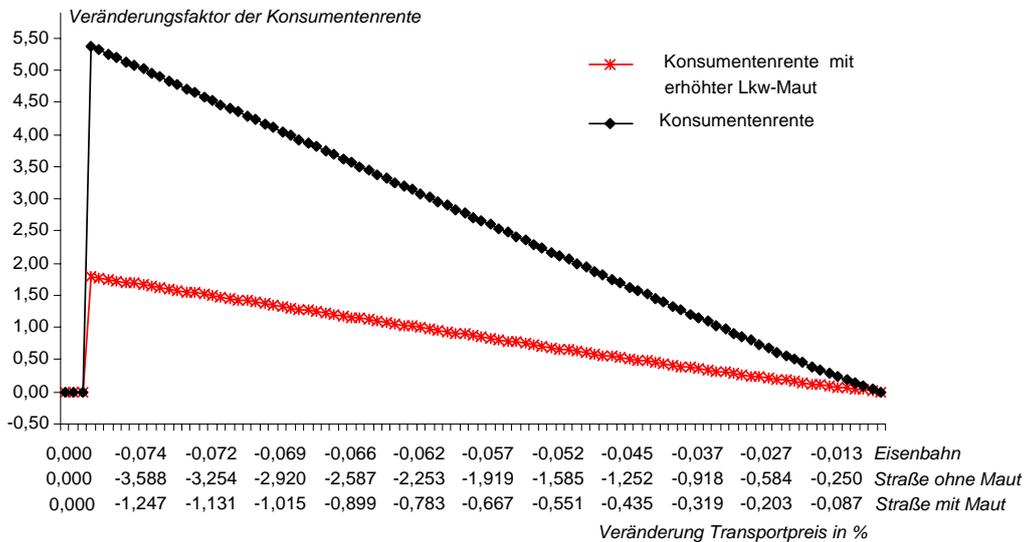


Abbildung 7.16: Entwicklung der Konsumentenrente, wenn Schienengütertransportunternehmen Marktanteilsverluste zulassen
(Quelle: Eigene Darstellung)

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Variation $r_1/r_2/r_3$	Mrd. tkm Straße nach Anteil verlagerbarer Transportleistungen					
	Anteil 10/30 %		Anteil 20/40 %		Anteil 30/50 %	
	ohne Maut	mit Maut	ohne Maut	mit Maut	ohne Maut	mit Maut
0,1/0,3/0,2 (Ausgangsszen.)	446,2	430,3	452,7	436,4	458,3	440,8
0,15/0,4/0,3	456,2	436,8	463,6	444,4	469,8	449,8
0,05/0,1/0,2	436,2	423,8	441,8	428,3	446,9	431,2
0,05/0,3/0,2	451,1	433,5	458,1	440,4	464,0	445,3
0,15/0,1/0,3	441,2	427,1	447,3	432,4	452,6	436,3

Tabelle 7.12: Sensitivitätsanalyse für die intermodalen Auswirkungen
(Quelle: Eigene Berechnungen)

höchsten Anteilen der relevanten Märkte interessant. Hier wird bei den hohen verlagerbaren Anteilen (30/50 %) der Höchstwert an Tonnenkilometern auf der Straße erreicht. Weiters bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass der Straßenverkehr grundsätzlich mehr Verkehrsleistungen gewinnt, wenn der Schienenverkehr einen hohen Anteil im relevanten Markt hat.

Für die Abschätzung der erbrachten Fahrleistungen im Straßengüterverkehr mit zugelassenen Eurocombi-Fahrzeugen im folgenden Abschnitt finden daher Verkehrsleistungen im Straßengüterverkehr in einer Bandbreite von 409,7 Mrd. (Ausgangswert) bis 469,8 Mrd. (Höchster Wert aller Simulationen) Eingang. Der Höchstwert würde erreicht werden, wenn der Straßengüterverkehr ohne zusätzliche Maut alle Kostenvorteile über Preissenkungen an die Kunden weitergibt und die Schienengüterverkehrsunternehmen ihre Preise nicht oder nur gering senken und damit hohe Marktanteilsverluste in Kauf nehmen. Zudem sind in diesem Fall die Anteile der relevanten Märkte bei allen Verkehrsträgern sehr hoch und innerhalb des Straßengüterverkehrs können besonders viele Transportleistungen mit Eurocombi-Fahrzeugen erbracht werden, woraus eine besonders starke Kostenreduktion folgen würde. Innerhalb dieser Bandbreite können dann bestimmte markante Werte zur weiteren Analyse herausgegriffen werden.

7.4.3.5 Ergebnisse der Modellierung der intramodalen Auswirkungen

Mit den Ergebnissen aus der intermodalen Modellierung aus dem vorangegangenen Abschnitt wird in diesem Abschnitt die Veränderung der Fahrleistungen im Straßengüterverkehr analysiert.

Zu diesem Zweck werden die Verkehrsleistungen mit den Annahmen über gewichts- und volumensmäßige Auslastung umgelegt auf die beiden Fahrzeugklassen (Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 30.000 und 39.999 kg sowie mit einer zGM zwischen 40.000 und 44.000 kg). Danach erfolgt eine Berechnung der Verkehrsleistungen in diesen Fahrzeugklassen, die

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

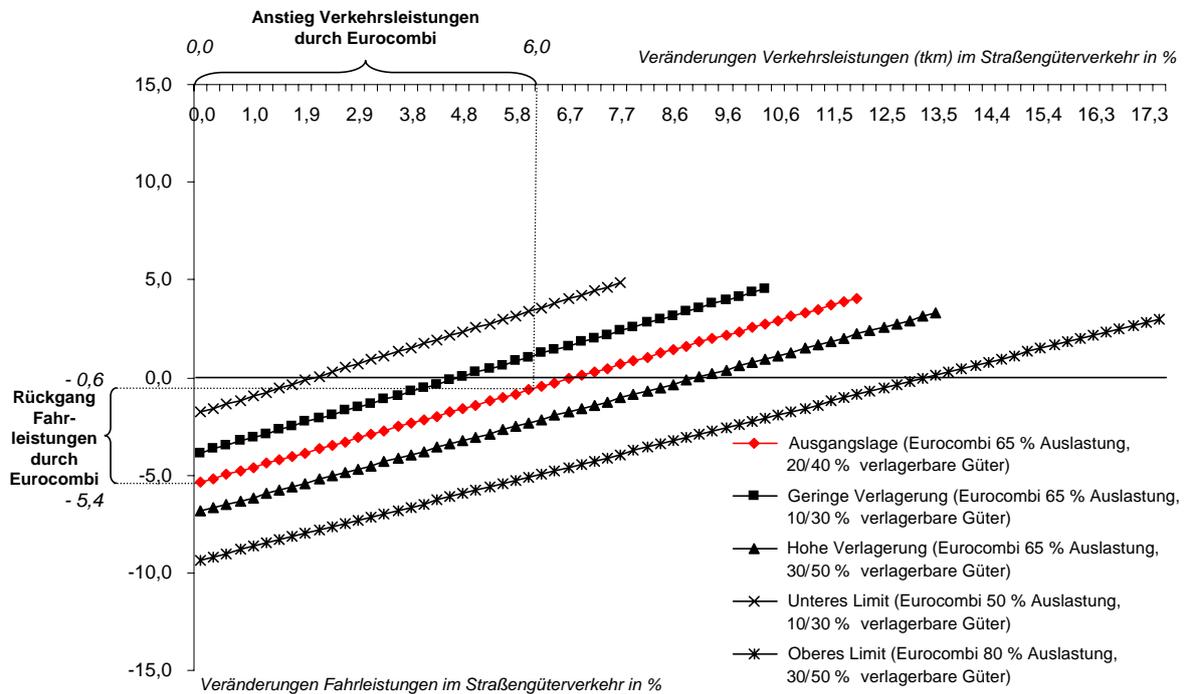


Abbildung 7.17: Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistungen in tkm im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen
(Quelle: Eigene Darstellung)

gegeben dem Anteil an nicht verlagerbaren Gütern inklusive Gefahrgütern, auf Eurocombi-Fahrzeuge migrieren. Weiters wird für alle drei Fahrzeugklassen berechnet, wieviel Fahrleistungen zur Erbringung dieser neuen Verkehrsleistungen notwendig sind, wobei die Leerfahrten getrennt nach Fahrzeugklassen sowie in- und ausländischen Fahrzeugen berücksichtigt werden.

Das Ergebnis für die gewichtsbezogene Berechnung der eingesparten Fahrleistungen zeigt Abbildung 7.17. In der Abbildung bildet die mittlere Gerade die Ausgangssituation mit einem verlagerbaren Anteil der Verkehrsleistungen von 20 % (Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 30.000 und 39.999 kg) bzw. von 40 % (Fahrzeuge mit einer zGM zwischen 40.000 und 44.000 kg). Verändert sich die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr nur wenig, sind die Einsparungen an Fahrleistungen besonders hoch, im Ausgangsszenario bis zu 5,4 % der gesamten in Deutschland erbrachten Fahrleistungen im Güterverkehr. Bezogen auf den Güterfernverkehr mit Fahrzeugen mit einer zGM über 30 t sind es über 10 %. Abhängig vom Ergebnis der intermodalen Konkurrenz sowie vom Anwachsen der Transportnachfrage generell steigen die Verkehrsleistungen im Straßengüterverkehr, wodurch auch die eingesparten Fahrleistungen reduziert werden. Die anderen Geraden in der Abbildung beschreiben die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen, wobei diese einmal nur mit unterschiedlichen Anteilen an verlagerba-

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

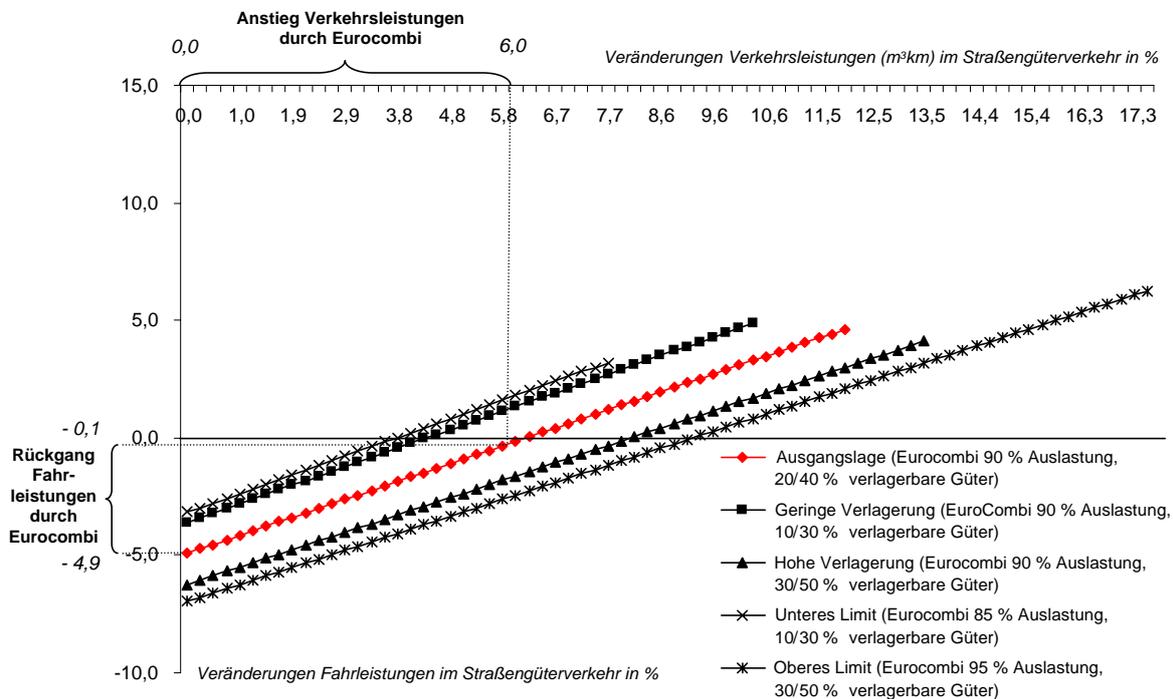


Abbildung 7.18: Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistungen in m^3 km im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen
(Quelle: Eigene Darstellung)

ren Gütern dargestellt wurden („Geringe Verlagerung“ und „Hohe Verlagerung“) und dann auch zusätzlich zum Anteil an verlagerbaren Gütern noch die Auslastungsannahmen variiert wurden („Oberes Limit“ und „Unteres Limit“).

Hinzu kommt, dass bei einem Anstieg der Verkehrsleistungen im Straßengüterverkehr durch Eurocombi-Fahrzeuge per se noch kein Nachteil entsteht, da zum einen Konsumentenrenten erzielt werden und zum anderen die Effizienz des Straßengütertransportes durch Eurocombi-Fahrzeuge ansteigt.⁹¹

Im Ausgangsszenario würde sich bei voller Weitergabe der Kostenreduktion durch die Unternehmen am Straßengüterverkehrsmarkt und einem Lkw-Mautaufschlag von EUR 0,10 für Eurocombi-Fahrzeuge und einer starken Verschiebung von Marktanteilen von der Schiene zur Straße dazu führen, dass die Verkehrsleistungen dadurch bis zu 6 % zunehmen. Selbst bei dieser starken Zunahme an Verkehrsleistungen kann im Ausgangsszenario noch eine Reduktion der Fahrleistungen um 0,6 % erzielt werden.

Abhängig von den jeweiligen Variationen des auf Eurocombi-Fahrzeuge verlagerbaren Anteils an Verkehrsleistungen sowie den Annahmen über die Auslastungen ergeben sich unter-

⁹¹Vgl. auch Abschnitt 7.4.4 sowie Eckey und Stock (2000), S. 48.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

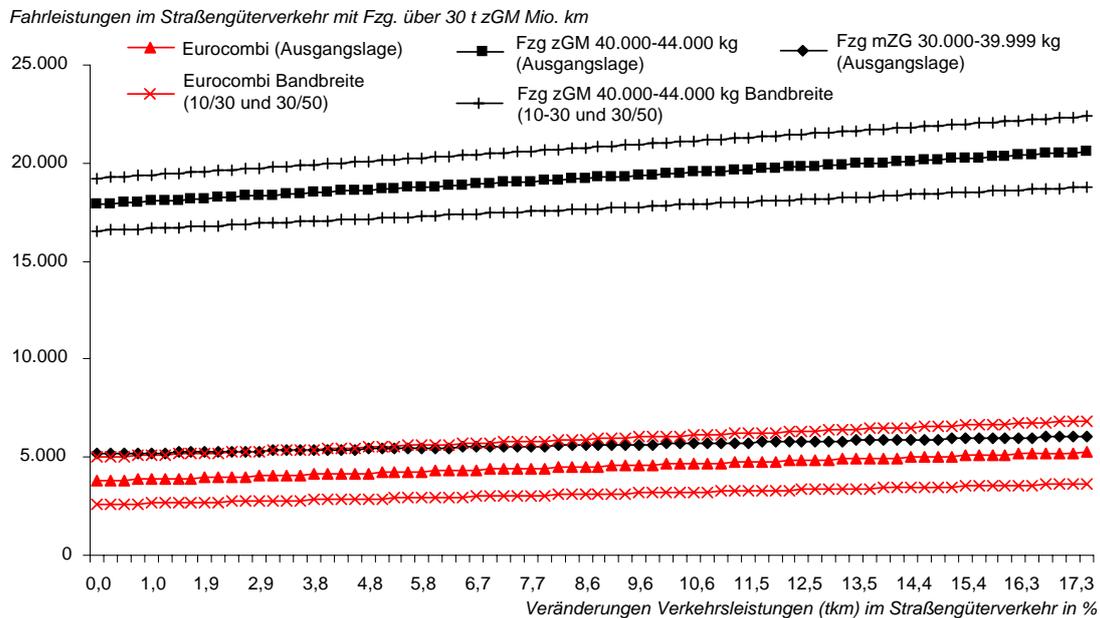


Abbildung 7.19: Entwicklung der Fahrleistungen von Güterkraftfahrzeugklassen in Abhängigkeit der Verkehrsleistungsveränderungen in tkm im Straßengüterverkehr bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen
(Quelle: Eigene Darstellung)

schiedliche Kombinationen zwischen der Veränderung der Verkehrsleistungen und Veränderung der Fahrleistungen.

Der in *Glaeser et al.* geschilderte Fall, dass es zu einem Anstieg des DTV (Durchschnittlichen-Tages-Verkehrs) bei einer schlechten Auslastung von Eurocombi-Fahrzeuge kommen kann, ist ohne die intermodalen Effekte bzw. die Effekte der Verkehrsgenerierung kaum denkbar, da es für Straßengütertransportunternehmen ökonomisch sinnlos wäre, für eine gleichbleibende Verkehrsleistung mehr Fahrzeugkilometer aufzubringen.⁹²

Ein besonders interessanter Effekt des Modells ist, dass abhängig von der Attraktivität von Eurocombi-Fahrzeugen (z.B. hinsichtlich der Verlagerbarkeit von Gütern auf diese Fahrzeuge) der intermodale Verlagerungseffekt bestimmt wird. Andererseits bestimmt die Attraktivität von Eurocombi-Fahrzeugen auch den Grad der Verlagerung innerhalb des Straßenverkehrs auf diese Fahrzeuge.

In Abbildung 7.18 ist im Aufbau ähnlich zur Abbildung 7.17, bezieht sich in der Berechnung der Verkehrsleistungen aber auf die Volumenkilometer. Die Bandbreite an Einsparungen bei den Fahrleistungen liegt in dieser Betrachtungsweise zwischen 4,9 % und 0,1 %.

⁹²Vgl. Glaeser u. a. (2006), S. 42.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Die etwas höheren Einsparungen an Fahrleistungen bei der gewichtsmäßigen Betrachtung gegenüber der Volumensbetrachtung folgen aus der Tatsache, dass die gewichtsmäßige Auslastung der Eurocombi-Fahrzeuge geringer angenommen wurde als jene der derzeit eingesetzten Fahrzeuge. Die gewichtsmäßige Auslastung der Eurocombi-Fahrzeuge ist hingegen in ähnlicher Höhe wie jene der derzeit eingesetzten Fahrzeuge zu erwarten.

Die Abbildung 7.19 zeigt, wie sich die Fahrleistungen nach Güterkraftfahrzeugklassen entwickeln. Erkennbar ist die fortbestehende Dominanz der schweren Standardgüterkraftfahrzeuge bei den Fahrleistungen. Die Eurocombi-Fahrzeuge werden, abhängig vom jeweiligen Anteil an verlagerbaren Verkehrsleistungen, zwischen 12 und 23 % Anteil der Fahrleistungen mit Fahrzeugen über 40 t zGM haben.

Die Entwicklungen der Fahrleistungen bzw. deren Reduktion ermöglichen alleine noch keine zufriedenstellende Aussage darüber, ob deren Einführung gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist. Diese Frage wird im anschließenden Abschnitt behandelt.

7.4.4 Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Nutzen und Kosten der Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen

7.4.4.1 Allgemeines der zu bewertenden gesamtwirtschaftlichen Kostenarten

Durch die Nutzung von Eurocombi-Fahrzeugen verändern sich die einzel- bzw. gesamtwirtschaftlichen Transportkosten. Die einzelwirtschaftlich relevanten Kosten dienen innerhalb des Wirtschaftssystems als wesentliche Bestimmungsgröße für das Marktergebnis. Das bedeutet, dass Effizienzvorteile, die in den einzelwirtschaftlichen Transportkosten wirksam werden, auch über den Markt transferiert werden können und damit das Marktergebnis beeinflussen.⁹³

Im Fall der Eurocombi-Fahrzeuge wird ein großer Teil der Effizienzvorteile der größeren Fahrzeuge in den einzelwirtschaftlichen Kosten realisiert. Es kommt zu einer Kostendegression bei den Fixkosten, die sich vor allem beim Fahrpersonal und bei den Abschreibungen bemerkbar macht. Es entstehen aber auch Einsparungen an variablen Kosten, vor allem an Treibstoffkosten. Die Folge ist, dass diese Fahrzeugtypen Einsatz bei den Unternehmen finden werden und dort auch Effizienzvorteile bringen.

In der einzel-/betriebswirtschaftlichen Fahrzeugkalkulation (inklusive Transfers) weist ein Standard-Sattelzug in Deutschland Kosten von rund EUR 0,95 pro km auf, ein Eurocombi hingegen kommt auf rund EUR 1,21 pro km, was eine Kostendifferenz von rund 27 % bedeutet

⁹³Zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen im Verkehr allgemein vgl. Cole (1998), S.296; Cerwenka u. a. (2007), S. 41ff; Mishan und Quah (2007) und speziell zur Bewertung im Straßenverkehr z.B. Sharp und Jennings (1972), FGSV (1997) und FSV (2002).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

(vgl. Abschnitt 7.4.2). In der gesamtwirtschaftlichen Berechnung müssen die betriebswirtschaftlichen Kosten um Transfers bereinigt und die nicht internalisierten Kosten hinzugezählt werden. Es ergeben sich daraus für einen Standard-Sattelzug Kosten pro km von EUR 0,852 und für einen Eurocombi EUR 1,027 pro km.⁹⁴ Diese Kosten werden häufig auch als „Betriebskosten der Transportmittel“ beschrieben.⁹⁵

Neben diesem einzelwirtschaftlich voll wirksamen Kostenbereich der Fahrzeugbetriebskosten sind im Verkehr vor allem die Kosten der Verkehrswege (Infrastruktur) sowie Unfall- und Umweltkosten von besonderer Bedeutung.⁹⁶ Diese beiden Kostenarten sind Bestandteil der *externen Kosten* des Straßengüterverkehrs.⁹⁷

Die Kosten der Verkehrswege (insbes. der hochrangigen Straßen) werden mittlerweile v.a. durch die fahrleistungsabhängige Lkw-Maut in Deutschland als auch in Österreich von Güterkraftfahrzeugen selbst getragen.⁹⁸ Diese nutzerbasierten Beiträge sind auch direkt zurechenbar. Unklarer stellt sich die Lage im nachgeordneten Straßennetz dar, dessen Bereitstellung überwiegend Aufgabe der Länder und Gemeinden ist. Hier existiert keine eindeutige Zurechnung der von Lkw-bezogenen Abgabeneinnahmen (v.a. Mineralölsteuer).⁹⁹

Die gedeckten Infrastrukturkosten sind daher in der folgenden Berechnung in den Fahrzeugbetriebskosten in Form der fahrleistungsabhängigen Lkw-Maut bereits enthalten. Da keine genaueren Daten über die ungedeckten Infrastrukturkosten vorliegen wird angenommen, dass diese durch die entsprechenden Abgaben (Mineralölsteuer, Kfz-Steuer) abgedeckt werden. Weiters wird unterstellt, dass Eurocombi-Fahrzeuge im Vergleich zu Standardgüterkraftfahrzeugen keine signifikanten zusätzlichen Infrastrukturkosten verursachen. Nachteilig wirkt sich vor allem die zusätzliche Brückenbelastung aus, von Vorteil ist die durch die geringeren Achslasten sinkende Belastung des Straßenbelages.¹⁰⁰

Bei den Unfallkosten sind ein Teil der Kosten durch die Haftpflicht- und Kaskoversicherungen bereits internalisiert, zudem tragen die Verkehrssystemteilnehmer einen weiteren Teil der Kosten, etwa jenen des menschlichen Leides durch Schmerzen infolge einer Verletzung eines selbstverursachten Unfalles, selbst.¹⁰¹ Bezogen auf die Einführung von Eurocombi-

⁹⁴Vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 7.4.2.

⁹⁵Vgl. FGSV (1997) und FSV (2002).

⁹⁶Vgl. Eckey und Stock (2000), S. 63f.

⁹⁷Vgl. grundlegend zu Externalitäten Turvey (1963), Buchanan und Stubblebine (1969) sowie Mishan (1971). Für den Verkehrsbereich fasst Einbock (2007), S. 33ff die Literatur zusammen. Im folgenden wird auf externe Effekte bei der Benutzung der Straße durch Kraftfahrzeuge eingegangen.

⁹⁸Vgl. Rommerskirchen u. a. (2002).

⁹⁹Vgl. dazu Herry (2007), S. 213. Der Kostendeckungsgrad des Lkw in Österreich dürfte nach Einführungen bzw. Erhöhungen der fahrleistungsabhängigen Lkw-Maut bei den hochrangigen Straßen über 100 % gestiegen sein, im nachgeordneten Straßennetz wird eine Deckung von über 50 % erreicht.

¹⁰⁰Vgl. Glaeser u. a. (2006) S.121ff

¹⁰¹Vgl. dazu ausführlich BMVIT (2007).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Fahrzeugen besteht ebenso wie bei den Infrastrukturkosten Unklarheit darüber, wie sich die positiven und negativen Wirkungen aufheben bzw. ergänzen.¹⁰² Eine große Rolle spielen jedenfalls die den Eurocombi-Fahrzeugen vorgeschriebenen Sicherheitseinrichtungen, wie sie auch bereits in Abschnitt 7.3.5.1 diskutiert wurden. Mit diesen sehr hohen Sicherheitsstandards ist tendenziell eine Verbesserung der Sicherheit der Fahrzeuge zu erwarten. Aufgrund der vielen unklaren Einflüsse sowie der nicht vorhandenen Daten wird keine monetäre Bewertung der externen Unfallkosten durchgeführt.

Deutlich klarere Aussagen sind bei den externen Teilen der Kostenarten Schadstoff und Klima möglich. Unterstellt man, dass Eurocombi-Fahrzeuge mindestens Schadstoffklasse EURO IV, aufgrund des Technologiesprungs nahezu aller Güterkraftfahrzeughersteller auf EURO V aber aller Voraussicht nach nur mehr EURO V Schadstoffklassen aufweisen werden, so gibt es zwei Vorteile, die Eurocombi-Fahrzeuge gegenüber Standardgüterkraftfahrzeugen haben:¹⁰³

- Da nur fabriksneue Fahrzeuge als Eurocombi eingesetzt werden, ist die Schadstoffklasse eine höhere (bessere) als die Schadstoffklassen der schon bestehenden Güterkraftverkehrsfahrzeuge.
- Durch die Effizienzverbesserung im Transport sinkt der Kraftstoffverbrauch pro einer Einheit erbrachter Transportleistung (tkm) im Eurocombi-Fahrzeug gegenüber den Standardgüterkraftfahrzeugen.

Bezogen auf die durch CO_2 verursachten Klimakosten ist nur der zweite Effekt wirksam, da die EURO-Schadstoffklassen sich nicht auf die CO_2 -Belastungen beziehen. Diese korrelieren vielmehr mit dem Kraftstoffverbrauch, welcher nicht direkt mit den Schadstoffemissionen zusammenhängt.¹⁰⁴

Abbildung 7.20 zeigt die CO_2 -Emissionen nach Emissionsklassen. Bis zur Emissionsklasse EURO II konnten demnach die Emissionen reduziert werden, die nachfolgenden Klassen haben wieder leicht höhere Emissionswerte.

Wie beschrieben können über die Auswirkungen für Lärm- sowie ungedeckte Infrastruktur- und Unfallkostenveränderungen bisher keine aussagekräftigen und vor allem eindeutigen Aussagen getroffen werden, sodass diese in der folgenden Betrachtung als vorläufig konstant bzw. durch Eurocombi-Fahrzeuge nicht betroffen angenommen werden. Diese Kostenveränderungen sind stark davon abhängig, welche Regelungen für Eurocombi-Fahrzeuge im Falle einer

¹⁰²Vgl. abstrakt zur Bewertung von Sicherheitsaspekten im Verkehr Jagtman u. a. (2006).

¹⁰³Das impliziert, dass als Eurocombi-Fahrzeuge nur fabriksneue Zugmaschinen bzw. Motorwagen eingesetzt werden dürfen, die EURO V Abgasnormen erfüllen. Die Grenzwerte für die einzelnen Schadstoffklassen finden sich in Appendix B.

¹⁰⁴Vgl. Keller u. a. (2004).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

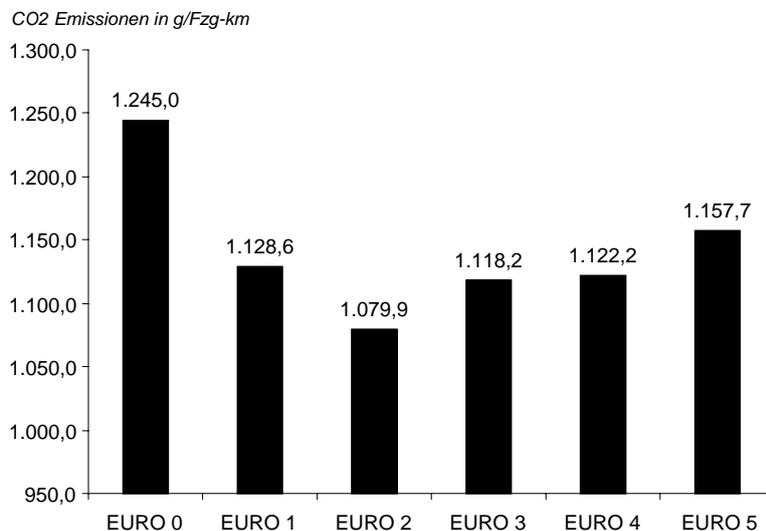


Abbildung 7.20: CO₂-Emissionen von Güterkraftfahrzeugen (zGM 34-40 t)
(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Keller u. a. (2004))

Zulassung hinsichtlich des Lkw-Mautsatzes sowie der Verpflichtung zum Einbau von sicherheitsfördernden technischen Einrichtungen getroffen werden. Neben den internalisierten Kosten (v.a. Fahrzeugbetriebskosten) werden daher in einem ersten Schritt vor allem die externen Schadstoff- und Klimakosten betrachtet.

Relativ zu den anderen Verkehrsträgern ist jedenfalls eine Senkung der externen Kosten der Straße zu erwarten, da die Fahrleistung, die zur Erbringung einer konstanten Transportleistung im Straßenverkehr notwendig ist, durch Eurocombi-Fahrzeuge sinken wird und daher weniger externe Kosten pro tkm im Straßengüterverkehr anfallen werden.

7.4.4.2 Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Veränderung der internalisierten Kosten sowie der externen Schadstoff- und Klimakostenveränderungen

Die Schadstoff- und Klimakosten stellen in den meisten Berechnungen über externe Kosten im Straßengüterverkehr die Hälfte oder sogar mehr als die Hälfte der externen Kosten dar.¹⁰⁵ Eine Bewertung der Auswirkungen einer Eurocombi-Zulassung ist daher von besonderer Bedeutung.

Für die Ermittlung der Schadstoff- bzw. der Kohlendioxidemissionen eines schweren Güterkraftfahrzeugs wurden die Werte des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA 2.1) verwendet und dementsprechend adaptiert.¹⁰⁶ Für die Standardgüterkraftfahrzeuge wurde der er-

¹⁰⁵Vgl. z.B. Maibach (2000), S. 139.

¹⁰⁶Vgl. Keller u. a. (2004). Plausibilisierungen wurden mit der Arbeit von Knörr und Reiter (2005) durchgeführt.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

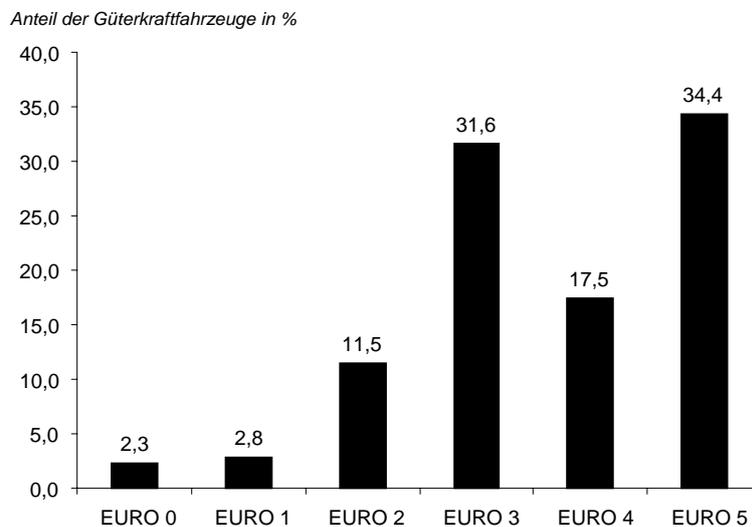


Abbildung 7.21: Anteil von Güterkraftfahrzeugen (zGM 34-40 t) der jeweiligen Schadstoffklasse im Jahr 2010

(Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Keller u. a. (2004))

wartete Fahrzeugmix des Jahres 2010 herangezogen, da nicht davon auszugehen ist, dass vor 2010 eine größere Flotte an solchen Fahrzeugen in Betrieb sein wird. (Vgl. Abbildung 7.21) Der Fahrzeugmix in dieser Flottenklasse (zGM 34-40 t) wird bis 2010 schon deutlich von EURO IV und EURO V Fahrzeugen dominiert sein, die Bedeutung der EURO III Klasse ist bereits heute rückläufig.

Für Eurocombi-Fahrzeuge wurden die Werte eines Standardgüterkraftfahrzeuges der Schadstoffklasse EURO V mit dem Faktor des höheren Treibstoffverbrauchs pro km (1,2355) multipliziert. Diese Berechnungsmethodik muss als Näherungsrechnung verstanden werden, da empirische Überprüfungen ausstehen. Ergänzt wurden die Emissionsfaktoren aus Keller u. a. (2004) mit dem Partikelaufrisierungen.¹⁰⁷ (Vgl. Tabelle 7.13)

Die den Daten zugrunde liegende durchschnittliche gewichtsmäßige Auslastung für beladene Fahrzeuge beträgt 71,5 %, die Leerfahrten werden separat ausgewiesen und in den Berechnungen auch getrennt mitberücksichtigt.

Nach dem Mengengerüst der ausgestoßenen Schadstoff- und CO_2 -Mengen wird ein Wertegerüst zur Bewertung der Schadstoffe aufgestellt. (Tabelle 7.14) Die Kostensätze wurden nicht auf 2010 sondern nur auf das Jahr 2007 hochgerechnet, da eine Prognose der Wirtschaftsentwicklungen bis 2010 noch nicht vorliegt und die Unterschiede aufgrund der für alle Kostensätze gleichen Hochrechnung sich auf die Ergebnisse nicht fundamental auswirken würden.

¹⁰⁷Die Partikelaufrisierungen untersucht Düring u. a. (2004), für SO_2 wurden 0,01664 g/l Diesel angesetzt.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Schadstoffart	g/Fzgilometer bei Ø Auslastung		g/Fzgilometer Leerfahrt	
	Standardgüterkfg (Fzg-Mix)	Eurocombi (EURO V)	Standardgüterkfg (Fzg-Mix)	Eurocombi (EURO V)
Kohlenwasserstoffe (HC)	0,546840221	0,720503679	0,473762124	0,625530163
Kohlenmonoxid (CO)	1,800433775	1,839056918	1,404996729	1,488707306
Stickoxide (NOx)	7,8108075	4,748551204	5,253186645	3,184349346
Verbrennung Partikel (PM)	0,15269363	0,070849217	0,118770059	0,0531446
Kohlendioxid (CO ₂)	1.131,676301	1.430,307703	737,2842706	929,0583077
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,00720256	0,009103201	0,00469245	0,005912996
Aufwirbelung Partikel	0,2	0,247096774	0,2	0,247096774

Tabelle 7.13: Schadstoff- und CO₂-Emissionen von Güterkraftfahrzeugen pro Fahrzeugkilometer
(Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten aus Keller u. a. (2004) und Düring u. a. (2004), S. 131)

Schadstoffart	Kostensätze in EUR/t Jahr 2007	
	Geringere Kostensätze vgl. Bickel (2006), S. S20 und FSV (2002)	Höhere Kostensätze vgl. Maibach u. a. (2007), S. 54
Kohlenwasserstoffe (HC)	1.182,32	1.305,28
Kohlenmonoxid (CO)	4.541,29	4.541,29
Stickoxide (NOx)	3.332,00	3.915,85
Verbrennung Partikel (PM)	118.447,06	113.994,66
Kohlendioxid (CO ₂)	23,65	76,14
Schwefeldioxid (SO ₂)	4.836,77	5.656,22
Aufwirbelung Partikel	(nicht bewertet)	45.793,65

Tabelle 7.14: Kostensätze für Schadstoff- und CO₂-Emissionen Kraftfahrzeugen pro Fahrzeugkilometer, Bezugsjahr 2007
(Quelle: Eigene Berechnungen)

Nach der Aufstellung eines Wertgerüsts kann die Verschmelzung von Mengen- und Wertgerüst erfolgen. Die Leerfahrtenanteile wurden mit den Emissionsmengen bei Leerfahrten ermittelt. Die Ergebnisse der Berechnungen finden sich in Tabelle 7.15. Ein bedeutender Einflussfaktor auf die Berechnungen ist die Frage, wie die Standardgüterkraftfahrzeugflotte hinsichtlich der Schadstoffklassen zusammengesetzt ist. Es wurden dazu zwei unterschiedliche Berechnungen durchgeführt. Einmal wurde von einem Fahrzeug-Mix ausgegangen (Vgl. Abbildung 7.21) und einmal wurde angenommen, dass auch die Standardgüterkraftfahrzeuge schon der Schadstoffklasse EURO V genügen.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Kostenart	Kosten in EUR pro 1.000 tkm		Veränderung	
	Standardgüterkffz Fzg-Mix (EURO V)	Eurocombi Typ D	absolut (EURO V)	relativ (EURO V)
internalisierte Kosten	55,17	49,54	5,63	-10,2 %
externe Schadstoff-/Klimakosten (geringere Kostensätze für externe Kosten)	4,77 (3,26)	2,82	1,95 (0,44)	-41,0 % (-13,5 %)
externe Schadstoff-/Klimakosten (höhere Kostensätze für externe Kosten)	9,14 (7,54)	6,56	2,58 (1,02)	-28,2 % (-13,5 %)

Tabelle 7.15: Kostenmäßige Auswirkungen von Eurocombi-Fahrzeugen, Bezugsjahr 2007
(Quelle: Eigene Berechnungen)

Bei einer intramodalen Verlagerung einer Transportleistung von 1.000 tkm von Standardgüterkraftfahrzeugen zu Eurocombi-Fahrzeugen ergibt sich daher eine Einsparung von rund 10,2 % an internen und rund 13,5 % an externen Kosten. (Vgl. Tabelle 7.15) Die absoluten Werte der externen Schadstoff- und Klimakosten pro tkm sind deutlich niedriger als in den einschlägigen Publikationen.¹⁰⁸ Der Grund liegt in der ausschließlichen Betrachtung von Fahrzeugen über 34 t zGM. Da diese im Durchschnitt höher ausgelastet sind und auch ein höheres Gütervolumen transportieren können, sind deren Emissionen pro tkm deutlich geringer als jene von kleineren Fahrzeugen.

Die externen Schadstoff- und Klimakosten sinken prozentuell stärker als die internen Kosten, da der Effizienzvorteil eines Eurocombi beim Treibstoffverbrauch besonders ausgeprägt ist. Besonders groß sind die Vorteile der Eurocombi-Fahrzeuge dann, wenn Fahrten mit Standardfahrzeugen einer älteren Schadstoffklasse ersetzt werden können. Beim gegenwärtigen Fahrzeugmix im Güterfernverkehr (dominiert von Fahrzeugen der Schadstoffklasse EURO III-V) können durch Eurocombi-Fahrzeuge dann bis zu 41 % an externen Schadstoffkosten gespart werden.

Eine Verlagerung innerhalb des Verkehrsträgers Straße hin zu Eurocombi-Fahrzeugen und die daraus resultierenden Einsparungen an externen Schadstoff- und Klimakosten zeigt Abbildung 7.22. Die in der Abbildung eingezeichnete 6 %ige Verkehrsleistungssteigerung ist jene, die aus dem intermodalen Wettbewerbsmodell (vgl. Abschnitt 7.4.3.2) resultiert, wenn der Schienenverkehr hohe Marktanteilsverluste in Kauf nimmt bei gleichzeitiger Erhöhung der fahrleistungsabhängigen Lkw-Maut für Eurocombi-Fahrzeuge von EUR 0,10. Selbst bei dieser relativ starken Steigerung der Verkehrsleistungen erreichen die externen Schadstoff- und Klimakosten ungefähr das Niveau des Falls ohne Eurocombi-Fahrzeuge. (Der erste Eintrag am linken Rand der Abbildung 7.22 beschreibt den Ausgangsfall ohne Eurocombi-Fahrzeuge)

Bei Betrachtung der externen Schadstoff- und Klimakosten ist auch zu berücksichtigen, dass

¹⁰⁸Vgl. Maibach (2000), Knörr und Reiter (2005) und Schreyer u. a. (2007).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

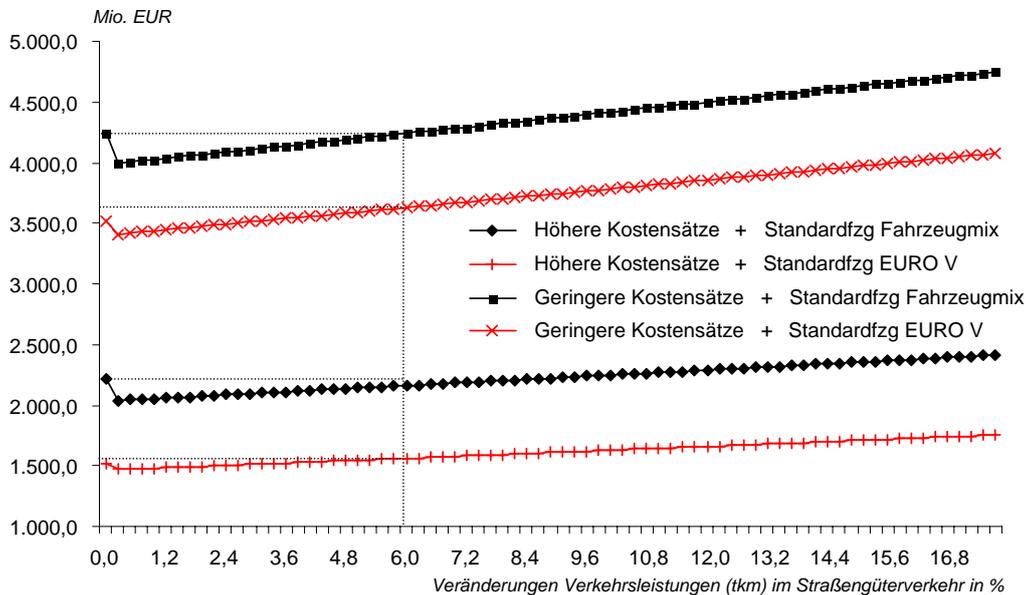


Abbildung 7.22: Schadstoff- und Klimakostenveränderungen durch Eurocombi-Fahrzeuge in Deutschland
(Quelle: Eigene Darstellung)

Eisenbahn- und Binnenschiffsverkehre ihrerseits externe Kosten verursachen und es bei einer Verlagerung von Transportleistungen zum Straßenverkehr zum Wegfall von externen Kosten bei diesen Verkehrsträgern kommt.¹⁰⁹

Nach den externen Schadstoff- und Klimakosten wurden auch die internalisierten Kosten untersucht und in Abbildung 7.23 dargestellt. Ab einer Transportleistungszunahme von mehr als 2,16 % steigen diese über das Niveau ohne Eurocombi-Fahrzeuge hinaus. Die Einsparung an externen Schadstoff- und Klimakosten sind daher im Durchschnitt höher als die internalisierten Kosten.

Das Ergebnis der Berechnungen ist damit zusammengefasst, dass auch in ungünstigen Entwicklungsszenarien bei einer zusätzlichen Bemannung von Eurocombi-Fahrzeugen die externen Schadstoff- und Klimakosten durch den Straßengüterverkehr nicht deutlich ansteigen. Vielmehr ist von gewissen Reduktionen in den externen Schadstoff- und Klimakosten der Güterkraftfahrzeuge über einer zGM von 30 t auszugehen, die zwischen 3 und 8 % liegen.

¹⁰⁹Vgl. zur Höhe der externen Kosten der anderen Verkehrsträger vgl. Schreyer u. a. (2007).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

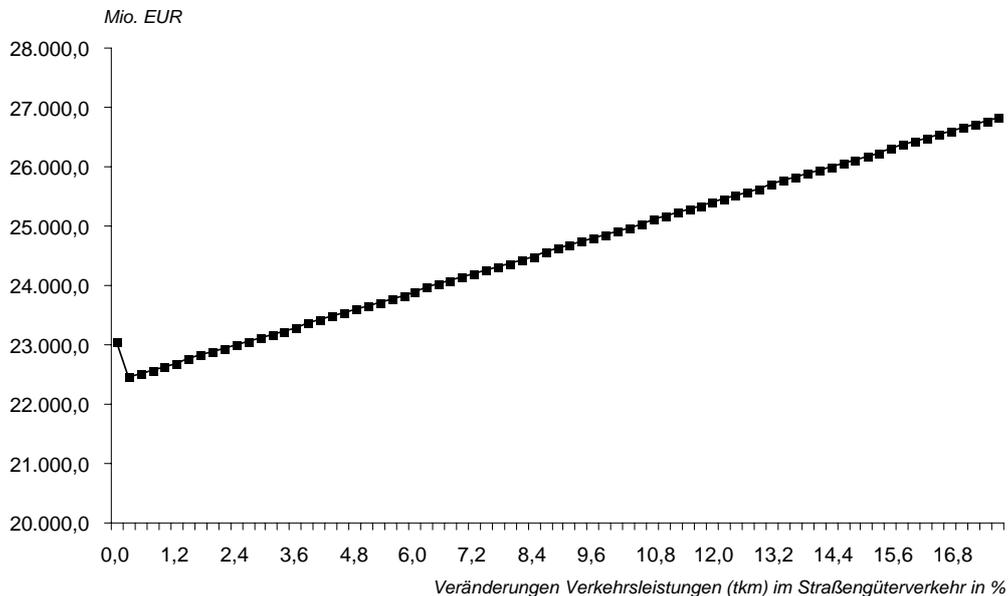


Abbildung 7.23: Veränderung der internalisierten Kosten durch Eurocombi-Fahrzeuge in Deutschland in Abhängigkeit der Veränderung der Verkehrsleistung
(Quelle: Eigene Darstellung)

7.5 Abschätzung des Anteils an Eurocombi-Fahrzeugen bei Zulassung aus einer Mikro-Perspektive

Um die Auswirkungen der Einführung von Eurocombi Fahrzeugen, wie sie in Abschnitt 7.4.3 beschrieben wurden, auch aus Unternehmensperspektive darstellen zu können, wurde die Zulassung solcher Fahrzeuge anhand von einem Beispiel eines Unternehmenstransportnetzwerkes (Supply Chain) untersucht. Der Vorteil in der Simulation von Auswirkungen auf ganze Unternehmensnetzwerke liegt darin, dass weniger Annahmen für den Einsatz von Eurocombi-Fahrzeugen getroffen werden müssen. Die sonst üblichen Vergleiche beziehen sich in der Regel auf stark abstrahierte Optimalfälle basierend auf Einzelrouten.¹¹⁰

7.5.1 Das Supply Chain Optimierungsprogramm PRODISI

Die Modellierung des Unternehmensnetzwerkes erfolgte mit dem Supply Chain Optimierungsprogramm PRODISI der Firma Prologos. Die dahinterliegende Modellierung bildet die Distributionsstruktur des Unternehmens ab, wobei der Aufbau mehrstufig ist und die Mengen durch das System von Quellen (Werken) über (fakultative) Zentrallager, Auslieferung und

¹¹⁰Vgl. Backman und Nordström (2002).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Transshipmentpunkte zu den Kunden fließen. Die Kanten als auch die Knoten können mit unterschiedlichen Parametern versehen werden und dadurch Kosten- und Leistungsparameter abbilden. Modelliert werden können dabei unterschiedliche Produkte und Produktgruppen. Das Modell berechnet nun auf Basis der getroffenen Annahmen einen optimalen (kostengünstigsten) Warenfluß durch die gegebene Struktur. Kraus verwendete Prodisi zur Bewertung von Umweltwirkungen unterschiedlicher Distributionsstrukturen.¹¹¹

Die bedeutendste Eigenschaft der Modellierung aus theoretischer Sicht ist die Abbildbarkeit von nichtlinearen Transportkostenfunktionen.¹¹² Diese sind in der Realität häufig degressiv hinsichtlich des Sendungsgewichts, da es beispielsweise Fixkosten durch vorgegebene Transportmittelgrößen gibt oder Tarif Tabellen mit diskreten Kostenangaben Anwendung finden.¹¹³

Die Produktnachfrage bei den Kunden selbst wird durch reale (Sendungs-)Daten dargestellt. Die Software PRODISI arbeitet mit einer geographischen Verortung auf Basis der Postleitzahlen der Standorte der Werke, Lager und Kunden. So können die Entfernungen zwischen den Standorten auf dem realen Straßennetz abgebildet werden. Weitere Inputdaten bilden die Lagerkostenfunktionen und Lagerkapazitäten. Das zentrale Element für die vorliegende Untersuchung bildet aber die Annahme der Transportkostenfunktionen sowie die Fahrzeugkapazitäten.

7.5.2 Beschreibung des untersuchten Unternehmens

Das untersuchte Unternehmen ist ein Konsumgüterproduzent im äußersten Süden von Deutschland. Aus Datenschutzgründen kann der Unternehmensname nicht genannt werden. Untersucht wurde die Distribution der produzierten Güter in einem Untersuchungszeitraum von September 2003 bis Juli 2004. Dabei wurden die gesamten Sendungsdaten, die die genaue Anschrift des Empfängers, die gelieferten Produkte und die gelieferte Menge enthalten, in die PRODISI-Software eingepflegt. Neben den Mengenströmen wurden die Transportverbindungen zwischen den Werken und zu den Kunden mit Transportkostenfunktionen hinterlegt.

Für die vorliegende Untersuchung wurden nur die Sendungen nach Deutschland als Untersuchungsbasis herangezogen, generell liefert das Unternehmen seine Produkte jedoch nach ganz Europa.¹¹⁴ Damit sind mögliche Kosteneinsparungen bei einer Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen noch höher einzuschätzen, da auch Warenströme nach Polen, Skandinavien, die

¹¹¹Vgl. Kraus (1997).

¹¹²Vgl. Paraschis (1989), S. 44ff.

¹¹³Vgl. dazu Fleischmann (1993).

¹¹⁴Die Warenströme für Deutschland sind auch groß genug um sie von den anderen Sendungen herauszulösen. Bei kleineren Warenströmen würde das Problem auftreten, dass die Komplettladungsgrößen der Lieferungen von den Werken an die Zentrallager nicht erreicht werden würden.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

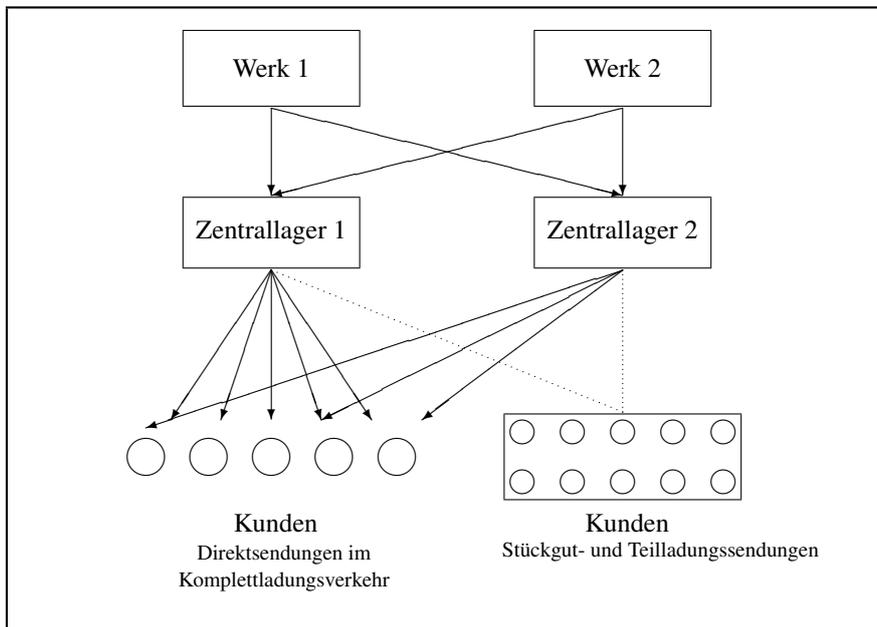


Abbildung 7.24: Distributionsstruktur des untersuchten Konsumgüterherstellers
(Quelle: Eigene Darstellung)

Niederlande, Belgien und Luxemburg von geringeren Transportkosten profitieren würden. Weitere Einsparungsmöglichkeiten wären bei den Transportkosten der Inputströme des Unternehmens zu erwarten, da auch hier viele Komplettladungsverkehre mit Standardgüterkraftfahrzeugen gefahren werden. In der genannten Untersuchungsperiode wurden keine Bahnverkehre für die Distribution innerhalb Europas eingesetzt.

Die gesamte in dem Zeitraum in Deutschland verkaufte Menge an Fertigprodukten betrug 35.294 Euro-Paletten bzw. rund 33.000 t. Da das spezifische Gewicht der Waren mit knapp 900 kg pro Palette vergleichsweise sehr hoch ist und Standardsattelzüge nicht bis zur vollen Ausnutzung der Stellplatzkapazität beladen werden können, werden eventuell genutzte Eurocombi-Fahrzeuge durch ihr geringeres Verhältnis zwischen Nutzlast und Stellplatzkapazität hinsichtlich der Stellplätze ebenso nicht voll ausgelastet sein.¹¹⁵

Den schematischen Aufbau des Distributionssystems zeigt Abbildung 7.24. Aus den beiden Werken werden die beiden Zentrallager beliefert, die ihrerseits Teilladungs- und Stückgutsendungen ausliefern. Die Werke befinden sich beide im Süden Deutschlands, ein Zentrallager befindet sich in der Nähe der beiden Werke (23 bzw. 4 km entfernt), das Zweite befindet sich im Bundesland Nordrhein-Westfalen. Die Komplettbelieferungen (Direktbelieferungen) von Kunden erfolgen sowohl von beiden Werken aus, als auch, in geringem Ausmaß, von den

¹¹⁵Das würde es sogar ermöglichen bei Bedarf leichte andere Güter hinzuzuladen.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

	Referenzszenario	Mit Eurocombi
<i>Belieferung Werke - Zentrallager</i>		
Anzahl der Fahrten (Sendungen)	1.564	1.223
Fahrleistung in km	400.070,00	277.696,00
<i>Belieferung Zentrallager - Kunden Direkt</i>		
Anzahl der Fahrten (Sendungen)	419	404
Fahrleistungen in km	216.204,00	207.252,00
Summe Fahrleistungen in km	616.274,00	484.948,00
Reduktion Fahrleistungen in km	131.326,00	
Reduktion Fahrleistungen in %	21,31	

Tabelle 7.16: Ergebnisse (Fahrleistungen) der Mikro-Modellierung von Eurocombi-Fahrzeugen im Auslieferungsnetzwerk eines Konsumgüterherstellers
(Quelle: Eigene Berechnungen)

Zentrallagern.

Eurocombi-Fahrzeuge wurden mit Hilfe neuer Transportkostenfunktionen *zusätzlich* zu den schon bisher verwendeten Standardgüterkraftfahrzeugen zugelassen. Das Modell kann damit zwischen einer zusätzlichen Transportalternative wählen. Die Ergebnisse dieser Modellierung sind im folgenden Abschnitt dargestellt.

7.5.3 Ergebnisse der Modellierung

Unter den gegebenen Annahmen wurden Simulationsläufe durchgeführt, wobei ein Referenzszenario gebildet wurde, in dem keine Eurocombi-Fahrzeuge zugelassen wurden. Das Ergebnis wurde aufgegliedert in die Belieferungen der Zentrallager und in die Direktbelieferungen zu den Kunden. (Tabelle 7.16) Die Belieferung der Zentrallager auf den kurzen Distanzen erfolgt häufig in Pendelverkehren, wodurch sich ein Eurocombi-Einsatz einfacher gestalten würde, da dieses Fahrzeug in einem geschlossenen System pendelt. Problematisch sind bei kurzen Distanzen vor allem die etwas längeren Be- und Entladezeiten von Eurocombi-Fahrzeugen, da es in jedem Fall einen Abkuppelungsvorgang eines Anhängers geben muss. Das wäre bei einem Standardsattelzug nicht notwendig.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass auf jenen Transportverbindungen, auf denen ein Einsatz von Eurocombi-Fahrzeugen möglich ist, deutliche Einsparungen von knapp einem Fünftel (21,31 %) an Fahrzeugkilometern erzielt werden können. Zu beachten ist, dass es sich dabei nicht um die gesamten Fahrleistungen in der Distribution handelt. Die Fahrleistungen auf Ebene des Teilladungs- und Stückgutverkehrs können nicht abgebildet werden, da aufgrund der

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

	Referenzszenario	Mit Eurocombi
<i>Belieferung Werke - Zentrallager</i>		
Kosten in EUR	369.074,00	328.597,00
<i>Belieferung Zentrallager - Kunden Direkt</i>		
Kosten in EUR	379.975,00	335.095,00
<i>Kosten der Verteilverkehre (Teilladungen und Stückgut)</i>		
Kosten in EUR	785.703,00	785.703,00
Summe Distributionskosten Deutschland in EUR	1.561.752,00	1.449.395,00
Reduktion Distributionskosten in EUR	112.357,00	
Reduktion Distributionskosten in %	7,19	

Tabelle 7.17: Ergebnisse (Kosten) der Mikro-Modellierung von Eurocombi-Fahrzeugen im Netz Liefernetzwerk eines Konsumgüterherstellers
(Quelle: Eigene Berechnungen)

Verbundproduktion mit anderen Transportgütern in diesem Bereich keine eindeutige Zuordnung möglich ist.

Das ändert sich bei einer Betrachtung der Distributionskosten. Diese ermöglichen einen gesamthaften Blick auf den Distributionsaufwand. Tabelle 7.17 zeigt die Distributionskosten auf den unterschiedlichen Stufen, inklusive der Verteilverkehre.

Die Einsparungen an Distributionskosten für das untersuchte Unternehmen alleine für die Distribution in Deutschland belaufen sich auf EUR 112.357,00 bzw. 7,2 % der gesamten Distributionskosten.

7.6 Bewertung des Einsatzes von Eurocombi-Fahrzeugen sowie Verbesserungsvorschläge

7.6.1 Befürworter und Gegner von Eurocombi-Fahrzeugen

Die Debatte für und wider der Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen wird in der einschlägigen Fachpresse sehr intensiv geführt.¹¹⁶

Die Befürworter des Konzepts sind vor allem die Nutzfahrzeugindustrie sowie gewisse Speditionsunternehmen und die verladende Wirtschaft. Bedeckt halten sich große Speditionsun-

¹¹⁶Vgl. u.A. die Ausgaben der Deutschen Verkehrszeitung 2007 Nr. 22, 28, 34, 56, 63

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

ternehmen wie Kühne & Nagel oder Schenker, generell ist die Zustimmung unter Verladern größere als unter den Unternehmen der Transportwirtschaft selbst.¹¹⁷

Die Gegner des Konzepts bestehen vor allem aus bahn-affinen Unternehmen und Interessensvertretungen, z.B. die Kombiverkehr GmbH, Verband der Bahnindustrie in Deutschland oder die „Allianz pro Schiene“. Auch der Autofahrerclub ADAC hat sich negativ geäußert.

Die öffentliche Hand steht der Thematik ebenso uneinheitlich gegenüber. Die Europäische Union ist Eurocombi-Fahrzeugen gegenüber neutral bis positiv eingestellt, solange daraus keine Wettbewerbsverzerrungen entstehen.¹¹⁸ Die Bundesregierung Deutschlands ist eher skeptisch, während die Bundesländerregierungen Deutschlands, die Versuchszulassungen erteilen dürfen, deutlich positiver eingestellt sind.

Häufige vorgebrachte Argumente gegen die Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen sind:

- Aufgrund der hohen Fixkosten des Eisenbahnbetriebes¹¹⁹ fallen auch kleinere Verluste an Transportnachfrage bei der Eisenbahn stark ins Gewicht, da der Break-Even Point eines ganzen Zuges (insbes. im kombinierten Verkehr) nicht erreicht wird und somit ganze Züge ausfallen, die auch Sendungen tragen, die bei der ausreichenden Beladung des Zuges kostengünstiger auf der Bahn zu transportieren wären.¹²⁰ Zu berücksichtigen ist, dass die Eisenbahnverkehrsunternehmen aber ihre Produktionssysteme (Netze) auch anpassen können.
- Teilweise können die Eurocombi-Fahrzeugkomponenten nicht für den kombinierten Verkehr eingesetzt werden.¹²¹ Dies trifft vor allem auf Sattelaufleger von erweiterten Standardgüterkraftfahrzeugen zu. Außerdem ist eine Verladung von Eurocombi-Fahrzeugen auf die Rollende Landstraße aller Voraussicht nach nicht möglich. Grundsätzlich ist aufgrund der Zusammensetzung von Eurocombi-Fahrzeugen aus den standardisierten Fahrzeugkomponenten eine Verladung im unbegleiteten kombinierten Verkehr wie auch im RoRo-Verkehr möglich.
- Eurocombi-Fahrzeuge würden auch einen Vorteil im Kombinierten Verkehr durch effizientere Vor- und Nachläufe bringen. Hier hängt es davon ab, welche intermodalen Transporteinheiten befördert werden. Eurocombi-Fahrzeuge bieten Vorteile vor allem beim Transport von zwei 20 ft Containern sowie beim Transportieren von Wechselaufbauten. Die Kombination von einem 40 ft und einem 20 ft Container wird hingegen eher von untergeordneter Bedeutung für den Vor- und Nachlauf sein, da einerseits nur

¹¹⁷Vgl. Bennühr (2007).

¹¹⁸Während die Europäische Kommission einer allgemeinen Zulassung eher befürwortend gegenübersteht, hat das Europäische Parlament eine solche nicht befürwortet. Vgl. Parlament (2007).

¹¹⁹Grundsätzlich über Kosten im Eisenbahnbereich Baumol (1962), S. 360.

¹²⁰Insbesondere K+P Transport Consultants (2006), S. 40 weisen auf diese Problematik hin.

¹²¹Vgl. Riedl (2006).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

wenige Verlader 20 und 40 ft Container gleichzeitig nutzen und andererseits selbst bei gleichzeitiger Nutzung die Nutzlast der Container stark beschränkt wäre.

- Vermutet wird eine geringere Auslastung von Eurocombi-Fahrzeugen im Vergleich zu Standardgüterkraftfahrzeugen, mit der Folge von insgesamt sogar höheren Schadstoffemissionsmengen pro transportierter Gewichts- bzw. Volumenseinheit.¹²² Dieses Argument ist nicht nachvollziehbar, da Eurocombi-Fahrzeuge nur eingesetzt werden, wenn sie für die Unternehmen (internalisierte) Kosteneinsparungen bringen, die auch in weiterer Folge zu den Einsparungen an externen Kosten führen. Eurocombi-Fahrzeuge können einfach als Standardfahrzeuge bzw. -kombinationen eingesetzt werden. Die Steuerung solcher flexiblen Einsätze von Fahrzeugen ist durch moderne Planungssoftware sowie Tracking und Tracing der Fahrzeuge selbst deutlich vereinfacht.

Argumente für die Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen sind:

- Ein sich bereits aktuell in (West-)Europa abzeichnender Kraftfahrzeuglenker-Mangel könnte durch Eurocombi-Fahrzeuge entschärft werden.¹²³
- Kapazitätsengpässe im Schienennetz erlauben nur ein begrenztes Wachstum der Schienenverkehrsleistungen. Zusätzliche Kapazitäten können nur vom Straßengüterverkehr gestellt werden.
- Die Umweltfreundlichkeit des Straßengüterverkehrs steigt, da die Emissionen pro Transportleistungseinheit sinken.
- Die Verkehrssicherheit von schweren Güterkraftfahrzeugen pro gefahrenem Fahrzeugkilometer steigt. Dies ist abhängig von den Sicherheitseinrichtungen, die für Eurocombi-Fahrzeuge vorgeschrieben werden.¹²⁴

Generell sollten bei der Diskussion zwei Argumente getrennt voneinander festgestellt und dann diskutiert werden:

- Eurocombi-Fahrzeuge bewirken unter gewissen Rahmenbedingungen (Sicherheitsausstattung, Streckenrestriktionen) unter Konstanthaltung der Transportleistungen aller Verkehrsträger Kosteneinsparungen an internen und externen Kosten. Da vermutlich Teile der Kosteneinsparungen an Verlader weitergegeben werden, gibt es auch Verbesserungen der Konsumentenrenten.
- Lässt man intermodale Transportleistungsverschiebungen sowie allgemeines Wachstum an Transportleistungen zu, dann ist eine Verschlechterung der Wettbewerbsposition der Eisenbahn sowie ein höheres Verkehrsleistungswachstum insgesamt zu erwarten.

¹²²Vgl. Umweltbundesamt (2007).

¹²³Vgl. Kummer u. a. (2007a).

¹²⁴Die Sicherheitseinrichtungen könnten durch Ermäßigungen bei der Kfz-Steuer durch die öffentliche Hand zusätzlich bevorzugt werden, vgl. Kummer u. a. (2007b), S. 20f.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Es gilt daher vor allem Überlegungen darüber anzustellen, wie die Vorteile von Eurocombi-Fahrzeugen genutzt werden können, ohne gleichzeitig zu viele Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Dass ein Nebeneinander von Eisenbahnen und Eurocombi-Fahrzeugen möglich ist, zeigen Finnland und Schweden deutlich. Dort sind die Modal-Split Anteile des Verkehrsträgers Schiene auf oder über deutschem Niveau, in Schweden ist durch intensiven Wettbewerb auf der Schiene sogar ein starkes Wachstum dieses Verkehrsträgers zu verzeichnen.¹²⁵ Da Straßengüterverkehr in allen EU-Ländern den Modal Split dominiert, ist eine Effizienzerhöhung in diesem Bereich besonders effektiv¹²⁶, zumal die Bedeutung des Straßengüterverkehrs auch in Zukunft hoch sein wird.¹²⁷ Durch die häufig prognostizierte weitere Zunahme der durchschnittlichen Verkehrsweiten im Straßengütertransport,¹²⁸ steigt der Nutzen größerer Transportmittel überproportional an, da die geringeren variablen in- und externen Kosten noch klarer zum Tragen kommen. Eine Verlängerung der durchschnittlichen Transportweiten kommt im Übrigen auch dem Schienengüterverkehr entgegen, da auf langen Distanzen deutlich bessere Wettbewerbsbedingungen für kombinierten Verkehr herrschen.

7.6.1.1 Einführungsszenarien von Eurocombi-Fahrzeugen

Eurocombi-Fahrzeuge werden von Transportunternehmen auf Transportrelationen eingesetzt werden, bei denen die folgenden Charakteristika vorliegen:

- Wenn derzeit schon mehrere Standardgüterkraftfahrzeuge innerhalb eines kurzen Zeitraumes (ein Tag) mit Komplettladungen verkehren.
- Wenn andere Verkehrsträger keine Alternativen anbieten.
- Auf Routen mit hohen Distanzen und einem hohen Anteil an hochrangigen Straßen.
- Bei Hauptlauftransporten zwischen Terminals von Transportdienstleistern im KEP und Stückgutbereich.
- Bei Pendelverkehren in der Werksver- oder Entsorgung. Hier sind auch Kurzstrecken möglich.
- Bei Gütergruppen, die hohes Volumen und gleichzeitig geringe Ladungsdichte aufweisen.

¹²⁵Vgl. DGTREN (2006). Schweden weist zudem einen belebten Markt an privaten Gütertransportunternehmen im Eisenbahnbereich auf (Green Cargo, Hectarail)

¹²⁶Andere Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung des Straßengüterfernverkehrs zeigen Klaus und Müller (2006).

¹²⁷Vgl. Vickerman (2002), McKinnon (2007) und Ickert u. a. (2007).

¹²⁸Vgl. Ickert u. a. (2007), S. 107.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Gütertransportunternehmen werden Erfahrungen auf einigen wenigen Routen mit den Fahrzeugen sammeln und diese dann erst nach einiger Zeit auch in die klassischen Netzstrukturen des Komplettladungs-Spotmarktes für Güterkraftfahrzeuge integrieren. Hierzu muss auch eine gewisse Fahrzeuganzahl erreicht werden.

7.6.2 Effizienzsteigerung im Einsatz von Eurocombi-Fahrzeugen und Reduktion der intermodalen Auswirkungen

Die ökonomische Analyse zeigt, dass bei einer Kontroverse für und wider die Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen von reinen Pro und Contra-Standpunkten abgesehen werden sollte. Vielmehr sollte die Frage in den Mittelpunkt gestellt werden, wie man die durchaus beträchtlichen Effizienzvorteile und Einsparungen an in- und externen Kosten des Transports durch Eurocombi-Fahrzeuge nutzen kann und wie gleichzeitig möglichst negative Auswirkungen minimiert werden können. Vorschläge dazu sind:

- Versteigerung von Kilometerkontingenten bzw. Fahrzeuglizenzen für Eurocombi-Fahrzeuge. Damit kann erreicht werden, dass Eurocombi-Fahrzeuge nur dort eingesetzt werden, wo sie den höchsten Nutzen bringen. Weiters können die Kontingente variabel angepasst werden und Einnahmen für die öffentliche Hand erzielt werden, die zur Beseitigung von negativen externen Effekten verwendet werden können.
- Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen nur auf Routen, die einzeln genehmigt werden. Diese Genehmigung kann technische oder ökonomische Gesichtspunkte umfassen.
- Abschöpfung von Teilen des Effizienzvorteils durch einen höheren Lkw-Mautsatz (wie in der Modellierung simuliert) für Eurocombi-Fahrzeuge und Reduzierung von externen Unfall- und Umweltkosten durch Vorschreibung hoher Umwelt- und Sicherheitsstandards.

Es steht aus ökonomischer Sicht also prinzipiell eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung, wie Eurocombi-Fahrzeuge gezielt reguliert und eingesetzt werden können. Jedenfalls sind sie ein mächtiges und gleichzeitig auch sehr sensibles Instrument zur Senkung der internalisierten und externen Transportkosten.

7.7 Skaleneffekte im Straßenpersonenverkehr

Der motorisierte Straßenpersonenverkehr teilt sich in Individualverkehr und öffentlichen Verkehr. Innerhalb des Individualverkehrs herrschen unterschiedliche Transportmittelgrößen vor,

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

von einspurigen Fahrzeugen mit einem Sitzplatz bis hin zu Reisebussen in Doppelstockkonfiguration.

Im individualisierten Straßenpersonenverkehr mit einspurigen Fahrzeugen oder Pkw haben sich die Transportmittelgrößen seit Jahrzehnten nicht wesentlich verändert. Das ist alleine dem Begriff „individualisierten Straßenpersonenverkehr“ schon inherent, es handelt sich um *Individualverkehr*. Die aus der Bündelung von Strömen in großen Transportmitteln zu erreichende Kostendegression wird in diesem Fall gerade nicht genutzt, da man die mit der Bündelung verbundenen Nachteile (Fahrpläne, Anreise zu den Stationen, festgelegte Fahrtroute, etc.) im Personenverkehr vermeiden will. Im individualisierten Straßenpersonenverkehr ist daher das Wachstum der Kapazität von vernachlässigbarer Relevanz.

Im Gelegenheitspersonenverkehr mit Bussen ist eine Verwendung von Doppelstockbussen schon seit Jahrzehnten möglich, deren Verbreitung ist aber generell gering geblieben. Im Verlauf dieses Abschnitts wird daher auf diesen Bereich nicht weiter eingegangen.

Im Bereich des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs kam es ab Beginn der 1980er Jahre zum Einsatz von Großraumbussen, definiert als Busse mit einer Länge von mehr als 18,75 m. Diese Busse erreichen derzeit in Form von Doppelgelenkbussen eine Länge von über 26 m, und werden besonders auf Routen mit sehr starken Verkehrsströmen eingesetzt, wo eine weitere Taktverkürzung (etwa unter drei Minuten) keinen wesentlichen Vorteil mehr bringt. Beispiele sind in Göteborg und Bordeaux zu finden. Im Zuge der Verbreitung von „Bus Rapid Transit“-Systemen ab Ende der 1980er Jahre wurden in Südamerika Doppelgelenkbusse auf eigenen Spuren und mit Haltestellen eigens für diese Busverkehre in Betrieb genommen. Diese Bussysteme erreichen Produktivitäten, die an jene von U-Bahnsystemen heranreichen, haben aber deutlich geringeren Infrastrukturinvestitionsaufwand.¹²⁹ Auch chinesische Hersteller und Nahverkehrsbetreiber entwickeln Tendenzen in diese Richtung.¹³⁰ Neben den bereits in mehreren Städten eingesetzten Gelenk- und Doppelgelenkbussen werden seit kurzer Zeit auch Buszüge (wieder) eingesetzt. Dabei handelt es sich um konventionelle Busse, an die vor allem während Stoßzeiten ein Anhänger angekuppelt werden kann.¹³¹

Die Debatte, ob auf der Ebene der Transportunternehmen, die Busverkehre betreiben, Economies of Scale vorliegen, ist auch nach langer theoretischer und empirischer Diskussion nicht entschieden.¹³² In der Zeit vor der Entwicklung des „Economies of Density“-Konzeptes¹³³ galt vergleichsweise homogen die Auffassung, dass keine Economies of Scale vorliegen.¹³⁴

¹²⁹Vgl. Hondius (2006), S. 25.

¹³⁰Vgl. Haseloff (2007), S. 71f.

¹³¹Vgl. Fuchshuber und Leuthardt (2006).

¹³²Siehe z.B. Tauchen u. a. (1983) für Fernbusverkehre, Perez-Perez (1997) und ISOTOPE Research Consortium (1997) für Stadtbusverkehr oder Farsi u. a. (2006) für die Schweiz.

¹³³Vgl. Abschnitt 2.3.3.

¹³⁴Vgl. Koshal (1972).

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

Die spätere Arbeit von *Xu et al.* ist gegenteiliger Auffassung.¹³⁵ Moderne Arbeiten verfolgen einen wesentlich differenzierteren Zugang und verwenden Mehrprodukt-Spezifikationen. In diesen Untersuchungen finden sich geringe, vor allem auf Administrationskosten beruhende (Ray-)Economies of Scale. Bei einer Unterscheidung von Spitzenlastzeiten und Schwachlastzeiten als unterschiedliche Outputs zeigt sich, dass es (produktspezifische) Diseconomies of Scale in den Spitzenlastzeiten gibt. Aus diesen beiden Eigenschaften ergeben sich Economies of Scope bei Busunternehmen.¹³⁶

Zusammenfassend bleibt für den Straßenpersonenverkehr festzustellen, dass bei den Bussen des öffentlichen Verkehrs ein gewisser Trend zur Vergrößerung der Kapazität besteht. Bushersteller entwickeln und präsentieren beispielsweise Prototypen, die die derzeit gültige Grenze von einer Länge von 18,75 m für Busse¹³⁷ überschreiten.¹³⁸ Der Druck auf eine Veränderung der Rahmenbedingungen scheint aufgrund des nur sehr engen Einsatzbereiches dieser Busse nicht allzu groß, allerdings wären die Profiteure einer Zulassung längerer Busse häufig öffentliche Aufgabenträger, die dadurch Kosteneinsparungen erreichen können. Es erscheint daher insbesondere für O-Busse möglich, dass diese Längenbeschränkung erhöht wird.

7.8 Conclusio zum Bereich des Straßenverkehrs

Der Straßenverkehr und vor allem der Straßengüterverkehr lässt einige interessante Erweiterungen zu den bisherigen Erkenntnissen aus den Verkehrsträgern Luft- und Schiffsverkehr zu. Primär von Bedeutung ist, dass vor allem im Straßengüterverkehr die marktlichen Einflussfaktoren in größerem Ausmaß den Einsatz von Transportmitteln von höherer Kapazität, als es derzeit möglich ist, erfordern. Die nicht-marktliche Grenze „Rechtliche Rahmenbedingungen“ ist von Bedeutung.

Hinsichtlich des Risikos des Betriebs größerer Fahrzeuge fällt im Straßenverkehr auf, dass im Gegensatz zum Luft- und Seeverkehr die Risiken deutlich reduziert sind, da die Fahrzeugkombinationen auch als kleinere Einheiten problemlos eingesetzt werden können.¹³⁹

Da die Investitionskosten in Güterkraftfahrzeuge vor allem durch einen gut funktionierenden Leasing-Markt ein geringes Niveau aufweisen, sind nur geringe Auswirkungen auf die Anbieterstruktur der Transportunternehmen selbst zu erwarten. Kleinen Unternehmen wird

¹³⁵Vgl. Xu u. a. (1994).

¹³⁶Vgl. Fernández u. a. (2005).

¹³⁷Vgl. § 32 Abs 3 Z 4 StVZO.

¹³⁸Vgl. Müller (2006), S. 232.

¹³⁹Einen Beleg dafür liefert in gewisser Weise auch der niederländische Testlauf mit Eurocombi-Fahrzeugen. Trotz der Unsicherheit über eine spätere Zulassung haben Transportunternehmen in Eurocombi-Fahrzeuge investiert.

KAPITEL 7. KAPAZITÄTSWACHSTUM BEI TRANSPORTMITTELN IM STRASSENVERKEHR

eher eine neue Nische geschaffen, in der sie sich positionieren können. Große Gütertransportunternehmen können Flexibilität dadurch erreichen, indem sie an unterschiedlichen Standorten die Fahrzeugkombinationen ändern und je nach Bedarf unterschiedliche Fahrzeugkombinationen bilden. Generell ist es im Straßengüterverkehr, im Unterschied zu allen anderen Verkehrsträgern, auch Kleinunternehmen möglich die größten verfügbaren Transportmittel zu betreiben.

Im Straßengüterverkehr ist bei der aktuellen Debatte um die Einführung von größeren Transportmitteln vor allem die Variabilität der Fahrzeugkombinationen positiv zu bewerten. Da Eurocombi-Fahrzeuge lediglich eine Kombination von konventionellen Elementen sind, sind Feldversuche und probeweise Zulassungen möglich, da bei einer Umkehrung der Entscheidung nur geringe Sunk-Costs für die Unternehmen anfallen. Die angeschafften Zugfahrzeuge und Anhänger können einfach als konventionelle Fahrzeugkombinationen verkehren. Dies steht im Unterschied zu anderen Verkehrsträgern wie beispielsweise dem Luftverkehr, bei welchen die Einführung eines neuen Transportmittels mit äußerst hohen Anfangsinvestitionen verbunden ist.

In Zusammenhang mit der Variabilität ist vor allem das Transportgut von Bedeutung. Dieses ist immer mehr geprägt durch Container und Wechselaufbauten und in weiterem Zusammenhang mit dem Ladungsträger oder der Transporteinheit.

Hinsichtlich der Rahmensetzung für die marktlichen Einflussgrößen stehen nicht nur absolute Grenzen, wie sie beispielsweise für Abmessungen oder Gewichte von Transportmitteln gelten, im Vordergrund, auch die Steuern- bzw. Ababengestaltung spielt eine Rolle. Im Straßengüterverkehr ist das durch die (fahrleistungsabhängige) Maut besonders auffällig, aber auch im Luftverkehr spielt die Treibstoffbesteuerung oder im Eisenbahnverkehr die Gestaltung des Infrastrukturbenutzungsentgeltes eine wichtige Rolle.

8 Synthetische Betrachtung und Zusammenfassung

8.1 Zusammenfassung der Inhalte der einzelnen Kapitel

Die Arbeit hat ein sehr differenziertes Bild der Frage des Größenwachstums von Transportmitteln gezeichnet. Die aufgeführten Einflussfaktoren, Rahmenbedingungen und Besonderheiten der Verkehrsträger führen zu einer Reihe von Einsichten über grundsätzliche Funktionsmechanismen von Verkehrsmärkten.

Nachdem in Kapitel 2 und 3 die theoretisch-abstrakten Vorarbeiten einerseits zur Thematik der Untersuchung von Kosten und Kostenfunktionen und andererseits zur Untersuchung der Einflussfaktoren auf das Größenwachstum geleistet wurden, folgt in den Kapiteln 4-8 eine Analyse der einzelnen Verkehrsträger.

Bei dieser Analyse wurde im Bereich der *Schifffahrt* eine Untersuchung des bisherigen Verlaufs des Wachstums von Schiffen und eine ausführliche Analyse der Literatur zur optimalen Schiffsgröße vorgenommen. Vertieft wurde auf den Faktor Risiko in Zusammenhang mit größeren Transportmitteln eingegangen. Es wurden mehrere Risikodimensionen identifiziert, Wettbewerbs-, Auslastungs-, Schadens-, Wiederverkaufs- und Finanzierungsrisiken und diese in diese in Verbindung mit großen Transportmitteln untersucht. Nicht alle Risiken steigen mit der Größe des Transportmittels an, generell zeigt sich aber, dass in Summe größere Transportmittel auch größere Risiken mit sich bringen.

Im Bereich des *Luftverkehrs* wurde eine tiefgehende Analyse des Verlaufs des bisherigen Größenwachstums von Flugzeugen und dessen Einflussgrößen vorgenommen. Bemerkenswert ist dabei vor allem der Kontext zur Liberalisierung des Luftverkehrs in den USA und später in Europa. Durch die Regulierung haben sich die Netzstrukturen sowie auch der Einsatz von Flugzeugen stark verändert, wobei trotz stark steigender Nachfrage nach Luftverkehrsleistungen die Transportmittelgrößen im Durchschnitt kleiner denn größer geworden sind. Das liegt vor allem am Wettbewerb im Luftverkehr sowie an Feederflügen, die immer mehr an Bedeutung gewonnen haben.

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Im Luftverkehr sind die durch größere Flugzeuge erreichbaren Economies of Scale im reinen Flugbetrieb bereits an einem Punkt angelangt, an dem weiteres Größenwachstum kaum mehr sinnvoll erscheint. Innerhalb des Segments von Flugzeugen über 200 Sitzplätzen ergab eine empirische Untersuchung für die USA, dass die optimale Flugzeuggröße bei rund 280 Sitzplätzen liegt. Dieses Ergebnis wird dadurch untermauert, dass keine der US-amerikanischen Fluggesellschaften derzeit Flugzeuge mit einer größeren Kapazität bestellt haben. Im Luftverkehr fällt die durch größere Flugzeuge zu erreichende Kostendegression in ihrer Bedeutung hinter andere Einflussfaktoren zurück.

Im Bereich des *Straßenverkehrs* wurde mit einer Klassifizierung von schweren Güterkraftfahrzeugen begonnen und ein konsistenter Begriffsrahmen für kommerzielle Fahrzeuge im Güterkraftverkehr entwickelt. Im Falle der in Europa diskutierten Fahrzeuge handelt es sich um Longer Combination Vehicles (LCV) der Klasse I in einer besonderen Ausprägungsform. Diese Fahrzeuge wurden als „Eurocombi“-Fahrzeuge definiert. Die für den Straßengüterverkehr besonders wichtigen genormten Transporteinheiten (ISO-Container, Wechsellaufbauten) wurden auf ihre Kompatibilität mit unterschiedlichen Fahrzeugkombinationen untersucht, und eine Analyse der internationalen Einsatzfelder von Fahrzeugen mit großen Fahrzeugdimensionen (Longer Combination Vehicles) vorgenommen. Die spezifischen Untersuchungsergebnisse zum Straßengüterverkehr werden in Abschnitt 8.3 behandelt.

Beim *Eisenbahnverkehr* wurde wie auch bei den anderen Verkehrsträgern eine Analyse der Entwicklung der Transportmittelgrößen im internationalen Umfeld vorgenommen. Es fällt auf, dass das Wachstum der Transportmittelgrößen in den USA und China im Güterverkehr signifikant war bzw. ist und dass gerade diese Bahnen auch großen Erfolg haben. Zudem wurde die Möglichkeit von Doppelstock-Containerverkehren in Europa diskutiert.

8.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Analyse des Kapazitätswachstums von Transportmitteln

Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung der Wirkungsmechanismen auf die Entwicklung der Transportmittelgrößen sind in der folgenden Zusammenstellung aufgelistet. Eine Systematik der Einflussgrößen wurde in Abbildung 3.1 entwickelt.

- Der Einsatz von Transportmitteln mit größerer Kapazität wird mit steigender Transportweite attraktiver. Da in den vergangenen Jahren durch die verstärkte Internationalisierung von Handel und Personenaustausch die interkontinentalen Verkehrsströme besonders stark zugenommen haben, findet insbesondere im Schiffs- und Luftverkehr ein Kapazitätswachstum statt.

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

- Mit dem Größenwachstum von Transportmitteln steigt die Komplexität der dahinter notwendigen betrieblichen Leistungserstellungssysteme. Der Einsatz großer Transportmittel verlangt nach Bündelung von Transportströmen, dazu müssen Netzwerke mit Feeder-Verkehren und großen Umschlagspunkten aufgebaut werden. In solchen Systemen wachsen die Abhängigkeiten innerhalb der Systeme an. Unternehmen müssen auch eine gewisse Größe erreichen oder sich in Allianzen organisieren, um solche Netzwerke überhaupt aufbauen zu können.
- Bei Größenwachstum von Transportmitteln ist von besonderer Bedeutung, wie Unternehmen die Größenvorteile im (reinen) Transport als Kostenvorteile für das Gesamtunternehmen umsetzen können. Es müssen beispielsweise die Kosten der Anpassung der Umschlags- und Kanteninfrastruktur berücksichtigt werden. Hier hat gerade der Luft- und Seeverkehr einen großen Vorteil, da die mit neuen Transportmitteln häufig verbundenen Infrastrukturanpassungen einfacher umgesetzt werden können. Flughafen- und Hafenbetreiber haben in der Regel selbst großes Interesse am Ausbau ihrer Infrastruktur, wohingegen im Straßen- und Schienenverkehr durch die starke Beteiligung der öffentlichen Hand und die Größe der Netze Infrastrukturanpassungen ungleich schwieriger sind.
- Transportunternehmen müssen in der Lage sein, die Vorteile von größeren Transportmitteln auch am Transportmarkt umzusetzen, denn die durch die größeren Transportmittel zu erreichende Kostendegression bringt in der Regel deutliche Nachteile für die Nachfrager. Für Personen sind es Umwege und Wartezeiten durch Verkehre über Hubs anstatt von Direktverkehren, im Güterverkehr sind es ebenso längere Laufzeiten, geringere Frequenzen, Verspätungen und höhere Fehler- und Schadenswahrscheinlichkeiten durch Umladevorgänge in Netzwerken.
- Die Etablierung von bestimmten Geschäftsmodellen unter den Transportunternehmen beeinflusst die Wahl der Transportmittelgrößen. Die bewusste Entwicklung von reinen und massiv international tätigen Langstreckenfluggesellschaften als ein Element einer Wirtschaftspolitik bestimmter Staaten hat durch die entstehenden Umwege die Notwendigkeit der Nutzung großer Kostendegression im reinen Transport erfordert. Beispiele sind Singapur, die Vereinigten Arabischen Emirate mit Dubai und Abu Dhabi sowie Kuwait und Hong Kong. Gleichzeitig wurde der Aufbau solcher Unternehmen mit der Errichtung großer Hub-Flughäfen mit öffentlichen Mitteln gefördert um damit geringe Umschlagskosten für diese Fluggesellschaften zu ermöglichen.¹

¹Ein Schluss aus diesen Erkenntnissen könnte sein, dass öffentliches Forschungsgeld, das für die Entwicklung neuer Flugzeugtypen ausgegeben wird, besser an die Entwicklung kleinerer Langstreckenflugzeuge gebunden werden sollte. Die Förderung von sehr großen Transportmitteln wie den Airbus A380, nützt eher außereuropäischen Fluggesellschaften. Derzeit stammen nur 15 % aller Bestellungen für den Airbus A380 von europäischen Luftverkehrsunternehmen. Vgl. Kummer (2007), S. 170.

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

- Im Güterverkehr ist ein wichtiger Treiber für das Größenwachstum die Unpaarigkeit von Transportströmen. Unpaarigkeiten reduzieren die Produktivität eines Transportmittels. Eine größere Kapazität führt dazu, dass die Leerfahrten reduziert werden können.
- Die Struktur und Bedeutung von Systemverkehren (insbes. Hub-and-Spoke Netze) sind gerade für den Einsatz großer Transportmittel besonders wichtig. Bei steigender Gesamtnachfrage verlieren aber in Teilbereichen Hub-and-Spoke Netze an Bedeutung, da die Bündelungsnotwendigkeit entfällt und Direktverkehre wieder in den Vordergrund rücken. Weiters kann es vorkommen, dass große Hubknoten durch Überlastung ineffizient werden und auch kleinere Hubs die Chance haben, die kritische Größe zu überschreiten um Hubverkehre zu etablieren.
- Ein weiterer wesentlicher Treiber von Größenwachstum bei Transportmitteln besteht in den notwendigen Inputs und deren Preise. Gerade die im Transport sehr wichtigen Inputs Energie und Personal sind sehr sensibel hinsichtlich Preissteigerungen. Große Transportmittel ermöglichen eine Kostendegression gerade bei diesen Kostenpositionen.
- Die Risiken, die mit den größten Transportmitteln eines Verkehrsträgers verbunden sind, nehmen zu. Das betrifft einerseits die Schadensrisiken aber vor allem auch die wirtschaftlichen und betrieblichen Risiken. Durch größere Transportmittel steigen die Ansprüche an die Finanzierung, da die Teilbarkeiten und die Risikostreuung sinkt, weiters sind Wiederverkaufs- und Wettbewerbsrisiken von besonderer Bedeutung.

Weitere Einflussfaktoren bestehen in Effizienzsteigerungen bei kleineren Transportmitteln, dem Wettbewerb unter Herstellern von Transportmitteln sowie in den Sekundärmärkten für Transportmitteln.

8.3 Ergebnisse aus der vertieften Analyse des Straßengüterverkehrs

Die Analyse des Straßengüterverkehrs wurde gegenüber den anderen Verkehrsträgern detaillierter durchgeführt, es wurden anhand eines konkreten Falles die Auswirkungen des Kapazitätswachstums von Transportmitteln untersucht. Konkret wurde eine mögliche Einführung von größeren und schwereren Güterkraftfahrzeugen in Europa, insbesondere in Deutschland, untersucht.

Es hat sich gezeigt, dass im Gegensatz zu den anderen Verkehrsträgern, ein großer Teil der derzeit zugelassenen Transportmittel bereits der maximal rechtlich möglichen Größe entspricht. Zudem ist im Straßenverkehr eine hohe Variabilität der Transportmittel zu beobachten,

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

da unterschiedliche Fahrzeugkombinationen gebildet werden können. Daneben zeigt sich im Straßengüterverkehr eine große Relevanz der genormten Ladungsträger und Transporteinheiten.

In weiterer Folge wurde eine detaillierte Kostenvergleichsrechnung zwischen einem Standardgüterkraftfahrzeug und einem EuroCombi durchgeführt und die Ergebnisse interpretiert. Mit den Ergebnissen aus der Kostenrechnung sowie weiteren Eingangsgrößen wurde eine Modellierung des Transportmarktes vorgenommen um verkehrsträgerübergreifend die Auswirkungen der Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen in Deutschland zu berechnen. Aus den Ergebnissen der intermodalen Modellierung heraus können die neuen Marktanteile der Verkehrsträger errechnet werden und daraus in einem weiteren Schritt mögliche Fahrleistungseinsparungen im Straßengüterverkehr. Die Modellierung berücksichtigt damit, dass durch Preisänderungen im Straßengüter- und Schienengüterverkehr auch die gesamte Transportnachfrage verändert wird. Aufbauend auf Fahrleistungsänderungen im Straßengüterverkehr können Veränderungen in externen Kosten im Straßengüterverkehr abgeschätzt werden. In einer Mikromodellierung der Supply-Chain eines Unternehmens der Konsumgüterindustrie werden zusätzlich die Auswirkungen auf die Transportkosten eines Unternehmens dargestellt.

Zum Abschluss des Kapitels erfolgte die Evaluation der Pro und Contra Argumente zu Eurocombi-Fahrzeugen verschiedenster Herkunft.

Die folgenden Schlüsse sind zusammenfassend aus der detaillierten Analyse des Straßengüterverkehrs zu ziehen:

- Ein hoher Anteil der Sendungen („Nachfrage“) im Straßengüterverkehr hat Dimensionen, die die Kapazität eines schweren Standardgüterkraftfahrzeuges mit maximaler Kapazität überschreiten.
- Die Ergebnisse der Vergleichsrechnung zeigen bei einem Standard-Sattelzug bei Volllastung Kosten von EUR 0,0367 pro tkm und bei einem Eurocombi von EUR 0,0328 pro tkm. Das bedeutet, dass im optimalen Fall der Volllastung die Transportkosten im Eurocombi um rund 10,7 % geringer sind.
- Bei einer Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen zeigt sich neben den für diese Fahrzeuge geltenden Rahmenbedingungen (v.a. Mauthöhe und Einsatzgebiete) die Reaktion der Eisenbahnverkehrsunternehmen (bzw. Binnenschiffverkehrsunternehmen) als sehr bedeutend. Abhängig davon, wie die Eisenbahnverkehrsunternehmen ihre Transportpreise senken ergeben sich Marktanteilsveränderungen.
- Bei einer Preissenkung im Straßengüterverkehr um die gesamten Kosteneinsparungen von Eurocombi-Fahrzeugen kann der durchschnittliche Transportpreis des Straßengüterverkehrs um rund 3,8 % durchschnittlich gesenkt werden. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen können in Szenario A mit einer Senkung der Transportpreise um rund 5,6 %

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

im relevanten Markt reagieren, um Ihren Marktanteil konstant zu halten. Der gesamte Transportmarkt würde um 2,6 % zunehmen, die Konsumentenrente würde stark ansteigen. Gleichzeitig würden die Schienenverkehrsunternehmen einen Umsatzrückgang um ca. 4,2 % verzeichnen. Die Transportleistung im Schienengüterverkehr würde kaum zurückgehen, da aufgrund der Preissenkungen die Gesamtnachfrage nach Transportleistungen wächst.

- Reagieren die Eisenbahntransportunternehmen bei einer Preissenkung des Straßengüterverkehrs um die vollen Kosteneinsparungen aufgrund von Eurocombi-Fahrzeugen nicht mit Preissenkungen (Szenario B), so verlieren sie in diesem Extremszenario bis zu 24,6 % an Transportleistungen. Bei einer fahrleistungsabhängigen Maut auf Autobahnen von EUR 0,265 pro km für Eurocombi-Fahrzeuge würde dieser Effekt auf eine Reduktion von 18,7 % an Schienentransportleistungen hinauslaufen. Die zusätzlichen Mauteinnahmen belaufen sich auf EUR 365-380 Mio. Höhere Mauten würden den Effekt dementsprechend verringern, ab einem Mautsatz von EUR 0,32 pro km wären die Kostenvorteile durch Eurocombi-Fahrzeuge aufgezehrt.
- Werden die Ergebnisse des intermodalen Wettbewerbsmodells auf die Fahrleistungen im Straßengüterverkehr in Deutschland umgesetzt, so sinken die Fahrleistungen im Szenario A um 5,4 %, im Szenario B trotz der starken Verschiebung der Wettbewerbssituation zu Gunsten der Straße noch immer um 0,6 %.
- Eine Betrachtung von gesamtwirtschaftlichen Kosten zeigt, dass bei einer intramodalen Verlagerung einer Transportleistung von 1.000 tkm von Standardgüterkraftfahrzeugen zu Eurocombi-Fahrzeugen rund 10,2 % an internen und rund 13,5 % an externen Kosten eingespart werden können.
- Bei einer Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen ist von Reduktionen in den externen Schadstoff- und Klimakosten der Güterkraftfahrzeuge über einer zGM von 30 t auszugehen, die zwischen 3 und 8 % liegen.
- Die Mikromodellierung des Distributionsnetzwerkes eines Konsumgüterherstellers zeigt, dass in diesem konkreten Fall auf jenen Transportverbindungen, auf denen Eurocombi-Fahrzeuge eingesetzt werden können, deutliche Einsparungen von knapp einem Fünftel (21,31 %) an Fahrzeugkilometern erzielt werden können. Die Kosteneinsparungen für das Unternehmen innerhalb eines Jahres für die Distribution in Deutschland betragen 7,2 % der gesamten Transportkosten.

Als Vorschläge zur Nutzung der beträchtlichen Effizienzvorteile und Einsparungen an in- und externen Kosten des Transports durch Eurocombi-Fahrzeuge sowie zur gleichzeitigen Minimierung negativer Auswirkungen wurden ausgearbeitet:

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

- Versteigerung von Kilometerkontingenten bzw. Fahrzeuglizenzen für Eurocombi-Fahrzeuge. Damit kann erreicht werden, dass Eurocombi-Fahrzeuge nur dort eingesetzt werden, wo sie den höchsten Nutzen bringen. Weiters können die Kontingente variabel angepasst werden und Einnahmen für die öffentliche Hand erzielt werden, die zur Beseitigung von negativen externen Effekten verwendet werden können.
- Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen nur auf Routen, die einzeln genehmigt werden. Diese Genehmigung kann technische oder ökonomische Gesichtspunkte umfassen.
- Abschöpfung von Teilen des Effizienzvorteils durch einen höheren Lkw-Mautsatz für Eurocombi-Fahrzeuge und Reduzierung von externen Unfall- und Umweltkosten durch Vorschreibung hoher Umwelt- und Sicherheitsstandards.

Es steht damit eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung, wie Eurocombi-Fahrzeuge gezielt eingesetzt und reguliert werden können. Sie stellen ein mächtiges und gleichzeitig auch sehr sensibles Instrument zur Senkung der internalisierten und externen Transportkosten dar und sollten keinesfalls mit reinen Pro- und Contra-Argumenten pauschal zugelassen oder nicht zugelassen werden.

8.4 Prognose des weiteren Wachstumsverlaufs der jeweiligen Verkehrsträger

Nach den in Kapitel 3 dargestellten Erkenntnissen zur Prognose des Wachstumsverlaufs von Transportmitteln sowie den umfassenden Erkenntnissen aus der Analyse der einzelnen Verkehrsträger soll an dieser Stelle eine qualitative Prognose des weiteren Wachstums der größten Transportmittel in den unterschiedlichen Verkehrsträgern gewagt werden. Abbildung 8.1 gibt einen Überblick, wobei bei den Landverkehrsträgern auf Europa Bezug genommen wurde. Dabei wurde in drei Zeit- und damit zugleich Wahrscheinlichkeitshorizonte eingeteilt. Im kurzfristigen Bereich ist eine Realisierung innerhalb eines Zeitraumes von 10 Jahren möglich und auch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit realistisch. Im Mittelfristbereich ist eine Realisierung in einem Zeitraum von 10-20 Jahren möglich und auch durchaus vorstellbar, im Langfristbereich sind weitere Wachstumsmöglichkeiten gegeben, diese erscheinen aber aus heutiger Perspektive eher unwahrscheinlich.

Es zeigt sich aus der Analyse, dass gerade der Containerverkehr auf der Schiene das höchste Wachstumspotential hat, sollte Doppelstockcontainerverladung möglich werden. Der Straßengüterverkehr hat durch die Eurocombi-Fahrzeuge eine kleinere, aber dafür wesentlich realistischere Wachstumsmöglichkeit. Beim öffentlichen Personenverkehr bestehen bei den Bussen durch die Einführung von Bus Rapid Transit Systemen noch Wachstumsmöglichkeiten. Im

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

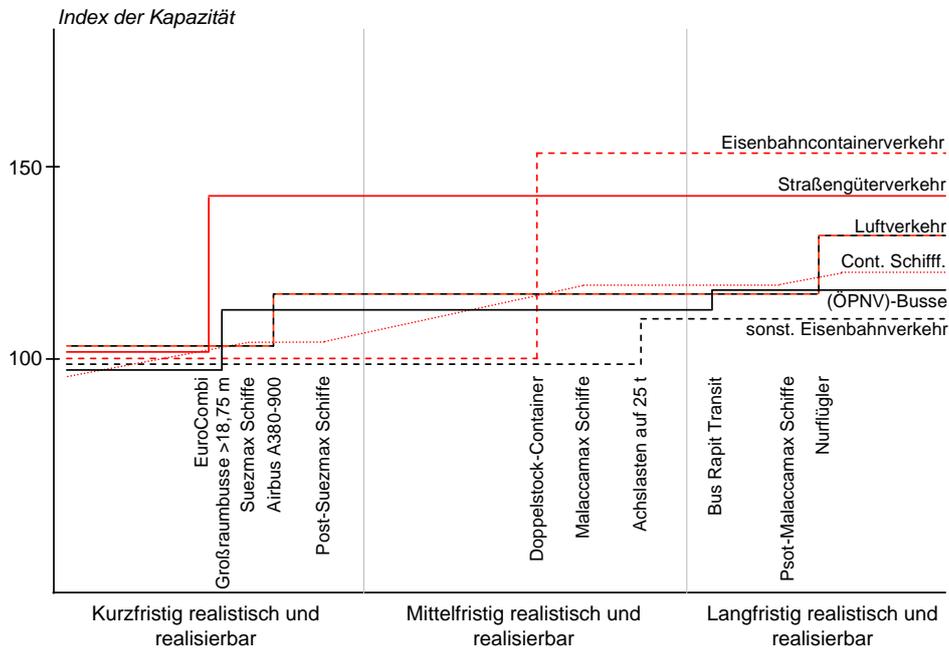


Abbildung 8.1: Prognose des weiteren Kapazitätswachstums der größten Transportmittel im Verkehrsträgervergleich
(Quelle: Eigene Darstellung)

Containerschiffsbereich sind Suezmax-Schiffe zu erwarten, darüber hinaus wird ein weiteres Schiffsgrößenwachstum schon mit größeren Problemen behaftet sein, die vor allem mit dem Risiko solcher großen Schiffe zusammenhängen.

Im *Schiffsverkehr* ist bei Containerschiffen ein weiteres, wenn auch weniger intensives Wachstum in den kommenden Jahren zu erwarten. Die Suezmax-Schiffe sind im Falle einer weiter fortschreitenden Intensivierung der weltweiten Handelstätigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten, ein fortschreitendes Wachstum bis zur Malaccamax-Größe wird erst in mehr als 10 Jahren zu erwarten sein. Bereits heute ist weiteres Schiffsgrößenwachstum durch technische und vor allem ökonomischen Grenzen geprägt. Die Kostendegression im Schiffstransport selbst ist zu einem hohen Grad bereits ausgeschöpft. Vor allem das Auslastungs- und Schadensrisiko wirken restringierend. Auch bei andere Schiffstypen wie Car-Carrier oder Bulkschiffe ist ein Abflachen der Wachstumsverläufe in Zukunft zu vermuten. Lediglich im Bereich der Tankschiffe ist eine Wachstumstendenz evident, in Zukunft könnten damit wieder einzelne Schiffe die 500.000 dwt-Grenze erreichen.

Beim *Luftverkehr* stößt fortgesetztes Transportmittelgrößenwachstum, ähnlich wie beim Schiffsverkehr, weniger an nicht-marktliche Grenzen, sondern es tritt vielmehr das Problem auf, dass die Kostenvorteile größerer Flugzeuge nicht mehr einfach am Markt umgesetzt wer-

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

den können und eine Reihe von betrieblichen Problemen auftreten. Vor allem die verbesserte Effizienz kleinerer Flugzeugmodelle, die sich besonders gut für Direktflüge eignen, wie auch die zunehmende Überlastung großer Hubflughäfen sind Hindernisse für weiteres Größenwachstum. Man erreicht vor allem ökonomische Grenzen, weiteres Wachstum wären sehr langfristig durch Nurflügler-Konzepte denkbar, jedoch werden auch diese Konzepte vermutlich zuerst an kleineren Flugzeugtypen erprobt.

Die begrenzenden Faktoren des Transportmittelgrößenwachstums im *Straßengüterverkehr* bestehen seit langer Zeit aus den nicht-marktliche Rahmenbedingungen, die auf EU-Ebene und nationalstaatlich festgelegt sind. Technisch sind größere Transportmittel unproblematisch, wie der Einsatz in Skandinavien und den Niederlanden zeigt. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich das Güterverkehrsaufkommen stark erhöht, die Transportmittelgrößen erfuhren jedoch kaum Wachstum. Der Straßengüterverkehr ist auch jener Verkehrsträger, bei dem aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten größere Transportmittel einfach eingeführt und betrieben werden könnten. Der Nutzen größerer Transportmittel würde sich vergleichsweise einfach am Transportmarkt umsetzen lassen. Im *Straßenpersonenverkehr* ist ein Größenwachstum dann zu erwarten, wenn auch in Europa Bus Rapid Transit-Systeme nach südamerikanischem Vorbild aufgebaut werden.

Im *Schieneverkehr* ist vor allem die nicht-marktliche Grenze der Infrastruktur der entscheidende begrenzende Faktor. Eine Anpassung auf ein höheres Lichtraumprofil bzw. auf höhere Achslasten wäre von den Transportunternehmen ökonomisch jedenfalls umsetzbar. Hinzu kommt vor allem ein organisatorisches Problem, da länderübergreifende Koordination bei Änderungen der Infrastrukturparameter notwendig ist. Nur große Länder wie beispielsweise Deutschland könnten auf einigen Relationen eine Einführung im Alleingang realisieren.

Im Vergleich zu den größten Transportmitteln sind immer auch die *durchschnittlichen Transportmittelgrößen* zu stellen. Diese wachsen in der Schifffahrt kontinuierlich. Im Straßengüterverkehr sowie im Schienengüterverkehr ist eine gewisse Stagnation zu beobachten, im Straßengüterverkehr aufgrund dem bereits hohen Anteil an Fahrzeugen mit der maximalen Größe, im Schienengüterverkehr aufgrund der technischen Begrenzungen von Zuglänge und Lichtraumprofil sowie Zuggewichten. Im Luftverkehr ist eine leichte Abnahme der durchschnittlichen Transportmittelgrößen festzustellen, die sich mit Einführung des A380 im kommerziellen Betrieb wieder etwas erhöhen wird.

8.5 Conclusio

Die Arbeit untersucht die wesentlichen Einflussfaktoren und Zusammenhänge des Wachstums der Kapazität von Transportmitteln in einer verkehrsträgerübergreifenden Perspektive.

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Es wird festgestellt, dass das Größenwachstum unterschiedliche Treiber und Hindernisse hat, die zu einem großen Teil abstrahierbar sind. Es erfolgte eine Trennung in marktliche und nicht-marktliche Einflussfaktoren und es zeigt sich, dass ein Zusammenspiel dieser Einflussfaktoren von besonderer Bedeutung ist.

Eine vertiefte Analyse erfolgte im Bereich des Straßengüterverkehrs, wo anhand eines konkreten Wachstumsschrittes der Transportmittelkapazität durch die mögliche Zulassung von größeren und schwereren Nutzfahrzeugen (Eurocombi-Fahrzeuge) aus einer ökonomischen Perspektive vorgenommen wurden. Mit Hilfe der Modellierung des (Binnen-)Transportmarktes in Deutschland wurden die Auswirkungen auf die Verkehrsleistungen im Eisenbahnverkehr sowie den gesamten Transportmarkt abgeschätzt. Daraus abgeleitet wurden die bei Einführungen von Eurocombi-Fahrzeugen zu erwartenden Fahrleistungsveränderungen im Straßengüterverkehr ermittelt und in einem weiteren Schritt die Einsparungen an externen Schadstoff- und Klimakosten berechnet. Das Kapitel schließt mit einer Mikromodellierung eines Distributionssystems eines Konsumgüterherstellers und berechnet dessen eingesparte betriebswirtschaftlichen Transportkosten bei Einführung von Eurocombi-Fahrzeugen.

In allen Verkehrsträgern hat sich das Kapazitätswachstum der Transportmittel als besonders wichtiger Einflussfaktor auf die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Verkehrssystems erwiesen. Ohne das Größenwachstum wären die heutigen Verkehrsleistungen in allen Verkehrsträgern kaum zu bewältigen bzw. die Inputmengen, die in die Systeme eingebracht werden müssten, um ein Vielfaches höher.

Im Luft- und Schiffsverkehr führte vor allem das Fehlen von teurer Kanteninfrastruktur zu einem sehr dynamischen Wachstumsverlauf. Mittlerweile ist die Kostendegression aus dem Wachstum der Transportmittelkapazitäten bereits stark ausgeschöpft und das Größenwachstum hat daher bei diesen beiden Verkehrsträgern eine gewisse Sättigung erreicht. Weiteres Wachstum ist zwar möglich, jedoch ist die Wachstumsgeschwindigkeit gebremst und die Widerstandspunkte werden deutlich. Im Luftverkehr sind Effizienzverbesserungen bei den kleineren Transportmitteln in den nächsten 10-20 Jahren im Mittelpunkt, im Schiffsverkehr wird die durchschnittliche Transportmittelgröße zunehmen.

Anders stellt sich die Lage im Straßengüter- und im Eisenbahnverkehr dar. Bei diesen Verkehrsträgern sind nicht-marktliche Rahmenbedingungen schon seit langer Zeit ein Hemmnis für weiteres Größenwachstum. In beiden Verkehrsträgern, aber insbesondere im Bereich des Straßengüterverkehrs besteht marktlicher Druck hinsichtlich zu größerer Transportmittel. Weiteres Größenwachstum könnte im Straßen- und Eisenbahnverkehr im Gegensatz zum Schiffs- und Luftverkehr einen viel deutlicheren Kostendegressionseffekt erzielen. Im Schienengüterverkehr sind in Zukunft häufiger Infrastrukturengpässe zu erwarten. Soll, wie politisch häufig gewünscht, der Eisenbahnverkehr in Zukunft einen wesentlich höheren Anteil an Verkehrsleistungen haben, dann sind zusätzliche Kapazitäten vor allem auf den Strecken mit großem An-

KAPITEL 8. SYNTHETISCHE BETRACHTUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

teil an Seehafenhinterlandverkehr erforderlich. Die Erfolge der USA sowie die beginnenden Doppelstock-Containerverkehre in China und Indien bieten ein Vorbild, wie die Leistungsfähigkeit des Schienengüterverkehrs auch ohne neue Eisenbahninfrastruktur erhöht werden kann.

Das Größenwachstum von Transportmitteln ist bei allen Verkehrsträgern ein *äußerst bedeutender* Einflussfaktor auf die Entwicklung von Transportmärkten. Es besteht die Möglichkeit von Einsparungen bei internen *und* externen Kosten, die ansonsten kaum mit anderen Maßnahmen erreicht werden können. Wie bei allen Maßnahmen, die großes Veränderungspotential haben sind auch mögliche negative Effekte bedeutend, im Fall des Straßengüterverkehrs ist das vor allem die Intermodale Konkurrenzsituation mit der Eisenbahn und dem Binnenschiff.

In der aktuellen Debatte um die Zulassung von Eurocombi-Fahrzeugen in Deutschland ist daher die derzeit häufig betriebene Ja/Nein-Polarisierung ein falscher Ansatz der Herangehensweise an diese Thematik. Mauten zur Einbeziehung der externen Kosten oder die Versteigerung von Konzessionen, die die Anzahl der Eurocombi-Fahrzeuge begrenzen und Einnahmen für die öffentliche Hand generieren, sollten in Erwägung gezogen werden. Damit können Effizienzverbesserungen im Transport erzielt werden, etwa wenn kein Eisenbahntransport möglich ist, oder wenn derzeit mehrere Standardgüterkraftfahrzeuge für eine Sendung eingesetzt werden müssen.

A Ermittlung der Attraktivität von Hubs

Agglomeration	Code	Region ¹	Einwohner	Agglomeration	Code	Region ¹	Einwohner
Tokyo	NRT	OA	36 769 213	San Salvador	SAL	MA	1 856 267
New York	JFK	NAEC	22 531 069	Tripolis	TIP	NA	1 847 184
México	MEX	MA	22 414 319	Niznij Novgorod	GOJ	NAS	1 839 553
Soul	ICN	OA	22 173 711	Yaoundé	NSI	ZA	1 834 813
Mumbai	BOM	SA	19 944 372	Douala	DLA	ZA	1 768 360
São Paulo	GRU	SAC	19 357 485	San Antonio	SAT	NAZ	1 768 327
Jakarta	JKT	SOA	17 928 968	Lyon	LYS	WE	1 757 811
Manila	MNL	SOA	17 843 620	Beograd	BEG	OE	1 755 625
Los Angeles	LAX	NAWC	17 767 199	Salt Lake City	SLC	NAC	1 754 133
Dilli	DEL	SA	17 753 087	Milwaukee	MKE	NAC	1 753 355
Osaka-Kobe-Kyoto	KIX	OA	17 524 809	Montevideo	MVD	SAC	1 752 867
Cairo	CAI	NA	15 707 992	Minsk	MSQ	OE	1 747 482
Shanghai	PVG	OA	14 871 156	Valencia	VLC	SE	1 740 529
Kolkata	CCU	SA	14 681 589	Indianapolis	IND	NAC	1 725 582
Moskva	SVO	NAS	14 520 800	Sendai	SDJ	OA	1 712 499
Buenos Aires	EZE	SAC	13 470 240	Stockholm	ARN	NE	1 707 391
London	LHR	WE	12 524 316	Santos	SSZ	SAC	1 704 927
Tehran	THR	VA	12 183 682	Bamako	BKO	ZA	1 690 471
Karāchi	KHI	SA	11 969 284	Charlotte	CLT	NAEC	1 690 423
Dhaka	DAC	SA	11 918 442	Torino	TRN	SE	1 688 857
Istanbul	IST	VA	11 912 511	Rabat	RBA	NA	1 688 738
Rio de Janeiro	GIG	SAC	11 826 609	Monrovia	ROB	NA	1 687 821
Rhein-Ruhr	DUS	WE	11 793 829	Antananarivo	TNR	SAFR	1 685 769
Paris	CDG	WE	11 633 822	Ujung	UPG	SOA	1 683 609
Beijing	PEK	OA	11 537 036	Tegucigalpa	TGU	MA	1 682 725
Lagos	LOS	ZA	11 153 863	Phnom Penh	PNH	SOA	1 673 131
Krung Thep	BKK	SOA	9 996 388	Managua	MGA	MA	1 671 759
Chicago	ORD	NAZ	9 464 886	Córdoba	COR	SAC	1 669 184
Kinshasa-Brazzaville	FIH	ZA	9 343 416	Kampala	EBB	ZA	1 668 662
Xianggang	HKG	OA	8 855 399	Norfolk-Virginia	ORF	NAEC	1 658 085
Nagoya	NGO	OA	8 798 583	Xinyang	XIY	OA	1 653 171

ANHANG A. ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS

Taipei	TPE	OA	8 136 572	Donetsk	DOK	OE	1 652 441
Washington-Baltimore	IAD	NAEC	8 117 327	Dammam	DMM	VA	1 650 441
Bogotá	BOG	SAC	7 941 955	Penang	PEN	SOA	1 645 545
Lima	LIM	SAC	7 857 121	Manaus	MAO	SAC	1 642 982
al-Khartum	KRT	ZA	7 830 479	Columbus	CMH	NAZ	1 640 028
Bagdad	SDA	VA	7 724 982	Bhopal	BHO	SA	1 638 774
San Francisco	SFO	NAWC	7 627 247	Kwangju	KWJ	OA	1 626 157
Chongqing	CKG	OA	7 572 198	Dandong-Sinuiju	DDG	OA	1 621 492
Johannesburg	JNB	SAFR	7 092 375	Kaduna	KAD	ZA	1 619 164
Chennai	MAA	SA	6 957 669	Glasgow	GLA	WE	1 619 116
Randstad	AMS	WE	6 595 393	Meerut	DEL	SA	1 618 909
Shenyang	SHE	OA	6 545 021	Kharkiv	HRK	OE	1 617 389
Kuala Lumpur	KUL	SOA	6 527 057	Vadodara	BDQ	SA	1 616 221
Lahore	LHE	SA	6 485 175	Shizuoka	IZO	OA	1 615 801
Tianjin	TSN	OA	6 354 345	Ibadan	IBA	ZA	1 613 177
Philadelphia	PHL	NAEC	6 262 182	San José	SJO	MA	1 611 616
Bengalūru	BLR	SA	6 158 677	Cirebon	CBN	SOA	1 605 772
Boston	BOS	NAEC	6 149 196	Xuzhou	XUZ	OA	1 602 750
Toronto	YYZ	NAEC	6 141 895	Marseille	MRS	WE	1 593 873
Madrid	MAD	SE	6 070 754	Ludhaiana	LUH	SA	1 584 743
Dallas	DFW	NAZ	6 034 858	León	BJX	MA	1 583 271
Hyderabad	HYD	SA	6 012 368	Bhubaneswar	BBI	SA	1 577 016
Detroit-Windsor	DTW	NAEC	5 905 764	Buffalo-S. Cath.	BUF	NAEC	1 575 201
Bandung	BDO	SOA	5 729 199	Leeds	LBA	WE	1 574 679
Algier	ALG	NA	5 723 749	Coimbatore	CJB	SA	1 566 010
Guangzhou	CAN	OA	5 680 870	Gazzah	GZA	VA	1 560 024
Singapore-Johor Bahru	SIN	SOA	5 331 235	Austin	AUS	NAZ	1 558 405
Houston	IAH	NAZ	5 299 946	Zhanjiang	ZHA	OA	1 557 566
Thanh Pho Ho Chi Minh	SGN	SOA	5 117 366	Luoyang	LYA	OA	1 552 784
Belo Horizonte	CNF	SAC	5 081 789	Vitória	VIX	SAC	1 548 540
Ahamdabad	GRT	SA	5 080 566	Nanning	NNG	OA	1 544 555
Abidjan	ABJ	ZA	5 060 858	Yogyakarta	JOG	SOA	1 542 457
Santiago	SCL	SAC	4 893 495	Urumqi	URC	OA	1 538 778

ANHANG A. ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS

Barcelona	BCN	SE	4 864 007	Agra	AGR	SA	1 538 253
Sankt-Petersburg	LED	NE	4 853 240	Kumasi	KMS	ZA	1 535 478
Atlanta	ATL	NAZ	4 843 183	Fuzhou	FOC	OA	1 529 061
San Diego-Tijuana	SAN	NAWC	4 804 806	Rhein-Neckar	FRA	WE	1 511 168
Xian	XIY	OA	4 785 324	Nashik	ISK	SA	1 497 096
Harbin	HRB	OA	4 757 265	Semarang	SRG	SOA	1 496 082
Shantou	SWA	OA	4 721 117	Hyderabad	HDD	SA	1 494 920
Pune	PNQ	SA	4 683 760	Baotou	BAV	OA	1 476 137
Miami	MIA	NAEC	4 680 930	Yerevan	EVN	VA	1 475 002
Wuhan	WUH	OA	4 648 376	Campinas	VCP	SAC	1 473 650
Pusan	PUS	OA	4 617 188	Perth	PER	A	1 472 075
Chengdu	CTU	OA	4 610 820	Multan	MUX	SA	1 471 978
Rangun	RGN	SOA	4 572 948	Novosibirsk	OVB	NAS	1 469 612
Hangzhou	HGH	OA	4 541 393	Cochin	COK	SA	1 467 863
Ibadan	IBA	ZA	4 535 894	Tabriz	TBZ	VA	1 460 961
Cape Town	CPT	SAFR	4 503 063	Port Harcourt	PHC	ZA	1 459 439
Sydney	SYD	A	4 444 513	Bursa	BTZ	VA	1 458 459
Riad	RUH	VA	4 328 067	Lens-Valenciennes	LIL	WE	1 445 744
Alexandria	ALY	NA	4 320 129	Samara	KUF	NAS	1 444 809
Milano	MLX	SE	4 282 280	Bielefeld	BFE	WE	1 444 742
Fukuoka-Kitakyushu	FUK	OA	4 273 637	Kathmandu	KTM	SA	1 442 271
Manchester-Liverpool	MAN	WE	4 189 154	Qiqihar	NDG	OA	1 439 934
Nanjing	NKG	OA	4 071 600	Visakhapatnam	VTZ	SA	1 439 777
Guadalajara	GDL	MA	4 056 684	Bengbu	BFU	OA	1 438 944
Berlin	TXL	WE	4 010 470	Varanasi	VNS	SA	1 438 178
Surabaya	SUB	SOA	3 942 701	Volgograd	VOG	NAS	1 437 111
Medan	MES	SOA	3 927 188	Busan	PUS	OA	1 432 242
Kano	KAN	ZA	3 927 003	Praha	PRG	OE	1 428 752
Phoenix	PHX	NAZ	3 907 429	Lubumbashi	FBM	ZA	1 425 001
Luanda	LAD	ZA	3 849 015	Dnipropetrovsk	DNK	OE	1 424 437
Porto Alegre	POA	SAC	3 812 571	Valencia	VLN	SAC	1 421 142
Seattle	SEA	NAWC	3 810 856	N'Djamena	NDJ	ZA	1 416 030
Napoli	NAP	SE	3 803 753	Maracay	MYC	SAC	1 413 909
Chattagam	CGP	SA	3 795 034	Davao	DVO	SOA	1 412 881
Caracas	CCS	SAC	3 786 553	Hefei	HFE	OA	1 406 741
Melbourne	MEL	A	3 780 871	Santa Cruz	VVI	SAC	1 404 609

ANHANG A. ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS

Nairobi	NBO	ZA	3 778 742	Rosario	ROS	SAC	1 404 585
Athens	ATH	SE	3 776 370	Cebu	CEB	SOA	1 404 550
Monterrey	MTY	MA	3 745 120	Halle-Leipzig	LEJ	WE	1 402 340
Roma	FCO	SE	3 695 467	Suzhou	SZV	OA	1 398 433
Ankara	ANK	VA	3 625 597	Raleigh	RDU	NAEC	1 392 295
Montréal	YUL	NAZ	3 624 444	Khulna	KHL	SA	1 371 363
Recife	REC	SAC	3 587 059	Shijiazhuang	SJW	OA	1 369 601
Salvador	SSA	SAC	3 515 073	Bandar Lampung	TKG	SOA	1 361 612
Accra	ACC	ZA	3 404 507	Mecca	QCA	VA	1 353 480
Jinan	TNA	OA	3 386 691	Almaty	ALA	ZA	1 352 924
Guayaquil	GYE	SAC	3 348 250	Rostov-na-Donu	ROV	OE	1 350 831
Medellín	MDE	SAC	3 313 230	Nashville	BNA	NAZ	1 350 638
Hamburg	HAM	WE	3 277 237	Greensboro	GSO	NAEC	1 349 297
Taegu	TAE	OA	3 271 668	Nashik	ISK	SA	1 348 872
Durban	DUR	SAFR	3 244 028	Datong	DAT	OA	1 345 851
Kanpur	KNU	SA	3 243 745	New Orleans	MSY	NAZ	1 342 292
Birmingham	BHX	WE	3 240 327	Ulsan	USN	OA	1 335 145
Minneapolis-Saint Paul	MSP	NAZ	3 200 507	Amman	AMM	VA	1 303 197
Fortaleza	FOR	SAC	3 192 891	Rajkot	RAJ	SA	1 296 690
Toshkent	TAS	ZAS	3 190 085	Okayama	OKJ	OA	1 294 063
Casablanca	CMN	NA	3 177 281	Madurai	IXM	SA	1 293 785
Tel Aviv	TLV	VA	3 127 554	Sevilla	SVQ	SE	1 291 260
Curitiba	CWB	SAC	3 123 650	Bengbu	BFU	OA	1 287 764
Kabul	KBL	ZA	3 120 963	Yekaterinburg	SVX	NAS	1 285 879
Rhein-Main	FRA	WE	3 112 627	Ningbo	NGB	OA	1 282 899
Cali	CLO	SAC	3 109 430	Denpasar	DPS	SOA	1 282 624
Santo Domingo	SDQ	MA	3 089 252	Port Elizabeth	PLZ	SAFR	1 281 736
Surat	STV	SA	3 044 731	Shiraz	SYZ	VA	1 279 140
Rawalpindi	PDI	SA	3 039 550	Porto	OPO	SE	1 277 279
Changchun	CGQ	OA	3 035 368	Kisangani	FKI	ZA	1 276 254
Kyyiv	KBP	OE	3 007 197	West Palm Beach	PBI	NAEC	1 275 073
Pyongyang	FNJ	OA	2 992 272	Adana	ADA	VA	1 271 894
Cleveland	CLE	NAZ	2 955 641	Auckland	AKL	A	1 264 029
Guatemala	GUA	MA	2 944 065	Chelyabinsk	CEK	NAS	1 263 288

ANHANG A. ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS

Jiddah	JED	VA	2 934 584	Providence	PVD	NAEC	1 263 250
Esfahan	IFN	VA	2 887 129	São Luís	SLZ	SAC	1 256 844
Addis Abbeba	ADD	ZA	2 823 167	Peshawar	PEW	SA	1 253 687
Jaipur	JAI	SA	2 817 522	Tbilisi	TBS	VA	1 246 591
Dar es Salaam	DAR	ZA	2 805 523	Sheffield	SZD	WE	1 243 322
Harare	HRE	SAFR	2 793 786	Mandalay	MDL	SOA	1 237 028
Lakhnau	LKO	SA	2 769 755	Jacksonville	JAX	NAEC	1 236 242
Zibo	TNA	OA	2 754 147	Hartford	HFD	NAEC	1 232 753
Puebla	PBC	MA	2 753 423	Helsinki	HEL	NE	1 232 118
Taiyuan	TYN	OA	2 752 516	Wenzhou	WNZ	OA	1 231 840
Shijiazhuang	SJW	OA	2 739 428	Asansol	CCU	SA	1 230 758
Mogadischu	MGQ	ZA	2 723 378	Panamá	PTY	MA	1 215 575
Denver	DEN	NAZ	2 703 766	Mataram	AMI	SOA	1 215 301
Dalian	DLC	OA	2 694 956	Sofija	SOF	OE	1 214 438
Halab	ALP	VA	2 678 400	Surakarta	SOC	SOA	1 210 826
Saint Louis	STL	NAZ	2 631 462	Jabalpur	JLR	SA	1 209 893
Kaohsiung	KHH	OA	2 625 083	Hamamatsu	HND	OA	1 207 102
Basrah	BSR	VA	2 622 960	Barquisimeto	BRM	SAC	1 204 887
Tampa	TPA	NAEC	2 619 414	Natal	NAT	SAC	1 200 640
Lisboa	LIS	SE	2 616 078	Newcastle upon Tyne	NCL	WE	1 197 298
Ha Noi	HAN	SOA	2 614 335	Jerusalem	JRS	VA	1 194 507
Izmir	ADB	VA	2 610 481	Jamshedpur	IXW	SA	1 193 220
La Habana	HAV	MA	2 588 564	Allahbad	IXD	SA	1 187 445
Faisalabad	LYP	SA	2 582 175	Mbuji-Mayi	MJM	ZA	1 185 690
Katowice	KTW	OE	2 579 084	Bremen	BRE	WE	1 176 483
Budapest	BUD	OE	2 578 549	Memphis	MEM	NAZ	1 175 493
Sapporo	CTS	OA	2 565 519	Tegal	DPS	SOA	1 174 009
Dimashq	DAM	VA	2 552 003	Grand Rapids	GRR	NAZ	1 170 205
Kolamba	CMB	SA	2 527 392	Nürnberg	NUE	WE	1 160 809
Portland	PDX	NAWC	2 508 535	Chemnitz-Zwickau	HOQ	WE	1 156 871
Kuwait	KWI	VA	2 495 118	Maiduguri	MIU	ZA	1 155 094
Tangshan	PEK	OA	2 459 345	Dhanbad	DBD	SA	1 152 666
Nägpur	NAG	SA	2 447 533	Benin	BNI	ZA	1 147 188
Qingdao	TAO	OA	2 439 160	Oklahoma City	OKC	NAZ	1 139 965
Guiyang	KWE	OA	2 407 365	Hohhot	HET	OA	1 139 741
Dakar	DKA	ZA	2 406 598	Benghazi	BEN	NA	1 136 729
Mashhad	MHD	VA	2 387 734	Daqing	HRB	OA	1 134 354

ANHANG A. *ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS*

Copenhagen	CPH	WE	2 370 350	Odessa	ODS	OE	1 134 240
Kunming	KMG	OA	2 351 226	Torreón	TRC	MA	1 133 056
Stuttgart	STR	WE	2 343 288	Amritsar	ATQ	SA	1 132 836
München	MUC	WE	2 326 465	Bilbao	BIO	SE	1 132 551
Pittsburgh	PIT	NAEC	2 324 155	Omsk	OMS	NAS	1 132 184
Belém	BEL	SAC	2 305 978	Ottawa	YOW	NAEC	1 129 757
Anshan	AOG	OA	2 282 258	Onitsha	NEU	ZA	1 124 600
Juárez-El Paso	CJS	MA	2 280 782	Antwerpen	ANR	WE	1 124 085
Lusaka	LUN	SAFR	2 262 819	Ouagadougou	OUA	ZA	1 119 775
Brasília	BSB	SAC	2 260 541	Hefa	HFA	VA	1 112 037
Patna	PAT	SA	2 258 505	Zhangjiakou	PEK	OA	1 111 632
Port-au-Prince	PAP	MA	2 245 445	Rochester	ROC	NAEC	1 107 199
Warszawa	WAW	OE	2 244 720	Saarbrücken-Forbach	SCN	WE	1 106 800
Bucharest	OTP	OE	2 223 644	Hannover	HAJ	WE	1 105 171
Wuxi	WUX	OA	2 214 470	Kazan	KZN	NAS	1 104 802
Zhengzhou	CGO	OA	2 204 403	Saratov	RTW	NAS	1 103 770
Sialkot	SKT	SA	2 192 570	Rongcheng	WEH	OA	1 102 568
Taichung	TXG	OA	2 178 322	Gaziantep	GZT	VA	1 102 364
Vancouver	YVR	NAWC	2 170 976	Vijayawāda	VGA	SA	1 095 046
Mosul	OSM	VA	2 143 094	Maceió	MCZ	SAC	1 094 154
Changsha	HHH	OA	2 131 620	Toulouse	TLS	WE	1 089 159
Maastricht	MST	WE	2 125 062	Richmond	RIC	NAEC	1 088 609
Baku	GYD	ZAS	2 122 587	Calgary	YYC	NAZ	1 088 294
Maracaibo	MAR	SAC	2 111 770	Adelaide	ADL	A	1 076 969
Brussel	BRU	WE	2 110 493	Bucaramanga	BGA	SAC	1 074 739
Pretoria	PRY	SAFR	2 101 893	Aurangabad	IXU	SA	1 074 562
Wien	VIE	WE	2 074 527	Ogbomosho	ILR	ZA	1 073 983
Barranquilla	BAQ	SAC	2 061 003	Benxi	SHE	OA	1 072 957
Cincinnati	CVG	NAZ	2 049 364	Dresden	DRS	WE	1 072 202
Las Vegas	LAS	NAZ	2 039 947	Bouaké	BYK	ZA	1 067 088
Dubai	DXB	VA	2 033 787	Asmara	ASM	ZA	1 062 676
Sacramento	SMF	NAWC	2 017 345	MacAllen-Reynosa	REX	NAZ	1 061 027
Palembang	PLM	SOA	2 001 890	Louisville	SDF	NAZ	1 056 187
Tunis	TUN	NA	2 000 242	Xianyang	XIY	OA	1 055 317
Quito	UIO	SAC	1 994 713	Srinagar	SXR	SA	1 051 950
San Juan	SJU	MA	1 994 454	Fresno	FAT	NAWC	1 049 778
Nanchang	KHN	OA	1 990 184	Qom	IKA	VA	1 046 578
Beirut	BEY	NA	1 974 233	Maisuru	MYQ	SA	1 043 419
Conakry	CKY	ZA	1 970 382	Pingxiang	HHA	OA	1 039 417

ANHANG A. ERMITTLUNG DER ATTRAKTIVITÄT VON HUBS

Orlando	MCO	NAEC	1 955 066	Teresina	THE	SAC	1 039 046
Taejon	QW	OA	1 940 538	Bhilai	RPR	SA	1 037 367
Sanaa	SAH	VA	1 921 589	Aomen	MFM	OA	1 035 126
Goiânia	GYN	SAC	1 913 106	Zhenjiang	ZHA	OA	1 034 039
Jilin	JIL	OA	1 900 751	Greenville	GSP	NAEC	1 032 374
La Paz	LPB	SAC	1 900 080	Sholāpur	SSE	SA	1 030 655
Brisbane	BNE	A	1 891 999	Dublin	DUB	WE	1 030 431
Indore	IDR	SA	1 890 320	Ufa	UFA	NAS	1 030 423
Haiphong	HPH	SOA	1 887 534	Baoding	PEK	OA	1 027 984
Kansas City	MCI	NAZ	1 871 356	San Luis Potosí	SLP	MA	1 026 209
Asunción	ASU	SAC	1 871 156	Cartagena	CTG	SAC	1 019 252
Hiroshima	HIJ	OA	1 870 732	Zürich	ZRH	WE	1 015 061
Maputo	MPM	SAFR	1 867 497	Krasnojarsk	JOK	NAS	1 009 355
Lanzhou	LHW	OA	1 863 985	Edmonton	YEG	NAZ	1 008 907
Lille-Kortrijk	LIL	WE	1 862 383	Malang	MLG	SOA	1 005 681

¹OA=Ostasien, ZAS=Zentralasien, VA=Vorderasien, SOA=Südostasien, SA=Südarien, NAS=Nordasien, NAWC=Nordamerika Westküste, NAEC=Nordamerika Ostküste, NAZ=Nordamerika Zentral, MA=Mittelamerika (inkl. Mexiko), SAC=Südamerika, NA=Nordafrika, SAFR=Südafrika, ZA=Zentralafrika, A=Australien, WE=Westeuropa, NE=Nordeuropa, SE=Südeuropa, OE=Osteuropa

B Abgasgrenzwerte für neu zugelassene Nutzfahrzeuge und Busse

<i>EU-Richtlinien</i>	88/77/EWG	91/542/EWG		99/96/EWG				
Komponenten	Euro 0 seit 1988/90	Euro 1 seit 1992/93	Euro 2 seit 1995/96	Euro 3 ab 2000/01		Euro 4 ab 2005	Euro 5 ab 2008	EEV ⁷
CO	12.3	4.9	4.0	2.1	5,45	4.0	4.0	3.0
CH	2.6	1.23	1.1	0.66	0.78	0.55	0.55	0.4
Methan	-	-	-	-	1.6 ⁴	1.1 ⁴	1.1 ⁴	0.66
NO _x	15.8	9.0	7.0	5.0	5.0	3.5	2.0	2.0
Partikel	-	0.4/0.68 ⁸	0.15	0.1/0.13 ⁵	0.16/0.21 ⁵	0.03 ⁵	0.03 ⁵	0.02
Rauchtrübung	-	-	-	0.8m ⁻¹ 6	-	0.5m ⁻¹ 6	0.5m ⁻¹ 6	0.15m ⁻¹ 6
Testverfahren	13-Stufentest			ESC-Test ELR-Test ⁹	ETC-Test ^{2, 3}			

Tabelle A.2: Abgasgrenzwerte für neue Lkw und Busse (Einheiten g/kWh)

(Quelle: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2003), S. 3)

²Zusätzlicher Transienten Test für Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystem.

³Für Gasmotoren nur Transienten-Test.

⁴Nur für Erdgasmotoren.

⁵Nur für Dieselmotoren.

⁶Trübungsmessung nach ESC- und ELR-Test.

⁷Besonders umweltfreundliche Fahrzeuge.

⁸Für Lkw ≤ 85 kW.

⁹Geändertes/verschärftes Verfahren für Dieselmotoren, gilt auch für EURO 4 und 5 (Werte teilw. weggelassen).

Literaturverzeichnis

- [Aberle 2003] ABERLE, G.: *Einführung in die Transportwirtschaft*. 4. Auflage. Oldenburg, 2003 19, 26, 42
- [Adler 2005] ADLER, N.: Hub-Spoke Network Choice Under Competition with an Application to Western Europe. In: *Transportation Science* 39 (2005), S. 58–72 89
- [Adrangi u. a. 1999] ADRANGI, B. ; CHOW, G. ; RAFFIIE, K.: The Effects of Market Structure and Technology on Airline Fleet Composition after Deregulation. In: *Review of Industrial Organization* 15 (1999), S. 77–88 64
- [Airbus 2006] AIRBUS: Airbus Global Market Forecast 2006-2025 / Airbus S.A.S. Blagnac Cedex, November 2006. – Forschungsbericht 17, 17, 48
- [Allan Kennaird Consulting 2001] ALLAN KENNAIRD CONSULTING: *Transit New Zealand Heavy Vehicle Limits Project, Report 7 Overview*. Wellington: Transit New Zealand (Veranst.), May 2001 1, 26, 63
- [American Association of State Highways and Transportation Officials 1962] American Association of State Highways and Transportation Officials (Veranst.): *AASHO Road Test Special Report 61-E, Pavement research*. 1962 27
- [Ammoser und Hoppe 2006] AMMOSER, H. ; HOPPE, M.: Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften. In: *Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr* Bd. 2. Technische Universität Dresden, 2006 6
- [Anderson und Kraus 1981] ANDERSON, J.E. ; KRAUS, M.: Quality of Service and the Demand for Air Travel. In: *The Review of Economics and Statistics* 63 (1981), S. 533–540 20
- [Anderson u. a. 1992] ANDERSON, S.P. ; DE PALMA, A. ; THISSE, J.-F.: *Discrete choice theory of product differentiation*. Bd. 2. Cambridge Massachusetts : MIT Press, 1992 78
- [Anderson und Lakshmanan 2004] ANDERSON, W. P. ; LAKSHMANAN, T. R.: Infrastructure and Productivity: What are the underlying mechanisms? In: *Center of Transportation*

Literaturverzeichnis

- Studies Boston: Working paper series* Center of Transportation Studies Boston (Veranst.), 2004, S. 1–19 16
- [Antoniou 1991] ANTONIOU, A.: Economies of Scale in the Airline Industry: The Evidence Revisited. In: *Logistics and Transportation Review* 27 (1991), S. 159–184 58, 29, 46
- [ARE 2004] ARE: *Entwicklung des Strassengüterverkehrs nach Einführung von LSVA und 34t-Limite, Analyse wichtiger Einflussfaktoren*. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bundesamt für Verkehr (BAV) (Veranst.), November 2004. – URL www.are.ch 65
- [Arrow u. a. 1961] ARROW, K.J ; CHENERY, H.B. ; MINHAS, S. ; SOLOW, R.M.: Capital-Labour Substitution and Economic Efficiency. In: *Review of Economics and Statistics* 43 (1961), S. 225–250 11
- [Backman und Nordström 2002] BACKMAN, H. ; NORDSTRÖM, R.: *Improved Performance of European Long Haulage Transport / TFK - Institutet för transportforskning*. Stockholm, 2002 (6E). – Forschungsbericht 110
- [Bagwell 1988] BAGWELL, Ph.S.: *The Transport Revolution*. 2. Auflage. Routledge, 1988 9
- [Baier und Bergstrand 2001] BAIER, S. ; BERGSTRAND, S. L.: The growth of world trade: tariffs, transport costs, and income similarity. In: *Journal of International Economics* 53 (2001), S. 1–27 6
- [Bailey 1985] BAILEY, E.E.: Airline Deregulation in the US: The Benefits Provided and the Lessons Learned. In: *International Journal of Transport Economics* 12 (1985), S. 119–144 11, 27
- [Bailey und Friedlaender 1982] BAILEY, E.E. ; FRIEDLAENDER, A.F.: Market Structure And Multiproduct Industries. In: *Journal of Economic Literature* 20 (1982), S. 1024–1048 46
- [Baltagi u. a. 1995] BALTAGI, B.H. ; GRIFFIN, J.M. ; RICH, D.P.: Airline Deregulation: The Cost Pieces of the Puzzle. In: *International Economic Review* 36 (1995), S. 245–258 11
- [Baltagi u. a. 1998] BALTAGI, B.H. ; GRIFFIN, J.M. ; VADALI, S.R.: Excess Capacity: A Permanent Characteristic of US Airlines? In: *Journal of Applied Econometrics* 13 (1998), S. 645–657 12

Literaturverzeichnis

- [Basso und Jara-Díaz 2005] BASSO, L.J. ; JARA-DÍAZ, S.R.: Calculation of Economies of Spatial Scope from Transport Cost Functions with Aggregate Output with an Application to the Airline Industry. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 39 (2005), S. 25–52 36, 61
- [Basso und Jara-Díaz 2006] BASSO, L.J. ; JARA-DÍAZ, S.R.: Are Returns to Scale with Variable Network Size Adequate for Transport Industry Structure Analysis? In: *Transportation Science* 40 (2006), S. 259–268 35, 45, 63
- [Baumol und Vinod 1970] BAUMOL, W. J. ; VINOD, H.D.: An Inventory Theoretic Model of Freight Transport Demand. In: *Management Science* 16 (1970), S. 413–421 31, 60
- [Baumol u. a. 1982] BAUMOL, W.J. ; PANZAR, J.C. ; WILLIG, R.D.: *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. Harcourt Brace Jovanovich, 1982 15, 23, 24, 25, 26, 31, 27
- [Baumol 1962] BAUMOL, W.J. et a.: The Role of Cost in the Minimum Pricing of Railroad Services. In: *The Journal of Business* 35 (1962), S. 357–366 119
- [Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2003] BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ: *Informationen über Abgase des Kraftfahrzeugverkehrs*. 2003 B
- [Baysinger und Hoskisson 1989] BAYSINGER, B. ; HOSKISSON, R.E.: Diversification Strategy and R&D Intensity in Multiproduct Firms. In: *Academy of Management Journal* 32 (1989), S. 310–332 50
- [Ben-Akiva und Lerman 2006] BEN-AKIVA, M. ; LERMAN, S.R.: *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Bd. 11. Cambridge Massachusetts : The MIT Press, 2006 75
- [Benkard 2000] BENKARD, C.L.: Learning and Forgetting: The Dynamics of Aircraft Production. In: *The American Economic Review* 90 (2000), S. 1034–1054 40
- [Benkard 2004] BENKARD, C.L.: A Dynamic Analysis of the Market for Wide-Bodied Commercial Aircraft. In: *Review of Economic Studies* 71 (2004), S. 581–611 2, 73
- [Bennühr 2007] BENNÜHR, S.: EuroCombi bleibt ohne klare Mehrheit. In: *Deutsche Verkehrs Zeitung* 61 (2007), September, Nr. 110, S. 1 117
- [Berndt 2001] BERNDT, T.: *Eisenbahngüterverkehr*. Teubner, 2001 1, 2, 7, 13
- [Berry 1994] BERRY, S.T.: Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation. In: *The RAND Journal of Economics* 25 (1994), S. 242–262 77

Literaturverzeichnis

- [BFS 2006] BFS: Leistungen der Sachtransportfahrzeuge / Bundesamt für Statistik. Neuchâtel, November 2006. – Forschungsbericht 38
- [Böhm 2007] BÖHM, M.: *Gesamtentwurf eines ökonomischen und ökologischen Lufttransportsystems unter Ausnutzung von Synergieeffekten*, Universität der Bundeswehr München, Dissertation, 2007 24
- [Bickel 2006] BICKEL, P. et a.: *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO), Deliverable 5*. 2006. – URL <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/7.4.4.2>
- [Binnenbruck 2005] BINNENBRUCK, H. H.: Niederländische Initiative eines Modellversuchs mit 60 t-Lkw. In: *Internationales Verkehrswesen* 57 (2005), S. 465–496 63
- [Blaze 2006] BLAZE, J.: *Rail Freight Technology for Competitive Advantage*. World Bank, ZETA-TECH Associates Inc. March 2006 18
- [BMVBS 2006] BMVBS ; VERKEHR, Bau-und S. Bundesministerium für (Hrsg.): *Verkehr in Zahlen / Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*. Hamburg : Deutscher Verkehrs-Verlag, 2006. – Forschungsbericht 79, 80, 82
- [BMVIT 2007] BMVIT: *Unfallkostenrechnung Straße 2007*. Herry Consult, ZTL und KfV. 2007 101
- [Boeing 2006] BOEING: *Current Market Outlook / Boeing Commercial Airplanes*. Seattle, 2006. – Forschungsbericht 17, 17, 48
- [Borenstein 1992] BORENSTEIN, S.: The Evolution of U.S Airline Competition. In: *Journal of Economic Perspectives* 6 (1992), Nr. 2, S. 45–73 11, 15
- [Braeutigam u. a. 1984] BRAEUTIGAM, R. ; DAUGHETY, F. ; TRUNQUIST, M.: A firm specific analysis of economies of density in the U.S. Railroad industry. In: *Journal of Industrial Economics* XXXIII (1984), S. 3–23 56
- [Bridgman 2003] BRIDGMAN, B.: *Energy Prices and the Expansion of World Trade / Department of Economics, Louisiana State University*. November 2003 (2003-14). – Departmental Working Papers 29, 27, 9
- [Brown 1992] BROWN, J.H.: Airline Fleet Composition and Deregulation. In: *Review of Industrial Organization* 8 (1992), S. 435–449 27
- [Brueckner und Zhang 2001] BRUECKNER, J.D. ; ZHANG, Y.: A Model of Scheduling in Airline Networks. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 35 (2001), S. 195–222 34

Literaturverzeichnis

- [Brueckner und Spiller 1994] BRUECKNER, J.J. ; SPILLER, P.T.: Economics of traffic density in the deregulated airline Industry. In: *Journal of Law and Economics* 37 (1994), S. 379–415 31, 18
- [Brueckner 2004] BRUECKNER, J.K.: Network structure and airline scheduling. In: *Journal of Industrial Economics* 52 (2004), S. 291–312 34
- [Buchanan und Stubblebine 1969] BUCHANAN, J. ; STUBBLEBINE, W.C.: Externality. In: ARROW, K.J. (Hrsg.) ; SCITOVSKY, T. (Hrsg.): *Readings in Welfare Economics*. Homewood: Irwin : Allen and Unwin, 1969, S. 199–212 97
- [Buchanan und Yoon 1994] BUCHANAN, J.M. (Hrsg.) ; YOON, Y.J. (Hrsg.): *The Return to Increasing Returns*. The University of Michigan Press, 1994 18
- [Bundesamt für Verkehr 2004] Bundesamt für Verkehr (Veranst.): *Das Bundesamt für Verkehr im Jahr 2003*. 2004 22
- [Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. 2005] Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (Veranst.): *Das innovative Nutzfahrzeugkonzept - BDI-Position zur Diskussion über flexiblere Längen und Gewichtsvorgaben im Lkw-Verkehr*. Juli 2005 45
- [Button und Stough 2000] BUTTON, K. ; STOUGH, R.: *Air Transport Networks*. Edward Elgar, 2000 16, 86
- [Button und Swann 1991] BUTTON, K. ; SWANN, D.: Aviation policy in Europe. In: BUTTON, K. (Hrsg.): *Airline Deregulation International Experiences*. David Fulton Publishers, 1991, Kap. Kapitel 4 20
- [Button und Keeler 1993] BUTTON, K. J. ; KEELER, Th. E.: The Regulation of Transport Marktes. In: *The Economic Journal* 103 (1993), S. 1017–1027
- [Cabtree u. a. 2006] CABTREE, T. ; HOANG, T. ; EDGAR, J. ; HAINICKE, K.: Boeing World Air Cargo Forecast 2006-2007 / Boeing. URL <http://www.boeing.com/commercial/cargo/wacf.pdf>, 2006. – Forschungsbericht 17
- [Campbell 2005] CAMPBELL, A.: A380 - Mind the Hype. In: *Aircraft Economics* 79 (2005), S. 4–6 78
- [Carter und Ferrin 1995] CARTER, J. R. ; FERRIN, B. G.: The impact of transportation costs on supply chain management. In: *Journal of Business Logistics* 16 (1995), S. 189–212 60
- [Caves u. a. 1981] CAVES, D.W. ; CHRISTENSEN, L.R. ; SWANSON, J.A.: Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-74. In: *The American Economic Review* 71 (1981), S. 994–1002 32, 54, 15

Literaturverzeichnis

- [Caves u. a. 1980] CAVES, D.W. ; CHRISTENSEN, L.R. ; TRETHERWAY, M.W.: Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms. In: *The Review of Economics and Statistics* 62 (1980), S. 477–481 62
- [Caves u. a. 1984] CAVES, D.W. ; CHRISTENSEN, L.R. ; TRETHERWAY, M.W.: Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ. In: *Rand Journal of Economics* 15 (1984), S. 471–489 32, 54, 44
- [Cerwenka und Hauger 1996] CERWENKA, P. ; HAUGER, G.: Neuverkehr — Realität oder Phantom? In: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* 67 (1996), S. 286–326 14
- [Cerwenka u. a. 2007] CERWENKA, P. ; HAUGER, G. ; HÖRL, M.: *Handbuch der Verkehrssystemplanung*. Wien : Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, 2007 31, 54, 93
- [Chadwick 1978] CHADWICK, G.: *A systems view of planning*. 2. Auflage. Pergamon Press, 1978 28
- [Chamberlin 1948] CHAMBERLIN, E.: *The theory of monopolistic competition*. 6. Auflage. Harvard Univ. Press, 1948 19
- [Chambers 1988] CHAMBERS, R. G.: *Applied production analysis*. Cambridge University Press, 1988 4, 5, 8, 22, 25
- [Chase u. a. 2001] CHASE, J. ; DAROT, J. ; EVANS, A. ; EVANS, S. ; FERNANDES, P. ; MARKISH, J. ; SPELLER, T.: The Business Case for the Very Large Aircraft / American Institute of Aeronautics and Astronautics - MIT. Cambridge, 2001. – Forschungsbericht 2, 7
- [Chiang und Friedlaender 1984] CHIANG, J.S.W. ; FRIEDLAENDER, A.F.: Truck Technology and Efficient Market Structure. In: *The Review of Economics and Statistics* 66 (1984), S. 167–276 55
- [Chisholm 1959] CHISHOLM, M.: Economies of scale in Road transport? Off-Farm Milk Collection in England and Wales. In: *Oxford Economic Papers* 11 (1959), Nr. 3, S. 282–290 48
- [Chisholm 1961] CHISHOLM, M.: Economies of Scale in Road Haulage: A Reply to A.A. Walters. In: *Oxford Economic Papers* 13 (1961), Nr. 1, S. 119–121 48
- [Choroba 2006] CHOROBA, P.: *Comprehensive study of the wake vortex phenomena to the assessment of its incorporation to ATM for safety and capacity improvements*, University of Zilina, Dissertation, 2006 25

Literaturverzeichnis

- [Christensen u. a. 1973] CHRISTENSEN, L.R. ; JORGENSEN, D.W. ; LAU, L.J.: Transcendental Logarithmic Production Frontiers. In: *The Review of Economics and Statistics* 55 (1973), S. 28–45 51, 44
- [Clapham 1922] CLAPHAM, J. H.: Of empty economic boxes. In: *The Economic Journal* 32 (1922), Nr. 127, S. 305–314 18
- [Clougherty 2005] CLOUGHERTY, J.A.: *The International Drivers of Domestic Airline Mergers in Twenty Nations: Integrating Industrial Organization and International Business*. Discussion Paper SP II 2005-06. April 2005 65
- [Cobb und Douglas 1928] COBB, C.W. ; DOUGLAS, P.H.: A Theory of Production. In: *American Economic Review* 18 (1928), S. 139–165 10
- [Cole 1998] COLE, S.: *Applied Transport Economics*. 2. Auflage. Kogan Page, 1998 93
- [COMPETE 2006] COMPETE: *Analysis of the contribution of transport policies to the Competitiveness of the EU economy and comparison with the United States*. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. October 2006 37
- [Cournot 1924] COURNOT, A.: *Untersuchungen über die mathematischen Grundlagen der Theorie des Reichtums*. Gustav Fischer, 1924 17
- [Cullinane und Khanna 1999] CULLINANE, K. ; KHANNA, M.: Economies of Scale in Large Container Ships. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 33 (1999), S. 185–208 36
- [De Bruijn und Steenhuis 2004] DE BRUIJN, E. J. ; STEENHUIS, H.-J.: Freedom of Choice in Technology Strategy? An Analysis of Technology Strategy in the Larger Commercial Aircraft Industry. In: *Technology Analysis & Strategic Management* 16 (2004), S. 381–393 53, 58
- [De Palma u. a. 2007] DE PALMA, A. ; KILIANI, M. ; LINDSEY, R.: An economic analysis of segregating cars and trucks. In: *TRB 86th Annual Meeting Compendium of Papers*. Washington DC, January 2007 24
- [Debauche und Decock 2007] DEBAUCHE, W. ; DECOCK, D.: *Groupe de travail Véhicules plus longs et plus lourds: Une approche multidisciplinaire de la question*. Annexe au Bulletin CRR n° 70. Bruxelles: Centre de recherches routières (Veranst.), Mars 2007 26, 74

Literaturverzeichnis

- [Department for Transport 1999] DEPARTMENT FOR TRANSPORT: Transport and the economy: summary report (SACTRA) / Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment. 1999. – Forschungsbericht 30
- [Deutscher Bundestag 2007] DEUTSCHER BUNDESTAG: *16. Wahlperiode, Schriftliche Fragen*. Drucksache 16/4306. Februar 2007. – Berlin 69
- [DGTREN 2006] DGTREN: *European Union Energy and Transport in figures 2006*. Europäische Kommission. 2006. – Directorate-General for Energy and Transport 125
- [Doganis 2002] DOGANIS, R.: *Flying off Course*. Routledge, 2002 16, 12, 13, 19
- [Doganis und Dennis 1989] DOGANIS, R. ; DENNIS, N.P.S: Lessons in hubbing. In: *Airline Business* 5 (1989), March, S. 42–45 16
- [Doll 2002] DOLL, C.: Inter-Urban Road and Rail User Costs (UNITE) / ITS - University of Leeds. 2002. – Forschungsbericht
- [Douglas 1948] DOUGLAS, P. H.: Are there Laws of Production? In: *The American Economic Review* 38 (1948), Nr. 1, S. 1–41 10
- [Douglas u. a. 1981] DOUGLAS, W. C. ; LAURITS, R. C. ; SWANSON, J. A.: Economic Performance in Regulated and Unregulated Environments: A Comparison of U.S. and Canadian Railroads. In: *The Quarterly Journal of Economics* 96 (1981), Nr. 4, S. 559–81 40
- [Drewry 2005] DREWRY: *The Drewry Annual Container Market Review and Forecast 2005/06*. Drewry Shipping Consultants Ltd. 2005 2
- [Drewry 2006] DREWRY: *Car Carriers: The Fast Lane of International Shipping*. Drewry Shipping Consultants Ltd. October 2006 4.3, 13
- [Drezner und Drenzer 2001] DREZNER, D. ; DRENZER, Z.: A note on applying the gravity rule to the airline hub problem. In: *Journal of Regional Science* 41 (2001), S. 67–73 87
- [Düring u. a. 2004] DÜRING, I. ; MOLDENHAUER, A. ; STOCKHAUSEN, M. ; NITZSCHE, E. ; LOHMEYER, A.: Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen / Ingenieurbüro Lohmeyer. Dresden, 2004. – Forschungsbericht 107, 7.13
- [Durand 1937] DURAND, D.: Some Thoughts on Marginal Productivity, with Special Reference to Professor Douglas' Analysis. In: *Journal of Political Economy* 45 (1937), Nr. 6, S. 740–758 10

Literaturverzeichnis

- [Easterfield 1964] EASTERFIELD, T.E.: Productivity - Target or Conceptual Tool? In: *Operational Research Quarterly* 16 (1964), Nr. 2, S. 177–187 25
- [Eckey und Stock 2000] ECKEY, H.-F. ; STOCK, W.: *Verkehrsökonomie*. Wiesbaden : Gabler, 2000 91, 96
- [ECMT 2006] ECMT: *Transport and International Trade*. OECD Publications Service. 2006
- [Ehmanns und Wallentowitz 2000] EHMANN, D. ; WALLENTOWITZ: Zukünftige Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und Methoden zu deren Bewertung. In: *Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik*, 2000
- [Einbock 2007] EINBOCK, M.: *Die fahrleistungsabhängige LKW-Maut*. DUV, 2007 97
- [Emberger 2005] EMBERGER, G.: Freight Transport - A holistic Approach. In: *Beiträge zu einer ökologisch und sozial verträglichen Verkehrsplanung*. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU Wien, 2005 27, 46
- [ESPO 2007] ESPO: *ESPO Annual Report 2006-2007*. European Sea Ports Organisation. May 2007 4.3
- [Etezadi und Beasley 1983] ETEZADI, T. ; BEASLEY, J.E.: Vehicle Fleet Composition. In: *Journal of the operational research society* 34 (1983), Nr. 1, S. 87–91 59
- [European Commission 2001] European Commission (Veranst.): *COST 334: Effects of Wide Single Tyres and Dual Tires*. 2001. – URL <http://www.rws.nl/rws/dww/home/cost334tyres/> 27
- [Evers und Auerbach 2005] EVERS, C. ; AUERBACH, K.: *Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (Veranst.), Oktober 2005 31
- [Farrell 1957] FARRELL, M. J.: The Measurement of Productive Efficiency. In: *Journal of the Royal Statistical Society* 120 (1957), Nr. 3, S. 253–290 26
- [Farsi u. a. 2006] FARSI, M. ; FILIPPINI, M. ; KUENZLE, M.: Cost Efficiency in Regional Bus Companies. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 40 (2006), S. 95–118 132
- [Fastenmeier u. a. 2002] FASTENMEIER, W. ; GWEHENBERGER, J. ; FINSTERER, H.: *Lkw-Fahrerbefragung: Ein Beitrag zur Analyse des Unfallgeschehens*. November 2002 31
- [Felderer und Homburg 2005] FELDERER, B. ; HOMBURG, S.: *Makroökonomik und neue Makroökonomik*. Bd. 9. Auflage. Springer, 2005 54

Literaturverzeichnis

- [Fernández u. a. 2005] FERNÁNDEZ, J.E. ; CEA, J. de ; GRANGE, L. de: Production costs, congestion, scope and scale economies in urban bus transportation corridors. In: *Transportation Research Part A* 39 (2005), S. 383–403 136
- [FGSV 1997] FGSV: *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen - Aktualisierung der RAS-W 86*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. 1997 93, 95
- [Fleischmann 1993] FLEISCHMANN, B.: Designing distribution systems with transport economies of scale. In: *European Journal of Operational Research* 70 (1993), S. 31–42 113
- [Flyvbjerg u. a. 2004] FLYVBJERG, M. ; HOLM, M. K. S. ; BUHL, S. L.: What causes cost overrun in transport infrastructure projects? In: *Transport Reviews* 24 (2004), Nr. 1, S. 3–18 4
- [de Fontgalland 1980] FONTGALLAND, B. de: *Verkehrssystem Eisenbahn in aller Welt*. Darmstadt : Hestra Verlag, 1980 8
- [Forkenbrock 2001] FORKENBROCK, D.J.: Comparison of external costs of rail and truck freight transportation. In: *Transportation Research Part A* 35 (2001), S. 321–337 81
- [Forsyth 2005] FORSYTH, P.: Airport Infrastructure for the Airbus A380. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 39 (2005), S. 341–362 72
- [FSV 2002] FSV: *Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) 2.22*. Österreichische Forschungsgemeinschaft für Strasse und Verkehr. 2002 93, 95, 7.4.4.2
- [Fuchshuber und Leuthardt 2006] FUCHSHUBER, G. ; LEUTHARDT, H.: Der Buszug vor dem Comeback? In: *Der Nahverkehr* 24 (2006), S. 32–35 131
- [Garrod und Miklius 1985] GARROD, P. ; MIKLIUS, W.: The Optimal Ship Size. A Comment. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 19 (1985), Nr. 1, S. 83–90 20, 27, 28
- [Givoni und Rietveld 2006] GIVONI, M. ; RIETVELD, P.: *Choice of Aircraft Size - Explanations and Implications*. Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2006-113/3. 2006 30, 35
- [Glaeser und Kohlhase 2003] GLAESER, E.L. ; KOHLHASE, J.E.: *Cities, regions and the decline of transport costs*. Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper Number 2014. July 2003 7

Literaturverzeichnis

- [Glaeser u. a. 2006] GLAESER, K.-P. ; KASCHNER, R. ; LERNER, M. ; RODER, K. ; WEBER, R. ; WOLF, A. ; ZANDER, U.: Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes / Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach, 2006. – Forschungsbericht 1, 21, 26, 28, 63, 68, 73, 92, 100
- [Graham und Glaister 2004] GRAHAM, D.J. ; GLAISTER, S.: Road Traffic Demand Elasticity Estimates: A Review. In: *Transport Reviews* 24 (2004), S. 261–274 88
- [Graham u. a. 1983] GRAHAM, D.R. ; KAPLAN, D.P. ; SIBLEY, D.S.: Efficiency and competition in the airline industry. In: *Bell Journal of Economics* 14 (1983), S. 118–138 27
- [Grimm 2007] GRIMM, C.: 25-m-Kombinationen sparen massiv Kraftstoff. In: *Deutsche Verkehrs Zeitung* 61 (2007), September, Nr. 105, S. 1 52
- [Groß und Schröder 2007] GROSS, S. ; SCHRÖDER, A.: Basic Business Model of European Low Cost Airlines - An Analysis of Typical Characteristics. In: *Handbook of Low Cost Airlines*. Erich Schmidt Verlag, 2007, S. 31–50 28
- [Hackett 2006] HACKETT, B.: Trends in world economics and trade - an analytical guide to global trade. In: HEIDELOFF, Ch. (Hrsg.) ; PAWLIK, Th. (Hrsg.): *Handbook of Container Shipping Management*. Bremen : Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, 2006, S. 39–54 29
- [Hader 2006] HADER, A.: Container Shipbuilding Developments. In: HEIDELOFF, Ch. (Hrsg.) ; PAWLIK, Th. (Hrsg.): *Handbook of Container Shipping Management*. Bremen : Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, 2006, S. 188–208 5
- [Hagen u. a. 2006] HAGEN, G. ; GÖTZ, N.A. ; LIESHOUT, R. B. T. ; ROSENBERG, F. A.: Monitoringsonderzoek Vervolgproef LZV Resultaten van de Vervolgproef met langere of langere en zwaardere voerigcombinaties op de nederlandse wegen / Ministerie van Verkeer & Waterstaat. May 2006 (110643/CE6/OL3/000354). – Forschungsbericht 1, 21, 30, 51, 71, 90
- [van Ham 2005] HAM, J.C. van: The feasibility of mega container vessels. In: *European Transport / Transporti Europei* 25-26 (2005), S. 89–98 4
- [Han und Fang 1998] HAN, X. ; FANG, B.: Measuring Transportation in the U.S. Economy. In: *Journal of Transportation and Statistics* 1 (1998), S. 93–102 61
- [Hanley und Forkenbrock 2005] HANLEY, P.F. ; FORKENBROCK, D.J.: Safety of passing longer combination vehicles on two-lane highways. In: *Transportation Research Part A* 39A (2005), S. 1–15 29

Literaturverzeichnis

- [Hansen u. a. 2001] HANSEN, M.M. ; GOSLING, G.D. ; MARGULICI, J.-D. ; WEI, Wen-Bin: *Influence of Capacity Constraints on Airline Fleet Mix*. Institute of Transportation Studies UC Berkeley. August 2001 32, 47
- [Harker 1985] HARKER, P.T.: The state of the art in the predictive analysis of freight transport systems. In: *Transport Reviews* 5 (1985), S. 143–164 62
- [Harmatuck 1991] HARMATUCK, D.: Economies of Scale and scope in the motor carrier industry. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 25 (1991), S. 135–151 55
- [Harris 1977] HARRIS, R.G.: Economies of traffic density in the rail freight industry. In: *The Bell Journal of Economics* 8 (1977), S. 556–564 50, 54
- [Harrison 1963] HARRISON, A.J.: Economies of Scale and the Structure of the Road Haulage Industry. In: *Oxford Economic Papers* 15 (1963), S. 287–307 55
- [Haseloff 2007] HASELOFF, A.: Doppelgelenk- und Niederflerbus: Tendenzen im chinesischen Markt. In: *Der Nahverkehr* 25 (2007), Nr. 9, S. 68–72 130
- [Hatano 2005] HATANO, L.: The International Benchmarking Project. In: *Railway Strategies* 1-2 (2005), S. 70–72 16
- [Hautau 2002] HAUTAU, U.: *Seeverkehrsstände im wettbewerbpolitischen Wandel*. Frankfurt, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik Bremen, Dissertation, 2002 34
- [Heaver und Studer 1972] HEAVER, T.D. ; STUDER, K.R.: Ship Size and Turnaround Time. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 6 (1972), S. 32–50 18
- [Henning u. a. 2003] HENNING, R. ; JANZ, O. ; SCHRÖDER, M. ; JANOWSKI, J.: Economies in der Verkehrswirtschaft. In: MERKEL, H. (Hrsg.) ; BJELICIC, B. (Hrsg.): *Logistik und Verkehrswirtschaft im Wandel*. München : Vahlen, 2003, S. 399–417 37, 29
- [Herry 2007] HERRY, M.: Benötigen wir noch Wegekostenrechnungen? In: KUMMER, S. (Hrsg.) ; RIEBESMEIER, B. (Hrsg.) ; GÜRTLICH, G. (Hrsg.) ; FÜRST, W. (Hrsg.): *Gesamtverkehrsplanung und Verkehrsinfrastrukturplanung*. Wien : Linde, 2007, S. 201–228 99
- [Hill 1982] HILL, S.: The Multiproduct Firm: Demand Relationships and Decision Making. In: *Managerial and Decision Economics* 3 (1982), S. 90–94 50
- [Hondius 2006] HONDIUS, H.: Perspektiven der Großraumbusse. In: *Der Nahverkehr* 24 (2006), S. 25–33 129

Literaturverzeichnis

- [Huemer und Stowasser 1998] HUEMER, E. ; STOWASSER, F.: Kostenrechnung und Controlling in Betrieben des Straßengüterverkehrs. In: *Schriftenreihe des Wirtschaftsförderungsinstitutes*. Wirtschaftsförderungsinst. d. Wirtschaftskammer Österreichs, 1998 48
- [Hummels 1999] HUMMELS, D.: *Have international transport costs declined?* Mimeo - University of Chicago. July 1999 3, 2, 8
- [Huston und Butler 1991] HUSTON, J.H. ; BUTLER, R.V.: The Location of Airline Hubs. In: *Southern Economic Journal* 57 (1991), S. 975–981 88
- [Huston und Butler 1993] HUSTON, J.H. ; BUTLER, R.V.: Airline hubs in the single European Market: A benchmark analysis. In: *Review of Industrial Organization* 8 (1993), S. 407–417 88
- [Ickert u. a. 2004] ICKERT, L. ; GROTRIAN, J. ; ROMMERSKIRCHEN, S. ; SCHUMACHER, I. ; STEFAN, K. ; WEYAND, E.: *European Transport Report 2004*. ProgTrans AG. 2004 17, 1
- [Ickert u. a. 2007] ICKERT, L. ; MATTHES, U. ; WEYAND, E. ; SLESINGER, M. ; LIMBERS, J.: *Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050*. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Mai 2007 1, 127, 128
- [IEA 2006] IEA: *Key World Energy Statistics* / International Energy Agency. 2006. – Forschungsbericht 18
- [Ihde 2001] IHDE, G. B.: *Transport, Verkehr, Logistik*. 3. Auflage. Vahlen, 2001 23
- [Ihde und Kloster 2001] IHDE, G. B. ; KLOSTER, Th.: Netzeffekte in Logistiksystemen. In: *Logistik Management* 3 (2001), S. 25–34 53, 22, 30
- [Imai u. a. 2006] IMAI, A. ; NISHIMURA, E. ; PAPADIMITRIOU, S. ; LIU, M.: The economic viability of container mega-ships. In: *Transportation Research Part E* 42 (2006), S. 21–41 38, 40
- [IMFO 2005] IMFO: *Zukunft der Mobilität - Szenarien für das Jahr 2025*. Institut für Mobilitätsforschung. 2005 1
- [Inaba und Wallace 1989] INABA, F.S. ; WALLACE, N.E.: Spatial Price Competition and the Demand for Freight Transportation. In: *The Review of Economics and Statistics* 71 (1989), Nr. 4, S. 614–625 76
- [Irwin und Pavcnik 2004] IRWIN, D.A. ; PAVCNIK, N.: Airbus versus Boeing revisited: international competition in the aircraft market. In: *Journal of International Economics* 64 (2004), S. 223–245 2, 5, 60, 68, 73

Literaturverzeichnis

- [ISOTOPE Research Consortium 1997] ISOTOPE RESEARCH CONSORTIUM: Improved Structure and Organization for Transport Operations of Passengers in Europe (ISOTOPE) / Transport Research - Fourth Framework Programme. 1997 (Report 51). – Forschungsbericht 132
- [Ivaldi 2007] IVALDI, M.: The European Market for Freight Services: Towards A Simulation Model of Competition. In: *IDEI Report on Passenger Rail Transport* 8 (2007), June, S. 1–12 76
- [Ivaldi und Vibes 2007] IVALDI, M. ; VIBES, C.: Price Competition in the Intercity Passenger Transport Market: A Simulation Model. In: *IDEI Working Paper* 457 (2007), January, S. 1–37 76
- [Jagtman u. a. 2006] JAGTMAN, H.M. ; HALE, A.R. ; HEIJER, T.: Ex ante assessment of safety issues of new technologies in transport. In: *Transportation Research Part A* 40 (2006), S. 459–474 102
- [Jansson und Shneerson 1978] JANSSON, J. O. ; SHNEERSON, D.: Economies of Scale of general cargo ships. In: *The Review of Economics and Statistics* 60 (1978), S. 287–93 20, 19, 21, 22
- [Jansson und Shneerson 1982] JANSSON, J. O. ; SHNEERSON, D.: The optimal ship size. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 11 (1982), S. 217–238 20, 24, 25, 26
- [Jansson und Shneerson 1985] JANSSON, J. O. ; SHNEERSON, D.: Economies of trade density in liner shipping and optimal pricing. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 19 (1985), S. 7–22 20, 29, 30
- [Jara-Díaz 1982] JARA-DÍAZ, S.R.: Transportation product, transportation function and cost functions. In: *Transportation Science* 16 (1982), S. 522–39 41, 36, 56
- [Jara-Díaz 2000] JARA-DÍAZ, S.R.: *Transportation product and the analysis of industry structure*. Kap. 2, S. 27–50. Cheltenham : Elgar, 2000 44
- [Jara-Díaz und Basso 2003] JARA-DÍAZ, S.R. ; BASSO, L.J.: Transport cost functions, network expansion and economies of scope. In: *Transportation Research Part E* 39 (2003), S. 271–288 35
- [Jara-Díaz und Cortes 1996] JARA-DÍAZ, S.R. ; CORTES, C.E.: On The Calculation Of Scale Economies From Transport Cost Functions. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 30 (1996), S. 157–170 43, 44

Literaturverzeichnis

- [Jara-Díaz u. a. 1991] JARA-DÍAZ, S.R. ; DONOSO, P.P. ; ARANEDA, J.: Best partial flow aggregation in transportation cost functions. In: *Transportation Research Part B* 25 (1991), S. 329–339 42
- [Jehle und Reny 2001] JEHLE, G.A. ; RENY, Ph. J.: *Advanced Microeconomic Theory*. Boston u.a. : Addison Wesley, 2001 6, 9, 12
- [Katrishen und Nicos 1998] KATRISHEN, F. A. ; NICOS, A. S.: Economies of Scale in Services: A Study of Multinational Insurers. In: *Journal of International Business Studies* 29 (1998), Nr. 2, S. 305–323 46
- [Keeler 1974] KEELER, T.E.: Railroad Costs, Returns to Scale and Excess Capacity. In: *Review of Economics and Statistics* 56 (1974), S. 201–208 49
- [Keller u. a. 2004] KELLER, M. ; HAAN, P. de ; KNÖRR, W. ; HAUSBERGER, S. ; STEVEN, H.: *Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) 2.1*. August 2004 104, 7.20, 106, 7.21, 7.4.4.2, 7.13
- [Keller u. a. 2006] KELLER, M. ; LEBKÜCHNER, M. ; KLJUN, N.: *Diesel-, Gas- oder Trolley-Bus?* INFRAS. Februar 2006 12
- [Kendall 1972] KENDALL, P.: A theory of optimum ship size. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 4 (1972), S. 128–146 20, 4.4, 16, 17
- [Kilpi 2007] KILPI, J.: Fleet composition of commercial jet aircraft 1952-2005: Developments in uniformity and scale. In: *Journal of Air Transport Management* 13 (2007), S. 81–89 69
- [King 2007] KING, J.M.C.: The Airbus 380 and Boeing 787: A role in the recovery of the airline transport market. In: *Journal of Air Transport Management* 13 (2007), S. 16–22 71, 82
- [Kirby 1986] KIRBY, M. G.: Airline Economies of Scale and Australian Domestic Air transport Policy. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 20 (1986), S. 339–352 4, 31
- [Kirby 2002] KIRBY, M. W.: *The Origins of Railway Enterprise: The Stockton and Darlington Railway 1821-1863*. Cambridge University Press, 2002
- [Kircher und Gerz 2006] KIRCHER, M. ; GERZ, Th.: *Airbus A380 Wirbelschleppen-Studie abgeschlossen*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. November 2006 25

Literaturverzeichnis

- [Klaus und Müller 2006] KLAUS, P. ; MÜLLER, S.: Advanced-Truckload-Netzwerke in den USA: Ein Erfolgsmodell auch für Europa? In: *Logistikmanagement* 8 (2006), S. 44–57 126
- [Knoflacher 1995] KNOFLACHER, H.: Economy of Scale - die Transportkosten und das Ökosystem. In: *GAIA* 4 (1995), S. 100–108 27
- [Knörr und Reiter 2005] KNÖRR, W. ; REITER, Ch.: *EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool (Environmental Methodology and Data)*. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. July 2005 106, 108
- [Koch 2006a] KOCH, J.: Container im Doppelpack: Auch auf deutschen Bahnen? In: *Güterbahnen* 1 (2006), S. 18–20 30
- [Koch 2006b] KOCH, J.: Doppelstockcontainerverkehr in Deutschland. In: *Internationales Verkehrswesen* 11 (2006), S. 526–528 27, 34
- [Koshal 1972] KOSHAL, R.K.: Economies of Scale. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 4 (1972), S. 147–153 134
- [K+P Transport Consultants 2006] K+P Transport Consultants (Veranst.): *Verkehrswirtschaftliche Auswirkungen von innovativen Nutzfahrzeugkonzepten*. September 2006 64, 90, 120
- [Kraftfahrt-Bundesamt 2007] Kraftfahrt-Bundesamt (Veranst.): *Verkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge*. Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes. März 2007 69
- [Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr 2006] Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterkraftverkehr (Veranst.): *Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge*. Reihe 8, Sonderheft 2. Juli 2006 36, 7.5, 7.6, 66, 67, 70, 73
- [Kraus 1997] KRAUS, S.: *Distributionslogistik im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie*. GVB-Schriftenreihe, 1997 111
- [Kruse 1985] KRUSE, J.: *Ökonomie der Monopolregulierung*. Vandenhoeck & Ruprecht, 1985 24
- [Kummer 2006] KUMMER, S.: *Einführung in die Verkehrswirtschaft*. UTB, 2006 1, 6, 9, 23, 34, 10
- [Kummer 2007] KUMMER, S.: Der A380 als volkswirtschaftlicher Exkurs. In: *Internationales Verkehrswesen* 59 (2007), S. 170 1

Literaturverzeichnis

- [Kummer u. a. 2007a] KUMMER, S. ; EINBOCK, M. ; HAUSMANINGER, M.: Kostenmäßige Auswirkungen der Veränderung der Arbeitszeitrechtsregelungen auf Straßengüterverkehrsunternehmen / Institut für Transportwirtschaft und Logistik, Wirtschaftsuniversität Wien. Wien, 2007. – Forschungsbericht 123
- [Kummer u. a. 2003] KUMMER, S. ; EINBOCK, M. ; NAGL, Ph.: Auswirkungen der Ausflagung von Fahrzeugen im Straßengüterverkehr / Institut für Transportwirtschaft und Logistik, Wirtschaftsuniversität Wien. Wien, 2003. – Forschungsbericht 3
- [Kummer u. a. 2007b] KUMMER, S. ; NAGL, Ph. ; EINBOCK, M.: Untersuchung der Auswirkungen einer Kfz-Steuersenkung in Österreich / Institut für Transportwirtschaft und Logistik, Wirtschaftsuniversität Wien. 2007. – Forschungsbericht 33, 124
- [Lahiri u. a. 2003] LAHIRI, K. ; STEKLER, H. ; YAO, W ; YOUNG, P.: Monthly Output Index for the U.S. Transportation Sector. In: *Journal of Transportation and Statistics* 6 (2003), Nr. 2/3, S. 1–21 21
- [Lawrence und Thornton 2006] LAWRENCE, P.K. ; THORNTON, D.W.: *Deep Stall - The turbulent story of Boeing Commercial Airplanes*. Ashgate, 2006 59
- [Lee u. a. 2001] LEE, J.J. ; LUKACHKO, S.P. ; WAITZ, I.A. ; SCHAFER, A.: Historical and Future Trends in Aircraft Performance, Cost, and Emissions. In: *Annual Review of Energy and the Environment* 26 (2001), S. 167–200 16
- [Lehmann 2002] LEHMANN, E.: Trend zu immer größeren Schiffen. In: *Internationales Verkehrswesen* 53 (2002), S. 616 43, 4.5
- [Liliopoulou u. a. 2005] LILIOPOULOU, A. ; ROE, M. ; PASUKEVICIUTE, I.: Trans Siberian Railway: from inception to transition. In: *European Transport/Transporti Europei* 29 (2005), S. 46–56 21
- [Love und Goth 2006] LOVE, R. ; GOTH, J.: Decline of the megahub. In: *Flight International* 22 (2006), October, S. 72–76 79
- [Love u. a. 2006a] LOVE, R. ; GOTH, J. ; BUDDE, F. ; SCHILLING, D. ; WOFFENDEN, B.: Is the Impact of China and India on the Future Long-Haul Travel Exaggerated? / Boston Consulting Group. 2006. – Forschungsbericht 92
- [Love u. a. 2006b] LOVE, R. ; GOTH, J. ; BUDDE, F. ; SCHILLING, D. ; WOFFENDEN, B.: Understanding the Demand for Air travel: How to Compete more Efficiently / Boston Consulting Group. Juni 2006. – Forschungsbericht 91, 93, 5.5

Literaturverzeichnis

- [Lüpschen 2004] LÜPSCHEN, B.: *Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen*. Arbeitsberichte des Seminars für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftliche Planung und Logistik der Universität zu Köln. 2004 16, 11, 29
- [Lumsden 2005] LUMSDEN, K.: Truck masses and dimensions / ACEA. 2005. – Forschungsbericht 41
- [Magretta 2002] MAGRETTA, J.: Why Business Models Matter. In: *Harvard Business Review* 80 (2002), S. 86–92 74
- [Maibach u. a. 2007] MAIBACH, M. ; SIEBER, N. ; BERTENRATH, R. ; EWRINGMANN, D. ; KOCH, L. ; THÖNE, M. ; BICKEL, P.: Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen / Umweltbundesamt. 2007. – Forschungsbericht 7.4.4.2
- [Maibach 2000] MAIBACH, M. et a.: *External Costs of Transport*. Zürich/Karlsruhe : INFRAS, 2000 105, 108
- [Mansfield und Yohe 2000] MANSFIELD, E. ; YOHE, G.: *Microeconomics*. 10. Norton, 2000 6
- [Mansfield und Fourie 2004] MANSFIELD, G.M. ; FOURIE, L.C.H.: Strategy and business models - strange bedfellows?: A case for convergence and its evolution into strategic architecture. In: *South African Journal of Business Management* 35 (2004), S. 35–44 74
- [MARAD 2006] MARAD: *World Merchant Fleet 2005*. U.S. Department of Transportation Maritime Administration. July 2006 7
- [Marchionatti 2003] MARCHIONATTI, R.: On the Methodological Foundations of Modern Microeconomics: Frank Knight and the Cost Controversy in the 1920s. In: *History of Political Economy* 35 (2003), Nr. 1, S. 49–75 18
- [Martin 2000] MARTIN, J.: *Bedarfsanalyse für einen deutschen Tiefwasser Container Terminal*. Studie im Auftrag der Aktionskonferenz Nordsee e.V. 2000 41
- [Martín und Román 2004] MARTÍN, J.C. ; ROMÁN, C.: Policy and economic implications of liberalizing intercontinental aviation market. In: *International Journal of Transport Economics and Policy* 31 (2004), S. 79–97 66
- [Mas-Colell u. a. 1995] MAS-COLELL, A. ; WHINSTON, D. ; GREEN, J.: *Microeconomic Theory*. Oxford University Press, 1995 6

Literaturverzeichnis

- [Mason 2007] MASON, K.J.: Airframe manufacturers: Which has the better view of the future? In: *Journal of Air Transport Management* 13 (2007), S. 9–15 70, 94
- [McCullough 2003] MCCULLOUGH, G.J.: Trucking Efficiency Versus Transportation Efficiency. In: *Transportation Research Record* 1833 (2003), S. 24–29 1
- [McCullough 2007] MCCULLOUGH, G.J.: U.S. Railroad Efficiency: A Brief Economic Overview. In: *Workshop on Research the Enhance Rail Network Performance*. Washington DC, 2007 17
- [McFadden 1978] MCFADDEN, D.: *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*. Kap. Cost, revenue and profit functions, S. 3–109, North-Holland, 1978 14
- [McKinnon 1996] MCKINNON, A.C.: The empty running and return loading of road goods vehicles. In: *Transport Logistics* 1 (1996), Nr. 1, S. 1–19 36
- [McKinnon 1999] MCKINNON, A.C.: A logistical perspective on the fuel efficiency of road freight transport / Heriot-Watt University. Edinburgh, 1999. – Forschungsbericht 35, 40
- [McKinnon 2005] MCKINNON, A.C.: The economic and environmental benefits of increasing maximum truck weight: the British experience. In: *Transportation Research Part D* 10 (2005), S. 77–95 1, 46, 63
- [McKinnon 2007] MCKINNON, A.C.: The Decoupling of Road Freight Transport and Economic Growth Trends in the UK: An Exploratory Analysis. In: *Transport Reviews* 27 (2007), Nr. 1, S. 37–64 127
- [McKinnon und Campbell 1997] MCKINNON, A.C. ; CAMPBELL, J.: Opportunities for Consolidating Volume-constrained Loads in Double-Deck and High-Cube Vehicles / Heriot-Watt University. Edinburgh, 1997. – Forschungsbericht 37
- [McKinnon u. a. 2004] MCKINNON, A.C. ; GE, Y. ; MCCLELLAN, D.: Assessment the oportunities for rationalising road freight transport / Logistics Research Center Heriot Watt Universtiy. Edinburgh, 2004. – Forschungsbericht 72, 90
- [McKinnon und Woodburn 1996] MCKINNON, A.C. ; WOODBURN, A.: Logistical restructuring and road freight traffic growth. In: *Transportation* 23 (1996), S. 141–161 18, 23, 60
- [McQuie 1971] MCQUIE, R.: Cargo Vehicle Productivity. In: *Management Science* 18 (1971), Nr. 2, S. B36–B51 26

Literaturverzeichnis

- [Medenbach 2006] MEDENBACH, S.: *Messung der Erreichbarkeiten im Luftverkehr*, Wirtschaftsuniversität Wien, Dissertation, 2006 85
- [Meersman und Van de Voorde 1997] MEERSMAN, H. ; VOORDE, E. Van de: Is Freight Transport Growth Inevitable? In: *Which Changes For Transport in the Next Century?* ECMT (Veranst.), 1997 4
- [Meersman und Van de Voorde 2002] MEERSMAN, H. ; VOORDE, E. Van de: Utopia and goods transport observations at decoupling economic growth and demand for transport. In: *European Conference of Mobility Management Gent*, May 2002 3
- [de Melo 2005] MELO, R.P. de: *Lateral Stability of Long Combination Vehicles*. Society of Automotive Engineers, Inc. 2005 26
- [Meng und Niemeier 2000] MENG, Y. ; NIEMEIER, D.A.: US double-stack rail technology and infrastructure: corollaries for China. In: *International Journal of Services Technology and Management* 1 (2000), S. 224–235 19, 28
- [Meyer und Menzies 2002] MEYER, J.R. ; MENZIES, T.R.: Airline Deregulation: Time to Complete the Job. In: *Issues in Science and Technology*. The University of Texas at Dallas, 2002. – URL http://www.issues.org/16.2/p_meyer.htm 14
- [Meyer-Rühle u. a. 2005] MEYER-RÜHLE, O. ; LEYPOLDT, P. ; GREINUS, A. ; ROMMERSKIRCHEN, S. ; STADLER, U.: *Strassengüterverkehrspolitik und Standortsicherung im Zusammenhang mit der EU-Erweiterung*. PROGTRANS. Februar 2005 53
- [Mishan 1971] MISHAN, E.: The Postwar Literature on Externalities: An Interpretative Essay. In: *Journal of Economic Literature* 9 (1971), S. 1–28 97
- [Mishan und Quah 2007] MISHAN, E.J. ; QUAH, E.: *Cost Benefit Analysis*. 5th. Routledge, 2007 93
- [Müller 2006] MÜLLER, C.: Überlange Busse werden salonfähig. In: *Internationales Verkehrswesen* 58 (2006), S. 232 138
- [Müller und Schönknecht 2005] MÜLLER, M. ; SCHÖNKNECHT, A.: Kapitalrendite von Großcontainerschiffen. In: *Internationales Verkehrswesen* 57 (2005), S. 377–379 33
- [Mock 2007] MOCK, W.: Nach schwierigem Jahr steht Airbus vor einem Neustart. In: *VDI Nachrichten* 3 (2007), Jänner, S. 7 56
- [Mohring 1972] MOHRING, H.: Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation. In: *American Economic Review* 62 (1972), S. 591–604 39, 24

Literaturverzeichnis

- [Mohring 1976] MOHRING, H.: *Transportation Economics*. Ballinger Publishing, 1976 24, 33
- [Mulligan 1983] MULLIGAN, J.G.: The Economies of Massed Reserves. In: *The American Economic Review* 73 (1983), Nr. 4, S. 725–734 38
- [Nagl 2007a] NAGL, Ph.: Longer Combination Vehicles (LCVs) for Asia and the Pacific Region / UNESCAP Working Paper. 2007 (WP/07/02). – Forschungsbericht 10, 22, 16
- [Nagl 2007b] NAGL, Ph.: Segen, Fluch oder Notwendigkeit? Kontroverse um die Zulassung größerer und schwerer Nutzfahrzeuge. In: *Internationales Verkehrswesen* 59 (2007), S. 407–409 22
- [Nagl und Potzmann 2006] NAGL, Ph. ; POTZMANN, E.: Service Developments in Relation to Customer Demand in the Less-Than-Truckload and Courier, Express, Parcel Carrier Industry. In: *NOFOMA Conference Proceedings, 2006* 9
- [Nagl und Schlaak 2007] NAGL, Ph. ; SCHLAAK, J.-Ph.: Der strategische Fehler A380. In: *Internationales Verkehrswesen* 59 (2007), Nr. 4, S. 169–172 3, 5.7, 5.8, 51, 5.10
- [National Statistics, Department for Transport 2006] National Statistics, Department for Transport (Veranst.): *Transport Statistics Bulletin: Road Freight Statistics 2005*. 2006 7.5, 7.6
- [Neunzig u. a. 2003] NEUNZIG, D. ; WALLENTOWITZ, H. ; GROSSPIETSCH, R.: *Roadtrains für Europa — wie werden sie möglich?* VDI-Gesamtverkehrsforum. Braunschweig, 2003 26
- [Nielsen u. a. 2003] NIELSEN, L. D. ; JESPERSEN, P. H. ; PETERSEN, D. ; HANSEN, L. G.: Freight transport growth - a theoretical methodological framework. In: *European Journal of Operational Research* 144 (2003), S. 295–305 4, 18
- [Ortúzar und Willumsen 2001] ORTÚZAR, J. ; WILLUMSEN, L.G.: *Modelling Transport*. Wiley, 2001 10
- [Oum und Waters II 1996] OUM, T.H. ; WATERS II, W.G.: A Survey of Recent Developments in Transportation Cost Function Research. In: *Logistics and Transportation Review* 32 (1996), S. 423–463 29, 33, 43, 47, 52, 57
- [Oum u. a. 1995] OUM, T.H. ; ZHANG, A. ; ZHANG, Y.: Airline network rivalry. In: *Canadian Journal of Economics* 28 (1995), S. 139–153 18

Literaturverzeichnis

- [Oum und Zhang 1997] OUM, T.H. ; ZHANG, Y.: A note on scale economies in transport. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 31 (1997), S. 309–315 34
- [Pachl 2004] PACHL, J.: *Systemtechnik des Schienenverkehrs*. 4. Stuttgart : Teubner, 2004 3, 5
- [Panzar und Willig 1977] PANZAR, J. C. ; WILLIG, R. D.: Economies of Scale in Multi-Output Production. In: *The Quarterly Journal of Economics* 91 (1977), S. 481–93 21, 27
- [Panzar 1989] PANZAR, J.C.: *Technological Determinants of Firm and Industry Structure*. Bd. I. Kap. I, S. 3–59. Amsterdam : North-Holland, 1989 60
- [Panzar und Willig 1981] PANZAR, J.C. ; WILLIG, R.D.: Economies of Scope. In: *The American Economic Review* 71 (1981), S. 268–272 30
- [Paraschis 1989] PARASCHIS, Ioannis N.: *Optimale Gestaltung von Mehrprodukt-Distributionssystemen*. Heidelberg : Physica-Verlag, 1989 112
- [Parlament 2007] PARLAMENT, Europäisches: *Bericht über die Durchführung des ersten Eisenbahnpakets (2006/2213(INI))*. Ausschuss für Verkehr und Fremdenverkehr. Juni 2007 118
- [Pels u. a. 2003] PELS, E. ; NIJKAMP, P. ; RIETVELT, P.: Inefficiencies and scale economies of European airport operations. In: *Transportation Research Part E* 39 (2003), S. 341–361 47
- [Perez-Perez 1997] PEREZ-PEREZ, J.A.: *The Urban Bus Industry in Europe: An Empirical Study*. Madrid, University Carlos III, Dissertation, 1997 132
- [Pigou 1922] PIGOU, A.C.: Empty Economic Boxes: A Reply. In: *The Economic Journal* 32 (1922), Nr. 128, S. 458–465 18
- [Pigou und Robertson 1924] PIGOU, A.C. ; ROBERTSON, D.H.: Those Empty Boxes. In: *The Economic Journal* 34 (1924), Nr. 133, S. 13–31 18
- [Platou 2007] PLATOU: *The Platou Report*. RS Platou Group. 2007. – URL www.platou.org 1, 12
- [Pompl 2007] POMPL, W.: *Luftverkehr*. 5. Auflage. Springer, 2007 16, 6, 21, 22, 75
- [Pope und Talley 1988] POPE, J. A. ; TALLEY, W. K.: Inventory Costs and Optimal Ship Size. In: *Logistics and Transportation Review* 24 (1988), S. 107.120 32

Literaturverzeichnis

- [Quinet und Vickermann 2004] QUINET, E. ; VICKERMANN, R.: *Principles of Transport Economics*. Cheltenham : Edward Elgar, 2004 2, 22, 75, 88
- [Railion Deutschland AG 2007] Railion Deutschland AG (Veranst.): *Railion Deutschland AG Geschäftsbericht 2006*. 2007 83, 86
- [Ramberg 2004] RAMBERG, K.: *Three Short Become Two Long, if the EU Follows the Example Set by Sweden and Finland*. October 2004 45
- [Reise 2005] REISE, S.: *Offshore-Containerterminals als Transshipment-Hub — dargestellt am Beispiel der Deutschen Bucht*, TU Dresden, Dissertation, 2005 35
- [Rentmeister und Klein 2001] RENTMEISTER, J. ; KLEIN, S.: Geschäftsmodelle — ein Modebegriff auf der Waagschale. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft — Ergänzungsheft 1* (2001), S. 17–30 74
- [Riedl 2006] RIEDL, A.: Mega-Probleme durch Riesen-LKW. In: *Güterbahnen 4* (2006), S. 21–23 121
- [Rodrigue u. a. 2006] RODRIGUE, J.-P. ; COMTOIS, C. ; SLACK, B.: *The Geography of Transport Systems*. Routledge, 2006 2, 5, 12
- [Rommerskirchen u. a. 2002] ROMMERSKIRCHEN, S. ; HELMS, M. ; VÖDISCH, M. ; ROTHENGATTER, W. ; LIEDTKE, G. ; DOLL, C.: *Wegekostenrechnung für das Bundesfernstraßennetz unter Berücksichtigung der Vorbereitung einer streckenbezogenen Autobahn-nutzungsgebühr*. Basel/Karlsruhe: INFRAS/IWW (Veranst.), 2002 54, 98
- [Roos und van Herwijnen 2002] ROOS, H.B. ; HERWIJNEN, B. van: *Some effects of intensified security and safty procedures on airports and airlines - The decrease optimum airplane size*. Paper presented at the Airport Summit Conference. June 2002 67
- [Ruehle u. a. 2006] RUEHLE, J. ; GOETSCH, B. ; KOCH, B.: Consequences of Feeder Delays for the Success of A380 Operations. In: *Journal of Air Transport 11* (2006), S. 43–63 80
- [RWE 2005] RWE: *Weltenergiereport 2005 / Energiewirtschaftlicher Arbeitskreis der RWE AG*. 2005. – Forschungsbericht 19
- [Samuel u. a. 2002] SAMUEL, P. ; POOLE, R. W. ; HOLGUIN-VERAS, J.: *Toll Truckways: A New Path Toward Safer and More Efficient Freight Transportation / Reason Public Policy Institute*. Los Angeles, 2002. – Forschungsbericht 24
- [Samuelsson und Tilanus 1997] SAMUELSSON, A. ; TILANUS, B.: A framework efficiency model for goods transportation, with an application to regional less-than-truckload distribution. In: *Transport Logistics 1* (1997), Nr. 2, S. 139–151 21, 40

Literaturverzeichnis

- [Sánchez 2000] SÁNCHEZ, P.D.: A subadditivity test for the cost function of the principal European railways. In: *Transport Reviews* 20 (2000), S. 275–290 25
- [Sandkühler u. a. 2001] SANDKÜHLER, D. ; LAUMANN, M. ; LAUMANN, N.: *Roadtrain-Konzept für den europäischen Güterverkehr*. 6. Internationale VDI-Fachtagung Nutzfahrzeuge. Neu-Ulm, 2001 26
- [Savage 1997] SAVAGE, I.: Scale Economies in U.S. Rail Transit Systems. In: *Transportation Research Part A* 31 (1997), Nr. 6, S. 459–73 57
- [Schnell und Hüscherlath 2004] SCHNELL, M.C.A. ; HÜSCHEL RATH, K.: Existing and new evidence on the effects of airline hubs. In: *International Journal of Transport Economics* 31 (2004), S. 99–121 16, 84
- [Schreyer u. a. 2007] SCHREYER, Ch. ; MAIBACH, M. ; SUTTER, D. ; DOLL, C. ; BICKEL, P.: *Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland Aufdatierung 2005*. INFRAS. März 2007 108, 109
- [Schulmann 2003] SCHULMANN, J.F.: *Heavy truck weight and dimension limits in Canada*. Railway Association of Canada (Veranst.), 2003 7.3
- [Seristö und Vepsäläinen 1997] SERISTÖ, H. ; VEPSÄLÄINEN, A. R. J.: Airline Cost drivers: cost implications of fleet, routes and personnel policies. In: *Journal of Airline Management* 3 (1997), Nr. 1, S. 11–22 40
- [Shafer u. a. 2005] SHAFER, S.M. ; SMITH, H.J. ; LINDER, J.C.: The power of business models. In: *Business Horizons* 48 (2005), S. 199–207 74
- [Sharp und Jennings 1972] SHARP, H.C. ; JENNINGS, A.: More powerful engines for lorries? In: *Journal of Transport Economics and Policy* 6 (1972), S. 154–166 93
- [Shephard 1970] SHEPHARD, R.W.: *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press, 1970 4, 13, 14
- [Simon und Blume 1994] SIMON, C. ; BLUME, L.: *Mathematics for Economists*. Norton, 1994 7
- [Sleath und Pearson 2000] SLEATH, L. ; PEARSON, B.: *Heavy Vehicles Limits in New Zealand - A new Approach*. 2000. – Über Kontakt mit den Autoren bestellbar. 1
- [Small und Winston 1999] SMALL, K.A. ; WINSTON, C.: The Demand for Transportation: Models and Applications. In: GÓMEZ-IB'ÁÑEZ, J.A. (Hrsg.) ; TYE, W.B. (Hrsg.) ; WINSTON, C. (Hrsg.): *Essays in Transportation Economics and Policy*. Bookings Institution Press, 1999, S. 11–55 88

Literaturverzeichnis

- [Spady und Friedlaender 1978] SPADY, R.H. ; FRIEDLAENDER, A.F.: Hedonic cost functions for the regulated trucking industry. In: *Bell Journal of Economics* 9 (1978), S. 159–179
62, 44
- [Sperl 2006] SPERL, A.: A380 Financial Update. In: *Global Investor Forum Airbus* (Veranst.), October 2006 52, 61
- [Sraffa 1926] SRAFFA, P.: The Laws of returns und competitive conditions. In: *The Economic Journal* 36 (1926), Nr. 144, S. 535–50 18
- [Statens institut för kommunikationsanalys 2007] Statens institut för kommunikationsanalys (Veranst.): *Swedish national and international road goods transport, year 2006*. 2007:12. 2007 68
- [Statistik Austria 2006] STATISTIK AUSTRIA: *Verkehrsstatistik 2005 / Statistik Austria*. Wien, 2006. – Forschungsbericht 7.5
- [Statistisches Bundesamt 2006] Statistisches Bundesamt (Veranst.): *Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr 2005*. 2006 31
- [Stopford 1997] STOPFORD, M.: *Maritime Economics*. 2nd. London : Routledge, 1997 15, 3, 39
- [Swan 2007] SWAN, W.: Misunderstandings about airline growth. In: *Journal of Air Transport Management* 13 (2007), S. 3–8 30, 63, 79
- [Swan und Adler 2006] SWAN, W. ; ADLER, N.: Aircraft trip cost parameter: A function of stage length and seat capacity. In: *Transportation Research Part E* 42 (2006), S. 105–115 30
- [Talley 1988] TALLEY, W.K.: *Transport Carrier Costing*. Amsterdam : Gordon and Breach Science Publishers, 1988 8, 1, 64
- [Talley 1990] TALLEY, W.K.: Optimal Containership Size. In: *Journal of Maritime Policy Management* 17 (1990), S. 165–175 20, 34, 35
- [Talley u. a. 1986] TALLEY, W.K. ; AGARWAL, V.B. ; BREAKFIELD: Economies of Density of Ocean Tanker Ships. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 20 (1986), S. 91–99 23
- [Tauchen u. a. 1983] TAUCHEN, H. ; FRAVEL, G. ; GILBERT, G.: Cost Structure of the Intercity Bus Industry. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 17 (1983), S. 25–47 132

Literaturverzeichnis

- [Thompson 2007] THOMPSON, L.S.: Key Trends and Implications for Policy Change in Long-Term Rail Freight Traffic and Infrastructure. In: *Infrastructure to 2030 — Mapping Policy for Electricity, Water and Transport*. OECD, 2007, Kap. Kapitel 5, S. 341–412 16, 24
- [TIMCONSULT 2006] TIMCONSULT: *Wettbewerbswirkungen der Einführung des Giga-liners auf den kombinierten Verkehr*. Frankfurt: kombiverkehr GmbH (Veranst.), September 2006 64
- [Tirole 2004] TIROLE, J.: *The theory of industrial organization*. 15. Auflage. MIT Press, 2004 24
- [Transportation Research Board 2002] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD: *Regulation of Weights, Lengths, and Widths of Commercial Motor Vehicles / Transportation Research Board of the National Academies*. Washington D.C., 2002 (267). – Forschungsbericht 1
- [Turvey 1963] TURVEY, R.: On Divergences between Social Cost and Private Cost. In: *Economica* 30 (1963), Nr. 119, S. 309–313 97
- [UIC 2006] UIC: *DIOMIS Developing Infrastructure and Operating Models for Intermodal Shift — Improving the use of available train length*. Editions Techniques Ferroviaires. 2006 9
- [Umweltbundesamt 2007] UMWELTBUNDESAMT: *Länger und schwerer auf Deutschlands Straßen: Tragen Riesen-Lkw zu einer nachhaltigen Mobilität bei?* März 2007 122
- [United Nations Commission for Europe 2006] United Nations Commission for Europe (Veranst.): *Transport of 45 ft long ISO containers on the European road network*. 12 2006. – ECE/TRANS/WP.24/2007/2 11
- [United Nations Economic Commission for Asia and the Pacific 2002] United Nations Economic Commission for Asia and the Pacific (Veranst.): *Review of vehicle dimensions, permissible axle loads and gross vehicle weights in the ESCAP region*. 2002 7.3
- [US Department of Transportation 2000] US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION: *Comprehensive Truck Size and Weight Study / U.S. Department of Transportation*. URL <http://www.fhwa.dot.gov/policy/otps/truck/finalreport.htm>, 2000. – Forschungsbericht 1
- [Varian 1992] VARIAN, H.R.: *Microeconomic Analysis*. 3rd Edition. New York : Norton, 1992 2
- [Varian 1994] VARIAN, H.R.: *Mikroökonomie*. 3. Auflage. Oldenbourg, 1994 2

Literaturverzeichnis

- [Vickerman 2002] VICKERMAN, R.: *Drivers of Freight Transport Demand*. ECMT International Seminar: Managing the Fundamental Drivers of Transport Demand. December 2002 127
- [Viner 1931] VINER, J.: Cost Curves and Supply Curves. In: MAYER, H. (Hrsg.) ; REISCH, R. (Hrsg.) ; SCHÜLLER, R. (Hrsg.): *Zeitschrift für Nationalökonomie* Bd. 3. Wien : Julius Springer, 1931 7, 20
- [Voigt 1973] VOIGT, F.: *Verkehr*. Duncker & Humblot, 1973 (1 1) 24, 13, 33
- [Voithofer und Schober 2005] VOITHOFER, P. ; SCHOBER, R.: *Untersuchung der Kosten-, Ertrags- und Finanzlage der österreichischen Verkehrsunternehmen*. Wien: KMU Forschung Austria (Veranst.), 2005 85
- [Vuchic 2005] VUCHIC, V.: *Urban Transit*. Wiley, 2005 25, 36
- [Wallace 1963] WALLACE, W.M.: An analysis of air traffic growth. In: *Review of Economics and Statistics* 63 (1963), S. 98–100 2
- [Wallentowitz u. a. 2000] WALLENTOWITZ, H. ; NEUNZIG, D. ; SANDKÜHLER, D.: *Investigation of the influence of Roadtrain and Truck speed 100 km/h on handling characteristics, fuel consumption and traffic flow*. June 2000 26
- [Wei und Hansen 2003] WEI, W. ; HANSEN, M.: Cost Economies of Aircraft Size. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 37 (2003), S. 279–296 30, 31, 36, 39, 43, 45
- [Wei und Hansen 2004] WEI, W. ; HANSEN, M.: Impact of Aircraft Size and Seat Availability on Airlines' Demand and Market Share in Duopoly Markets. In: *TRB 2004 Annual Meeting*, 2004 30, 33
- [Wei und Hansen 2006] WEI, W. ; HANSEN, M.: An aggregate demand model for air passenger traffic in the hub-and-spoke network. In: *Transportation Research Part A* 40 (2006), S. 841–851 62
- [Weisman 1990] WEISMAN, E.: *Trade in Services and Imperfect Competition: Application to International Aviation*. Kluwer, 1990 11, 19
- [Wijnolst u. a. 2000] WIJNOLST, N. ; WAALS, F. ; BELLO, F. ; KEMPEN, D. van: *Malacca-Max 2*. DUP Satellite, 2000 5, 10, 37
- [Wildhage 2005] WILDHAGE, H.-J.: Giganten in den Startlöchern. In: *Deutsche Verkehrszeitung* 59 (2005), Dezember, Nr. 147, S. 3 (Beilage) 55

Literaturverzeichnis

- [Wildhage 2007a] WILDHAGE, H.-J.: 23 m reichen völlig aus. In: *Deutsche Verkehrs Zeitung* 61 (2007), September, Nr. 115, S. 10–20
- [Wildhage 2007b] WILDHAGE, H.-J.: Mit langen Lastwagen die Straßen entlasten. In: *Deutsche Verkehrs Zeitung* 61 (2007), Nr. 108, S. 35–20
- [Winston 1985] WINSTON, C.: Conceptual Developments in the economics of transportation: An Interpretative Survey. In: *Journal of Economic Literature* XXIII (1985), S. 57–94–52
- [Winston 1998] WINSTON, C.: U.S. Industry Adjustment to Economic Deregulation. In: *Journal of Economic Perspectives* 12 (1998), S. 89–110–40
- [Woll 2000] WOLL, A.: *Allgemeine Volkswirtschaftslehre*. München : Vahlen, 2000 6, 9
- [Worldbank 2006] WORLD BANK: *Project appraisal document on a proposed loan in the amount of USD 200 Million to the People's Republic of China for a third national railway project*. World Bank Report No: 33496-CN. December 2006 20
- [Xu u. a. 1994] XU, K. ; WINDLE, R. ; GRIMM, C. ; CORSI, Th.: Re-evaluating Returns to Scale in Transport. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 28 (1994), S. 275–286–59, 135
- [Yi 2003] YI, K.-M.: Can vertical specialization explain the growth of world trade? In: *The Journal of Political Economy* 111 (2003), S. 52–102–5
- [Youn Kim 1986] YOUNG KIM, H.: Economies of Scale and Economies of Scope in Multi-product Financial Institutions: Further Evidence from Credit Unions. In: *Journal of Money, Credit and Banking* 18 (1986), S. 220–226–28
- [Zachcial und Lemper 2006] ZACHCIAL, M. ; LEMPER, B.: Container Shipping - an Overview of Development Trends. In: *Handbook of Container Shipping Management*. Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, 2006, S. 21–37–8