

Das vorliegende Dokument ist die aus technischen Gründen neu gesetzte Doktorarbeit (d.h. andere Seitenzahlen(!), jedoch derselbe Inhalt) wie das im Jahr 1995 im Akademischen Verlag München veröffentlichte Buch. Das Original kann als Taschenbuch im handlichen Format Din A5 (336 Seiten) im Internet (z. B. Amazon 26 EUR) bezogen werden.  
ISBN: 3-929115-51-4

# **Effizienzsteigerung im Schienenpersonenfernverkehr**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades Doctor oeconomiae publicae (Dr. oec. publ.)

an der Ludwig-Maximilians-Universität München

1994 vorgelegt von: Dipl.-Kfm. Martin Vieregg

1995 veröffentlicht

Referent: Prof. Dr. Karl Oettle

Korreferent: Prof. Dr. Peter Gräf

## Inhaltsverzeichnis

1.	Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr	10
1.1	Systematisierung der Ziele	10
1.2	Darbietungs- und Wirtschaftlichkeitsziele	15
1.3	Träger von Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs	18
1.4	Grad der Konkretisierung von Zielinhalten	19
2.	Effizienzkriterien als Maßstab der Bewertung	21
2.1	Der Begriff Effizienz	21
2.1.1	Mögliche Interpretationen des Effizienzbegriffes	21
2.1.2	Abgrenzung zur Effektivität	22
2.1.3	Monetäre und mengenmäßige Effizienz	23
2.1.3.1	Wirtschaftlichkeit	24
2.1.3.2	Produktivität	26
2.1.3.3	Monetäre und nicht-monetäre Effizienzkriterien im bedarfswirtschaftlichen und erwerbswirtschaftlichen Betrieb	26
2.1.4	Relative und absolute Effizienz	27
2.1.5	Der Effizienzbegriff in der Physik und in den Sozialwissenschaften	28
2.1.6	Anwendung von Effizienzkriterien bei nicht-monetarisierbaren und nicht-quantifizierbaren Zielen	28
2.1.6.1	Zur Problematik der Monetarisierung nicht-monetärer Größen	29
2.1.6.2	Anwendung von Effizienzkriterien bei nicht-quantifizierbaren Zielen	31
2.1.7	Umrechnung einmaliger Investitionskosten in jährliche kalkulatorische Kosten	33
2.1.7.1	Ermittlung kalkulatorischer Abschreibungen und Zinsen bei monetären Größen	33
2.1.7.1.1	Kalkulatorische Abschreibungen und nutzungsdauerverlängernde Unterhaltskosten	34
2.1.7.1.2	Wahl der Höhe des Zinssatzes	34
2.1.7.1.3	Ermittlung der durchschnittlichen Kapitalbindung	36
2.1.7.2	Kalkulatorische Zinsen bei nicht-monetären Größen unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten	40
2.1.8	Der Effizienzbegriff bei fixem Input oder fixem Output	41
2.2	Zusammenhang zwischen Input, Output, Elastizitäten und Effizienz	42
2.2.1	Input und Output	42
2.2.2	Produktions- und Nachfrageelastizitäten	42
2.2.3	Produktionstechnische und marktliche Effizienz	43
2.3	Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr	44
2.3.1	Inputgrößen	46
2.3.2	Outputgrößen	47
2.3.2.1	Produktionstechnische Ebene	48
2.3.2.1.1	Zum Begriff der Streckenleistungsfähigkeit	48
2.3.2.1.2	Die Bedeutung des Angebotsmerkmals Reisezeit	56

2.3.2.2	Marktliche Ebene	57
2.3.2.3	Staatspolitische Ebene	58
2.3.3	Quantifizierbarkeit der Input- und Outputgrößen	60
2.3.4	Komplementär- und Konkurrenzbeziehungen	61
2.3.4.1	Komplementärbeziehungen zwischen den Inputgrößen	61
2.3.4.2	Konkurrenzbeziehungen zwischen den Outputgrößen der produktionstechnischen Ebene	64
2.4	Konkretisierung von Effizienzkriterien für den Schienenpersonenfernverkehr	67
2.4.1	Denkbare Effizienzkriterien	67
2.4.2	Grundsätzliche Überlegungen zur Auswahl von Effizienzkriterien	70
2.4.3	Die für den Schienenpersonenfernverkehr geeigneten Effizienzkriterien	72
3.	Anwendung produktionstechnischer Effizienzkriterien	74
3.1	Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit	76
3.1.1	Neubau von Strecken	78
3.1.1.1	Herstellungskosten der Neubaustrecken	79
3.1.1.2	Auslastung der Neubaustrecken	81
3.1.1.3	Effizienz der Neubaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit	83
3.1.2	Ausbau von Strecken	85
3.1.2.1	Zum Begriff Ausbaustrecke	85
3.1.2.2	Herstellungskosten und Auslastung der gewählten Ausbaustrecken	86
3.1.2.3	Effizienz der Ausbaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit	88
3.1.3	Verbesserung der Signaltechnik (CIR)	89
3.1.4	Stärkere Motorisierung von Güterzügen	94
3.1.5	Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen	97
3.1.6	Übersicht über die Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit	109
3.2	Fahrzeugseitige Erhöhung der Sitzplatzkapazität	111
3.2.1	Vergrößerung der Zuglängen	111
3.2.1.1	Begrenzung der Zuglängen durch gegebene Bahnsteiglängen	111
3.2.1.2	Zusammenhang zwischen Zuglänge und spezifischer Antriebsleistung	111
3.2.1.3	Limitierung der Zuglänge durch das geforderte Anfahrvermögen in Steigungen	113
3.2.2	Effizientere Raumausnutzung innerhalb der Personenwagen	115
3.2.2.1	Ausnutzung der Länge des Personenwagens	116
3.2.2.2	Ausnutzung der Breite des Personenwagens	118
3.2.2.3	Ausnutzung der Höhe des Personenwagens	120
3.2.3	Vergleich der Effizienz von Maßnahmen zur fahrzeugseitigen Erhöhung der Sitzplatzkapazität mit der Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit	127

3.3	Verkürzung der Reisezeiten	129
3.3.1	Streckenseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung	135
3.3.1.1	Fahrzeitverkürzung durch Ausbau bestehender Bahnstrecken	136
3.3.1.1.1	Ermittlung der kalkulatorischen Kosten von Linienverbesserungen	136
3.3.1.1.2	Entwicklung einer allgemeingültigen Formel zur Beurteilung der Effizienz von Linienverbesserungen	139
3.3.1.1.3	Zusammenhänge zwischen den Einflußgrößen der Effizienz	141
3.3.1.1.4	Bewertung von Linienverbesserungen bei konkreten Ausbauprojekten	142
3.3.1.1.5	Herleitung eines modifizierten Fahrschaudiagrammes als Hilfestellung zur Gestaltung effizienter Ausbaustrecken	149
3.3.1.2	Fahrzeitverkürzung durch Neubau von Bahnstrecken	151
3.3.1.3	Fahrzeitverkürzung durch Baumaßnahmen im Bereich von Knoten	157
3.3.2	Fahrzeugseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung	163
3.3.2.1	Variation der spezifischen Antriebsleistung der Züge	163
3.3.2.2	Anhebung der Höchstgeschwindigkeit	168
3.3.2.3	Einsatz von Linearmotor-Zusatzantrieben	172
3.3.2.4	Einsatz von Zügen mit gleisbogenabhängiger Wagenkastensteuerung	176
3.3.3	Sonstige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung	183
3.3.3.1	Reduzierung der Haltezeiten im Schienenpersonenfernverkehr	184
3.3.3.2	Reduzierung der Umsteigezeit innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs	187
3.3.3.3	Reduzierung der Zu- und Abgangszeiten beim Schienenpersonenfernverkehr	193
3.3.4	Zusammenfassende Bewertung von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung	201
4.	Anwendung marktlicher Effizienzkriterien	206
4.1	Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises	211
4.1.1	Konsequenzen aus den Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs	211
4.1.2	Einfluß der Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises auf die Zahl der zusätzlichen Reisenden	214
4.1.3	Effizienz der Fahrpreissenkung im Vergleich zu Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung	216
4.1.4	Erfahrungen mit einer Fahrpreissenkung durch Einführung der BahnCard	218
4.2	Preisdifferenzierung	219
4.2.1	Ziele der Preisdifferenzierung	220
4.2.2	Zielkonformität der für eine Preisdifferenzierung denkbaren Tarifarten	221
4.2.3	Gedanken zu einem zielführenden Tarifsysteem im Schienenpersonenfernverkehr	224

4.3	Komfort	228
4.3.1	Komfort im Fernverkehrszug	229
4.3.2	Komfort im Bahnhof	231
4.3.3	Gepäckbeförderung	235
4.4	Vertriebsorganisation, Werbung und Information	237
4.4.1	Vertriebsorganisation und Werbung	237
4.4.2	Information	238
5.	Anwendung staatspolitischer Effizienzkriterien	244
5.1	Entwicklung und Anwendung des Effizienzkriteriums "Entlastung des Staatshaushalts" zur Bewertung von Neu- und Ausbaustrecken	245
5.1.1	Einfache Darstellung von Maßnahmen mit Kapazitäts- und Reisezeiteffekten in einem Koordinatensystem	246
5.1.2	Geldwert der marktlichen Outputgrößen Fahrplantrassenkilometer und Linienminute Reisezeitverkürzung	247
5.1.2.1	Geldwert eines Fahrplantrassenkilometers	247
5.1.2.2	Geldwert der Linienminute Reisezeitverkürzung	248
5.1.3	Entwicklung des Effizienzkriteriums "Entlastung des Staatshaushalts"	250
5.1.3.1	Das Konkurrenzverhältnis Streckenleistungsfähigkeit – Fahrzeitverkürzung	250
5.1.3.2	Der Ausstrahlungseffekt zusätzlicher Kapazitäten	251
5.1.3.3	Bindung von Streckenkapazitäten durch Reisezeitverkürzungen	252
5.1.3.4	Überlegungen zur Berücksichtigung von Transportzeiteffekten des Güterverkehrs	253
5.1.3.5	Mathematische Beschreibung der erläuterten Zusammenhänge	254
5.1.4	Interpretation des Schaubildes "Entlastung des Staatshaushalts"	260
5.2	Gestaltung effizienter Neubaustrecken	263
5.2.1	Einflußgrößen der Effizienz von Neubaustrecken	263
5.2.2	Auswirkung der Einflußgrößen auf den Verlauf der Geraden im Schaubild "Entlastung des Staatshaushalts"	272
5.2.3	Beispiele großräumiger Gestaltung effizienter Neubaustrecken	273
5.2.4	Regeln für die kleinräumige Gestaltung effizienter Neubaustrecken	277
5.2.5	Beispiel für die kleinräumige Gestaltung effizienter Neubaustrecken	281
6.	Unternehmenspolitischer und verkehrspolitischer Handlungsbedarf	284
6.1	Die Anwendung von Effizienzkriterien im Schienenpersonenfernverkehr	284
6.2	Zusammenfassung der besonders effizienten Maßnahmen im Schienenpersonenfernverkehr	286
6.3	Schlußfolgerungen für die Bahnreform	289

## *Danksagung*

An dieser Stelle sei zunächst den Personen und Institutionen gedankt, die mich bei der Beschaffung von Informationen unterstützten, insbesondere der Deutschen Bahn AG. Danken möchte ich ebenfalls Herrn Dr. Jakob Kandler, mit dem ich zahlreiche Problemstellungen der Arbeit diskutieren konnte. Vor allem aber danke ich meinem akademischen Lehrer Herrn Prof. Dr. Karl Oettle für die wertvolle Unterstützung bei der Ausarbeitung dieser Untersuchung. Ich danke Herrn Prof. Dr. Peter Gräf dafür, daß er als Zweitgutachter zur Verfügung stand, obwohl er inzwischen einem Ruf an die RWTH Aachen gefolgt ist.

Ottobrunn, den 22.02.1995

Martin Viereg

## *Über den Autor*

Martin Viereg wurde 1965 in München geboren. Nach dem Abitur 1985 studierte er an der Universität München Betriebswirtschaftslehre mit den Schwerpunkten Verkehrswirtschaft, Systemforschung und Wirtschaftsgeographie. Er schloß das Studium im Jahr 1991 als Diplom-Kaufmann ab und gründete die VIEREGG & RÖSSLER GmbH Innovative Verkehrs- und Umweltberatung, für die er seither als Geschäftsführer tätig ist. 1995 Promotion zum Dr. oec. publ.

## *Über dieses Buch*

Der Einsatz von ICE-Zügen und der Aus- und Neubau von Bahnstrecken löst in letzter Zeit vermehrt Diskussionen um den volks- und betriebswirtschaftlichen Sinn solcher Maßnahmen aus. Für die einen handelt es sich dabei um unverzichtbare Zukunftsinvestitionen, andere sehen darin eine gigantische Geldverschwendung. Mit dem Effizienzbegriff wird ein Instrumentarium entwickelt, das in der Lage ist, volks- und betriebswirtschaftlich zweckmäßige Maßnahmen im Schienenpersonenfernverkehr von unzweckmäßigen zu unterscheiden. Mit Hilfe geeigneter Effizienzkriterien werden erstmalig zahlreiche Maßnahmen, z. B. Neubaustrecken, Neigezüge und Fahrpreisreduzierung bewertet und miteinander verglichen. Die Verkehrspolitik, die Finanzpolitik und die Bahn erhalten Entscheidungshilfen, wie Verkehr von Auto und Flugzeug auf die Eisenbahn gelenkt werden kann, ohne das "Haushaltsrisiko Bahn" noch weiter zu erhöhen.

## Vorbemerkung

### *Zur gegenwärtigen Diskussion um Eisenbahn und Bahnreform*

Die Erfindung der Eisenbahn schuf die wichtigste Voraussetzung für die industrielle Revolution – eine wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung, wie sie in der Menschheitsgeschichte in einer solch kurzen Zeitspanne noch nie stattgefunden hatte. Mit der sinkenden Bedeutung der Eisenbahn in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wuchsen zeitgleich die Probleme der industrialisierten Gesellschaft. Als der Club of Rome sein Buch "Die Grenzen des Wachstums"<sup>1</sup> veröffentlichte, mußte die Gesellschaft zur Kenntnis nehmen, daß aufgrund der nicht mehr weiter belastbaren Umwelt und der begrenzten Ressourcen dieser Entwicklung Schranken gesetzt sind. Da mit den neueren Verkehrsmitteln Auto und Flugzeug in hohem Maße sowohl die Umwelt geschädigt als auch verschwenderisch mit unersetzlichen Bodenschätzen umgegangen wird<sup>2</sup>, besann man sich in den achtziger Jahren wieder der Eisenbahn.

Um dem Schienenverkehr eine größere Bedeutung zu verschaffen, muß die Handlungsfähigkeit des Betriebs Bahn erhöht und müssen die Entscheidungsstrukturen verbessert werden. Dafür erweisen sich die derzeitigen Strukturen nicht als geeignet: "Rund 1800 Vorschriften bei der DB sind heute die Mutter aller Dinge."<sup>3</sup> "Jede Investition über 5 Millionen DM" muß "einzeln vom Bundesverkehrsminister zusammen mit dem Bundesfinanzminister genehmigt werden."<sup>4</sup> Die beiden Deutschen Bahnen wurden im Rahmen der Bahnreform in die "Deutsche Bahn AG" umgewandelt. Ein Ziel der Bahnreform ist es, "über *Effizienzsteigerungen* und eine schlanke verantwortungsorientierte Unternehmensstruktur eine dauerhafte Entlastung des Staatshaushalts zu erreichen."<sup>5</sup> Die Bahnreform stellt somit einen denkbaren Rahmen dar, innerhalb dessen Effizienzsteigerungen im Eisenbahnverkehr möglich werden sollen: Das Entscheidungsverhalten des Betriebs Bahn soll künftig nicht mehr vorrangig durch Verordnungen, sondern durch Effizienzkriterien bestimmt werden. Eine erhoffte Entlastung des Staatshaushalts von über 100 Mrd. DM in den ersten 10 Jahren<sup>6</sup> basiert demnach nicht unmittelbar auf der Bahnreform selbst, sondern in erster Linie auf Effizienzsteigerungen, die bei den bisherigen Strukturen gar nicht oder nur schwer durchsetzbar wären. Die vorliegende Arbeit will klären, wie diese Effizienz gemessen werden kann und mit welchen Maßnahmen Effizienzsteigerungen im Schienenpersonenfernverkehr verwirklicht werden können.

---

1) Meadows, Dennis u.a., Die Grenzen des Wachstums (deutsche Übersetzung), Stuttgart 1972

2) vgl. schon frühzeitig Oettle, Karl, Grundirrtümer moderner Verkehrspolitik, in: Wirtschaftsdienst 1967/XI, S. 556

3) Dürr, Heinz, Die Bahn AG will ein Wirtschaftsunternehmen sein, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26.3.1993, S. 15

4) Dürr, a.a.O.

5) Dürr, a.a.O.

6) vgl. Dürr, a.a.O.

### *Zum Begriff Schienenpersonenfernverkehr*

Unter Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) wird in dieser Arbeit der Betrieb von InterCityExpress, InterCity-, InterRegio- und D-Zügen verstanden. Die bei der Deutschen Bahn übliche Abgrenzung dieses Begriffs gegenüber dem Schienenpersonennahverkehr durch die Reiseweite der Fahrgäste (Reiseweite größer als 50 km) wird nicht verwendet. Da IC- und ICE-Züge den weitaus größten Anteil der Verkehrsleistung im Schienenpersonenfernverkehr<sup>7</sup> erbringen, nehmen sie in dieser Arbeit weit mehr Platz ein als die InterRegio-Züge.

Zum Thema Schienenpersonenfernverkehr existieren zwar zahlreiche Veröffentlichungen. Abgesehen von wenigen volkswirtschaftlichen Aufsätzen, sucht man jedoch fast vergebens nach einer wirtschaftswissenschaftlichen Betrachtung des Schienenpersonenfernverkehrs. Meist handelt es sich um ingenieurtechnische Abhandlungen. Trotz umfangreicher Recherchen konnte keine einzige neuere betriebswirtschaftliche Veröffentlichung zum Schienenpersonenfernverkehr gefunden werden.<sup>8</sup>

### *Zum Begriff Effizienz*

Betriebliche Entscheidungen wurden im Lauf der Geschichte der Eisenbahn von unterschiedlichen Fachrichtungen maßgeblich bestimmt. Bis zum Ersten Weltkrieg – also beim Aufbau des Eisenbahnnetzes – wurde der Betrieb Eisenbahn von strategischen Überlegungen des Generalstabs<sup>9</sup> des deutschen Heeres stark beeinflusst. Dies war auf die überragende Bedeutung der Eisenbahn für das Militär zurückzuführen: So forderte Generalfeldmarschall Helmuth Graf von Moltke: "Baut keine Festungen mehr, baut Eisenbahnen"<sup>10</sup>. Nach dem Ersten und insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg bis heute wurden die Entscheidungen im wesentlichen von Ingenieuren und Juristen getroffen. Die knappen öffentlichen Finanzmittel werden die Deutsche Bahn in Zukunft dazu zwingen, betriebswirtschaftliche Betrachtungen in den Vordergrund zu stellen und künftige Entscheidungen nach dem betriebswirtschaftlichen Entscheidungskriterium der Effizienz zu treffen.

Neuland wird in dieser Arbeit nicht nur mit der betriebswirtschaftlichen Analyse des Gesamtsystems Schienenpersonenfernverkehr betreten. Auch der Effizienzbegriff ist in der betriebswirtschaftlichen Literatur mit ihren erkennbaren Defiziten im bedarfswirtschaftlichen Bereich bisher nur ansatzweise untersucht. In der vorliegenden Arbeit wird ausführlich dargestellt, daß der Effizienzbegriff in bedarfswirtschaftlichen Betrieben an die Stelle der "Rentabilität" erwerbswirtschaftlicher Betriebe tritt und für die Bahn das einzige ziel-

---

7) IC/ICE-Züge erbringen 83% der Verkehrsleistung im SPFV, vgl. Wiese, Josef / Menebröcker, Berthold, Ein Jahr InterCity-Express, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 492

8) Die letzte wirtschaftswissenschaftliche Arbeit zu diesem Thema ist 10 Jahre alt: Dünbier, Ludwig, Chancen und Risiken von Eisenbahn-Hochgeschwindigkeitsstrecken – Eine Analyse zur Zukunftsträchtigkeit von Hochgeschwindigkeitsstrecken der Rad-Schiene-Technik im westeuropäischen normalspurigen Eisenbahnnetz, Frankfurt 1984

9) "Die besten Köpfe, die die Kriegsschule hervorbrachte, gingen, wie es hieß, in die Eisenbahnabteilung und endeten im Irrenhaus." Tuchmann, Barbara, August 1914, (Deutsche Übersetzung) Bern 1965, S. 104

10) Tuchmann, Barbara, a.a.O. S. 104

führende Entscheidungskriterium ist, zumal entgegen manchen Ansichten auch nach einer Bahnreform der bedarfswirtschaftliche Charakter des Betriebs Bahn erhalten bleiben wird.<sup>11</sup> So wie in dieser Arbeit geeignete Effizienzkriterien für den Schienenpersonenfernverkehr entwickelt werden, ließen sich auch für andere bedarfswirtschaftliche Betriebe geeignete Effizienzkriterien entwickeln, beispielsweise für bedarfswirtschaftlich geführte Krankenhäuser.

### *Forderungen an die Verkehrspolitik*

Die vorliegende Arbeit ist ein Plädoyer für einen effizienten Schienenpersonenfernverkehr, der für seine vollen einzelwirtschaftlichen Kosten selbst aufkommt und somit den Staatshaushalt nicht belastet. Es wird nachgewiesen, daß die Verkehrspolitik durch den Ausbau des Schienenpersonenfernverkehrs grundsätzlich in der Lage ist, gesamtwirtschaftliche Ziele zu verfolgen, ohne dabei den Staatshaushalt belasten zu müssen.<sup>12</sup> Ein solch idealer Zustand ist jedoch aufgrund zahlreicher aktueller, ineffizienter Planungen noch lange nicht erreicht.

Im Gegensatz zum Schienenpersonenfernverkehr kann der Schienenpersonennahverkehr aufgrund seiner Kostenstruktur kaum einzelwirtschaftlich kostendeckend betrieben werden. Das den Staatshaushalt belastende "Defizit" ist der Preis für die Erreichung staatspolitischer Ziele (Umweltschutz, Strukturpolitik u. a.). Da mit dem LKW-Verkehr nicht in solch hohem Maße staatspolitische Ziele verfolgt werden und dieser sogar zum Teil staatspolitischen Zielen entgegenläuft, ist hier eine weitere Belastung des Staatshaushalts durch die fehlende Deckung der einzelwirtschaftlichen Wegekosten<sup>13</sup> nicht sinnvoll. Ähnliche Überlegungen sind beim Flugverkehr anzustellen, da Flughäfen öffentlich finanziert werden und der Staat auf Flugbenzin keine Steuer erhebt. Solche "massiven Wettbewerbsbenachteiligungen"<sup>14</sup> zu beseitigen, sollte die wichtigste Aufgabe der Verkehrspolitik in den nächsten Jahren sein.

Eine darüber hinausgehende, weitere politische Entscheidung wäre die Internalisierung externer Effekte, d. h. die Belastung der Verursacher mit den Kosten Dritter<sup>15</sup>. Das "Verursacherprinzip" ist im Grundsatzprogramm jeder Partei zu finden, gleichzeitig gibt es aber kaum politische Bestrebungen, diese Forderung in die Tat umzusetzen. Da der Eisenbahnverkehr im Durchschnitt deutlich geringere volkswirtschaftliche Kosten als der Straßen- oder der Luftverkehr verursacht, würde dieses Prinzip in hohem Maße der Erreichung von Zielen des Eisenbahnverkehrs dienen.

---

11) vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 1.2 dieser Arbeit

12) Das Risiko einer Änderung der Verkehrsbedarfe im Laufe der sehr langen Nutzungsdauer eines neuen Verkehrsweges trägt jedoch weiterhin der Staat.

13) Eine volle Deckung der Wegekosten wird selbst bei Ansatz eines niedrigen kalkulatorischen Zinssatzes nicht erreicht. Vgl. Der Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Berechnung der Kosten und der Ausgaben für die Wege des Eisenbahn-, Straßen-, Binnenschiffs- und Luftverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1987, in: Internationales Verkehrswesen 6/1990

14) Dürr, a.a.O.

15) vgl. schon frühzeitig Oettle (1967), a.a.O., S. 557 ff.

# 1. Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr

Die Fertigstellung der ersten Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn und die Inbetriebnahme des neuen Hochgeschwindigkeitszuges ICE am 2. Juni 1991 fällt in eine Zeit, in der die Vorteile eines marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystems besonders deutlich werden: Die zentral-verwaltungswirtschaftlichen Systeme brechen zusammen, die marktwirtschaftlich orientierte Europäische Wirtschaftsgemeinschaft wird weiter ausgebaut, und die Diskussion über die Privatisierung von Staatsbetrieben in westlichen Ländern hat Hochkonjunktur. So ist es nicht verwunderlich, daß in Fachaufsätzen anlässlich des Baus und der Inbetriebnahme der Neubaustrecken und des ICE eine andere Zielsetzung deutlich wird, als dies noch zu Beginn der Neubaustreckenplanungen Ende der sechziger Jahre der Fall war. Damals sah man das Ziel der Aktivitäten im "Schnellen Transport für Lastkraftwagen und Personenkraftwagen durch eine neu konzipierte Bahn, die diese mit Höchstgeschwindigkeiten bis 500 km/h über große Entfernungen transportiert"<sup>16</sup>. Das *technisch Machbare* stand im Vordergrund, war das Ziel an sich. Heute dominiert hingegen das Ziel der Bedarfslenkung und der finanzwirtschaftlichen Sicherung, wie im folgenden gezeigt wird.

## 1.1 Systematisierung der Ziele

Aus den jüngeren Veröffentlichungen von Politikern und Vertretern der Deutschen Bundesbahn<sup>17</sup> läßt sich ein System mehrerer, miteinander in Zusammenhang stehender Ziele feststellen.

- 
- 16) Jänsch, Eberhard, Eisenbahnpolitik: Hochgeschwindigkeitsverkehr auf Strecken der Deutschen Bundesbahn, in: Internationales Verkehrswesen 9/1991, S. 368
- 17) Ziele des SPFV in Aufsätzen von Politikern, Vertretern der Deutschen Bundesbahn und der Industrie:  
Internationales Verkehrswesen:  
a) Heinisch, Roland (DB), 5/1986 S. 341 ff.  
b) Frohnmeier, Albrecht (EG), 6/1985 S. 393 ff.  
Die Bundesbahn:  
c) Wiese, Josef (DB) 11/1990 S. 1033  
d) Grübmeier, Jürgen (DB) 5/1989 S. 383  
Reimers, Knut u.a. (Hrsg.), Wege in die Zukunft, Darmstadt 1987:  
e) Warnke, Jürgen (Politik), S. 13  
f) Schuhmacher, Peter (Bauindustrie) S. 17  
g) Gohlke, Reiner (DB), S. 23  
h) Reimers, Knut (DB), S. 26  
Rahn, Theo u.a. (Hrsg.), ICE - Zug der Zukunft, Darmstadt 1991:  
i) Krause, Günther (Politik), S. 9  
j) Riesenhuber, Heinz (Politik), S. 10  
k) Dürr, Heinz (DB), S. 12  
l) Kill, Eberhard (Industrie), S. 13

Tab. 1: In der Literatur genannte Ziele  
des Schienenpersonenfernverkehrs

technische Ziele	technische Innovation, Schaffung von Strecken und Fahrzeugen	
bedarfsorientierte Ziele	<i>Bedarfslenkung</i> Erhöhung von Marktanteilen durch die Steigerung der Attraktivität	<i>Bedarfsdeckung</i> Bedienung nicht selbstbedienungsfähiger Haushalte, Beitrag zur Deckung des steigenden Mobilitätsbedürfnisses
staatspolitische Ziele	<i>finanzwirtschaftliche Sicherung</i> - DB-intern - Staatshaushalt	<i>unmittelbare gesamtwirtschaftliche Ziele</i> - Umweltschutz - Energieeinsparung, Unabhängigkeit von Energieimporten - Verkehrssicherheit - Strukturpolitik
interessengruppenbezogene Ziele	<i>Erhaltung der Bahn</i> - Arbeitsplätze - Gewinnchancen der beteiligten Industrie, Exportmöglichkeiten	

Dabei zeigte sich nach der Häufigkeit der Nennung die folgende Rangfolge der Ziele:

1. Bedarfslenkung<sup>18</sup>,
2. finanzwirtschaftliche Sicherung<sup>19</sup>,
3. unmittelbare gesamtwirtschaftliche Ziele<sup>20</sup>,
4. Erhaltung der Bahn<sup>21</sup>,
5. technische Innovation<sup>22</sup>
6. und Bedarfsdeckung<sup>23</sup>.

18) Quellen a), d), e), f), g), h), i), j), k), l)

19) Quellen a), b), c), e), g), h), i), j)

20) Quellen a), b), e), j), l)

21) Quellen b), e), i), l)

22) Quellen f), g)

23) Quelle a)

### *Technische Ziele*

Die technischen Ziele umfassen Bau, Verbesserung und Innovation<sup>24</sup> im Bereich Fahrweg und Fahrzeug. In den neueren Veröffentlichungen der letzten Jahre wird zwar von Vertretern der Deutschen Bundesbahn, durchweg Ingenieuren, technischen Fragen und Erörterungen mit Abstand der meiste Platz eingeräumt, trotzdem wird in vielen Fällen ein Bezug auf die Nachfrage hergestellt. Die technischen Zielsetzungen sind nötig, um die bedarfsorientierten und staatspolitischen Ziele zu erreichen und sind somit Mittel zum Zweck.<sup>25</sup> Es stellt sich jedoch die Frage, ob die gewählten technischen Zielsetzungen in der Realität wirklich aus den Erfordernissen der Nachfrage abgeleitet werden oder ob es sich nur um einen Vorwand handelt, technische Neuerungen im Verkehr bzw. technisch machbare Formen des Verkehrs zu rechtfertigen.<sup>26</sup>

### *Bedarfsorientierte Ziele*

Bei den bedarfsorientierten Zielen lassen sich die Ziele Bedarfsdeckung und Bedarfslenkung unterscheiden.

Ein wichtiger Aspekt der *Bedarfsdeckung*, die Bedienung nicht selbstbedienungsfähiger Haushalte durch den öffentlichen Verkehrsanbieter, wird in keiner der untersuchten Veröffentlichungen mehr erwähnt, während für den Schienenpersonennahverkehr dieses Ziel weiterhin formuliert wird. Trotzdem darf dieses Ziel keinesfalls übersehen werden. Die Diskrepanz aus der Mobilität der Menschen, die über Pkw und Führerschein verfügen, und der Immobilität derer, die Pkw oder Führerschein nicht besitzen, "kann als sozialpolitisch bedenklich betrachtet werden, wenn man die räumliche Freizügigkeit für jenen hohen individuellen und gesellschaftlichen Wert hält, den sie heute zumindest in der westlichen Zivilisation zweifellos wenig angefochten darstellt"<sup>27</sup>.

Die Verkehrspolitik der Bundesregierung und der Europäischen Gemeinschaft favorisiert einen wettbewerbsorientierten Schienenpersonenfernverkehr. Die Idealvorstellung ist ein Schienenpersonenfernverkehr, bei dem die Bahn ohne staatliche Unterstützung ihre Angebote derart gestaltet, daß Sie am Markt bestehen kann. Die Attraktivitätssteigerung ist dabei der einzige gangbare Weg der Staatsbahnen, *Bedarfslenkung* zu betreiben.

Die Bedarfslenkung hat zwei Ausprägungsformen:

- die Verlagerung von Straßen- und Luftverkehr auf die Schiene,
- die Schaffung von Neuverkehr ("induziertem Verkehr")<sup>28</sup>.

---

24) "Einführung innovativer Angebote im Personen- und Güterfernverkehr", "Entfaltung eines Innovationspotentials auf der Schiene" Quelle f)

25) "(...) Aufgabe als Verkehrsunternehmen so wahrzunehmen, wie es der Markt verlangt", Quelle g)

26) "Die Überwindung von Zeit und Raum war schon immer ein lohnendes, zumeist auch lukratives Ziel für die Menschheit." "Kurze Reisezeiten gehören inzwischen zur Selbstverständlichkeit." Quelle g)

27) Oettle, Karl, Welches sind die Prüfkriterien für eine effiziente Verkehrsbedienung im ländlichen Raum?, Leistungsfähige Verkehrssysteme – im Interesse des Menschen und der Umwelt, in: Faller, Peter (Hrsg.) u. a., ÖVG Spezial 29/1991, S. 86

28) siehe hierzu Pfeifle, Manfred / Vogt, Walter, Gibt es "induzierten Verkehr"?, in: Internationales Verkehrswesen 4/1989, S. 237 ff.

Häufig wird im Schienenpersonenfernverkehr die Attraktivitätssteigerung gleichgesetzt mit Reisezeitverkürzungen.<sup>29</sup> Eine solche Definition wäre jedoch viel zu eng. Vielmehr läßt sich dem Ziel "Attraktivitätssteigerung" eine Fülle von Angebotsmerkmalen zuordnen, die über den Reisezeitaspekt weit hinausgehen: Merkmale der Attraktivität eines öffentlichen Verkehrsmittels sind neben der Reisezeit insbesondere<sup>30</sup>

- Preise,
- Häufigkeit der Verkehrsbedienung, Takt,
- Direktverbindungen,
- ausreichende Kapazitäten, keine Überfüllung,
- Erreichbarkeit,
- Komfort,
- höfliches Personal
- und Sauberkeit.

Hinsichtlich der Attraktivitätsmerkmale werden beim ICE andere Schwerpunkte gesetzt als beim IC oder IR. Die Schwerpunkte liegen beim ICE auf den Attraktivitätsmerkmalen Geschwindigkeit und Komfort, die Zielgruppen des ICE sind "primär Geschäftsreisende und anspruchsvolle Privatreisende"<sup>31</sup>. Ob diese alleinige Schwerpunktsetzung auf die Attraktivitätsmerkmale Geschwindigkeit und Komfort besonders geeignet ist, Bedarfslenkung zu betreiben, ist fraglich, zumal durch das häufig fehlende Parallelangebot von herkömmlichen IC-Zügen die Zielgruppe der fahrpreissensiblen Bahnkunden schlechter gestellt wird. Daher darf insbesondere das Attraktivitätsmerkmal "Fahrpreis" nicht vernachlässigt werden.

### *Staatspolitische Ziele*

Staatspolitische Ziele umfassen finanzwirtschaftliche Sicherungsziele sowie unmittelbare gesamtwirtschaftliche Ziele.

Die *finanzwirtschaftlichen Sicherungsziele* werden je nach Standpunkt formuliert: Die Bundesbahn und der Staat sind an einer Verbesserung des Wirtschaftsergebnisses<sup>32</sup> der Deutschen Bundesbahn interessiert. Darüber hinaus sieht der Staat als weiteres Ziel der Bemühungen die Reduzierung der Transfers an die Bahn bzw. die Reduzierung des haushaltspolitischen Risikos, das von der Bahn ausgeht.<sup>33</sup> Zwischen diesen beiden Zielen kann eine Konkurrenzbeziehung bestehen: Ausgleichszahlungen des Bundes erhöhen die

---

29) "Verkürzung der Reisezeiten (...) ist ein Ziel, für das es (...) keine unternehmerische Alternative gibt." Quelle g)

30) Eine Aufstellung der Attraktivitätsmerkmale für den SPNV findet sich in: Schreck / Mayer / Strumpf, S-Bahnen in Deutschland, Düsseldorf 1979, S. 10. Sie ist ohne weiteres auf den SPNV übertragbar.

31) Wiese, Josef / Schweikart, Petra, InterCity-Express: Der Countdown läuft, in: Die Bundesbahn 11/1990, S. 1033

32) Die DB-interne Bezeichnung "Wirtschaftsergebnis", die im folgenden übernommen wird, bezieht sich auf den Jahresabschluß der Deutschen Bundesbahn bzw. Deutschen Bahn AG. Wenn im Falle einer Entscheidungsalternative das "Wirtschaftsergebnis verbessert" wird, so liegt eine positive Erfolgswirkung vor. Dies bedeutet eine Reduzierung des jährlichen Verlustes (bzw. eine Erhöhung des Gewinnes) in der Gewinn- und Verlustrechnung und somit eine positive Auswirkung auf die Bilanz.

33) "(...) Belastung vor allem für den Bundeshaushalt verkraftbar bleiben." Quelle e)

Transfers des Staates an die Bahn und verbessern gleichzeitig ihr Wirtschaftsergebnis. In solchen Fällen geht die Betrachtung aus der Perspektive des Staates vor.

Die finanzwirtschaftlichen Sicherungsziele werden teilweise nur vage umschrieben, wobei deutlich wird, wie schwer den zuständigen Ingenieuren der DB eine konkrete Zieldefinition fällt: "Nicht aus Zeitgeist oder wegen aktueller Entwicklungen der Nachbarbahnen, sondern aus unternehmerischen Gründen investiert die Deutsche Bundesbahn seit zwanzig Jahren in Neubaustrecken und Fahrzeuge."<sup>34</sup> Der Autor konkretisiert die "unternehmerischen Gründe" nicht näher; es kann unterstellt werden, daß er sich darunter in erster Linie eine Verbesserung des Wirtschaftsergebnisses vorstellt.

Erst mit dem Einzug des Umweltschutzgedankens in die Politik aller Parteien wurden von Politikern und Vertretern der DB *unmittelbare gesamtwirtschaftliche Ziele* des Schienenpersonenfernverkehrs formuliert. Die Straßen- und Lufträume sind überlastet, die hohen gesamtwirtschaftlichen Kosten verbieten eine massive weitere Expansion. Dagegen ist die Eisenbahn in der Regel mit vergleichsweise geringen gesamtwirtschaftlichen Kosten verbunden.<sup>35</sup> Das in Politikerreden häufig zu findende Ziel ist daher die gesamtwirtschaftlich sinnvolle Verlagerung des gesamten Verkehrswachstums auf die Schiene. Die Bedarfslenkung wird als Mittel zum Zweck verstanden, verkehrssicherheits- und umweltpolitische Ziele zu erreichen.

Hervorgehoben wird die relativ hohe *Umweltverträglichkeit*, insbesondere bezüglich Luftschadstoffen und Platzverbrauch; des weiteren wird der vergleichsweise geringe *Energieverbrauch* der Eisenbahn angeführt. So sieht das Bundesministerium für Umwelt das Ziel der Energieeinsparung und somit der Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor nur durch eine verstärkte Nutzung der Bahn als erreichbar an.<sup>36</sup> Auch der gesellschaftspolitisch nur schwer quantifizierbare Vorteil der geringeren *Abhängigkeit von Energieimporten* wird erwähnt, da die Eisenbahn heimische Energieträger (insbesondere Kohle, Wasserkraft) nutzen kann und nicht auf Mineralölprodukte angewiesen ist.<sup>37</sup> In den untersuchten Quellen nicht aufgeführt ist der schonende Umgang mit *unersetzlichen Bodenschätzen*<sup>38</sup>, wengleich dieses staatspolitische Ziel im Rahmen der umweltpolitischen Diskussion schon genannt wird. Neben der hohen *Verkehrssicherheit* des Schienenpersonenfernverkehrs gegenüber dem Autoverkehr wird immer häufiger der Aspekt der *Strukturpolitik* angeführt: Im wirtschaftlich geeinten Europa erfüllt der Schienenpersonenfernverkehr einen wichtigen Beitrag beim Zusammenwachsen der Räume.<sup>39</sup>

---

34) Quelle c)

35) "Volkswirtschaftlich große Chancen: (...) Mobilitätszuwachs, der die Umwelt kaum zusätzlich belastet" Quelle a)

36) "Das vom Bundeskabinett (...) ausdrücklich bestätigte Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 (gegenüber 1987) um 25 bis 30% zu reduzieren, wird gesamthaft und vor allem im Verkehrssektor für die beiden Prognosejahre 2000 und 2010 deutlich verfehlt, wenn nicht durch entsprechende Maßnahmen gegengesteuert wird." Rommerskirchen, Stefan u.a., Entwicklung der Luftschadstoffemissionen des Verkehrs in Deutschland 2010, in: Internationales Verkehrswesen 3/1992, S. 65

37) Quelle j)

38) vgl. schon frühzeitig Oettle, Karl, Die haushälterische Nutzung natürlicher Hilfsquellen als gesellschafts- und wirtschaftspolitische Aufgabe, in: Natur und Landschaft 4/1969, S. 82 f.

39) Quelle a)

## *Interessengruppenbezogene Ziele*

In Fachaufsätzen weniger hervorgehoben, doch in der Praxis sehr bedeutsam sind interessengruppenbezogene Ziele. Besonders hervorgehoben wird die Schaffung von Arbeitsplätzen sowie die Erhaltung der Unternehmen und die Motivierung ihrer Mitarbeiter<sup>40</sup>. Der moderne Schienenpersonenfernverkehr wird als "Basis für ein erfolgreiches Exportgeschäft"<sup>41</sup> gesehen. Interessengruppenbezogene Ziele im Sinne der vorliegenden Arbeit liegen vor, wenn die Verfolgung dieser Ziele zu Lasten der Allgemeinheit geht. Zu unterscheiden sind regionale Interessengruppen und Interessengruppen von Unternehmen bzw. von Branchen. Regionale Interessengruppen sind Gebietskörperschaften oder Kommunen, die Wünsche zur Verbesserung der lokalen Infrastruktur äußern, die gesamtwirtschaftlich nicht vertretbar sind und/oder auf Kosten anderer Regionen gehen. Bei der Planung neuer Bahnstrecken bilden sich Interessengruppen, die sich für bautechnisch aufwendige Streckenführungen einsetzen und Einwände gegen kostengünstige alternative Lösungen vorbringen. Mit den Tunnel- und Brückenbauwerken der aufwendigen Streckenführung sichern sich diese Interessengruppen Umsätze, die bei tunnel- und brückenarmen Varianten nicht realisierbar wären.

## **1.2 Darbietungs- und Wirtschaftlichkeitsziele**

Seit Bestehen der Eisenbahn sind die mit ihr verfolgten Ziele ein ständiger politischer Streitpunkt. Als Spiegelbild dazu verläuft die Diskussion um Rechtsform und Eigentümer der Bahnstrecken und des Bahnbetriebs. Im preußischen "Gesetz über die Eisenbahnunternehmungen" von 1838 wurde festgelegt,

"daß in Preußen die Errichtung und der Betrieb von Eisenbahnstrecken Sache von Privatunternehmern war, daß diese aber der landesherrlichen Konzession bedurften und der staatlichen Aufsicht unterliegen mußten. (...) Die Bahnen mußten von öffentlichem Interesse sein (...). Die Bahnverwaltungen, die nun im Besitz eines Beförderungsmonopols waren, hatten Vorschriften zur Gestaltung der Beförderungstarife zu beachten, die darauf angelegt waren, das ganze Unternehmen 'gemeinnützig' zu gestalten und zu verhindern, daß die Gesellschaften übergroße Gewinne erzielten."<sup>42</sup>

Um mit der Eisenbahn staatspolitische Ziele direkter verfolgen zu können, wurden Ende des letzten Jahrhunderts die wichtigsten Privatbahnen verstaatlicht. Diese Verstaatlichung geschah "im Interesse der Landesverteidigung und des allgemeinen Verkehrs"<sup>43</sup>. In den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts konnte man sich hinsichtlich der Frage Staatsbahn oder Privatbahn z. B. in Hannover "jahrelang nicht einig werden, wollte doch die Regierung keinesfalls auf beherrschenden Einfluß verzichten, die Kosten aber nicht übernehmen."<sup>44</sup> Die aktuelle Diskussion um die Privatisierung von Verkehrswegen zeigt in die

---

40) Quelle b)

41) Quelle l)

42) Temming, Rolf, Illustrierte Geschichte der Eisenbahn, Braunschweig 1976, S. 58

43) Temming, a.a.O.

44) Temming, a.a.O., S. 60

gleiche Richtung: Die Politik möchte weiterhin bestimmen können, wo und wie Verkehrswege gebaut werden sollen. Die finanzielle Verantwortung würde man dagegen gerne privaten Investoren überlassen, ohne daß diese über Entscheidungskompetenz verfügen.

Zwar verfolgt die Bahn kaum mehr militärische Zielsetzungen<sup>45</sup>, doch zeigt die Systematisierung der Ziele in diesem Kapitel, daß, trotz der Diskussion um eine Privatisierung der Eisenbahn, bedarfswirtschaftliche bzw. staatspolitische Ziele kaum an Bedeutung verloren haben. Die Tatsache, daß die Eisenbahn ungeachtet aller politischen Bemühungen bisher noch ein öffentlicher Betrieb ist, verdeutlicht die Befürchtung der Politiker, bei einer privaten Bahn an Einfluß zu verlieren und so bedarfswirtschaftliche und staatspolitische Ziele nicht mehr im bisherigen Maße durchsetzen zu können. Selbst die Vorschläge zur Bahnreform gehen zumindest mittelfristig davon aus, daß zwar die Rechtsform geändert wird, der Eigentümer (Staat) jedoch unverändert bleibt; auch langfristig soll über eine öffentliche Fahrweg-AG der staatliche Einfluß gewährleistet sein.<sup>46</sup>

Das Wesen des bedarfswirtschaftlichen Betriebs schließt keineswegs aus, daß unternehmensinterne finanzwirtschaftliche Sicherungsziele bestehen. So lassen sich zwei Kategorien von Betriebszielen bedarfswirtschaftlicher Betriebe unterscheiden:<sup>47</sup> Darbietungsziele und Wirtschaftlichkeitsziele. Die öffentlichen Aufgaben (Darbietungsziele als die eigentlichen bedarfswirtschaftlichen Ziele) und das Gebot, die öffentlichen Aufgaben so wirtschaftlich wie möglich zu erfüllen (Wirtschaftlichkeitsziel), stellen keinen Widerspruch dar. "Kollidieren" im bedarfswirtschaftlichen Betrieb "Darbietungs- und Wirtschaftlichkeitsziele miteinander, so gehen erstere vor"<sup>48</sup>. Im Bundesbahngesetz findet sich eine Formulierung, die in juristischer Ausdrucksform die wirtschaftswissenschaftlichen Bezeichnungen "Darbietungs- und Wirtschaftlichkeitsziel" umschreiben: "Die Deutsche Bundesbahn ist (...) mit dem Ziel bester Verkehrsbedienung nach kaufmännischen Grundsätzen (...) zu führen"<sup>49</sup>.

Diese für den bedarfswirtschaftlichen Betrieb kennzeichnende Rangfolge von Zielen wird vom Vorstandsvorsitzenden der Deutschen Bahn klar herausgestellt, indem er das Darbietungsziel an erster Stelle vor dem Wirtschaftlichkeitsziel aufführt:

*"Erstes Ziel* (...) ist es, mehr Verkehr auf die Schiene zu bekommen, also einen Beitrag zu einer ökologischer ausgerichteten Verkehrspolitik zu leisten. Das *zweite*, damit untrennbar verbundene *Ziel* ist, über Effizienzsteigerungen und eine schlanke

---

45) Noch bei der Neubaustrecke Würzburg – Hannover (erste Planungen Ende der sechziger Jahre) hatte die NATO ein wesentliches Mitspracherecht und verfolgte mit dem Bahnprojekt durchaus ihre eigenen Interessen, wenn auch die verkehrspolitischen Interessen im Vordergrund standen. Bei neueren Bahnprojekten wie der Neubaustrecke Köln – Frankfurt sind solche militärischen Interessenlagen jedoch nicht mehr erkennbar.

46) vgl. z. B. Heimerl, Gerhard, Verkehrsinfrastruktur – eine unternehmerische oder eine öffentlich-staatliche Aufgabe, in: Internationales Verkehrswesen 6/1993, S. 340 ff.

47) vgl. Oettle, Karl / Thiemeyer, Theo, Thesen über die Unterschiede zwischen privater Absatzpolitik und öffentlicher Angebotspolitik, in: Die öffentliche Wirtschaft, 18. Jh. (1969), S. 37 ff.

48) Oettle / Thiemeyer, a.a.O.

49) Bundesbahngesetz (BbG) vom 13.12.1951,

28 (1)

verantwortungsorientierte Unternehmensstruktur eine dauerhafte Entlastung des Staatshaushalts zu erreichen."<sup>50</sup>

Zwar hat die Bundesregierung dieser den bedarfswirtschaftlichen Betrieb kennzeichnenden Rangordnung der Ziele einen Riegel vorgeschoben, indem sie der Bundesbahn vorschreibt, nur noch solche Maßnahmen durchzuführen, die sich nicht negativ auf das Wirtschaftsergebnis der Deutschen Bundesbahn auswirken.<sup>51</sup> Doch wird diese Forderung der *Eigenwirtschaftlichkeit des Schienenpersonenfernverkehrs* in der Praxis unterlaufen, indem unternehmenspolitisch oder staatspolitisch gewünschte, einzelwirtschaftlich unrentable Projekte "gesundgerechnet" werden.<sup>52</sup> "Das heißt, daß der Grundsatz der Eigenwirtschaftlichkeit praktisch, wenn auch nicht deklaratorisch außer für den Personen-Nahverkehr vor allem in Ballungsräumen auch für den Eisenbahn-Personenfernverkehr zwischen ausgewählten Ballungsräumen aufgehoben worden ist."<sup>53</sup>

Mit der Duldung dieser Verhaltensweise verzichtet der Vorstand der Bahn auf eigentlich einforderbare Ausgleichszahlungen des Bundes. Sieht man einmal vom Sachverhalt ab, daß zu diesen staatspolitisch gewünschten, einzelwirtschaftlich unrentablen Projekten meist einzelwirtschaftlich rentable Alternativen bestehen<sup>54</sup>, wäre es wesentlich ehrlicher und zweckmäßiger, solche einzelwirtschaftlich unrentablen Projekte klar als "im öffentlichen Interesse" zu deklarieren und der Bahn, wie im Nahverkehr üblich, entsprechende Zuschüsse zu zahlen. Dies würde bedeuten, daß den Politikern vor Augen geführt würde, daß ihre Forderungen hinsichtlich der Gestaltung der Infrastruktur des Schienenpersonenfernverkehrs mit anderen leistungspolitischen Aktivitäten des Staates – z. B. im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs, im Sozialwesen, Gesundheitswesen – konkurrieren.

So läßt sich feststellen, daß nicht nur der Schienenpersonennahverkehr, sondern auch der Schienenpersonenfernverkehr zum derzeitigen Zeitpunkt bedarfswirtschaftlich und nicht erwerbswirtschaftlich geführt wird und selbst langfristig über den weiterhin im staatlichen Eigentum befindlichen Fahrweg bedarfswirtschaftliche Ziele verfolgt werden können.

---

50) Dürr, Heinz, Die Bahn AG will ein Wirtschaftsunternehmen sein, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26.3.1993, S. 15

51) Deutscher Bundestag, Leitlinien zur Konsolidierung der DB, Beschluß des Bundeskabinetts, in: Bundestagsdrucksache 10/672 vom 24.11.1983, S. 13 f.

52) Bei der Ausbaustrecke Paderborn-Kassel wurde eine positive Bewertung nur gemeinsam mit der Ausbaustrecke Dortmund-Paderborn erreicht. Auf der geplanten Neubaustrecke Ingolstadt-Nürnberg sollen (rein rechnerisch) überwiegend Güterzüge verkehren, obwohl die Strecke ursprünglich nur für Personenzüge konzipiert war und nicht geklärt ist, wo die vielen Güterzüge herkommen (Güterverkehrsprognosen) und wie die zahlreichen Güterzüge auf den Anschlußstrecken hinsichtlich der Kapazität bewältigt werden sollen.

53) Oettle, Karl, Umriss einer ökologisch orientierten Verkehrspolitik – Das Verhältnis von Marktwirtschaft und Umweltschutz in verkehrspolitischer Sicht, in: Hauff, Michael von / Schmid, Uwe (Hrsg.), Ökonomie und Ökologie, (Sammelband der Universität Kaiserslautern), Stuttgart 1993, S. 115 ff.

54) Im weiteren Verlauf der Arbeit werden mehrere Beispiele aufgeführt.

### 1.3 Träger von Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs

Innerhalb des erwerbswirtschaftlichen oder bedarfswirtschaftlichen Betriebs bestehen nebeneinander mehrere Interessengruppen mit jeweils eigenständigen Zielvorstellungen. Diese Gruppen müssen in Verhandlungen ihre widerstrebenden Interessen zu einem Ausgleich bringen.<sup>55</sup> Es lassen sich vier solcher Gruppen ("Willensbildungszentren") unterscheiden:<sup>56</sup> Die Eigentümer, die Führungsgruppe, die Aufsichts- und Kontrollorgane sowie die Belegschaft.

*Eigentümer* der Deutschen Bahn ist zu 100% der Staat.<sup>57</sup> Der Einfluß des Staates auf den Betrieb Deutsche Bahn ist sehr groß und sogar im Grundgesetz festgeschrieben: "Der Bund hat die ausschließliche Gesetzgebung über (...) die Bundeseisenbahnen (...)"<sup>58</sup> Die verschiedenen Modelle zur Sanierung der Deutschen Bundesbahn sehen zwar teilweise die Umwandlung der Rechtsform vor, mindern aber nicht den staatlichen Einfluß, da der Eigentümer unverändert bleiben soll.<sup>59</sup> Hinzu kommt, daß der Eigentümer auch Antragsteller für politisch gewünschte Leistungen ist und diese zwar nicht vollständig<sup>60</sup>, aber doch überwiegend bezahlt. Schwerpunkt staatspolitischer Ziele sind die Darbietungsziele.

Die *Führungsgruppe* der Deutschen Bahn, der Vorstand, ist in einem vom Eigentümer Staat vorgegebenen Rahmen zur Willensbildung berechtigt. Ein Schwerpunkt liegt in Wirtschaftlichkeitszielen, d. h. in der möglichst wirtschaftlichen Erfüllung der vom Staat festgelegten Darbietungsziele.

Aufsichtsrat und Beirat stellen die *Aufsichts- und Kontrollorgane* der Deutschen Bahn dar. Das Zielsystem dieser Gruppe ist das heterogenste der vier Willensbildungszentren, da die Personen des Aufsichtsrates den unterschiedlichsten gesellschaftlichen Gruppen angehören, insbesondere: Politik, Staatliche Verwaltung, Wissenschaft, Banken, Industrie, darunter bemerkenswerterweise auch Automobil- und Mineralölindustrie. Lobbies können interessengruppenbezogene Ziele über Politiker und über eine entsprechende personelle Auswahl in Aufsichts- und Kontrollorganen durchsetzen.

Um interessengruppenbezogene Ziele durchzusetzen, können Lobbies neben der Einflußnahme auf den Staat über Politiker auch über die Aufsichts- und Kontrollorgane der Deutschen Bahn Einfluß ausüben.

Wie in jedem großen westeuropäischen Betrieb ist bei der Bahn die *Belegschaft* ein Willensbildungszentrum. Die Arbeiter, Angestellten und Beamten der Bundesbahn sind im wesentlichen in zwei Gewerkschaften, der GdED (Gewerkschaft der Eisenbahner Deutsch-

---

55) vgl. Heinen, Edmund, Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 9. Auflage Wiesbaden 1985, S. 95

56) vgl. Heinen, a.a.O., S. 95 f.

57) vgl. Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland, Artikel 87: "In bundeseigener Verwaltung (...) werden geführt (...) die Bundeseisenbahnen (...)"

58) Grundgesetz, Artikel 73

59) vgl. Deutsche Bahnen, Bonner Bericht, Bundesverkehrswegeplan '92 und Bundesbahnstrukturreform, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 465

60) Die Erlöse aus dem Fahrkartenverkauf sowie die finanziellen Bundesleistungen im politisch erwünschten Nahverkehr betragen maximal 90% der tatsächlichen Kosten, vgl. Dürr, Heinz, Die Bahn AG will ein Wirtschaftsunternehmen sein, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26.3.1993, S. 15

lands) und der GDBA (Gewerkschaft Deutscher Bundesbahnbeamten, Arbeiter und Angestellten im Deutschen Beamtenbund) organisiert. Mitglieder dieser Gewerkschaften sind im Vorstand und im Aufsichtsrat zu finden.

## 1.4 Grad der Konkretisierung von Zielinhalten

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Effizienzkriterien sind nicht nur die Zielinhalte von Interesse, sondern auch die Grade der Konkretisierung der Zielinhalte (Zielausmaße<sup>61</sup>).

Es können verschiedene Zielausmaße unterschieden werden:<sup>62</sup>

- *genau fixierter Zielwert*;
- *satisfizierende bzw. extremale Ziele*;  
*Angabe einer Unter- und/oder Obergrenze*  
"mindestens...", "höchstens...", Angabe eines Intervalls;
- *Über- oder Unterschreiten von Grenzen*  
"Verbesserung von...";
- *en-bloc-Ziele*  
ohne Zielausmaß, keine Ausprägung der Höhe; z. B. "Schaffung einer zeitgemäßen Verkehrsverbindung".

Diese Aufstellung ist nach der sinkenden Konkretisierung der Zielausmaße geordnet. Genau fixierte Zielwerte, also eine sehr konkrete Angabe der Zielhöhe, finden sich in den untersuchten Quellen (Kapitel 1.1) praktisch nicht. Lediglich der frühere Vorstandsvorsitzende der Deutschen Bundesbahn, Rainer Gohlke, formulierte ein solches Ziel in den achtziger Jahren, das jedoch den gesamten Betrieb Bundesbahn betraf: Bis 1990 "Steigerung der Produktivität real um 40%"<sup>63</sup>. En-bloc-Ziele finden sich nicht so häufig wie satisfizierende Ziele und das Über- oder Unterschreiten von Grenzen. En-bloc-Ziele lassen sich nicht direkt quantifizieren, und ein Zielerreichungsgrad kann nicht gemessen werden. Interessanterweise werden sie nicht nur von Politikern, sondern von sämtlichen Trägern der Ziele, z. B. von Vertretern der Deutschen Bundesbahn, formuliert.<sup>64</sup>

Die in den erwähnten Aufsätzen von Politikern, Vertretern der Deutschen Bundesbahn und der Industrie genannten Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr ergibt die folgende Verteilung der Konkretisierung von Zielausmaßen:

---

61) vgl. Braun, Günther E., Ziele in Öffentlicher Verwaltung und privatem Betrieb, Baden-Baden 1988, S. 124

62) vgl. Braun, a.a.O., S. 124

63) Pällmann, Wilhelm / Heinisch, Roland, Hochgeschwindigkeitsverkehr der Deutschen Bundesbahn, in: Internationales Verkehrswesen 2/1985, S. 69

64) Beispielsweise Reiner Gohlke (Quelle g): "Die Überwindung von Zeit und Raum war schon immer ein lohnendes, zumeist auch lukratives Ziel für die Menschheit." "...Aufgabe als Verkehrsunternehmen so wahrzunehmen, wie es der Markt verlangt."

- Genau fixierter Zielwert -
- Satisfizierende Ziele xxxxxxxxxxxx
- Grenzen Über-/Unterschreitung xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
- en-bloc-Ziele xxxxxxxxxxxx

Somit liegen tendenziell geringe Konkretisierungsgrade vor.

Effizienzkriterien lassen sich sowohl auf satisfizierende Ziele als auch auf die Über-/Unterschreitung von Grenzen anwenden. Bei einem genau fixierten Zielwert wären Effizienzkriterien unnötig, bei en-bloc-Zielen läßt sich in den meisten Fällen durch Umformulierung des Ziels eine (indirekte) Quantifizierbarkeit und somit eine Anwendbarkeit von Effizienzkriterien erreichen.

## 2. Effizienzkriterien als Maßstab der Bewertung

### 2.1 Der Begriff Effizienz

Die Bezeichnung Effizienz (engl. efficiency) ist im englischsprachigen Raum häufig anzutreffen und wird erst in letzter Zeit vermehrt in der deutschsprachigen Literatur angewandt. Eine synonyme Bezeichnung besteht in der deutschsprachigen Wirtschafts- und Sozialwissenschaft nicht. Lediglich die "Wirtschaftlichkeit" in ihrer seltener anzutreffenden weiten Auslegung, die nicht-monetäre Betrachtungen zuläßt, ist mit dem Effizienzbegriff vergleichbar.

Im deutschsprachigen Raum hat sich die Bezeichnung Effizienz vor allem in der Mikroökonomik im Zusammenhang mit der Produktion etabliert. In der Betriebswirtschaftslehre findet sich die Bezeichnung Effizienz nur sehr selten, da im in der Regel behandelten erwerbswirtschaftlichen Betrieb zumindest für die häufigsten Fragestellungen die Bezeichnung "Wirtschaftlichkeit" für die Bewertung von Maßnahmen ausreicht. In den Sozialwissenschaften sowie in der Organisationstheorie ist die Bezeichnung Effizienz häufiger anzutreffen, weil hier zum Teil eine monetäre Betrachtung nicht möglich und oft sogar selbst eine Quantifizierung nur schwer möglich ist.

Das grundlegende Werk zum Thema Effizienz ist das 1945 erschienene Buch "Administrative Behaviour" (Entscheidungsverhalten in Organisationen) von Herbert A. Simon.<sup>65</sup> Simon kommt in seinen Überlegungen zum Ergebnis, *daß in bedarfswirtschaftlichen Betrieben – er geht besonders auf die öffentliche Verwaltung ein – der Effizienzbegriff an die Stelle des Wirtschaftlichkeitsbegriffes tritt.*

#### 2.1.1 Mögliche Interpretationen des Effizienzbegriffes

Die inzwischen üblichste und auch zweckmäßigste Interpretation des Begriffs Effizienz ist das *Verhältnis von Input zu Output*. Diese Auslegung ist jedoch insbesondere im deutschsprachigen Raum erst in neuerer Zeit anzutreffen.

Schon vor 100 Jahren<sup>66</sup> wurde die Bezeichnung "Effizienz" verwendet, und zwar als Synonym für die Bezeichnung "Wirksamkeit", die sich *auf die Outputseite beschränkt*. Auch heute sind noch ähnliche, rein outputorientierte Auslegungen anzutreffen, sowohl im deutschsprachigen als auch im englischsprachigen Raum: Effizienz wird definiert als "Wirksamkeit, Leistung"<sup>67</sup>, efficiency als "producing a desired or satisfactory result"<sup>68</sup>.

---

65) Simon, Herbert A., Entscheidungsverhalten in Organisationen – Eine Untersuchung von Entscheidungsprozessen in Management und Verwaltung, Deutsche Übersetzung von Wolfgang Müller, Übersetzung der 3. englischsprachigen Auflage, Landsberg am Lech 1981

66) Meyers Konversationslexikon, vierte Auflage, fünfter Band, Leipzig und Wien 1890

67) Deutscher Taschenbuch Verlag, dtv-Lexikon München 1966

68) Hornby A. S., Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English, Third Edition Oxford 1974

Simon erwähnt zwei Vertreter der "wissenschaftlichen Betriebsführung" und deren, lediglich historisch interessante, Definitionen von Effizienz. Taylor verwendet die Bezeichnung Arbeitseffizienz im Zusammenhang mit einem *Soll-Ist-Vergleich*<sup>69</sup>: Die tatsächliche Arbeitsleistung wird mit vorher festgelegten Normen verglichen. Emerson versteht unter Effizienz "die Beziehung zwischen dem, was erreicht wird, und dem, was erreicht werden könnte"<sup>70</sup>. Diese Interpretation (von 1915) ist in den modernen Wirtschaftswissenschaften nicht mehr verwendbar, da sie zu technisch bzw. physikalisch orientiert ist: Aus Sicht des Ökonomen kann nahezu alles erreicht werden, jedoch mit steigenden Kosten und sinkendem Nutzen. Genau dieser Sachverhalt kennzeichnet den modernen ökonomischen Effizienzbegriff, der sowohl die Input- als auch die Output-Seite berücksichtigt.

Aus den genannten Gründen wird in dieser Arbeit Effizienz als Verhältnis von Input zu Output interpretiert.

### 2.1.2 Abgrenzung zur Effektivität

In der jüngeren englischsprachigen Literatur hat es sich durchgesetzt, die Bezeichnung *Effektivität* nur auf den *Output* zu beziehen. "To be effective means literally to have effects (...). If we call aspirin effective, we probably mean that it relieves our headaches."<sup>71</sup> Dagegen wurden die beiden Bezeichnungen Effizienz und Effektivität im letzten Jahrhundert synonym verwendet.<sup>72</sup>

In der Volkswirtschaftslehre, speziell in der Theorie der Wirtschaftspolitik, hat die Bezeichnung Effektivität bzw. das *Synonym "Zielerreichungsgrad"* Eingang gefunden. Die "Effektivität der Wirtschaftspolitik (wird) gemessen an der Verwirklichung der (...) genannten Zielnormen."<sup>73</sup>

In Verwaltungen wird Effektivität als "*Soll-Ist-Relation*" des Outputs "zur Beurteilung des Verwaltungshandelns" gesehen, während im Gegensatz dazu Effizienz als "Zweck-Mittel-Relation zur Beurteilung des Verwaltungshandelns" interpretiert wird. Somit ist Effektivität rein outputorientiert, Effizienz stellt dagegen eine Output-Input-Relation dar. Beiden Begriffen ist gemein, daß die Outputseite verschiedene "Kategorien" umfassen kann, beispielsweise "politischer, sozialer, kultureller, medizinischer Art"<sup>74</sup>.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß heute, im Gegensatz zum letzten Jahrhundert, der Begriff der Effizienz so interpretiert wird, daß es keine Überschneidungen zum Effektivitätsbegriff gibt:

---

69) vgl. Simon, a.a.O., S. 202

70) Simon, a.a.O., S. 202

71) Katz / Kahn, The social Psychology of organisations II, New York 1978

72) vgl. Simon, a.a.O., S. 202

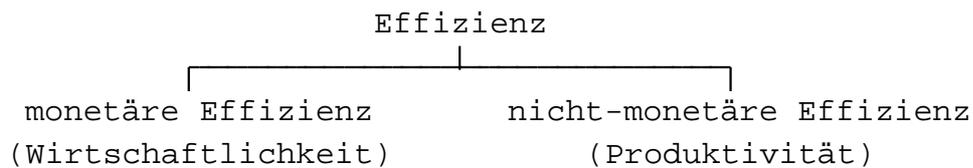
73) Körner, H., Theoretische Grundlagen der Wirtschaftspolitik, Köln 1977, S. 24

74) Eichhorn (Hrsg.), Verwaltungslexikon, Baden Baden 1985, Stichworte Effizienz und Effektivität

- Effizienz stellt das Verhältnis zwischen Input und Output dar;
- Effektivität ist eine reine Outputbetrachtung bzw. ein Soll-Ist-Vergleich des Outputs.

### 2.1.3 Monetäre und mengenmäßige Effizienz

Der Effizienzbegriff kann so verstanden werden, daß "die wirtschaftlichen Vorteile" den "wirtschaftlichen Nachteilen" gegenübergestellt werden; die vielfältigen "Kategorien (politischer, sozialer, kultureller, medizinischer Art usw.)"<sup>75</sup> können vom Entscheidungsträger *bewertet* werden, ohne daß sie zwangsläufig monetarisiert werden müssen. In der deutschen Übersetzung des Buches von Simon wird der Output als "positive Werte"<sup>76</sup> bezeichnet, ohne diese mit Geld gleichzusetzen. In der Literatur wird häufig der dem Effizienzbegriff entsprechende Wirtschaftlichkeitsbegriff in der weiten Auslegung in "wertmäßige" und "mengenmäßige" Wirtschaftlichkeit<sup>77</sup> unterteilt, wobei hier im Gegensatz zu Simon "wertmäßig" im Sinne von "monetär" verwendet wird. Da die Bezeichnungen "Werte", "bewerten" und "wertmäßig" in der Literatur gänzlich unterschiedlich verwendet werden, erscheint die Wortwahl *monetäre und nicht-monetäre Effizienz* zweckmäßiger:



Wie am Anfang des Kapitels zur Effizienz erwähnt, ist die "Wirtschaftlichkeit" in der weiten Auslegung, die nicht-monetäre Betrachtungen einbezieht, mit dem Effizienzbegriff vergleichbar. Beispielsweise verwendet Heinen den Wirtschaftlichkeitsbegriff in seiner weiten Auslegung und setzt ihn letztlich der Effizienz gleich: "Das Wirtschaftlichkeitsstreben wird mengenmäßig und wertmäßig erklärt."<sup>78</sup>

Es erscheint sinnvoll, im folgenden den Wirtschaftlichkeitsbegriff in seiner engen, monetären Auslegung zu verwenden und ihn mit der "monetären Effizienz" gleichzusetzen. Die "nicht-monetäre Effizienz" wird mit dem Begriff "Produktivität" gleichgesetzt.

75) Eichhorn (Hrsg.), a.a.O.

76) Simon, a.a.O., S. 197 ff.

77) Kosiol spricht von:

Technizität: mengenmäßige oder technische Wirtschaftlichkeit

Rentabilität: wertmäßige oder ökonomische Wirtschaftlichkeit

vgl. Kosiol, Erich, Organisation der Unternehmung, 2. Auflage Wiesbaden 1976, S. 24

78) Heinen, Edmund, Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 9. Auflage, Wiesbaden 1985, S. 110

### 2.1.3.1 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit stellt einen Quotienten von Input zu Output dar, bei dem sowohl der Zähler als auch der Nenner in Geldeinheiten gemessen wird. Mögliche Ausprägungsformen sind:

$$\frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufwand}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Leistung bzw. Leistungsertrag}}{\text{Kosten}}.$$

Letztere Definition wird als "Kostenwirtschaftlichkeit"<sup>79</sup> bezeichnet.

Die Bezeichnung *Rentabilität* wird definiert als

$$\frac{\text{Gewinn}}{\text{eingesetztes Kapital}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}}.$$

Der erste Bruch wird als "Kapitalrentabilität" bezeichnet, der zweite als "Umsatzrentabilität". Bedarfswirtschaftliche Betriebe, bei denen häufig der Staat als Eigentümer auftritt, müssen die Gesamtkapitalrentabilität beachten, da für den Steuerzahler die Aufteilung in Fremdkapital und Eigenkapital keine wesentliche Bedeutung hat: Eine Aufstockung des Eigenkapitals der Deutschen Bahn durch den hoch verschuldeten Eigentümer Staat müßte ebenfalls fremdfinanziert werden. Das Bewertungskriterium der Eigenkapitalrentabilität ist bei der Bahn "wegen ihrer öffentlich-wirtschaftlichen Bindungen noch weitaus problematischer, als sie bei Unternehmungen an sich schon ist"<sup>80</sup>.

Gutenberg bezeichnet die Wirtschaftlichkeit als das Prinzip sparsamster Mittelverwendung; dieses sei ein "systemindifferentes Prinzip, das den systemindifferenten Betrieb kategorial bestimmt"<sup>81</sup>. Schmalenbach sieht im gleichen Sinne die *Wirtschaftlichkeit als inhaltlichen Leitgedanken der Betriebswirtschaftslehre*. Somit gilt das Prinzip der Wirtschaftlichkeit für erwerbswirtschaftliche wie für bedarfswirtschaftliche Betriebe. Dagegen kennzeichnet speziell den erwerbswirtschaftlichen Betrieb das Streben nach Rentabilität, d. h. das Gewinnstreben. Gutenberg unterscheidet zwischen *gewinnmaximaler* und *kostenoptimaler* Ausbringung:

"Wird nun unterstellt, daß ein Betrieb um so wirtschaftlicher arbeitet, je niedriger die Kosten sind, mit denen er produziert, dann folgt hieraus, daß der Betrieb nicht die am wirtschaftlichsten herzustellende Menge produziert, sondern diejenige Menge, bei der sein Gewinn am größten ist. Hieraus folgt weiter, daß das Prinzip der Wirtschaftlichkeit in Betrieben, die unter marktwirtschaftlichen Bedingungen arbeiten, dem erwerbswirtschaftlichen, auf möglichst hohe Gewinne zielenden Prinzip untergeordnet ist."<sup>82</sup>

79) Heinen, Edmund, *Industriebetriebslehre*, 6. Auflage, Wiesbaden 1978, S. 48

80) Oettle, Karl, Voraussetzungen und Folgen einer unternehmensweisen Führung der Deutschen Bundesbahn, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis* 16/1964, S. 397

81) Gutenberg E., *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre* Band I, 23. Auflage, Heidelberg 1979, S. 457

82) Gutenberg, a.a.O., S. 470

Somit ist nach Gutenberg im erwerbswirtschaftlichen Betrieb das Wirtschaftlichkeitsziel dem Rentabilitätsziel untergeordnet, während dies für den bedarfswirtschaftlichen Betrieb nicht gilt.

### *Einzelwirtschaftliche Rentabilität und Eigenwirtschaftlichkeit*

Einzelwirtschaftliche Rentabilität ist dann gegeben, wenn aus Sicht des Betriebes ein Gewinn erwirtschaftet werden kann. Von Eigenwirtschaftlichkeit wird gesprochen, wenn die gesamten Kosten incl. kalkulatorischer Kosten gedeckt werden können<sup>83</sup>. Zum derzeitigen Zeitpunkt besteht im Schienenpersonenfernverkehr in Deutschland kein Unterschied zwischen diesen beiden Begriffen, da die Deutsche Bahn AG im vollständigen Eigentum des Staates ist und somit zwischen der Sichtweise des Staates und der des Betriebs Bahn keine großen Unterschiede bestehen.<sup>84</sup> Falls in Zukunft eine privatwirtschaftliche Betreiber-Gesellschaft Eisenbahnzüge auf dem Streckennetz einer Fahrweg-Gesellschaft bzw. auf dem Streckennetz des Staates verkehren läßt, kann eine einzelwirtschaftliche Rentabilität der Betreiber-Gesellschaft gegeben sein, ohne daß eine Eigenwirtschaftlichkeit vorliegen muß. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn eine sehr teure, schwach ausgelastete und somit hoch defizitäre Eisenbahn-Neubaustrecke dem Betreiber für nur ein geringes Entgelt bereitgestellt wird, so daß er Gewinne ausweisen kann und gleichzeitig die Fahrweg-Gesellschaft bzw. der Staat keine Chance hat, mit den geringen Benutzungsentgelten eine Deckung der Wegekosten zu erreichen. Bezieht man den Begriff der einzelwirtschaftlichen Rentabilität nicht auf einzelne Betriebe (Fahrweg-AG, Personenverkehrs-AG usw.), sondern auf das Gesamtsystem Eisenbahn, können die beiden Bezeichnungen "einzelwirtschaftliche Rentabilität" und "Eigenwirtschaftlichkeit" auch in Zukunft synonym verwendet werden. In der vorliegenden Arbeit wird diese Betrachtungsweise gewählt.

Die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität bzw. die Grenze zur Eigenwirtschaftlichkeit stellt im erwerbswirtschaftlichen Betrieb das dominierende Entscheidungskriterium dar. Im bedarfswirtschaftlich geführten Schienenpersonenfernverkehr ist diese Grenze dagegen nur eine *Orientierungsgröße*. Wo diese Grenze unterschritten wird, "muß die unzulängliche Deckung der Kosten öffentlicher Verkehrsleistungen durch Zuwendungen aus Haushaltsmitteln ausgeglichen werden. Dies wäre eine Honorierung gestifteter sozialer Nutzen attraktiver Angebote kollektiven Verkehrs, also das Gegenstück zur Internalisierung sozialer Kosten individuellen Verkehrs"<sup>85</sup>.

---

83) vgl. Sellien, Reinhold / Sellien, Helmut (Hrsg.), Gabler Wirtschaftslexikon, 12. Auflage, Wiesbaden 1988, Eigenwirtschaftlichkeit der Verkehrsträger

84) Der Unterschied besteht in erster Linie darin, daß im Jahresabschluß der der Deutschen Bahn AG Zinsen für Investitionen in Verkehrswege nicht ausgewiesen werden, d. h. die Bahn erhält ihre neuen Verkehrswege "geschenkt". Da jedoch die Bahn in ihrer internen Wirtschaftlichkeitsrechnung bzw. Investitionsrechnung diese Zinsen ansetzt, führt diese Vorgehensweise nicht zu Fehlentscheidungen, sondern nur zu einem geringen Aussagegehalt von Gewinn- und Verlustrechnung und Bilanz.

85) Oettle, Karl, Die öffentliche Verkehrswirtschaft im Spannungsfeld von Aufgaben und Möglichkeiten, in: Hesse, Markus (Hrsg.), Verkehrswirtschaft auf neuen Wegen? Unternehmenspolitik vor der ökologischen Herausforderung, Ökologie und Wirtschaftsforschung Band 4, Marburg 1992, S. 77

### 2.1.3.2 Produktivität

Produktivität, die hier mit "nicht-monetärer Effizienz" gleichgesetzt wird, stellt ein nicht in Geldeinheiten bewertetes Output-Input-Verhältnis dar:

$$\frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{Faktoreinsatzmenge}}$$

Weil am Produktionsprozeß mehrere Einsatzfaktoren beteiligt sind und häufig in dem einen Produktionsprozeß mehrere Produkte entstehen (z. B. bei Kuppelproduktion), handelt es sich meist nur um Teilproduktivitäten. Eine Produktivitätskennzahl, die im Schienenpersonenfernverkehr denkbar wäre wie

$$\frac{\text{Vermeidung von Emissionen CO}_2 \text{ (Tonnen)}}{\text{investiertes Kapital (DM)}}$$

stellt daher sowohl aufgrund der Output- als auch der Inputseite nur eine Teilproduktivität dar. Zum einen wird Schienenpersonenfernverkehr nicht allein zur Vermeidung von Emissionen betrieben, und zum anderen bestehen neben dem Einsatzfaktor "Kapital" auch andere Einsatzfaktoren wie beispielsweise die "Inanspruchnahme von Biotopflächen".

Um Produktivitätskennzahlen verwenden zu können, müssen sowohl Zähler als auch Nenner quantifizierbar sein. Nur wenn beide Seiten des Bruchs in Geldeinheiten gemessen werden, handelt es sich um ein Wirtschaftlichkeitskriterium, sonst immer um Produktivitätskriterien. Daher sind die meisten Effizienzkriterien Produktivitätskriterien.

### 2.1.3.3 Monetäre und nicht-monetäre Effizienzkriterien im bedarfswirtschaftlichen und erwerbswirtschaftlichen Betrieb

Nicht-monetäre Effizienzkriterien sind besonders beim Vorhandensein von Darbietungszielen (vgl. Kapitel 1.2) ein geeignetes Bewertungsverfahren. Bei Wirtschaftlichkeitszielen werden dagegen am besten Wirtschaftlichkeitskriterien und somit monetäre Effizienzkriterien eingesetzt. Der geeignete Bewertungsmaßstab für den bedarfswirtschaftlichen Betrieb mit seinen Darbietungs- und Wirtschaftlichkeitszielen ist demnach die nicht-monetäre und monetäre Effizienz, also die *Effizienz* allgemein. Im rein erwerbswirtschaftlichen Betrieb tritt die *Rentabilität* an die Stelle des Effizienzkriteriums. Bei ständischen Unternehmen<sup>86</sup>, das sind Unternehmen, die das Oberziel der Berufsausübung über das der Rentabilität stellen, können nicht-monetäre Effizienzkriterien die Rentabilitätskriterien sinnvoll ergänzen.

Es ist zweckmäßig, auch im erwerbswirtschaftlichen Betrieb nicht-monetäre Effizienzkriterien (Produktivitätskriterien) anzuwenden. Im Unterschied zum bedarfswirtschaftlichen

---

86) vgl. Oettle, Karl, Verantwortung und Gefährdung der wissenschaftlichen Berater im Verkehrswesen, in: Willeke, Rainer (Hrsg.), Festschrift zum 50-jährigen Bestehen des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Düsseldorf 1971, S. 27 – 37

Betrieb stehen diese aber nicht im Mittelpunkt des Interesses, sondern werden nur als vereinfachtes Bewertungsverfahren zur Verbesserung der Rentabilität des gesamten Betriebes verwendet. Demnach dienen Effizienzkriterien hier nur als Mittel zum Zweck.

#### 2.1.4 Relative und absolute Effizienz

Die Bezeichnung Produktivität läßt sich nur relativ verwenden. Zulässig sind Vergleiche von Produktivitätskennzahlen zwischen

- verschiedenen Zeitpunkten,
- verschiedenen Betrieben,
- mehreren Entscheidungsalternativen,
- dem Status quo und der zu diskutierenden Maßnahme,
- dem Soll- und dem Ist-Wert.

Eine einzelne Produktivitätskennzahl hat noch keinen Aussagewert. Dieses Merkmal ist auf die in der Regel vorliegenden unterschiedlichen Einheiten von Input und Output bzw. von Zähler und Nenner zurückzuführen.

Der Wirtschaftlichkeitsbegriff kann sowohl *absolut* als auch *relativ* verwendet werden.<sup>87</sup> Absolute Aussagen sind möglich, da Input und Output in Geldeinheiten gemessen wird: "Maßnahme A ist wirtschaftlich", d. h. der Output übersteigt den Input. Bei der Auswahl zwischen Alternativen sind wie beim Produktivitätsbegriff relative Aussagen von Bedeutung.

Spricht man von *einer* "effizienten Maßnahme", bedeutet dies immer, daß die einzelne Maßnahme mit dem "Null-Fall" verglichen wird. Das heißt, jedes Effizienzkriterium zur Bewertung einer Maßnahme beschreibt eine Differenz gegenüber dem Status quo: Es werden zusätzliche Kosten (im weiteren Sinne) dem zusätzlichen Nutzen bzw. eingesparte Kosten dem eingesparten Nutzen gegenübergestellt.

$$\frac{\text{zusätzliche Kosten}}{\text{zusätzlicher Nutzen}} \qquad \frac{\text{eingesparte Kosten}}{\text{entgangener Nutzen}}$$

Ist die Differenz sehr klein – etwa wenn die Effizienz einer Geschwindigkeitsanhebung beim ICE von 249 auf 250 km/h ermittelt wird, so liegt fast eine Marginalbetrachtung vor:

$$\frac{\text{Grenzkosten}}{\text{Grenznutzen}}.$$

Effizienzkriterien können entweder als Verhältnis von Input zu Output oder als Verhältnis von Output zu Input dargestellt werden. In dieser Arbeit wird bevorzugt die erstgenannte Schreibweise verwendet, was als "Kosten pro Leistungseinheit" interpretiert werden kann.

---

87) Sellien, Reinhold / Sellien, Helmut (Hrsg.), Gabler Wirtschaftslexikon, a. a. O., Stichwort Wirtschaftlichkeit

### 2.1.5 Der Effizienzbegriff in der Physik und in den Sozialwissenschaften

In der Physik betrachtet man Effizienz als technischen Wirkungsgrad. Da in einem physikalischen System der Output nicht größer als der Input sein kann und sich Input und Output auf die gleiche Einheit beziehen – meist Energie –, läßt sich ein optimaler Wirkungsgrad definieren, der nicht verbessert werden kann. Denn nach dem Energieerhaltungssatz kann der Output den Input nicht übersteigen, sonst wäre das legendäre Perpetuum Mobile Realität. Simon spricht hier vom in der Physik gültigen "*Konzept der 'idealen' Effizienz*"<sup>88</sup>.

In den Sozialwissenschaften, insbesondere in der Wirtschaftswissenschaft, existiert die "ideale Effizienz" aus zwei Gründen nicht. Erstens werden Input und Output häufig nicht in den gleichen Größen gemessen, so daß ein Vergleich von Input und Output schon gar nicht möglich ist. (Mehr dazu im nächsten Unterkapitel.) Zweitens ist bei Input und Output im Falle der gleichen verwendeten Einheit, meist Geldeinheiten, eine "ideale Effizienz" nicht denkbar, weil die Höhe des Outputs nicht wie in der Physik durch die Höhe des Inputs limitiert ist: Kennzeichen jedes erfolgreichen Wirtschaftens ist nämlich, daß der bewertete Output größer ist als der bewertete Input. Lediglich im Spezialfall der "Mißwirtschaft" ist dies nicht gegeben – etwa bei extremen Marktverzerrungen, wenn beispielsweise Kälber mit Butter gefüttert werden, was in der EG vorgekommen sein soll. In beiden Fällen wird ein Produkt, das schon mehrere Wertschöpfungsprozesse durchlaufen hat, wieder in einen Zustand mit niedrigerem Wert zurückgeführt. Der von der Gesellschaft bewertete Output muß im bedarfswirtschaftlichen Betrieb größer sein als der bewertete Input, sonst würde ein solcher Betrieb stillgelegt werden, sieht man einmal von der Durchsetzung interessengruppenbezogener Ziele ab.

### 2.1.6 Anwendung von Effizienzkriterien bei nicht-monetarisierbaren und nicht-quantifizierbaren Zielen

Es wurde dargestellt, daß Input und Output häufig nicht in den gleichen Größen gemessen werden. Dies ist in bedarfswirtschaftlichen Betrieben sogar die Regel; denn diese existieren nicht, um Gewinne zu erwirtschaften, was die Messung des Outputs in Geldeinheiten zulassen würde, sondern zwecks anderer, monetär meist nicht meßbarer Ziele. Zwar werden auch im erwerbswirtschaftlichen Betrieb Ziele nicht-monetär gemessen, doch handelt es sich hier in der Regel nur um Unterziele – nicht nur in der Produktion, sondern häufig auch in Verwaltung und Organisation. Außerdem bestehen Ziele, die sich nicht nur einer Monetarisierung entziehen, sondern sich darüber hinaus nicht quantifizieren lassen. Ein solches nicht-monetäres und nicht-quantifizierbares Unterziel wäre beispielsweise die Motivierung von Mitarbeitern.

Betrachtet man die in dieser Arbeit zusammengetragenen Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr hinsichtlich der Kriterien Quantifizierbarkeit und Monetarisierbarkeit

---

88) Simon, a.a.O., S. 202 f.

keit, so stellt man fest, daß sich lediglich etwa die Hälfte der genannten Ziele überhaupt quantifizieren läßt und davon wiederum nur ein kleiner Teil zugleich monetarisierbar ist, und zwar insbesondere die finanzwirtschaftlichen Sicherungsziele.

#### 2.1.6.1 Zur Problematik der Monetarisierung nicht-monetärer Größen

In der *Kosten-Nutzen-Analyse* wird versucht, eine möglichst vollständige Monetarisierung nicht-monetärer Größen durchzuführen. Speziell für den öffentlichen Verkehr wird die sogenannte Standardisierte Bewertung<sup>89</sup> verwendet. Sämtliche quantifizierbaren Input- und Outputgrößen werden bei der Kosten-Nutzen-Analyse in Geldeinheiten umgerechnet und in einem Bruch dargestellt:

$$\text{Kosten-Nutzen-Wert} : \frac{\text{Gesamtnutzen}}{\text{Gesamtkosten}}.$$

Dagegen wird im Bewertungskonzept dieser Arbeit eine vollständige Monetarisierung wenn möglich vermieden. Je nachdem, welche Maßnahme zu bewerten ist, werden verschiedene Effizienzkriterien mit speziellen Nutzeinheiten angewendet. Gilt es, zwei verschiedene Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung miteinander zu vergleichen, so wird das Effizienzkriterium "Kosten pro Minute Reisezeitverkürzung" verwendet, ohne daß die Minute Reisezeitverkürzung zwangsläufig monetär bewertet werden muß.

Die von vielen Wissenschaftlern und Praktikern favorisierte Monetarisierung solcher quantifizierbarer, aber nicht-monetärer Nutzenkategorien im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse ist problematisch. So werden Emissionen ebenso wie Verkehrstote oder Energieverbrauch in Geldeinheiten umgerechnet und aufaddiert, obwohl "ein Teil der Umweltbelastungen nicht handelbar erscheint und insofern in einem humanitären Gesellschafts- und Wirtschaftssystem der marktlichen Steuerung von Güterverteilung und -inanspruchnahme entzogen bleiben sollte"<sup>90</sup>. Zwar werden die angesetzten monetären Werte scheinbar wissenschaftlich begründet, doch handelt es sich hier um Fragen, die in einer Demokratie von der Politik und nicht von der Wissenschaft beantwortet werden müssen; denn die *Zielgewichtung* ist eine subjektive Angelegenheit der Entscheidungsträger. In der Kosten-Nutzen-Analyse wird den politischen Entscheidungsträgern eine wissenschaftliche Genauigkeit vorgetäuscht, die gar nicht vorhanden ist. Unzulässigerweise übernehmen hier in der Regel die Wissenschaftler eine subjektive Zielgewichtung, die der Politik vorbehalten sein sollte. So gesehen, würde die Monetarisierung solcher nicht-monetärer Nutzenkategorien eine Entmündigung der Politiker darstellen, wenn sich die Politiker nicht einen erheblichen Einfluß auf die Ausführenden der Kosten-Nutzen-Analyse offenhalten würden, wie noch gezeigt wird.

---

89) Heimerl, Gerd, u.a., Standardisierte Bewertung von Verkehrsinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs, erstellt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, 1988

90) Oettle, Karl, Umriss einer ökologisch orientierten Verkehrspolitik, a.a.O.

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist in der Verkehrspolitik als echtes Entscheidungsinstrument ohnehin die Ausnahme<sup>91</sup>. In der Regel werden durch die Kosten-Nutzen-Analyse lediglich politisch getroffene Entscheidungen im nachhinein "wissenschaftlich fundiert": Neue Eisenbahnstrecken haben in der Regel, selbst bei ineffizienter Konzeption mit hohen Baukosten und großen Landschaftseingriffen, einen Nutzen-Kosten-Wert über 1,0, während Autobahnen insbesondere aufgrund der damit verbundenen Steigerung des umweltbelastenden Autoverkehrs meist nur einen Nutzen-Kosten-Wert von unter 1,0 vorweisen können. Zur Begründung einer neuen Bahnstrecke wird daher die Kosten-Nutzen-Analyse herangezogen. Dagegen wird für Autobahnen häufig gar keine Kosten-Nutzen-Analyse erstellt, da bei einem Nutzen-Kosten-Wert von unter 1,0 der politische Beschluß in Frage gestellt werden müßte. Wenn bei einem strittigen Projekt von den Gegnern eine Kosten-Nutzen-Analyse bei einem wissenschaftlichen Institut in Auftrag gegeben wird, so kann es vorkommen, daß die andere Seite so lange neue Kosten-Nutzen-Untersuchungen bei verschiedenen anderen Instituten in Auftrag gibt, bis das gewünschte Ergebnis "nachgewiesen" wird.<sup>92</sup> Dieser Mißbrauch der "Wissenschaft" kann sich zwar besonders bei der Kosten-Nutzen-Analyse einstellen, letztlich ist jedoch mit jeder Art wissenschaftlicher Beratung eine solche Gefahr verbunden. "Man kann dies als nachträgliche wissenschaftliche Rechtfertigungshilfe bezeichnen. Bei ihr wird der wissenschaftliche Berater mißbraucht, und so er das weiß, was nicht immer der Fall sein muß, so handelt er als Scharlatan." Solche Berater "dienen lediglich der propagandistischen Glättung des Durchsetzungsverfahrens."<sup>93</sup>

Mit "*Ökobilanzen*" sollen Produkte und Verfahren, etwa verschiedene Verpackungskonzepte, miteinander verglichen werden. Die Fachleute am Umweltbundesamt in Berlin stießen hierbei auf ähnliche Schwierigkeiten, wie sie auch bei der Kosten-Nutzen-Analyse auftreten: "Die Mitarbeiter des Umweltbundesamtes machen keinen Hehl daraus, daß diese Beurteilung keine sachliche, sondern eine politische ist. Ob der Müll, der am Lebensende von Produkt A anfällt, schwerer wiegt als das schmutzige Wasser und die verpestete Luft, die das Recycling von Produkt B verursacht, muß die Gesellschaft entscheiden."<sup>94</sup> Hierfür gibt es Hilfsmittel, doch führen diese wieder zu erneuten politischen Entscheidungen, wie das folgende Beispiel zeigt, allerdings auf einer verständlicheren Ebene: "Mittels 'ökologischer Knappheit' bewerten die Schweizer die Stoffbilanz eines Produktes, ein Konzept, das Wissenschaftler der Berner Bundesanstalt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) entwickelt haben. Die ökologische Knappheit berechnen sie aus (...) der maximal tolerierbaren Menge" der entstandenen Schadstoffe. "Um den Produkten und Verfahren eine Note zu geben, muß allerdings feststehen, welche Menge an Gift für die Umgebung in Kauf

---

91) Dem Verfasser ist nur ein einziger Fall bekannt, bei dem die Kosten-Nutzen-Analyse eine Entscheidung maßgeblich beeinflußt hat. Bei der U1/U3 der Münchner U-Bahn im Bereich Moosach standen nach jahrelangem Streit mehrere Linienführungen zur Diskussion. Das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse überraschte die Fachleute sehr. Die Vertreter der am besten bewerteten Variante konnten sich danach durchsetzen.

92) Ein Beispiel hierfür sind die mehrfach durchgeführten Kosten-Nutzen-Analysen für den umstrittenen Rhein-Main-Donau-Kanal.

93) Oettle, Karl, Verantwortung und Gefährdung der wissenschaftlichen Berater im Verkehrswesen, a.a.O.

94) Rubner, Jeanne, Licht im Dickicht der Bilanzen, Süddeutsche Zeitung vom 10.09.1992, S. 45

genommen wird, wie hoch die Abfallberge werden dürfen und welcher Energiekonsum vertretbar ist."<sup>95</sup>

Da das Bewertungskonzept dieser Arbeit nicht in dem Maße mit der Problematik der Monetarisierung verbunden ist wie die Kosten-Nutzen-Analyse, sollten die in dieser Arbeit entwickelten Verfahren zur Bewertung der Effizienz für Fragen *innerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs die Kosten-Nutzen-Analyse ersetzen. Für viele Fragestellungen wäre der Aufwand für die Erstellung einer Kosten-Nutzen-Analyse ohnehin viel zu groß, beispielsweise um zwei Varianten einer Linienverbesserung an einer Ausbaustrecke für wahlweise 180 km/h oder 190 km/h zu bewerten, was bezogen auf das gesamte Ausbauprojekt Hunderte von Kosten-Nutzen-Analysen erfordern würde. Eine sinnvolle Aufgabe für Kosten-Nutzen-Analysen bleibt der Vergleich umweltpolitischer Maßnahmen auf gänzlich unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern der Verkehrs- oder gar der Umweltschutzpolitik, beispielsweise die Bewertung einer Eisenbahn-Neubaustrecke im Vergleich zur Förderung des Schienenpersonennahverkehrs in der Fläche.

#### 2.1.6.2 Anwendung von Effizienzkriterien bei nicht-quantifizierbaren Zielen

Effizienzkriterien können direkt auf nicht-monetäre Ziele angewendet werden, ohne daß diese monetarisiert werden müssen. Um Effizienzkriterien auch dann verwenden zu können, wenn sich das Ziel weder monetarisieren noch quantifizieren läßt (en-bloc-Ziel, vgl. Kapitel 1.4), kann auf zwei Hilfskonstruktionen zurückgegriffen werden.

##### *Substitution nicht-quantifizierbarer Ziele durch quantifizierbare Ersatzziele*

Der erste mögliche Lösungsweg ist das Heranziehen eines quantifizierbaren Ersatzziels, das für das nicht-quantifizierbare Ziel möglichst zielführend ist. Im Falle des Schienenpersonenfernverkehrs wäre das nicht präzise quantifizierbare Ziel "Umweltschutz" zu ersetzen durch ein neu zu formulierendes, quantifizierbares Ziel: "Substitution von (umweltschädlichem) Straßen- und Luftverkehr durch (weniger umweltschädlichen) Eisenbahnverkehr". Der Grad der Erreichung dieses Zieles kann gemessen werden in Personenkilometerleistung, die von der Straße und der Luft auf die Bahn verlagert wird.

Bei der Verwendung von quantifizierbaren Ersatzzielen als Ersatz für nicht-quantifizierbare Ziele müssen die damit verbundenen methodischen Gefahren im Auge behalten werden:

- Es können sehr leicht auf den ersten Blick gar nicht sichtbare Probleme durch Ungenauigkeiten bei der Verwendung von Ersatzzielen entstehen. Das bedeutet, die Verfolgung des Ersatzzieles muß nicht im proportionalen Verhältnis der Verfolgung des ursprünglichen Zieles dienen. Um beim Beispiel des Schienenpersonenfernverkehrs und des Umweltschutzes zu bleiben: Die Substitution von Straßen- und Luftverkehr durch eine attraktive Eisenbahn schafft nicht nur eine erwünschte Verkehrsverlagerung, sondern immer auch volkswirtschaftlich nicht zwangsläufig erwünschten Neuverkehr (induzierter

---

95) Rubner, a.a.O.

Verkehr, siehe Kapitel 2.3.2.3). Dies müßte bei der Auswahl des geeigneten Ersatzzieles berücksichtigt werden.

- Des weiteren besteht die Gefahr, daß die Ersatzziele zum Selbstzweck werden und weiter angewandt werden, wenn der Zusammenhang mit dem ursprünglichen Ziel längst nicht mehr besteht. D. h. durch die Zuhilfenahme von Ersatzzielen werden möglicherweise die ursprünglichen Ziele aus dem Auge verloren. Simon verweist in diesem Zusammenhang auf Verwaltungen und eine nicht mehr den Oberzielen dienende, fast zum Selbstzweck gewordene, ausufernde Bürokratie.<sup>96</sup> Auch im Schienenpersonenfernverkehr sind solche Tendenzen feststellbar: Um das Oberziel Umweltschutz zu erreichen, soll durch den ICE mehr Verkehr auf die Bahn gebracht werden (Ersatzziel). Da der ICE der ersten Generation, zumindest auf Teilstrecken, doppelt so viel Energie pro Sitzplatz benötigt als der bisherige IC auf den alten Strecken<sup>97</sup>, besteht der direkte Zusammenhang zwischen Ersatzziel und ursprünglichem Ziel nicht mehr. Das Ersatzziel hat sich verselbständigt, an das ursprüngliche Ziel wird kaum mehr gedacht.

### *Einführung einer "dritten Entscheidungsalternative"*

Läßt sich die Outputseite nicht quantifizieren, so ist neben der Heranziehung von quantifizierbaren Ersatzzielen eine weitere Hilfskonstruktion denkbar. Abgeleitet vom Effizienzgedanken und von der damit verbundenen Knappheit der Inputfaktoren, läßt sich ein Hilfskonstrukt einsetzen, das den Vergleich zweier Alternativen plausibel macht: Gilt es, zwischen der Alternative A (hoher Input, hoher Output) und der Alternative B (niedriger Input, niedriger Output) zu entscheiden, so wird die Alternative B durch eine neue, dritte Alternative C ergänzt, so daß der Input von B+C dem von A entspricht.<sup>98</sup> Wenn der Entscheidungsträger auf den Output von A mehr Wert legt als auf den Output von B+C, ist eine Entscheidung für A sinnvoll, im anderen Fall sollte er sich für B entscheiden. Ein Beispiel hierzu wäre das Effizienzkriterium

### Strukturpolitischer Erfolg

Investiertes Kapital

Läßt nach Ansicht des Entscheidungsträgers A oder B+C den größeren strukturpolitischen Erfolg erwarten, ist A bzw. B+C die strukturpolitisch effizientere Lösung, da beide Projekte den gleichen Kapitaleinsatz erfordern und die beiden Brüche sich somit nur auf der Outputseite unterscheiden.

Konkret ließe sich für Politiker die Entscheidung bei den lange diskutierten Trassenvarianten der ICE-Verbindung Nürnberg – München transparenter gestalten: Da die Variante von München nach Nürnberg über Augsburg (B) mit nur rund 1 Mrd. DM Herstellungskosten ein deutlich kleineres Projekt darstellt als die Variante über Ingolstadt (A) mit 3 Mrd. DM,

96) vgl. Simon, a.a.O., S. 198

97) Beispielsweise beträgt der Energieverbrauch des ICE auf der Neubaustrecke Würzburg – Fulda laut eigener Fahrsimulation 51 Wh/Plkm, während auf Altstrecken der Energieverbrauch des lokbespannten IC rund 25 Wh/Plkm beträgt.

98) vgl. Simon, a.a.O., S. 201

ließe sich das kleinere Projekt um andere in Bayern politisch gewünschte Ausbaustrecken ergänzen, wofür der Differenzbetrag von 2 Mrd. DM zur Verfügung steht. Mit diesem Betrag ist beispielsweise ein Ausbau der Strecke München – Lindau ( $C_1$ ) und die Elektrifizierung nordostbayerischer Bahnstrecken ( $C_2$ ) vorstellbar. Somit stehen sich zwei Entscheidungsalternativen mit Herstellungskosten von je 3 Mrd. DM gegenüber. Die für den Politiker entscheidungsrelevante Frage lautet dann: Ist der Strukturpolitische Erfolg der Ingolstadt-Trasse größer oder kleiner als der strukturpolitische Erfolg von Augsburg- plus Lindau-Trasse plus Bahnausbau in Nordostbayern? Dabei ist der Input (die Herstellungskosten) der beiden Entscheidungsalternativen identisch:

$$A = B + (C_1 + C_2) .$$

### 2.1.7 Umrechnung einmaliger Investitionskosten in jährliche kalkulatorische Kosten

Um einmalige Investitionskosten in einem Effizienzkriterium berücksichtigen zu können, müssen diese einmaligen Kosten mittels kalkulatorischer Abschreibungen und Zinsen in jährliche kalkulatorische Kosten umgerechnet werden. Dadurch werden die Kosten von Investitionen verschieden langer Nutzungsdauer (z. B. 30 Jahre für Fahrzeuge, 100 Jahre für Einschnitte, Dämme, Tunnels) und jährliche Aufwendungen (z. B. für Personal oder Energie) miteinander vergleichbar.

Die einmaligen Kosten von Baumaßnahmen werden in dieser Arbeit entsprechend der Praxis im Rechnungswesen als *Herstellungskosten* bezeichnet, während bei der Anschaffung von rollendem Material die Bezeichnung *Anschaffungskosten* verwendet wird.

Das erste Unterkapitel beschäftigt sich mit der Ermittlung kalkulatorischer Zinsen und Abschreibungen, wenn der umzurechnende einmalige Investitionsbetrag als monetäre Größe vorliegt. Im zweiten Unterkapitel wird der Frage nachgegangen, ob zur Umrechnung einmalig anfallender nicht-monetärer gesamtwirtschaftlicher Kosten (z. B. ein hoher Energieverbrauch beim Bau eines Tunnels) der Ansatz von Zinsen sinnvoll ist.

#### 2.1.7.1 Ermittlung kalkulatorischer Abschreibungen und Zinsen bei monetären Größen

Zur Ermittlung kalkulatorischer Abschreibungen und Zinsen ergeben sich drei Fragestellungen:

- Inwieweit sind Abschreibungen und Unterhaltskosten gesondert zu berücksichtigen?
- Welcher Zinssatz soll verwandt werden?
- Bezieht sich der Zinssatz auf den Wiederbeschaffungswert, auf "Wiederbeschaffungswert-Halbe" oder auf eine andere Größe? Wie hoch ist die wirkliche durchschnittliche Kapitalbindung, auf die sich der Zinssatz beziehen soll?

#### 2.1.7.1.1 Kalkulatorische Abschreibungen und nutzungsdauerverlängernde Unterhaltskosten

Verkehrswege haben eine besonders lange Nutzungsdauer, sind also sehr langlebige Sachanlagen. Bei Einschnitten und Dämmen wird eine Nutzungsdauer von 100 Jahren unterstellt. Dies ist ein grober Durchschnittswert, da die Nutzung eines Verkehrsweges kaum nach genau 100 Jahren enden wird. Wenn die Unterhaltskosten nutzungsdauerverlängernd wirken, dürfen entweder nur Unterhaltskosten oder nur Abschreibungen berechnet werden. Denn werden nutzungsdauerverlängernde, kalkulatorische Unterhaltskosten berücksichtigt, so kann davon ausgegangen werden, daß der betrachtete Teil des Verkehrsweges laufend in nutzbarem Zustand gehalten wird und dieser selbst nach 100 Jahren noch in gutem Zustand ist. Sind dagegen allein kalkulatorische Abschreibungen angesetzt, so sollte dies bedeuten, daß man "von der Substanz" zehrt, d. h. der Verkehrsweg nach 100 Jahren "verbraucht" ist und eine Sanierung hinsichtlich der Kosten einem Neubau gleichkommt. Als Beispiel hierfür sind die jüngst durchgeführten Totalsanierungen von Bahnstrecken der Deutschen Reichsbahn zu nennen.

#### 2.1.7.1.2 Wahl der Höhe des Zinssatzes

In der Praxis werden die kalkulatorischen Zinssätze im Verkehr willkürlich gewählt, oder es wird eine große Bandbreite verwendet, z. B. 1,5% bis 8,5%<sup>99</sup>; es wird die Ansicht vertreten, die Festlegung kalkulatorischer Zinsen sei eine politische Entscheidung, die einem großen Ermessensspielraum unterliegt. Diese Meinung ist betriebswirtschaftlich nicht haltbar, wie im folgenden erläutert wird.

Für die Wahl der Höhe des Zinssatzes muß auf drei Fragestellungen eingegangen werden:

- Kann man in der öffentlichen Wirtschaft mit anderen kalkulatorischen Zinsen rechnen als in der privaten? Sind investierte Steuergelder kalkulatorisch zu verzinsen?
- Sind als kalkulatorischer Zins Real- oder Nominalzinsen zu verwenden?
- Soll der aktuelle Marktzins oder sollen langfristige Zins-Durchschnittswerte angesetzt werden?

#### *Zinssätze in öffentlicher und privater Wirtschaft*

In der *privaten Wirtschaft* können Investitionen mit Eigen- oder Fremdkapital finanziert werden. Bei der Finanzierung mit Eigenkapital bringen kalkulatorische Zinsen zum Ausdruck, auf welchen Zinsertrag das Unternehmen verzichtet, weil es den verfügbaren Geldbetrag investiert hat; es handelt sich demnach um Opportunitätskosten in Höhe des Marktzinses. Wenn das Unternehmen die Investition mit Fremdkapital finanziert, dann

---

99) vgl. Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG u. a., NEAT Neue Eisenbahn-Alpentransversale durch die Schweiz, Basisbericht der Aufarbeitung 1986/87, Synthese, S. 77

lassen sich die kalkulatorischen Kosten direkt an den tatsächlichen Zinszahlungen orientieren.

Im Unterschied zur privaten Wirtschaft können in der *öffentlichen Wirtschaft* Steuergelder zur Finanzierung herangezogen werden. Wird eine diskutierte Maßnahme nicht realisiert, so kann die Nettokreditaufnahme der öffentlichen Hand entsprechend gesenkt werden. Somit spart sich die öffentliche Hand die Zahlung des Marktzins. Das heißt, für die vorliegenden Grenzbetrachtungen (Maßnahme tätigen oder nicht) muß grundsätzlich der Marktzins angesetzt werden, selbst wenn die öffentliche Hand die Maßnahme über Steuergelder finanziert.

Es kann festgehalten werden, daß sich sowohl in der privaten als auch in der öffentlichen Wirtschaft die kalkulatorischen Zinsen am Marktzins orientieren müssen.

#### *Real- und Nominalzinssatz*

Der Nominalzins setzt sich aus Realzins und Inflationsrate zusammen. Im Nominalzins ist demnach eine Kompensation für die Geldentwertung schon enthalten. Bei der Ermittlung der kalkulatorischen Kosten ist aber bereits in der Bezugsbasis "Wiederbeschaffungswert" der Inflationsausgleich berücksichtigt, so daß beim Ansatz von Nominalzinsen auf den Wiederbeschaffungswert die Inflationswirkung gleich zweimal berücksichtigt wäre. Daraus ergibt sich, daß bei der Umrechnung einmaliger Investitionsbeträge in jährliche kalkulatorische Kosten (Zinsen und Abschreibungen) für den kalkulatorischen Zinssatz bezogen auf den Wiederbeschaffungswert, nur der Realzinssatz und nicht der Nominalzinssatz herangezogen werden darf.

#### *Berücksichtigung von Zinsschwankungen*

Soll eine heute zu tätige Investition die nächsten 100 Jahre genutzt werden, müßte für eine Investitionsrechnung bzw. Effizienzbetrachtung der durchschnittliche Zinssatz der nächsten 100 Jahre Anwendung finden. Da dieser nicht bekannt ist, können die bisherigen Zinssätze eine Orientierungshilfe bieten. Vorstellbar ist die Verwendung des aktuellen Marktzinses oder die Verwendung von Zins-Durchschnittswerten der letzten Jahre.

Der Marktzins ist insbesondere aufgrund von Konjunkturzyklen starken Schwankungen unterzogen. Bei einer Effizienzbetrachtung von Verkehrssystemen und insbesondere von langlebigen Verkehrswegen sollten diese aktuellen Konjunktüreinflüsse ausgeschaltet werden, da die Entscheidung über den Bau eines Verkehrsweges nicht von kurzzeitig gegebenen Einflußgrößen abhängig sein darf. Zweckmäßig hierfür erscheint ein Durchschnittswert des Marktzinses über ein Jahrzehnt, um konjunkturbedingte mittelfristige Schwankungen auszuschalten und trotzdem dem langfristigen Trend gerecht zu werden. Als Marktzins dient die Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere, weil diese dem Marktzins für langfristige Kapitalanlagen am besten repräsentiert.

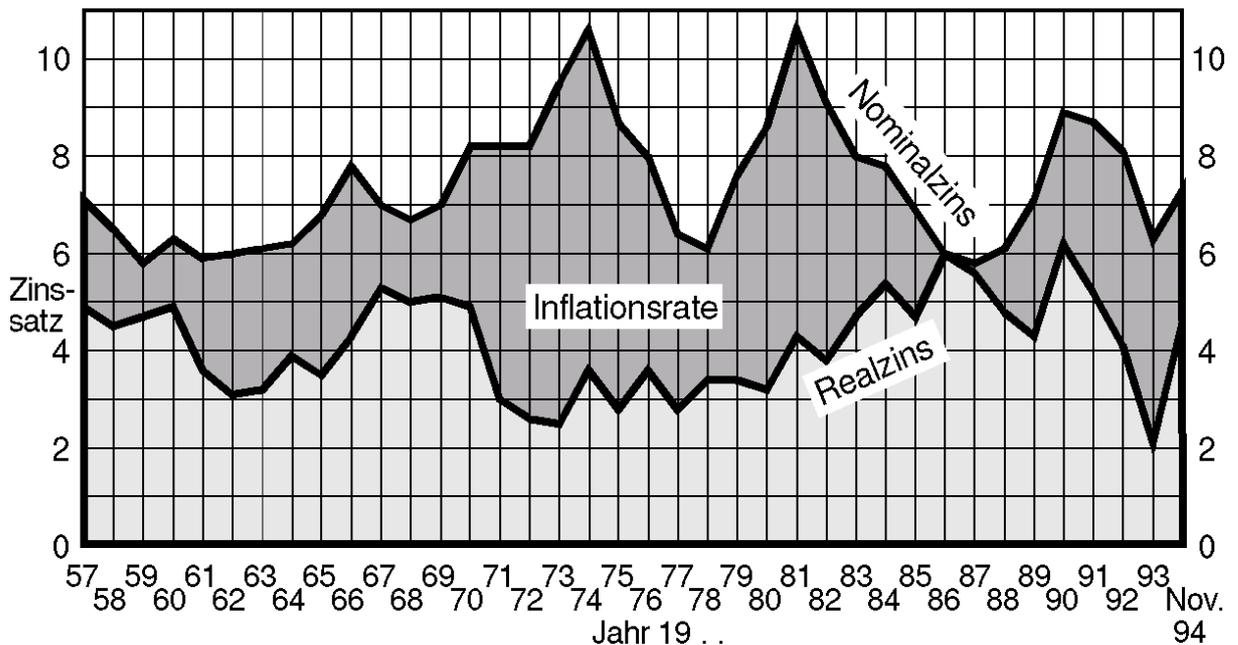


Abb. 1: Entwicklung von Inflationsrate, Nominal- und Realzinsen von 1957 bis 1994<sup>100</sup>

Der Durchschnittswert des Realzinses der Zeitspanne von 1983 bis 1992 beträgt 5,1%. Berücksichtigt man noch das erste Halbjahr 1993 mit sehr niedrigen Nominalzinsen, so ergibt sich ein Durchschnittswert des Realzinses von 5,0%. Für die Beurteilung von Maßnahmen im Schienenpersonenfernverkehr erscheint die Verwendung dieses Zinssatzes sinnvoll.

#### 2.1.7.1.3 Ermittlung der durchschnittlichen Kapitalbindung

Zur Umrechnung einmaliger Investitionsbeträge in laufende kalkulatorische Kosten werden in der Betriebswirtschaftslehre zwei Verfahren angewendet:

- lineare Abschreibungen mit Zinsen, bezogen auf Wiederbeschaffungswert-Halbe,
- Annuitätenmethode.

##### *Lineare Abschreibungen, Zinsen bezogen auf Wiederbeschaffungswert-Halbe*

Wird eine Sachanlage linear abgeschrieben, so ist nach der üblichen Lehrmeinung der kalkulatorische Zins nicht auf den Wiederbeschaffungswert, sondern auf Wiederbeschaffungswert-Halbe zu beziehen<sup>101</sup>. "Wiederbeschaffungswert-Halbe" stellt die durchschnittliche Kapitalbindung über die gesamte Nutzungsdauer dar. Der Faktor der durchschnittlichen Kapitalbindung liegt also bei 50%. Wird eine Investition über 30 Jahre abgeschrieben, betragen die jährlichen kalkulatorischen Kosten nach dieser Rechenmethode (in Prozent des Investitionsbetrags):

lineare Abschreibung über 30 Jahre	3,33 %
5% Zinsen von der Hälfte des Investitionsbetrags	2,50 %
	<hr/>
kalkulatorische Kosten (Abschreibung und Zinsen)	5,83 %

### *Annuitätenmethode*

Zur Umrechnung eines einmaligen Investitionsbetrages in jährlich anfallende kalkulatorische Kosten kann neben der eben geschilderten Rechenmethode auch die sogenannten Annuitätenmethode<sup>102</sup> verwendet werden. Die Annuität entspricht den zu ermittelnden jährlichen kalkulatorischen Kosten und ist über alle Jahre der Nutzungsdauer konstant. Die Annuität setzt sich aus Zinsen und Tilgung zusammen, wobei die Tilgung hier der Abschreibung entspricht.

---

100) zusammengestellt aus verschiedenen Monatsberichten der Deutschen Bundesbank; neuestes benutztes Heft: 45. Jahrgang, Oktober 1993, S. 16 (Teuerungsrate gegenüber dem Vorjahr), S. 67 (festverzinsliche Wertpapiere insgesamt)

101) vgl. Wöhe, Günter, Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 16. Auflage München 1986, S. 1152

102) Sellien, Gabler Wirtschaftslexikon, a.a.O., Stichwort Annuität

$$\text{Annuitätenrate} = \frac{q^n (q - 1)}{q^n - 1} \quad \begin{array}{l} q = (1 + \text{Zinssatz}/100) \\ n = \text{Nutzungsdauer in Jahren} \end{array}$$

Die Annuitätenrate enthält sowohl Zinsen als auch Tilgung bzw. Abschreibung; es wird nicht linear abgeschrieben. Die Annuitäten sind in jedem Jahr der Nutzung gleich groß. Im ersten Jahr der Nutzung hat noch fast keine Tilgung stattgefunden, und es muß für fast den gesamten Investitionsbetrag der Zins gezahlt werden. Für die Tilgung steht daher im ersten Jahr nur ein kleiner Teil der Annuität zur Verfügung. Am Ende der Nutzungsdauer bezieht sich der Zinssatz nur noch auf den nicht abgeschrieben Restbetrag. So kann von der Annuität ein großer Teil für die Abschreibungen verwendet werden. Daraus folgt, daß zu Beginn der Nutzungsdauer wenig und am Ende der Nutzungsdauer viel abgeschrieben wird. Daher muß die *durchschnittliche Kapitalbindung* deutlich über 50% liegen.

Setzt man in die Annuitätenformel  $n = 30$  Jahre und  $p = 5\%$  Zinssatz, so gelangt man zu einer Annuitätenrate von 6,505%, bezogen auf den Wiederbeschaffungswert. Da Bestandteil der 6,505% eine durchschnittliche Abschreibungsrate von 3,333% ist, bleibt für die Zinsen ein Anteil von 3,172% übrig; wenn dieser Prozentsatz ins Verhältnis zum verwendeten Zinssatz von 5,0% gesetzt wird, dann erhält man eine durchschnittliche Kapitalbindung von 63%.<sup>103</sup>

Während die erstgenannte Methode ("Wiederbeschaffungswert-Halbe") stillschweigend von einer durchschnittlichen Kapitalbindung in Höhe von 50% ausgeht, ergibt sich bei der Annuitätenmethode im obigen Beispiel eine durchschnittliche Kapitalbindung von 63%, weil in den ersten Jahren kleine und am Ende der Nutzungsdauer große Abschreibungsraten verwendet werden. Mit dem Rechenweg "Wiederbeschaffungswert-Halbe" betragen die kalkulatorischen Kosten 5,85% des Investitionsbetrages, bei der Annuitätenmethode hingegen 6,505%.

Bei genauerer Betrachtung ist festzustellen, daß die lineare Abschreibung mit einem Zinssatz, bezogen auf "Wiederbeschaffungswert-Halbe", ein fehlerhaftes Berechnungsverfahren darstellt, was im folgenden erläutert wird.

Es ist es unzulässig, bei einer linearen Abschreibung die Zinszahlungen über alle Jahre aufzuaddieren, um daraus den Durchschnitt zu errechnen. Denn um eine Mark Zinszahlung aus einer frühen Periode der Nutzung mit einer Mark Zinszahlung aus einer späten Periode vergleichen zu können, muß der früher zu zahlende Betrag aufgezinst bzw. der später zu zahlende Betrag abgezinst werden. Da die Bezugsbasis für die Zinszahlung, nämlich der Restwert, zu Beginn der Nutzungsdauer groß und am Ende der Nutzungsdauer klein ist, müssen die frühzeitig anfallenden hohen Beträge der Zinszahlung über eine große Zeitspanne verzinst werden, um sie mit den am Ende der Nutzungsdauer anfallenden kleinen Beträgen vergleichen zu können. Die durchschnittliche Kapitalbindung erhöht sich aufgrund

---

103)  $100\% / 30 \text{ Jahre} = 3,333\%$  durchschnittliche Abschreibungsrate  
 $6,505\% \text{ Annuität} - 3,333\% \text{ Abschreibung} = 3,172\% \text{ Zinsen}$   
 $5,0\% \text{ kalkulatorischer Zinssatz} / 3,172\% = 0,63$

dieser Zinseszinsen von 50% auf über 50%. Beträgt die Nutzungsdauer nicht 10 Jahre, sondern 30 oder 100, so nimmt die durchschnittliche Kapitalbindung zu.

Ein mathematischer Denkansatz zeigt ebenfalls einen logischen Bruch im Berechnungsverfahren "Wiederbeschaffungswert-Halbe" auf. Wird eine Investition wie etwa Grundstücke nicht abgeschrieben, handelt es sich zumindest theoretisch um eine quasi unendlich lange Nutzungsdauer. In diesem Fall beträgt die durchschnittliche Kapitalbindung 100%. Verkehrswege mit 100 Jahren Nutzungsdauer liegen zwischen der klassischen Sachanlage mit beispielsweise 10 Jahren Nutzungsdauer und Grundstücken mit einer unendlichen Nutzungsdauer. Rein mathematisch ist es kaum vorstellbar, daß sich bei einer unendlichen Nutzungsdauer der Zinssatz auf 100% des Verkehrswerts und bei einer Nutzungsdauer von "unendlich minus 1" sich der Zinssatz auf 50% des Verkehrswerts bezieht. Vielmehr liegt eine stetige Funktion vor, die im Bereich von 10 Jahren Nutzungsdauer bei rund 50% liegt und sich mit zunehmender Nutzungsdauer asymptotisch der 100%-Marke nähert.<sup>104</sup>

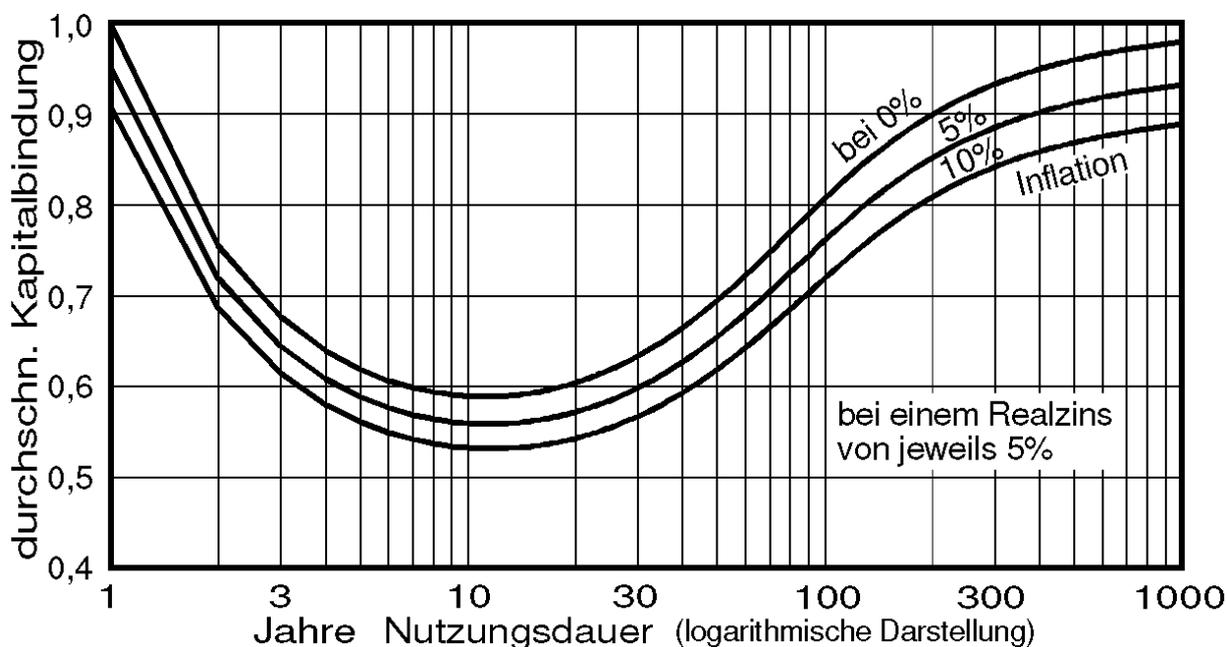


Abb. 2: durchschnittliche Kapitalbindung

Der Verlauf der Kurve "durchschnittliche Kapitalbindung abhängig von der Nutzungsdauer" läßt sich vereinfacht über die Annuitätenformel ableiten, indem für die verschiedenen

104) Zur Herleitung des Funktionsverlaufs wurde ein mathematisches Modell entworfen, mit dem bei gegebener Nutzungsdauer, gegebenem Nominalzins und gegebener Inflationsrate die durchschnittliche Kapitalbindung ermittelt wurde. Im Rechenmodell wird eine Investition über die gesamte Nutzungsdauer fremdfinanziert. Für die Tilgung der Investition wird ein Abschreibungsrückfluß, der linearen Abschreibungen entspricht, berücksichtigt. Darüber hinaus muß noch ein über alle Jahre gleicher Betrag angesetzt werden, der den kalkulatorischen Zinsen entspricht. Dieser den kalkulatorischen Zinsen entsprechende Betrag wird mittels computergestützter Regression so gewählt, daß am Ende der Nutzungsdauer das gesamte Kapital inklusive der in jeder Periode anfallenden Nominalzinsen wieder zurückgezahlt, aber kein neues Kapital angesammelt ist. Setzt man diesen kalkulatorischen Zins in Relation zum Realzins, erhält man die durchschnittliche Kapitalbindung.

Werte der Nutzungsdauer der kalkulatorische Zinssatz (5,0%) mit dem Prozentsatz ins Verhältnis gesetzt wird, der im Durchschnitt jährlich an Zinsen gezahlt werden muß (3,172%). In diesem Beispiel bezieht sich der Realzinssatz auf 63% des Wiederbeschaffungswertes.

Im Schaubild sind zwei weitere Kurvenverläufe eingezeichnet. Diese unterstellen eine Inflationsrate von 5% bzw. von 10% und sind nicht über die Annuitätenmethode, sondern nur mit dem hier verwendeten Regressionsverfahren berechenbar. Je höher die Inflationsrate ist, desto niedriger ist die durchschnittliche Kapitalbindung. Das deutet auf eine "Finanzierungswirkung der Inflation" hin: Eine hohe Inflationsrate erleichtert die Finanzierung einer Investition. Dieser Effekt zeigt jedoch nur eine geringe Auswirkung, wie aus Abb. 2 ersichtlich ist.

Für die Zeiträume der Nutzung 10, 30 und 100 Jahre ergeben sich die folgenden jährlichen kalkulatorischen Kosten (Abschreibungen und Zinsen) in Prozent der einmaligen Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten: (5% Realzins und 3% Inflation)

10 Jahre:	13%
30 Jahre:	6,4%
100 Jahre:	4,9%. <sup>105</sup>

Diese Werte werden in der vorliegenden Arbeit zur Umrechnung einmaliger Herstellungs- oder Anschaffungskosten in kalkulatorische Kosten verwendet.

#### 2.1.7.2 Kalkulatorische Zinsen bei nicht-monetären Größen unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten

Wie im letzten Kapitel dargestellt, können monetäre, einmalige Investitionskosten mit sehr geringen Ermessensspielräumen in jährliche kalkulatorische Kosten umgerechnet werden. Schwieriger gestaltet sich die Aufgabe der Umrechnung bei nicht-monetären gesamtwirtschaftlichen Größen. Zentrales Problem ist hierbei, ob und in welcher Höhe Zinsen angesetzt werden sollen. Hierfür gibt es zwei in sich plausible Überlegungen, die jeweils zum gegenteiligen Ergebnis kommen.

Die Idee, Zinsen genauso auf nicht-monetäre Größen anzusetzen wie auf monetäre, stammt aus der Volkswirtschaftslehre. Da das Geld nur ein "Schmiermittel" der Volkswirtschaft ist, und zwar insbesondere als Hilfsmittel zum Tausch von Gütern fungiert<sup>106</sup>, lassen sich für nicht-monetäre Größen ebenfalls Zinsen ansetzen. Letztlich gelangt man hierbei jedoch zum gleichen Problem wie in der Kosten-Nutzen-Analyse bzw. der Standardisierten Bewertung, wo nicht-monetäre Größen monetarisiert werden.

105) Die durchschnittliche Kapitalbindung für 10, 30 bzw. 100 Jahre Nutzungsdauer beträgt laut Computer-Rechenmodell 0,5718, 0,6128 und 0,7794.

$0,5718 \cdot 5\% \text{ Realzins} + (1 / 10 \text{ Jahre}) \text{ Abschreibung} = 13\% \text{ kalkulatorische Kosten}$

106) vgl. hierzu: Felderer, Bernhard / Homburg, Stefan, Makroökonomik und neue Makroökonomik, insbes. Kapitel 25, Die Quantitätstheorie des Geldes, 3. Auflage Berlin 1987, S. 77 ff.

Wenn man dem Problem des Raubbaus an natürlichen Ressourcen gerecht werden will, dürfen Zinsen keinesfalls verwendet werden. Denn der Ansatz von Zinsen auf den Verbrauch unersetzlicher Bodenschätze würde bedeuten, daß der Konsum einer Einheit im Jahr 2100 weit weniger negativ anzusehen wäre als der Konsum dieser Einheit heute, obwohl sich die Ressourcen in beiden Fällen langfristig gleichermaßen reduzieren. Werden Zinsen fälschlicherweise angesetzt, so findet nur die relative gegenwärtige, aber nicht die absolute Knappheit Berücksichtigung<sup>107</sup>.

Aufgrund des fragwürdigen Ansatzes von Zinsen bei nicht-monetären Größen wie Energieverbrauch sollten aus der gesamtwirtschaftlichen Perspektive heraus Zinsen nicht angesetzt werden. Um beispielsweise den Energieverbrauch beim Bau eines Verkehrsweges mit dem Energieverbrauch beim Betrieb der Züge vergleichen zu können, ist deshalb einfach der Energieverbrauch beim Bau der Strecke durch die voraussichtliche Nutzungsdauer in Jahren zu dividieren. Wie später in Kapitel 2.3.4.1 dargestellt wird, reicht für die Aufgabenstellung dieser Arbeit meist die Betrachtung monetärer Größen aus, so daß die hier aufgeführte Problematik keine größere Tragweite hat.

### 2.1.8 Der Effizienzbegriff bei fixem Input oder fixem Output

In den meisten Fällen unterscheidet sich sowohl der Input als auch der Output verschiedener Maßnahmen in seinen Beträgen. In Einzelfällen aber können Maßnahmen verglichen werden, die sich *allein* durch den Output oder allein durch den Input unterscheiden.

$$(1) \frac{\text{Input (gleich)}}{\text{Output (unterschiedlich)}} \text{ oder } (2) \frac{\text{Input (unterschiedlich)}}{\text{Output (gleich)}}$$

In diesen beiden Fällen genügt es, bei (1) den Output und bei (2) den Input verschiedener Maßnahmen zu vergleichen. Bei gleichem Input (1) läßt sich aus der Aussage "Output Maßnahme A doppelt so groß wie Output Maßnahme B" direkt folgern, daß "A doppelt so effizient wie B" ist. Ein Beispiel für die Steigerung des Outputs bei gleichem Input ist die (Fahr-)Preisdifferenzierung. Zeitlich und räumlich differenzierte Preise können die am Markt abgesetzte Verkehrsleistung (Personenkilometer) steigern und vielleicht sogar zusätzlich die Fahrkartenerlöse erhöhen, ohne daß der Input geändert wird. Trotzdem liegt eine quantifizierbare Effizienzsteigerung vor.

---

<sup>107)</sup> vgl. Oettle, Karl, Die haushälterische Nutzung natürlicher Hilfsquellen (1969), a.a.O.

## 2.2 Zusammenhang zwischen Input, Output, Elastizitäten und Effizienz

### 2.2.1 Input und Output

Der *Input* einer Maßnahme des Schienenpersonenfernverkehrs stellt immer Kosten dar. Diese Kosten müssen jedoch nicht zwangsläufig monetär bewertet sein, sondern können auch naturale Größen wie Beanspruchung von Flächen oder Energie verkörpern. Der *Output* läßt sich im wesentlichen auf zwei verschiedenen Ebenen konkretisieren. Er kann *produktionstechnischer Art* sein, wie die Minute Fahrzeitverkürzung oder ein Sitzplatzkilometer. Die Fahrzeit ist eines mehrerer qualitativer Angebotsmerkmale, der Sitzplatzkilometer gibt die Quantität des Angebots an. Trifft ein so charakterisiertes Angebot auf dem Markt mit der Nachfrage zusammen, so entsteht eine am Markt abgesetzte Leistung, der Output *marktlicher Art*. Die Quantität der am Markt abgesetzten Leistung wird im Schienenpersonenverkehr mit der Einheit "Personenkilometer" gemessen.

### 2.2.2 Produktions- und Nachfrageelastizitäten

Wie viele Personenkilometer bei gleichem Input abgesetzt werden können, hängt von zwei Fragen ab:

- Wieviel Output (produktionstechnischer Art) bzw. welche Ausprägung von Angebotsmerkmalen läßt sich bei einem gegebenen Input realisieren?
- Wie verhält sich die Nachfrage bei gegebenem Angebot?

Die selben Fragen lassen sich bei einer Grenzbetrachtung stellen:

- Um wieviel erhöht sich der Output (produktionstechnischer Art) bzw. die Ausprägung von Angebotsmerkmalen, wenn ein Produktionsfaktor um eine Einheit erhöht wird? (*entspricht Produktionselastizität*)<sup>108</sup>
- Um wieviel steigt die Nachfrage, wenn die Ausprägung eines Angebotsmerkmals um eine Einheit erhöht wird? (*entspricht Nachfrageelastizität*)

Beide Elastizitäten können vom Betreiber bzw. vom Entscheidungsträger nicht bzw. nur schwer beeinflußt werden. Produktionselastizitäten sind häufig technisch bzw. natural bedingt. Beispielsweise liegen – bei gleichem Output – die Baukosten eines Tunnels im Vergleich zu den Baukosten einer oberirdischen Strecke um den Faktor drei bis fünf höher. Daß der Energieverbrauch eines Zuges mit zunehmender Geschwindigkeit überproportional steigt, ist physikalisch begründet. Nachfrageelastizitäten (bezogen auf die qualitativen Angebotsmerkmale wie Fahrzeit oder Fahrpreis) werden von der Gesellschaft, von deren Wirtschaftssystem und letztlich von den individuellen Gewohnheiten bestimmt. Sie sind u. a. abhängig vom Wirtschaftswachstum, vom Grad der Arbeitsteilung, vom Freizeitverhalten, von der Mobilität hinsichtlich des Wohnorts.

---

108) Sellien (Hrsg.), Gabler Wirtschaftslexikon, a.a.O., Sp. 1482, Produktionselastizität: "Relative Änderung der Produktionsmenge aufgrund einer relativen Änderung der Einsatzmenge des Faktors".

### 2.2.3 Produktionstechnische und marktliche Effizienz

Aussagen zur Effizienz können zwischen dem Input und dem Output produktionstechnischer Art (*Effizienz produktionstechnischer Art*) oder zwischen dem Input und dem Output marktlicher Art (*Effizienz marktlicher Art*) getroffen werden. Die folgende Darstellung veranschaulicht die erläuterten Zusammenhänge zwischen Input, Output, Elastizitäten und Effizienz.

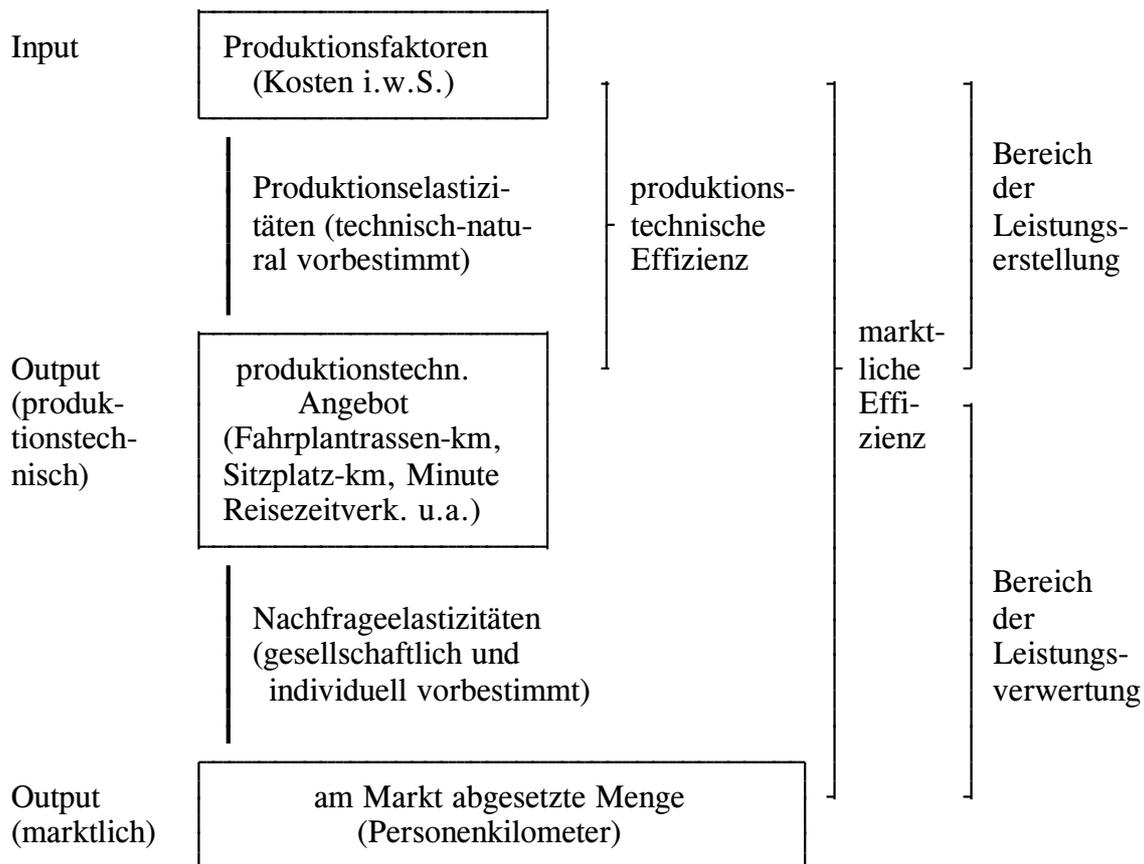


Abb. 3: Elastizitäten und Effizienz innerhalb des betrieblichen Leistungsprozesses

Die Bezeichnungen "produktionstechnische Effizienz" und "marktliche Effizienz" werden in dieser Arbeit wie folgt verwendet: Bei der produktionstechnischen Effizienz werden die Kosten einer Maßnahme ins Verhältnis zur Verbesserung des Angebots gesetzt, bei der marktlichen Effizienz ins Verhältnis zur Erhöhung der am Markt abgesetzten quantitativen Leistung, dem Personenkilometer. Die *produktionstechnische Effizienz* ist allein abhängig von Produktionselastizitäten, während die *marktliche Effizienz* sowohl von Produktions- als auch von Nachfrageelastizitäten abhängig ist. Aufgrund dieser zweifachen Abhängigkeit der marktlichen Effizienz ergibt sich, daß die marktliche Effizienz schwieriger quantifizierbar ist als die produktionstechnische. So kann z. B. bei einer Anhebung der Geschwindigkeit der IC-Züge von 160 km/h auf 200 km/h auf einem bestimmten Streckenabschnitt aufgrund technisch-naturaler Zusammenhänge (Produktionselastizität) die Kosten der

Minute Reisezeitverkürzung (produktionstechnische Effizienz) bestimmt werden; um die Kosten der Gewinnung eines zusätzlichen Personenkilometers (marktliche Effizienz) zu ermitteln, ist darüber hinaus noch die Kenntnis über die Anzahl der zusätzlich verkauften Personenkilometer pro Minute Reisezeitverkürzung (Nachfrageelastizität) erforderlich.

### **2.3 Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr**

Vor der Bestimmung möglicher Effizienzkriterien muß dargestellt werden, welche Input- und Outputgrößen für eine Effizienzbetrachtung überhaupt denkbar sind und in welchem Zusammenhang sie zueinander stehen. Analog zur Systematisierung der Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr können die Input- und Outputgrößen in ähnlichen Ebenen dargestellt werden (siehe auch letzte Seite).

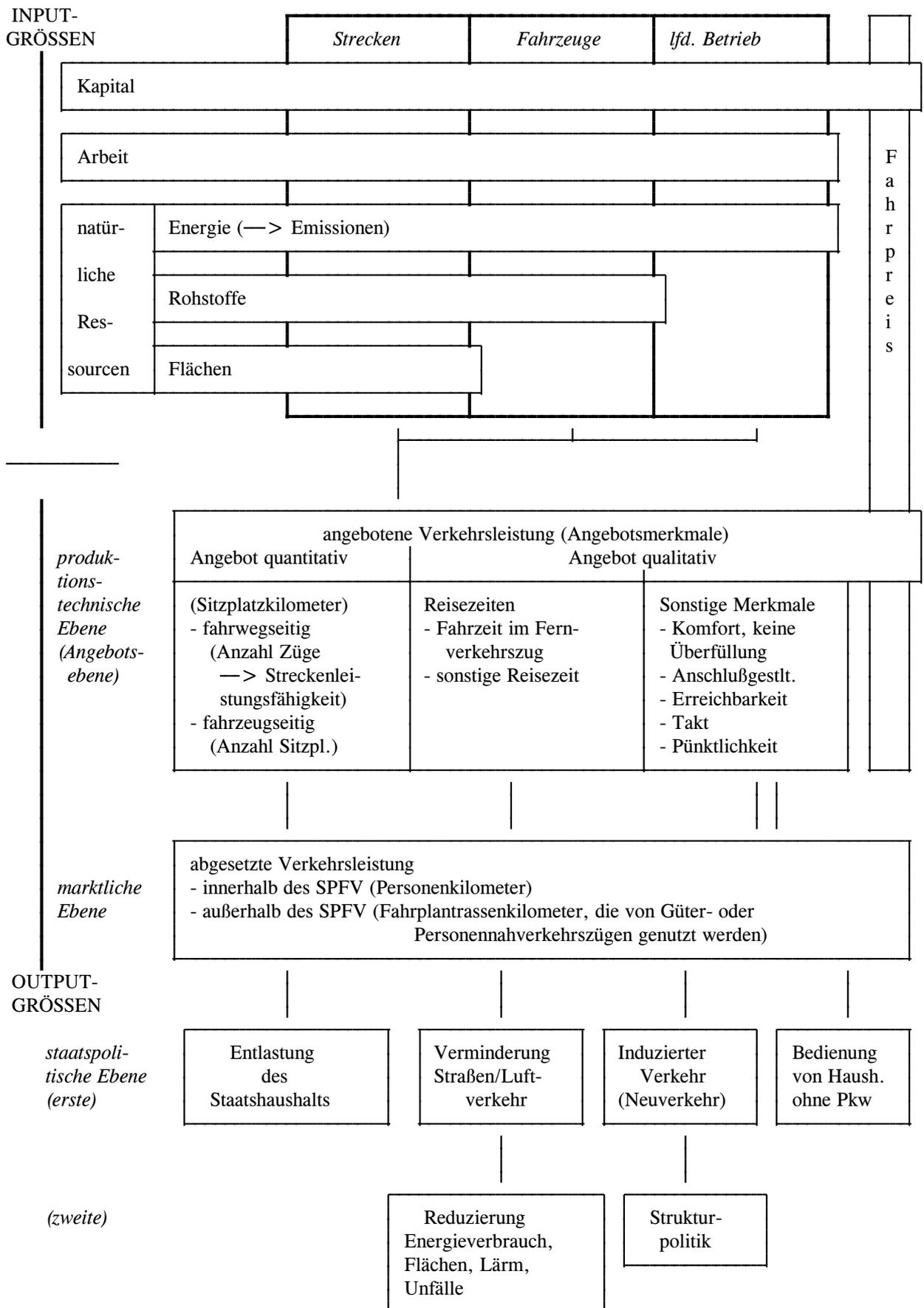


Abb. 4: Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr

### 2.3.1 Inputgrößen

Die Inputgrößen des Schienenpersonenfernverkehrs können in die drei makroökonomischen Produktionsfaktoren Arbeit, natürliche Ressourcen und Kapital unterteilt werden. Jeder dieser drei Produktionsfaktoren tritt in den drei Produktionsbereichen Strecke, Fahrzeug und laufender Betrieb auf.

Natürliche Ressourcen haben sich als dritter Produktionsfaktor in der neueren Volkswirtschaftslehre fest etabliert. Die Bezeichnung "Natürliche Ressourcen"<sup>109</sup> tritt heute an die Stelle der früheren engen Bezeichnung des Produktionsfaktors "Boden"<sup>110, 111</sup>. Natürliche Ressourcen können auf verschiedene Weise in Anspruch genommen werden: durch Energieverbrauch, Emissionen, Verbrauch von Rohstoffen und die Nutzung von Flächen. Im Rahmen von Effizienzbetrachtungen ist eine getrennte Behandlung von Energieverbrauch und Emissionen nicht sinnvoll. So zieht ein erhöhter Energieverbrauch in der Regel erhöhte Emissionen nach sich (mehr dazu in Kapitel 2.3.4.1).

Die drei Produktionsfaktoren können monetär oder nicht-monetär bewertet werden. Während die Monetarisierung des Produktionsfaktors Arbeit aufgrund der Existenz von Marktpreisen kaum Probleme aufwirft, ist die Monetarisierung der natürlichen Ressourcen, also die Umrechnung in den Produktionsfaktor Kapital, nicht ohne weiteres möglich.

Dem Betreiber entstehen für den verbrauchten Strom Kosten, doch deckt der Strompreis nicht in vollem Umfang die gesamtwirtschaftlichen Kosten. Ein ähnlicher Sachverhalt ergibt sich bei den Lärmemissionen. So müssen beim Bau neuer Strecken bzw. beim Ausbau bestehender Strecken seit einigen Jahren sehr strenge Lärmgrenzwerte eingehalten werden<sup>112</sup>, die die Baukosten gegenüber der bisherigen Gesetzgebung um schätzungsweise 10 bis 30% erhöhen. In diesen (monetären) Baukosten sind somit erhebliche Summen an Kosten enthalten, die verhindern sollen, daß die Emissionen in voller Höhe zu Immissionen der Anwohner werden. Ein Teil der Emissionen ist dadurch monetär abgegolten, trotzdem bleibt ein erheblicher Teil an Emissionen bestehen, ohne daß die Betroffenen dafür entschädigt werden.

In volkswirtschaftlichen Überlegungen spielt die These eine Rolle, daß in bezug auf den Rohstoffverbrauch die heutigen Preise nicht zukünftige Knappheit widerspiegeln: "Für die Preisbildung relevant ist nicht die absolute Knappheit an Vorräten von Naturgütern, sondern die relative gegenwärtige. (...) Die absolute Knappheit bleibt bei freier Preisbildung größtenteils außer Ansatz, da künftige Nutzungsmöglichkeiten bei kapitalistischer einzelwirtschaftlicher Rechnung infolge der Abzinsung um so weniger Gegenwartswert besitzen, je weiter der betrachtete Nutzungszeitraum in der Zukunft liegt und je höher der verrechnete Zins-

---

109) Böventer, Edwin von, Einführung in die Mikroökonomie, 4. Auflage München 1986, S. 144

110) Schon 1952 ersetzte der Münchner Volkswirtschaftler Friedrich Lütge "Boden" durch "Naturkräfte". Vgl. Lütge, Friedrich, Allgemeine Volkswirtschaftslehre (Skriptum), München 1953, S. 45

111) Die Ansicht von Karl Marx, Boden sei unter Kapital subsumierbar, hat sich in der Volkswirtschaftslehre nicht durchgesetzt und ist heute angesichts der umweltpolitischen Diskussion als falsch zu bezeichnen.

112) Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) 7 sowie darauf aufbauende weitere Rechtsverordnungen des Bundes

satz ist."<sup>113</sup> Das bedeutet, der gesamtwirtschaftliche Wert der Rohstoffe ist höher als ihr einzelwirtschaftlicher Marktpreis, so daß hier ebenfalls eine rein marktpreisorientierte monetäre Bewertung nicht ausreicht.

Auch bei der Inanspruchnahme von Flächen fällt der Unterschied auf zwischen dem einzelwirtschaftlichen Marktpreis und einem nicht-quantifizierbaren gesamtwirtschaftlichen Wert ökologisch bedeutsamer Flächen. So verhält sich der Marktpreis von Flächen in der Regel umgekehrt proportional zum gesellschaftlichen bzw. ökologischen Wert: Landwirtschaftlich hoch rentable Monokulturen in ausgeräumter Flur werden als ökologisch wenig wertvoll eingestuft, der Marktpreis ist aber vergleichsweise hoch. Bei Biotopen bzw. ökologisch wertvollen Flächen wie Feuchtgebieten, Mischwäldern und Magerrasen ist die (einzel-)wirtschaftliche Ausbeute und somit der Marktpreis sehr gering, trotzdem schätzt die Gesellschaft diese Flächen besonders und hält sie in der Regel für schützenswerter als die (einzel-)wirtschaftlich stärker genutzten Flächen; orientieren sich die Entscheidungsträger in erster Linie an den direkt quantifizierbaren Kosten in Form von Marktpreisen, so werden daher Verkehrsprojekte mit Vorliebe in eigentlich schützenswerten Bereichen gebaut.<sup>114</sup>

Der Fahrpreis erhält im Schaubild der Input- und Outputgrößen eine Sonderstellung, da er sowohl Input- als auch Outputcharakter hat. Aus einer Fahrpreissenkung ergeben sich reduzierte Erlöse<sup>115</sup>. Dieser Verzicht auf Erlöse stellt Opportunitätskosten dar, die in einer Effizienzbetrachtung auf der Input-Seite erscheinen. Der Inputcharakter des Fahrpreises ermöglicht beispielsweise, die Effizienz von Fahrpreissenkungen mit der Effizienz von Neubaustrecken zu vergleichen. Der Fahrpreis muß aber auch als qualitatives Angebotsmerkmal neben Reisezeiten und Komfort genannt werden. Daher hat der Fahrpreis ebenfalls einen Outputcharakter.

### 2.3.2 Outputgrößen

Bei den Outputgrößen können drei Ebenen unterschieden werden: Die produktionstechnische bzw. Angebotsebene, die marktliche und die staatspolitische Ebene.

Der Konkretisierungsgrad des Nutzens für die Gesellschaft nimmt von der produktionstechnischen zur staatspolitischen Ebene hin zu. Anders ausgedrückt, besteht für die Gesellschaft ein konkreter Nutzen von Outputgrößen der staatspolitischen Ebene, während der Nutzen der marktlichen und der produktionstechnischen Ebene noch abstrakt ist: Erst wenn Fahrzeitverkürzungen der Eisenbahn in Verminderung von Straßenverkehr "umgewandelt"

---

113) frühzeitig Oettle, Karl, Die haushälterische Nutzung natürlicher Hilfsquellen (1969), a.a.O.; ähnliche Gedanken finden sich später in Meadows, Dennis u.a., Die Grenzen des Wachstums, a.a.O. (1972) sowie Gruhl, Herbert, Ein Planet wird geplündert (1975), 3. Auflage, Frankfurt 1978, S. 66

114) Die Autobahn A92 verläuft im Bereich Freising - Moosburg weitgehend durch das Erdinger Moos und die Isarauen; die Autobahn A94 wird im Bereich Töging - Altötting durch die Innauen verlaufen; in beiden Fällen wären landwirtschaftlich genutzte Flächen als Alternative vorhanden gewesen.

115) vorausgesetzt, die Preiselastizität der Nachfrage ist kleiner eins

sind, kann ein konkreter Nutzen von Fahrzeitverkürzungen für die Gesellschaft festgestellt werden.

### 2.3.2.1 Produktionstechnische Ebene

Die produktionstechnische Ebene enthält das Angebot, das durch den Einsatz von Inputgrößen geschaffen wird. Dieses Angebot hat sowohl eine quantitative Ausprägung (gemessen in Sitzplatzkilometern) als auch eine qualitative. Das *quantitative Angebot* auf einer Bahnstrecke, der Sitzplatzkilometer, setzt sich zusammen aus der Anzahl der Züge, die über die Strecke fahren, sowie der Anzahl der Sitzplätze eines jeden Zuges. Die Anzahl der Züge muß kleiner oder gleich der Anzahl verfügbarer Fahrplantrassen (Streckenleistungsfähigkeit) sein. Wenn eine Strecke voll ausgelastet ist und somit alle Fahrplantrassen durch Zugfahrten genutzt sind, dann muß erst die Streckenleistungsfähigkeit erhöht werden, bevor die Anzahl der Züge erhöht werden kann. Das *qualitative Angebot* wird durch die qualitativen Angebotsmerkmale gekennzeichnet. Diese sind neben dem Fahrpreis zum einen die Reisezeit und zum anderen die sonstigen Merkmale: insbesondere Komfort, Anschlußgestaltung, Erreichbarkeit, Takt und Pünktlichkeit (vgl. die Aufstellung der Attraktivitätsmerkmale in Kapitel 1.1). Unter Komfort können Merkmale wie "keine Überfüllung", "höfliches Personal" und "Sauberkeit" subsumiert werden. Unter dem Merkmal "Takt" kann die Häufigkeit und die Regelmäßigkeit<sup>116</sup> des Angebots verstanden werden.

Das quantitative Angebotsmerkmal "Sitzplatzkilometer" kann verschiedene Merkmale besitzen. Riebel führt hier die räumliche Lage, die zeitliche Lage und die zeitliche Bindung der Verkehrsleistung an.<sup>117</sup> In der vorliegenden Arbeit wird im produktionstechnischen Teil (Kapitel 3) der Sitzplatzkilometer einheitlich betrachtet. Erst im marktlichen Teil (Kapitel 4) wird eine Unterscheidung vorgenommen, beispielsweise im Rahmen der Preisdifferenzierung.

Die Begriffe Streckenleistungsfähigkeit und Reisezeiten erfordern eine nähere Betrachtung.

#### 2.3.2.1.1 Zum Begriff der Streckenleistungsfähigkeit

In der Literatur wird die *Streckenleistungsfähigkeit* als die mögliche Anzahl von Zugfahrten verstanden, die auf einer Strecke verkehren können (Anzahl sog. Fahrplantrassen).<sup>118</sup> Um eine Unterscheidung zwischen zwei grundverschiedenen Sachverhalten zu ermöglichen, wird die in der Literatur seltener gebrauchte Bezeichnung *Streckenkapazität* ebenfalls verwendet und dabei vom Verfasser neu definiert.

---

116) Riebel, Paul, Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung. Grundfragen einer markt- und entscheidungsorientierten Unternehmensrechnung, 6. Auflage, Wiesbaden 1990, S. 584

117) Riebel, Paul, a.a.O., S. 583

118) vgl. etwa: Runge, Wolf-Rüdiger, Streckenkapazität - Einflußparameter und ihre Bedeutung, in: ETR 1-2/1993, S. 77

Durch Investitionen in eine Strecke kann die *Streckenkapazität* erhöht werden. Dies geschieht durch den Bau zusätzlicher Gleise oder durch den Einbau einer besseren Signaltechnik. Zusätzliche Gleise können entweder neben den bestehenden Gleisen oder als unabhängig davon verlaufende Neubaustrecke verlegt werden. Die bessere Signaltechnik ermöglicht kürzere Abstände zwischen den Zügen und wird durch kürzere Blockabstände bzw. durch Computer Integrated Railroading (CIR) geschaffen. Ohne daß die Streckenkapazität erhöht wird, d. h. ohne Investitionen in Strecken, läßt sich allein durch ein verändertes Betriebsprogramm die *Streckenleistungsfähigkeit*, d. h. die Anzahl der möglichen Zugfahrten, erhöhen. Das kann beispielsweise erreicht werden durch das Streichen von Nahverkehrshalten, so daß die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten Zug (Nahverkehrszug) und dem schnellsten Zug (IC) kleiner und so die Anzahl der möglichen Zugfahrten (Fahrplantrassen) erhöht wird.

#### *Wahlmöglichkeiten der Nutzung von Streckenkapazität*

Eine durch zusätzliche Gleise und/oder bessere Signaltechnik zusätzlich geschaffene Streckenkapazität kann auf viererlei Weise genutzt werden:

- *Zusätzliche Streckenleistungsfähigkeit:* Es fahren mehr Züge als vorher.
- *Mehr Pünktlichkeit:* Es fährt kein Zug zusätzlich, dafür ist mehr "Luft" zum Auffangen von Verspätungen vorhanden (entspricht dem Begriff Betriebsqualität).
- *Unterschiedlichere Geschwindigkeitsniveaus:* Die Geschwindigkeit der schnellsten Zuggattung (meist IC) wird angehoben und/oder die Geschwindigkeit der langsamsten Zuggattung wird gesenkt (z. B. zusätzlicher Halt eines Nahverkehrszuges). D. h. der Homogenitätsgrad der Geschwindigkeit wird geringer.<sup>119</sup>
- *Dichtere Zugartenfolge:* Der Takt wird verdichtet und somit der "Verschnitt" (die Leerzeit) vergrößert. Die Zugartenfolge wird definiert als die Zeitspanne, nach der sich der Wechsel von langsamen zu schnellen Zügen wiederholt. Diese Zeitspanne entspricht in der Regel dem Takt von IC/ICE-Zügen und von anderen Zuggattungen: Verkehren IC/ICE-Züge in halbstündlichen Zugpulks, so führt dies auf einer Mischverkehrsstrecke jede halbe Stunde sowohl zu einem Wechsel von langsamen zu schnellen Zügen als auch zu einem Wechsel von schnellen zu langsamen Zügen.

Jede der Möglichkeiten der Nutzung von Streckenkapazität konkurriert mit den jeweils anderen Möglichkeiten. Das heißt z. B. konkret: Wenn ohne Änderung der Streckenkapazität und ohne Änderung von Zugartenfolge und Streckenleistungsfähigkeit (= Anzahl möglicher Züge) die Differenz zwischen langsamstem und schnellstem Zug angehoben wird, dann verschlechtert sich die Pünktlichkeit.

---

119) Eine Darstellung des Einflusses der Mischung der Zuggeschwindigkeiten auf die Streckenleistungsfähigkeit findet sich auch in: Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 73 ff.

### *Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit*

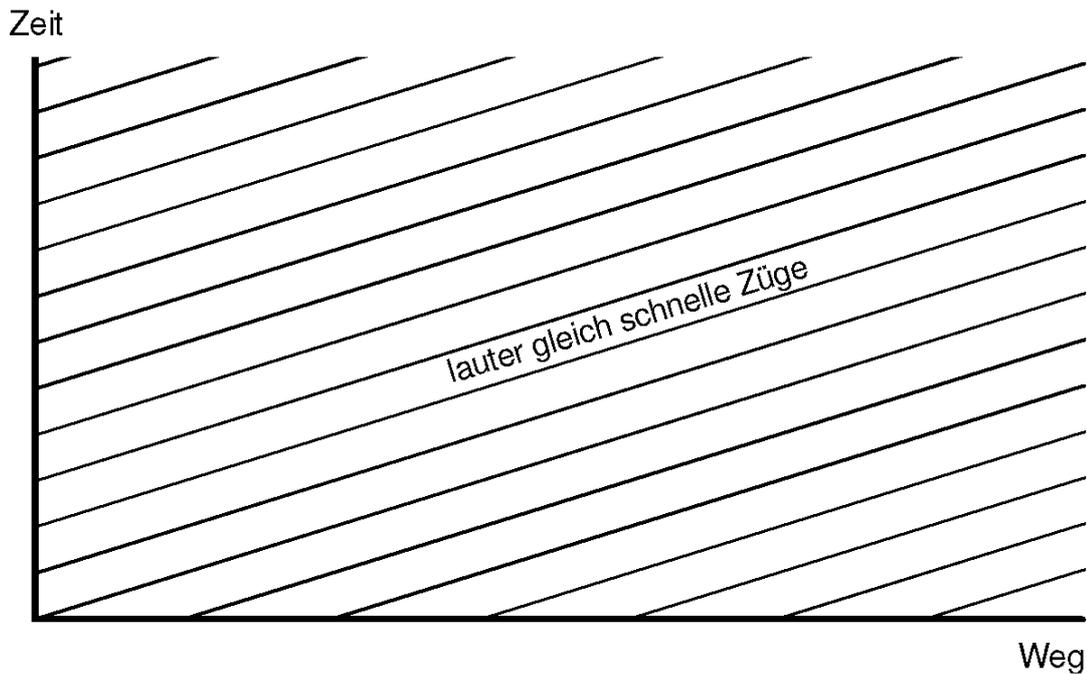
Der gleiche Sachverhalt kann von einer anderen Seite betrachtet werden: Stellt man die Streckenleistungsfähigkeit in den Mittelpunkt, so können die Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit aufgezählt werden. Dies sind zum einen die Streckenkapazität und zum anderen das Betriebsprogramm.

Einflußgrößen	Streckenkapazität		Betriebsprogramm		
	Anzahl Gleise	Signaltechnik	Pünktlichkeit	Homogenitätsgrad der Geschwindigk.	Zugartenfolge
Erhöhung durch	Investitionen in Strecken		Änderung Betriebsprogramm		
	Bau zusätzlicher Gleise	CIR	geringere Pünktlichkeit	Angleichung Geschwindigkeit	dichtere Zugartenfolge

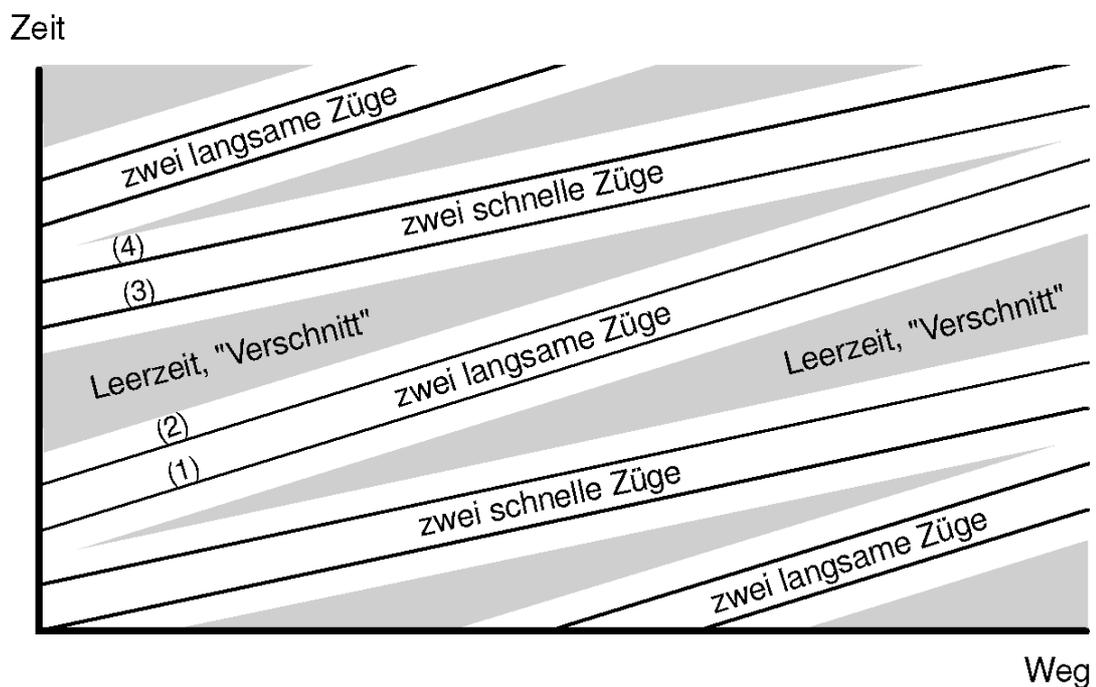
$$\begin{array}{c}
 \text{Streckenlei-} \\
 \text{stungsfähigkeit} \\
 \text{(Züge pro Std. =} \\
 \text{pro Richtung)}
 \end{array}
 = \frac{\text{Anzahl Gleise} \cdot 60}{\text{minimale Zugfolgezeit}} \cdot f \text{ (Homogenitätsgrad, Zugartenfolge)}$$

*Abb. 5: Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit*

Die Streckenleistungsfähigkeit wird in der maximal möglichen Anzahl von Fahrten pro Zeiteinheit pro Richtung gemessen. Wiederholt sich ein Fahrplan jede Stunde aufgrund der Einführung von Taktfahrplänen, was mehr und mehr als Standard betrachtet werden kann, so genügt zur Ermittlung der Streckenleistungsfähigkeit die Betrachtung einer einzigen Stunde. Die Streckenleistungsfähigkeit kann dann als maximale Anzahl von Zügen pro Stunde und Richtung ausgedrückt werden. Hierbei spricht man von der Anzahl "Fahrplantrassen". Fahrplantrassen sind vergleichbar mit grünen Ampelphasen im Autoverkehr, wobei mit einer grünen Ampelphase nicht zwangsläufig eine Autofahrt verbunden sein muß, sondern nur die Möglichkeit von Fahrten besteht. Die bei "Streckenleistungsfähigkeit" angegebenen Zahlenwerte entsprechen, wenn nicht anders angegeben, der Anzahl der Fahrplantrassen und sind somit Spitzen- und nicht etwa Durchschnittswerte.



*Abb. 6a: Beispielhafter Bildfahrplan mit gleichen Zuggeschwindigkeiten  
 Alle Züge verkehren mit gleicher Geschwindigkeit.  
 Aufteilung der Gesamtzeit in 100% Nutzzeit, 0% Leerzeit*



*Abb. 6b: Beispielhafter Bildfahrplan mit unterschiedlichen Zuggeschwindigkeiten  
 Reduzierung der Zugzahl gegenüber geschwindigkeitshomogenem Verkehr abhängig von  
 Geschwindigkeitsdifferenz und Zugartenfolge (z. B. Stundentakt, Halbstundentakt);  
 Aufteilung der Gesamtzeit in z. B. 60% Nutzzeit, 40% Leerzeit*

Der Einfluß von unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf die Streckenleistungsfähigkeit läßt sich im sogenannten Bildfahrplan graphisch veranschaulichen (siehe Abb. 6). Eine Fahrplantrasse wird als Linie im Zeit-Weg-Diagramm dargestellt. Die Geschwindigkeit eines Zuges ist aus der Steigung der Linie ersichtlich: Die Linien für langsame Züge verlaufen steiler als die schneller Züge. Fahren alle Züge gleich schnell (Abb. 6 oben), kann die gesamte Zeitspanne durch Zugfahrten genutzt werden, der Faktor der Nutzzeit beträgt 1,0. Fahren die Züge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, ergeben sich Verschnittflächen (in der Abbildung grau schattiert) oder "Leerzeiten". Der Faktor der Nutzzeit reduziert sich auf z. B. 0,6, der Faktor der Leerzeit beträgt dann  $1 - 0,6 = 0,4$ . Können bei einem Faktor der Nutzzeit von 1,0 beispielsweise 10 Züge pro Stunde und Richtung verkehren, so sind es bei einem Faktor der Nutzzeit von 0,6 nur noch 6 Züge.

Wird durch eine Maßnahme eine Zeitspanne in Höhe der minimalen Zugfolgezeit im Bildfahrplan gewonnen, so kann diese Zeitspanne genau durch eine zusätzliche Fahrplantrasse genutzt werden. Eine zusätzliche Güterzug-Fahrplantrasse muß aber dann an eine bestehende bzw. an ein Bündel bestehender Güterzug-Fahrplantrassen angehängt werden, genauso muß eine weitere ICE-Fahrplantrasse an bestehende ICE-Fahrplantrassen angehängt werden, weil sonst die Zugartenfolge dichter werden würde und so eine erneute Leerzeit entstünde: Um zwischen den zwei langsamen Zügen (1) und (2) (siehe Abb. 6) einen zusätzlichen schnellen Zug einzufügen, müßte eine weitaus größere Zeitspanne zur Verfügung stehen als die minimale Zugfolgezeit. Um einen zusätzlichen schnellen Zug zwischen (2) und (3) oder zwischen (3) und (4) einzufügen, ist dagegen nur die Zeitspanne der minimalen Zugfolgezeit erforderlich. Da die Regel, einen zusätzlichen Zug an einen Pulk gleicher Zugart anzufügen, im Fahrplan meist problemlos berücksichtigt werden kann, gilt der Grundsatz, daß eine neu geschaffene Fahrplantrasse durch einen Zug einer beliebigen Zuggattung genutzt werden kann, wenn auf der Strecke diese Zuggattung schon verkehrt. Dieser Sachverhalt erleichtert sehr den theoretischen Umgang mit der Streckenleistungsfähigkeit.

Da sich nach dieser Definition die Streckenleistungsfähigkeit auf eine Stunde bezieht, ergibt sich als eine wichtige Einflußgröße die Division

$$\frac{60 \text{ (Minuten)}}{\text{minimale Zugfolgezeit (Minuten)}}$$

Dieser Bruch stellt die Anzahl möglicher Zugfahrten pro Stunde dar, wenn alle Züge gleich schnell fahren. Beträgt die minimale Zugfolgezeit 5 Minuten, so können pro Stunde  $60/5 = 12$  Züge verkehren. Diese minimale Zugfolgezeit kann durch CIR verringert werden, ohne daß sich die Betriebsqualität verschlechtert. Wenn eine hohe Betriebsqualität und somit ein hoher Pünktlichkeitsgrad gefordert wird, dann kann diese minimale Zugfolgezeit größer gewählt werden. Wird darauf weniger Wert gelegt, so können kürzere Zugfolgezeiten akzeptiert werden. Eine gute Betriebsqualität erfordert, daß für den unvermeidlichen Verspätungsfall die Züge signaltechnisch vorübergehend in dichterem Abstand fahren müssen, als dies im Regelfall, also bei Einhaltung des Fahrplans, erforderlich ist. Bei einer Verspätung muß daher die im Fahrplan vorgesehene minimale Zugfolgezeit unterschritten

werden können. Um beispielsweise fahrplanmäßig einen Abstand von nur drei Minuten bei guter Betriebsqualität realisieren zu können, müssen im Ausnahmefall Zugfolgen von 90 Sekunden möglich sein, damit nicht die Verspätung eines Zuges wie beim "Umfallen von Dominosteinen" zu Verspätungen bei nachfolgenden Zügen führt. Festzuhalten ist hier insbesondere, daß die minimale (fahrplanmäßige) Zugfolgezeit sowohl von der realisierten Signaltechnik als auch vom gewünschten Grad der Pünktlichkeit beeinflusst wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten von Zügen auf demselben Gleis können nicht alle Züge in der minimalen Zugfolgezeit verkehren. Zumindest in Deutschland findet der Schienenpersonenfernverkehr auf Bahnstrecken statt, auf denen Mischbetrieb mit unterschiedlich schnellen Zügen herrscht oder die zumindest für Mischbetrieb konzipiert sind (ICE mit 250 km/h, Güterzüge mit 120 km/h). Zwar werden die 1991 in Betrieb genommenen Neubaustrecken derzeit tagsüber nur von Fernreisezügen befahren<sup>120</sup> und nachts fast nur von Güterzügen; doch selbst der Personenzugverkehr wird hier sowohl mit ICE- als auch mit IC-Garnituren betrieben und stellt somit einen Mischverkehr mit leicht unterschiedlichen Geschwindigkeiten dar. Die geplanten "Personenzugstrecken" Köln – Frankfurt und Stuttgart – Ulm mit dreimal so großen Maximalsteigungen wie bei den bisherigen Neubaustrecken sind bei genauerer Betrachtung wiederum Mischverkehrsstrecken, da sie von leichten, schnellen Güterzügen (160 km/h), von ICE-Zügen (250 km/h) sowie von lokbespannten IC- und IR-Zügen (200 km/h) befahren werden sollen. Im übrigen wird weltweit im Schienenpersonenfernverkehr nur auf sehr wenigen Strecken vollkommen geschwindigkeitshomogener Eisenbahnverkehr betrieben, nämlich auf den meisten Neubaustrecken des TGV sowie im Netz des japanischen Shinkansen. Nur auf solchen Strecken erübrigen sich Überlegungen zum Homogenitätsgrad.

Funktion der Nutzzeit: (Zahlenwerte: 0,00 ... 1,00)

Nutzzeit = f ( Homogenitätsgrad, Zugartenfolge )

Leerzeit = 1 - Nutzzeit

Die dargestellte Funktion der "Nutzzeit" stellt die anteilig nutzbare Zeit dar, in der auf der Mischverkehrsstrecke tatsächlich im minimalen Zugfolgeabstand Züge verkehren können. Ein konkretes Anwendungsbeispiel soll den Zusammenhang verdeutlichen.

---

120) vgl. Jansch, Eberhard, Die schnellen Züge haben sich bewährt, in: Internationales Verkehrswesen 4/1992, S. 136 ff.

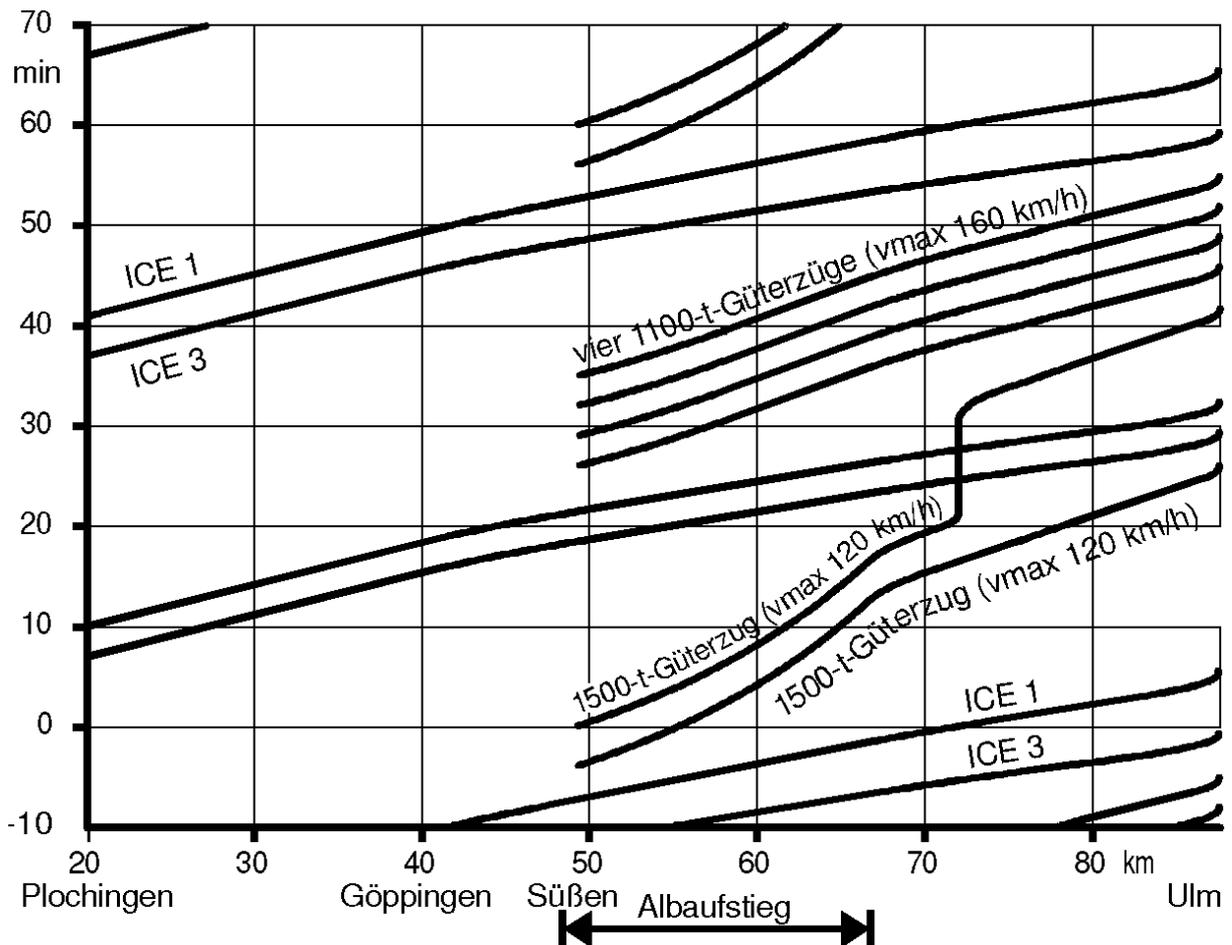


Abb. 7: Aus- und Neubaustrecke Stuttgart – Ulm, Variante K Bereich Alaufstieg  
Bildfahrplan mit schnellen ICE-Zügen (flache Linien) und 120 bzw. 160 km/h langsamen Güterzügen (steilere Linien) sowie einer Zugüberholung (senkrechter Bereich einer Linie)

Im Rahmen der Planung einer Neu- und Ausbaustrecke Stuttgart – Ulm wurde ein zweigleisiger Neubauabschnitt von Süßen (Fils) nach Ulm mit einer relativ geringen, aber langen Steigung über die Schwäbische Alb diskutiert (siehe Abb. 7). Davor und danach schließen sich viergleisige Abschnitte mit ausreichender Streckenkapazität an. Für den erwähnten Engpaß Süßen – Ulm benötigt ein ICE der dritten Generation nur 11 Minuten Fahrzeit, während ein mittelschwerer Güterzug (1500 Tonnen Anhängelast) für die gleiche Strecke 30 Minuten benötigt.<sup>121</sup> Sieht man erst einmal von möglichen Zugüberholungen (vgl. senkrechter Abschnitt einer Linie in Abb. 7) ab, so muß, bevor ein ICE nach einem Güterzug auf die Strecke geschickt werden darf, nicht nur die Zeitspanne der minimalen Zugfolgezeit (3 Minuten) vergangen sein. Zusätzlich muß der "Verschnitt" (oder die "Leerzeit") von 30 – 11 = 19 Minuten abgewartet werden, damit der den Güterzug einholende ICE nicht mit jenem kollidiert. Faßt man die schnellen ICE-Züge und die langsamen Güterzüge zu stündlich verkehrenden Zugpulks mit jeweils homogener Geschwindigkeit zusammen, so müssen pro Stunde von den 60 Minuten Gesamtzeit 19 Minuten Leerzeit abgezogen werden, um zur tatsächlich nutzbaren Zeit zu gelangen. So können von den 60 Minuten nur 41 für den Zugverkehr im minimalen Zugfolgeabstand genutzt werden.

Inzwischen versuchen die Fahrplanabteilungen, zwischen wichtigen Zentren wie etwa Stuttgart und München im ICE/IC-Verkehr einen Halbstundentakt zu realisieren, d. h. die Zugartenfolgezeit von 60 Minuten zu halbieren. Das bedeutet, daß sich jede halbe Stunde ein Wechsel von langsamen zu schnellen Zügen wiederholt. Von den 60 nutzbaren Minuten im betrachteten Streckenabschnitt bleiben nur noch  $60 - (2 \cdot 19) = 22$  Minuten tatsächlich nutzbare Zeit übrig, somit entsteht rund  $2/3$  Leerzeit, im Bildfahrplan als ungenutzte dreieckige Fläche erkenntlich. Die Streckenleistungsfähigkeit sinkt also drastisch. Die erwähnte Funktion  $f$  (Homogenitätsgrad, Zugartenfolge) nimmt demnach in diesem Beispiel den Wert von rund  $2/3$  im Falle des Stundentaktes und von rund  $1/3$  im Falle des Halbstundentaktes an.

Allgemein gilt der Zusammenhang

$$f \left( \begin{array}{l} \text{Homogenitätsgrad,} \\ \text{Zugartenfolge} \end{array} \right) = \frac{60 - \frac{60 \cdot \text{Fahrzeitdifferenz}}{\text{Zugartenfolge}}}{60},$$

wobei Zugartenfolge und Fahrzeitdifferenz in Minuten angegeben werden und sich die Fahrzeitdifferenz aus der Fahrzeit des langsamsten Zuges minus der Fahrzeit des schnellsten Zuges ergibt.

---

121) vgl. Vieregg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung zur Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Ulm, Kommentierung der Varianten K und H sowie weiterführende Vorschläge, Gutachten im Auftrag des Ingenieur-Geologischen Instituts Westheim, München, Juni 1992

Dieser Zusammenhang bedeutet, daß mit steigender Differenz der Geschwindigkeiten von langsamstem und schnellstem Zug die Leistungsfähigkeit der Strecke gesenkt wird und somit für das qualitative Angebotsmerkmal "Fahrzeitverkürzung" ein Teil der möglichen quantitativen Verkehrsleistung geopfert werden muß. In Kapitel 2.3.4.2 wird näher auf diese Konkurrenzbeziehung zwischen der Streckenleistungsfähigkeit und den Fahrzeiten der IC/ICE-Züge eingegangen.

*Zugüberholungen*, bei denen der langsame Zug in einem Überholbahnhof so lange hält, bis der schnelle Zug vorbeigefahren ist, sind in der Regel ein fester Bestandteil des Betriebsprogramms auf zweigleisigen Mischverkehrsstrecken. Je geringer der Homogenitätsgrad der Geschwindigkeit ist, desto häufiger sind Zugüberholungen erforderlich. Zugüberholungen führen dazu, daß eine längere Strecke, die nach der oben genannten Formel gar nicht im Mischverkehr betrieben werden kann, in einzelne Abschnitte von Überholbahnhof zu Überholbahnhof zerlegt werden kann. Der Vorteil ist, daß die kürzere Wegstrecke sowohl von den schnelleren als auch von den langsameren Zügen in einer kürzeren Zeit als ohne Zugüberholung durchfahren wird und somit die Leerzeit reduziert wird. Der Nachteil ist die Notwendigkeit eines zusätzlichen Beschleunigungs- und Verzögerungsvorganges sowie einer Wartezeit des langsameren Güterzuges, so daß die Geschwindigkeit des Güterzuges und somit der Homogenitätsgrad der Geschwindigkeit weiter gesenkt wird. Der letztgenannte Effekt führt dazu, daß bei der Unterschreitung eines bestimmten Homogenitätsgrades trotz Zugüberholungen ein Mischverkehr nicht mehr stattfinden kann. Die oben genannte Formel bleibt daher im wesentlichen auch dann gültig, wenn Zugüberholungen stattfinden.<sup>122</sup>

#### 2.3.2.1.2 Die Bedeutung des Angebotsmerkmals Reisezeit

Die Reisezeit spielt bei den weiteren Überlegungen eine besondere Rolle, weil

- eine Verbesserung dieses Angebotsmerkmals in besonders hohem Maße Ressourcen bindet,
- alle Staatsbahnen ein besonderes Augenmerk auf dieses Angebotsmerkmal werfen
- und auf Ausbaustrecken, bei denen keine zusätzlichen Gleise vorgesehen sind, eine fatale Konkurrenzbeziehung zwischen den Fahrzeiten und der Streckenleistungsfähigkeit besteht.

Da die Trassenführungen der Fernbahnen überwiegend vor 1880 entstanden, eignen sich nur wenige Strecken für höhere Geschwindigkeiten. Die Fernstraße als konkurrierender Verkehrsträger im Fernverkehr wurde dagegen immer attraktiver: Die in den sechziger und siebziger Jahren gebauten Autobahnen erlauben aufgrund ihrer Trassierung Geschwindigkeiten von meist über 200 km/h, oft sogar 300 km/h. Nur die in den dreißiger Jahren gebauten Autobahnen sind für 120 km/h trassiert. Zwar können Autos aufgrund hoher

---

122) Die konkrete Arbeit an Bildfahrplänen hat ergeben, daß bei einer Geschwindigkeit der schnellsten Züge von 160 bis 200 km/h Zugüberholungen noch vorteilhaft sind. Bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h sind hingegen Zugüberholungen nur noch in Einzelfällen sinnvoll.

Verkehrsdichte oder technischer Beschränkungen nur in den seltensten Fällen die "Entwurfsgeschwindigkeit" moderner Autobahnen voll ausfahren, doch ergibt sich aufgrund der mit dem Pkw möglichen Verbindung von Haus zu Haus ohne Zeitverlust durch Zubringerverkehrsmittel im Gegensatz zur Eisenbahn eine hohe durchschnittliche Reisegeschwindigkeit. Was die Länge der Fahrzeiten betrifft, ist die Eisenbahn daher heute nur selten mit dem Auto konkurrenzfähig. Daraus kann jedoch nicht zwangsläufig gefolgert werden, die Eisenbahn müsse "um jeden Preis" schneller werden, da gerade eine Verbesserung des Angebotsmerkmals Fahrzeitverkürzung in hohem Maße Ressourcen (Inputs) bindet.

#### 2.3.2.2 Marktliche Ebene

Die marktliche Ebene (vgl. Abb. 4) betrifft die am Markt abgesetzte Leistung, und zwar beim Schienenpersonenfernverkehr speziell Personenkilometer. Der Betrag dieser Leistung ergibt sich aus der Ausprägung der Angebotsmerkmale sowie aus den Nachfrageelastizitäten. Für jedes qualitative Angebotsmerkmal gibt es eine Nachfrageelastizität: Preiselastizität der Nachfrage, Reisezeitelastizität der Nachfrage, Komfortelastizität der Nachfrage usw. Diese Nachfrageelastizitäten können vom Betreiber kaum beeinflusst werden und sind im wesentlichen gesellschaftlich und individuell bestimmt.

Eine vorhandene Nachfrage kann jedoch nicht zu einer abgesetzten Verkehrsleistung werden, wenn die Anzahl der angebotenen Sitzplatzkilometer zu gering bemessen ist: Die quantitative angebotene Leistung, also die Anzahl der angebotenen Sitzplatzkilometer, ist eine Nebenbedingung zur Schaffung von Personenkilometern. Anders ausgedrückt: Die quantitative angebotene Leistung ist eine Voraussetzung, ohne die die qualitativen Angebotsmerkmale ins Leere greifen. Wenn das Angebot quantitativ zu eng bemessen ist, d. h. aufgrund niedriger Streckenleistungsfähigkeit zu wenig Züge und/oder Züge mit zu wenig Sitzplätzen fahren, dann erhält diese quantitative Seite des produktionstechnischen Angebots eine qualitative Bedeutung: Durch Überfüllung und den Zwang für Reisende, während der Fahrt zu stehen, wird die Angebotsqualität erheblich eingeschränkt.

Es sind Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs denkbar, die nicht nur einen Nutzen für den Schienenpersonenfernverkehr, sondern auch für den Personennahverkehr und Güterverkehr stiften. Dazu zählt insbesondere die Schaffung zusätzlicher Streckenkapazität mittels Neu- und Ausbaustrecken. Der Güterverkehr und Personennahverkehr profitieren selbst dann von einer Neubaustrecke, wenn auf dieser kein Personennahverkehr oder Güterverkehr stattfindet. Da die Altstrecke von schnellen Personenzügen entlastet wird, kann sie zusätzliche Personennahverkehrs- und/oder Güterzüge aufnehmen oder es wird auf der Altstrecke die Betriebsqualität erhöht. Ein Nutzen von Neu- und Ausbaustrecken für den Personennahverkehr und den Güterverkehr ist erst recht gegeben, wenn diese Züge direkt auf den neu geschaffenen Gleisen verkehren. Um Neu- und Ausbaustrecken bewerten zu können, ist deshalb in der marktlichen Ebene nicht nur die abgesetzte Verkehrsleistung *innerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs (*Personenkilometer*), sondern auch

außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs zu berücksichtigen. Dies wären die abgesetzten Personenkilometer im Nahverkehr sowie die abgesetzten Tonnenkilometer. In der vorliegenden Arbeit zum Thema "Schienenpersonenfernverkehr" werden diese Maßeinheiten jedoch zur Vereinfachung ersetzt: eine sinnvolle Maßeinheit für die Verkehrsleistung, die *außerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs genutzt wird, ist der *nutzbare Fahrplantrassenkilometer (außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs)* ; denn solch ein Fahrplantrassenkilometer kann sowohl von Personennahverkehrszügen als auch von Güterzügen genutzt werden.

### 2.3.2.3 Staatspolitische Ebene

Die staatspolitische Ebene (vgl. Abb. 4) enthält die primären Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr und stellt somit den höchsten Konkretisierungsgrad des Nutzens für die Gesellschaft dar. Alle vorgelagerten Outputgrößen sind Zwischenergebnisse zur Erreichung der Outputgrößen dieser Ebene. Die Höhe der Outputgrößen der staatspolitischen Ebene ergibt sich aus der Höhe der am Markt abgesetzten Leistung (Personenkilometer, Fahrplantrassenkilometer außerhalb des SPFV). Die (unmittelbare) "Entlastung des Staatshaushalts" kann als einzelwirtschaftliche Größe angesehen werden, da der Staat Eigentümer der Bahn ist. Die restlichen Größen sind gesamtwirtschaftlicher Art und beeinflussen den Staatshaushalt nur indirekt, beispielsweise durch vermiedene Gesundheitskosten aufgrund einer besseren Umweltqualität.

Die unmittelbare *Entlastung des Staatshaushalts*, kurz "Entlastung des Staatshaushalts" genannt, ist besonders gut quantifizierbar und eignet sich daher für Bewertungen.

Die *Verminderung von Straßen- und Luftverkehr* führt zu einer Reduzierung von Energieverbrauch, Emissionen, Immissionen, fördert den schonenden Umgang mit Bodenschätzen, senkt Bodeninanspruchnahme, reduziert Verkehrslärm und trägt zur Verkehrssicherheit bei.

Die *Bedienung von Haushalten, die nicht über einen Pkw verfügen*, mit öffentlichen Verkehrsangeboten stellt zweifellos einen staatspolitischen Nutzen und somit eine staatspolitische Outputgröße dar (siehe Kapitel 1.1.2).

*Induzierter Verkehr*, d. h. die Steigerung des Gesamtverkehrsaufkommens aufgrund verbesserter Verkehrsinfrastruktur, ist selbst nicht gesamtwirtschaftlich vorteilhaft, entsteht jedoch zwangsläufig bei einer gesamtwirtschaftlich gewünschten *Strukturpolitik*, die die Erreichbarkeit von Orten mit Hilfe verbesserter Verkehrsinfrastruktur erhöht. Wie die folgenden Überlegungen zeigen, ist die Verwendung der Outputgrößen "Induzierter Verkehr" und "Strukturpolitik" zur Bewertung von Maßnahmen sehr problematisch, so daß sich diese Größen für Effizienzkriterien kaum eignen.

Den *induzierten Verkehr* grundsätzlich als gesamtwirtschaftlich positiv zu betrachten, ist ein heute noch weit verbreiteter Irrtum. Oettle sieht es schon 1967 als einen "Kardinalfehler der westdeutschen Wirtschaftspolitik", die "Expansion des Verkehrswesens als eine

tragende Säule unserer wirtschaftlichen Fortentwicklung anzusehen."<sup>123</sup>. Denn hier liegt eindeutig eine Verwechslung von Ursache und Wirkung vor. Cerwenka bringt diesen Sachverhalt auf den Punkt:

"In der Tat kann man" zwischen dem Bruttosozialprodukt und den Verkehrsmengen "eine positive Korrelation feststellen, aber dabei handelt es sich zunächst – wie bei jeder Korrelation – um eine rein heuristisch-phänomenologische Feststellung ohne jeden zwingenden Kausalcharakter. Ebenso könnten wir das Bruttosozialprodukt mit Abfallmengen, Scheidungsraten, Trinkwasserverbräuchen oder Kriminaldelikten korrelieren. In jedem Falle würden wir höchstwahrscheinlich solche positiven Korrelationen erhalten. Es würde aber kaum jemandem einfallen, zu fordern, wir müßten etwa mehr Abfall oder mehr Verbrecher produzieren, um unser Bruttosozialprodukt zu erhöhen. Korrelation bedeutet also keineswegs notwendigerweise Kausalität."<sup>124</sup>

Den Ausbau des Schienenpersonenfernverkehrs aus diesem Sachverhalt heraus abzulehnen, wäre jedoch sehr einseitig. Schließlich muß sich vielmehr der Ausbau des Straßen- und Luftverkehrs der Kritik Cerwenkas stellen, zumal hier der induzierte Verkehr den weitaus größeren gesamtwirtschaftlichen Schaden verursacht und darüber hinaus heute noch, trotz der Bekenntnisse vieler Politiker zur Schiene, der Schwerpunkt des Verkehrswegeausbaus weiterhin bei der Straße liegt.<sup>125</sup>

An dieser Stelle ist anzumerken, daß der Schienenpersonenfernverkehr nicht in dem Maße geeignet ist, einen positiven Beitrag zur *Strukturpolitik* zu leisten, wie dies beim Nahverkehr in der Fläche der Fall ist. "Als Teil einer Wirtschaftspolitik bzw. Raumordnungspolitik versucht die Strukturpolitik, eine unausgewogene Wirtschaftsstruktur zu verbessern bzw. zurückgebliebene Gebiete zu entwickeln"<sup>126</sup>. Es steht außer Zweifel, daß der Ausbau des Schienenpersonenfernverkehrs nicht nur einen positiven, sondern auch einen negativen Beitrag zur Strukturpolitik leistet: "Falls keine kompensatorischen Maßnahmen ergriffen werden, wird sich dadurch das Gefälle in der Verkehrsgunst vergrößern, das zwischen den Ballungsgebieten und großen Teilen des übrigen Siedlungsraumes besteht."<sup>127</sup> Da ein Personenkilometer im Schienenpersonennahverkehr in etwa den gleichen Nutzen in Form von Verminderung an Straßenverkehr schafft wie bei einer Verbesserung des Fernverkehrs, gleichzeitig aber der Beitrag zur Strukturpolitik viel höher ist, kann gefolgert werden, daß der Schienenpersonenfernverkehr der Forderung nach Eigenwirt-

---

123) Oettle, Grundirrtümer, 1967, a.a.O.

124) Cerwenka, Peter, Verkehrsentwicklung im Zivilisationsprozeß, Internationales Verkehrswesen 4/1992, S. 427

125) Der Verfasser hat ausgerechnet, daß der von der Bundesregierung noch nicht verfolgten Planung einer zweigleisigen Eisenbahn-Neubaustrecke Nürnberg – Hof – Vogtland/Egerland vier Autobahnprojekte (Nürnberg – Hof – Vogtland von 4 auf 6 bis 8 Fahrspuren, Neubau Marktredwitz – Plauen, Neubau Amberg – Prag, Neubau Fichtelgebirge – Egerland) mit insgesamt 14 neuen Fahrspuren an der bayerischen Grenze gegenüberstehen.

126) Leser, Hartmut / Haas, Hans-Dieter u. a., Diercke Wörterbuch der Allgemeinen Geographie, München 1989, Stichwort Strukturpolitik

127) Oettle, Karl, Die Problematik der Zielsetzung und der Organisation neuer Transportsysteme, vornehmlich einer Hochleistungsschnellbahn, in: Schienenschnellverkehr - Ein Beitrag zur Lösung gegenwärtiger und zukünftiger Probleme im Fernverkehr, Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V., Reihe B, Heft 16, Köln 1973, S. 337f.

schaftlichkeit stärker entsprechen muß als der Nahverkehr in der Fläche. Projekte mit Kostendeckungsgraden von 20 bis 50%, wie sie beim Nahverkehr in der Fläche häufig und im Schienenpersonenfernverkehr vereinzelt anzutreffen sind, sind bei letzterem grundsätzlich abzulehnen, da in diesem Fall die Verwendung der Steuergelder für den Nahverkehr in der Fläche zwangsläufig effizienter ist.

### 2.3.3 Quantifizierbarkeit der Input- und Outputgrößen

Während von der produktionstechnischen zur staatspolitischen Ebene hin der Konkretisierungsgrad des Nutzens für den Betrieb Bahn und insbesondere für die Gesellschaft zunimmt, nimmt die Quantifizierbarkeit der Outputgrößen ab.

Outputgrößen der *produktionstechnischen Ebene* stehen mit den Inputgrößen vor allem in technisch-naturalen Beziehungen, die vergleichsweise leicht ermittelt werden können. Beispielsweise lassen sich für eine Variante einer Neubaustrecke mit Hilfe der computergestützten Fahrsimulation die künftigen Reisezeitverkürzungen sehr genau ermitteln, ohne daß hierbei Prognosefehler oder Ermessensspielräume auftreten können. Für die Outputgröße Streckenleistungsfähigkeit müssen jedoch Prognosen über das allgemeine Verkehrswachstum in der Zukunft getroffen werden, falls die zu bewertende Maßnahme wesentlich mehr Streckenleistungsfähigkeit schafft, als augenblicklich benötigt wird. Schafft die Maßnahme mehr Leistungsfähigkeit, als in der Zukunft nach den Prognosen erforderlich ist, dann darf nur der Teil der Streckenleistungsfähigkeit im Effizienzkriterium berücksichtigt werden, der in der Zukunft auch genutzt werden kann.

Um die Höhe der Outputgröße der *marktlichen Ebene*, den zusätzlichen Personenkilometer, ermitteln zu können, ist nicht nur die Kenntnis über die Höhe der produktionstechnischen Outputgrößen erforderlich, sondern zusätzlich die Kenntnis über die Nachfrageelastizitäten. So muß beispielsweise bekannt sein, wieviel zusätzliche Reisende bzw. Personenkilometer mit einer Minute Reisezeitverkürzung gewonnen werden können.

Die Outputgrößen der *staatspolitischen Ebene* sind – mit Ausnahme der "Entlastung des Staatshaushalts" – besonders schwer quantifizierbar. Dabei stellt sich nicht nur das Problem, den Output im voraus zu schätzen, sondern teilweise sogar das Problem der Quantifizierung im nachhinein. Zwar läßt sich die Höhe der Fahrkartenerlöse nachträglich besonders leicht ermitteln, die Verminderung von Straßen- und Luftverkehr sowie der induzierte Verkehr lassen sich im nachhinein aber nur abschätzen, da diese Effekte von anderen überlagert werden. Wenn eine Handlungsmöglichkeit realisiert worden ist, dann können zwar deren Ergebnisse gemessen werden. Für den zu vergleichenden Null-Fall ist man jedoch wieder auf Schätzungen angewiesen, so daß der bei Effizienzbetrachtungen bedeutsame Erfolg einer Maßnahme im Vergleich zum Null-Fall wieder nur geschätzt werden kann. Dies gilt erst recht für die zweite staatspolitische Ebene im Schaubild, deren Outputgrößen indirekt über die drei Outputgrößen der ersten staatspolitischen Ebene abgeleitet werden. Beispielsweise läßt sich die Inanspruchnahme von Flächen nur schwer bewer-

ten. Hier trifft man zum einen auf die Problematik der Bewertung von Flächen (Ist ein Quadratmeter Wald gesamtwirtschaftlich "wertvoller" als ein Quadratmeter Ackerboden?). Zum anderen ist die Bestimmung überflüssig gewordener Straßenbauprojekte kaum exakt möglich (Wäre die Autobahn auch gebaut worden, wenn der Bahnstreckenausbau doch realisiert worden wäre?). Der Erfolg von Strukturpolitik entzieht sich einer Quantifizierung sogar weitgehend, da die strukturpolitischen Ziele meist nur politisch als en-block-Ziel definiert werden, wie z. B. "Stärkung der regionalen Wirtschaftsstruktur".

Beim Einsatz von Effizienzkriterien sollte daher ein möglichst niedrig konkretisierter Output Verwendung finden, also eine im Schaubild "Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr" weit oben stehende Output-Ebene, um den schwer zu bewältigenden Problemen der Quantifizierbarkeit, der Prognose sowie der Bewertung so weit wie möglich aus dem Weg zu gehen.

### 2.3.4 Komplementär- und Konkurrenzbeziehungen

Im Schaubild der "Input- und Outputgrößen" bestehen zahlreiche Komplementär- und Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Inputgrößen einerseits und der Outputgrößen andererseits. Für die weiteren Überlegungen sind zwei Beziehungsfelder von besonderem Interesse, die in diesem Kapitel näher betrachtet werden sollen: Die deutlichen *Komplementärbeziehungen zwischen den Inputgrößen* lassen den Schluß zu, daß im Regelfall eine Monetarisierung der verschiedenen Inputgrößen zweckmäßig ist; die *Konkurrenzbeziehungen zwischen den Outputgrößen der produktionstechnischen Ebene* gründen sich in erster Linie auf die Überlegungen von Kapitel 2.3.2.1.1 "Zum Begriff der Streckenleistungsfähigkeit".

Weitere Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Outputgrößen sind entweder gar nicht erkennbar oder nicht bedeutend. Da sich in der marktlichen Ebene innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs nur *eine* Outputgröße (Personenkilometer) befindet, kann sich innerhalb dieser Ebene keine Konkurrenzbeziehung ergeben. Eine Konkurrenz ergibt sich nur in geringem Umfang innerhalb der staatspolitischen Ebene, da sich die Outputgrößen dieser Ebene alle direkt vom "Personenkilometer" ableiten. Lediglich der mit dem strukturpolitisch gewünschten Ausbau der Verkehrsinfrastruktur einhergehende induzierte Verkehr kann zu Konkurrenzbeziehungen führen, da er umweltschutzpolitischen Zielen widersprechen kann.

#### 2.3.4.1 Komplementärbeziehungen zwischen den Inputgrößen

Zwischen den Inputgrößen lassen sich in erster Linie Komplementärbeziehungen feststellen.

## *Energie und Emissionen*

Die Bewegung von Massen verbraucht, entsprechend den Gesetzen der Physik, keine Energie. Genau die Energie, die beim Beschleunigen in einen Körper gesteckt wird, wird beim Bremsen wieder frei. Verkehrsmittel benötigen daher keine Energie für die Bewegung an sich, sondern nur für die Reibung. Die Antriebe haben niedrige Wirkungsgrade, die in der Größenordnung von 12% (Verbrennungsmotor) bis 80% (elektrische Eisenbahn, die ihren Strom aus Wasserkraft bezieht) liegen. Zur Fortbewegung wird daher das 1,25 bis 8-fache der Energie benötigt, die durch die Reibung verloren geht. Energie wird nie im eigentlichen Sinne "verbraucht", sondern immer nur umgewandelt, und zwar beim Verkehr insbesondere in Lärm und in Reibungswärme. 100% des Energie"verbrauchs" eines Verkehrsmittels wird somit in Emissionen umgewandelt. Demnach besteht ein exakt proportionaler Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und allen denkbaren Emissionen, wenn man die Emissionen in Energieeinheiten mißt. Die Messung von Emissionen ist jedoch nicht nur hinsichtlich ihrer Energie-Quantität, sondern auch hinsichtlich der Schadstoff-Qualität von Bedeutung. Eine Energieeinheit, mit der beispielsweise durch die Verbrennung von Benzin ein hochgiftiger Stoff entsteht, richtet weitaus größeren Schaden an als eine Energieeinheit, die lediglich ihre Umgebungsluft erwärmt. Auch wenn deshalb nicht von einer vollständigen Koppelung von Energieverbrauch mit der einhergehenden Schadstoffbelastung durch Emissionen gesprochen werden kann, läßt sich doch aus der deutlichen Korrelation von Energieverbrauch und Emissionen folgern, daß es ein Verkehrsmittel mit hohem Energieverbrauch und niedrigen Emissionen nicht geben kann. Das bedeutet, daß bei Effizienz-betrachtungen die Emissionen gar nicht separat betrachtet werden müssen, sondern schon der Energieverbrauch ausreichend zuverlässige Rückschlüsse auf die Höhe der Emissionen zuläßt<sup>128</sup>. Diese Vereinfachung ist auch bei Lärmemissionen zweckmäßig, da Lärm durch Energieaufwand erzeugte Schallwellen darstellt.

## *Energie und Rohstoffe* <sup>129</sup>

Je rohstoffintensiver die Herstellung einer Strecke oder eines Fahrzeuges ist, desto mehr Energie muß für die Gewinnung und Veredelung der Rohstoffe aufgewendet werden. Somit besteht ein Zusammenhang zwischen der Rohstoffintensität und dem Energieverbrauch beim Bau von Strecke und Fahrzeug. Gelingt es, z. B. in einem Reisezugwagen durch Anwendung des Doppelstockprinzips mehr Sitzplätze unterzubringen als bei herkömmlicher Bauweise, reduziert dies, bezogen auf den einzelnen Sitzplatz, sowohl den Energie- als auch den Rohstoffverbrauch.

---

128) Ein ähnlicher Gedankengang findet sich bei Kandler: "Da die Luftverschmutzung durch den Verkehr, ebenso wie der Großteil der sonstigen Luftverschmutzung, durch den Energieumsatz verursacht wird, kann eine Internalisierung ganz einfach am Energieeinsatz in Form einer Energieabgabe ansetzen." Kandler, Jakob, Markt und Staat im Verkehr – Wer kann die Probleme besser bewältigen?, in: Faller, Peter / Witt, Dieter (Hrsg.), Dienstprinzip und Erwerbsprinzip – Fragen der Grundorientierung in Verkehr und Öffentlicher Wirtschaft, Baden-Baden 1991, S. 98 f.

129) Rohstoffe, die nicht zur Bereitstellung von Energie verwendet werden

### *Kapital und Energie*

Geld ist ein gemeinsames Rechenmittel u. a. für Energieverbrauch, Rohstoffverbrauch und für Nutzung der menschlichen Arbeitskraft.

Tab. 2: *Energieverbrauch*<sup>130</sup> und *Baukosten*<sup>131</sup> einer zweigleisigen Bahnstrecke pro Kilometer

	Energie in Mio. kWh	Kosten in Mio. DM
oberirdisch	7	10
flache Brücke	20	25
Tunnel offene Bauweise	60	35
Tunnel bergmännisch	120	45

Aufgrund unterschiedlicher Anteile menschlicher Arbeit ergeben sich unterschiedliche Verhältnisse zwischen Energieverbrauch und Bindung von Kapital. Der Vortrieb eines bergmännischen Tunnels ist sehr technisiert, so daß die Energie einen hohen Anteil an den Gesamtkosten hat. Eine oberirdische Streckenführung erfordert dagegen anteilmäßig mehr "Handarbeit" und weniger Energieeinsatz; die Mehrkosten eines Tunnels gegenüber einer oberirdischen Strecke werden daher überwiegend für Energieeinsatz benötigt. Insbesondere bei Verkehrswegen wird daher eine starke Komplementärbeziehung zwischen dem Einsatz von Kapital und dem Energieeinsatz vorhanden sein.

Da die derzeitigen Strompreise die externen Effekte nicht berücksichtigen, liegt der gesamtwirtschaftliche Strompreis eindeutig höher als der einzelwirtschaftliche. Diesem Sachverhalt wird in der vorliegenden Arbeit Rechnung getragen, indem beispielsweise die optimale Höchstgeschwindigkeit von ICE-Zügen abhängig vom gesamtwirtschaftlichen Strompreis dargestellt wird. Der für den Bau von Verkehrswegen notwendige Energieeinsatz ist in den Herstellungskosten enthalten und wird nicht eigens aufgeführt. Da sich die vorliegende Arbeit mit einer Effizienzsteigerung des Systems Schienenpersonenfernverkehr und nicht des Gesamtverkehrssystems beschäftigt, ist dies eine sinnvolle Vereinfachung.<sup>132</sup>

### *Flächeninanspruchnahme und Kapital*

Solange keine Tunnelstrecken betrachtet werden, dürften mit steigender Flächeninanspruchnahme die Herstellungskosten des Fahrweges zunehmen – und dies nicht nur wegen der Kosten der Grundstücke, sondern auch wegen der Kosten der Behandlung von Flächen

130) Kandler, Jakob, Grundzüge einer Gesamtverkehrsplanung unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes, Berlin 1983, S. 32

131) Erfahrungswerte der DB

132) Eine solche Betrachtung des Gesamtverkehrssystems mit einer vergleichenden Darstellung des Rohstoff- und Energieverbrauchs beim Bau der Verkehrswege Eisenbahn, Straße und Kanal findet sich in: Kandler, Jakob, Grundzüge einer Gesamtverkehrsplanung unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes, Berlin 1983, S. 31 ff.

durch Versiegelung und Erdbewegung.<sup>133</sup> Im Falle von Tunnelstrecken ergibt sich ein umgekehrtes Verhältnis: Ist ein Tunnel fertiggestellt und sind die Aushubmassen in Geländemodellierungen<sup>134</sup> untergebracht, ist der Flächenbedarf des sehr geldintensiven Tunnels gleich Null. Dieser Effekt ist in der Praxis jedoch kaum relevant, da tunnelreiche Eisenbahnstrecken meist gleichzeitig aus einer Vielzahl von tiefen Einschnitten und hohen Dämmen bestehen, die wiederum überdurchschnittlich flächenintensiv sind.

Festzuhalten ist, daß zwischen der Inputgröße "Kapital" und den anderen Inputgrößen starke komplementäre Beziehungen bestehen, so daß die einzelwirtschaftliche Monetarisierung der verschiedenen nicht-monetären Inputgrößen eine im allgemeinen verantwortbare und sinnvolle Vereinfachung darstellt. Lediglich in wenigen Fällen ergibt sich kein solcher komplementärer Zusammenhang zwischen den einzelwirtschaftlichen Kosten und den gesamtwirtschaftlichen nicht-monetären Inputgrößen:

- beim Energieverbrauch der Züge (durch Strompreise, die nicht die Kosten externer Effekte abdecken)
- und bei der Inanspruchnahme von Biotopflächen u. ä. (die einen Marktpreis besitzen, der weit unter dem Wert für die Gesellschaft liegt).

#### 2.3.4.2 Konkurrenzbeziehungen zwischen den Outputgrößen der produktionstechnischen Ebene

In der produktionstechnischen Outputebene besteht ein umfangreiches System von Konkurrenzbeziehungen. Dies ergibt sich daraus, daß Streckenkapazitäten auf unterschiedliche, konkurrierende Weise genutzt werden können.

##### *Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit*

Aus den im Schaubild "Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit" (Kapitel 2.3.2.1.1) dargestellten Zusammenhängen werden diverse Konkurrenzbeziehungen deutlich. Die Einflußgröße "Streckenkapazität" ist hierbei nicht problematisch; denn der Bau von zusätzlichen Gleisen oder die Verbesserung der Signaltechnik läuft keinen anderen Größen zuwider. Anders beim "Betriebsprogramm". Hier zeigt sich deutlich, daß

- mehr Pünktlichkeit,
  - eine Anhebung der Geschwindigkeit der schnellsten Züge (zwangsläufig die Züge des SPFV)
  - und eine dichtere Zugartenfolge (z. B. Halbstundentakt statt Stundentakt)
- die Streckenleistungsfähigkeit deutlich herabsetzen.

Dies liegt daran, daß die nur baulich veränderbare Streckenkapazität immer auf viererlei Weise genutzt bzw. auf viererlei konkurrierende Angebotsgrößen aufgeteilt wird:

---

133) Mehr dazu in Kapitel 5.2.1 Einflußgrößen der Effizienz von Neubaustrecken.

134) Erddeponien, deren Oberfläche nach Fertigstellung renaturiert werden und so wieder land- oder forstwirtschaftlich bzw. zur Erholung genutzt werden können

- Streckenleistungsfähigkeit (mögliche Anzahl von Zugfahrten),
- Pünktlichkeit,
- unterschiedliche Geschwindigkeitsniveaus,
- Zugartenfolge.

Wie diese Aufteilung ausfällt, entscheidet das Betriebsprogramm. Dabei lassen sich beliebige Zusammenhänge bilden: Hält man zwei der vier Angebotsgrößen konstant, so folgt aus der Verbesserung der dritten Größe zwangsläufig eine Verschlechterung der vierten Größe. Bleiben beispielsweise Streckenleistungsfähigkeit und Zugartenfolge unverändert, so führt eine erhöhte Geschwindigkeit der IC/ICE-Züge zu einer verringerten Pünktlichkeit auf der betrachteten Strecke. Wenn die Anzahl der Züge erhöht wird, müssen bei unveränderter Zugartenfolge die Geschwindigkeitsniveaus angeglichen werden, damit nicht die Pünktlichkeit darunter leidet usw. Es ergeben sich insgesamt sechs solcher Konkurrenzbeziehungen zwischen den vier Angebotsgrößen:

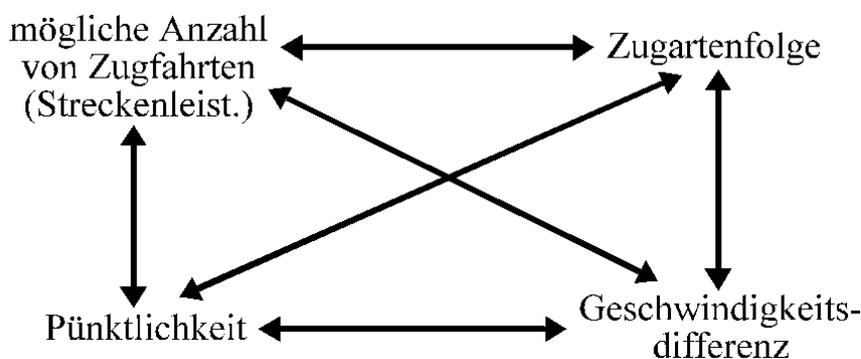


Abb. 8: Die sechs Konkurrenzbeziehungen zwischen den Möglichkeiten der Nutzung von Streckenkapazität

#### Die Konkurrenzbeziehung Reisezeitverkürzung – Streckenleistungsfähigkeit anhand konkreter Beispiele

Zwar bestehen gleichermaßen Konkurrenzbeziehungen zwischen allen vier Angebotsgrößen, aber aufgrund der großen Bedeutung von Reisezeitverkürzung einerseits und Streckenleistungsfähigkeit andererseits muß dieser Konkurrenzbeziehung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Wenn eine Neubaustrecke parallel zu einer Altstrecke gebaut wird oder wenn eine Altstrecke zwar Linienverbesserungen erhält, *gleichzeitig* aber zusätzliche Gleise geschaffen werden, dann kann die Geschwindigkeit der schnellsten Züge angehoben werden, ohne daß gleichzeitig die Streckenleistungsfähigkeit gesenkt wird; denn es werden neue Streckenkapazitäten geschaffen.

In allen Fällen, bei denen Fahrzeitverkürzungen realisiert werden, ohne zusätzliche Gleise zu legen, so im Falle von typischen Ausbaustrecken mit Linienverbesserungen oder auch beim Einsatz des "Pendolino", wird Streckenkapazität gebunden und somit die Streckenlei-

stungsfähigkeit verringert. Hierbei handelt es sich um die bedeutendste Konkurrenzbeziehung im Input- und Output-System des Schienenpersonenfernverkehrs. Zwar kann man versuchen, durch gleichzeitige Installation von CIR auf der Strecke der Senkung der Leistungsfähigkeit entgegenzusteuern, doch muß eine solche Maßnahme unabhängig von der Anhebung der Geschwindigkeit gesehen werden, zumal CIR auf den wichtigsten Hauptstrecken ohnehin installiert wird und somit auch im Null-Fall einer Ausbaumaßnahme zur Verfügung steht.

Denkbar sind einzelne Strecken, bei denen Kapazitätsprobleme nicht absehbar sind, so daß das "Opfern" von Streckenleistungsfähigkeit zur Reduzierung von Fahrzeiten auf jeden Fall verantwortbar ist. Doch sind solche Fälle nach der deutschen Wiedervereinigung selten geworden. Mehrere Projekte aus der Zeit vor der Wiedervereinigung sind jetzt, unter den geänderten Rahmenbedingungen, hinsichtlich der mit der Fahrzeitverkürzung verbundenen sinkenden Streckenleistungsfähigkeit, kontraproduktiv:

- Die erste deutsche Pendolino-Anwendungsstrecke ist die Strecke Nürnberg – Bayreuth/Hof. Durch den Eisernen Vorhang bedingt, bestanden zwischen Nürnberg und Hof Streckenkapazitäten, die nicht annähernd ausgenutzt wurden. Die Einführung des Pendolino bewirkt nun spürbare Einbußen an Leistungsfähigkeit.
- Die Ausbaustrecke Dortmund – Paderborn – Kassel wurde 1985 in den Bundesverkehrswegeplan aufgenommen. Die Planungen für die Linienverbesserungen und Geschwindigkeitsanhebungen wurden kurz vor der Grenzöffnung fertiggestellt. Die nur zweigleisige Strecke stellt nun mit ihrer Fortführung über Kassel – Eisenach – Erfurt – Leipzig bzw. Zwickau die kürzeste Verbindung der bevölkerungsreichsten Region Westdeutschlands (Rhein-Ruhr) mit der bevölkerungsreichsten Region Ostdeutschlands (Sachsen) her, so daß Kapazitätsengpässe abzusehen sind.
- Die Neu- und Ausbaustrecke Nürnberg – Ingolstadt – München wurde konzipiert, um den Personenfernverkehr Würzburg – Ansbach – Augsburg – München über Nürnberg umzuleiten und somit Nürnberg aus seiner westeuropäischen Randlage befreien zu können. Streckenkapazitäten waren noch nicht so knapp wie heute nach der Wiedervereinigung. Trotzdem wird an der ursprünglichen Konzeption derzeit festgehalten, die Züge über Nürnberg umzuleiten und dabei zwischen Würzburg und Nürnberg sowie zwischen Ingolstadt und Petershausen bei München auf den nur zweigleisigen Altstrecken die Geschwindigkeiten für IC/ICE-Züge anzuheben, ohne hier zusätzliche Gleise bzw. Neubaustrecken vorzusehen. Nach eigenen Berechnungen gehen durch die Verkürzung der Fahrzeit der halbstündlich verkehrenden ICE-Züge um nur 6 Minuten im Abschnitt Petershausen – Ingolstadt täglich 128 Fahrplantrassen verloren. Dies führt dazu, daß auf diesen nur zweigleisigen Abschnitten der jetzt prognostizierte Schienenverkehr nur mit der Verlagerung von Güterzügen auf andere Strecken (und einem damit verbundenen Fahrzeitverlust), einer erheblichen Verschlechterung der Betriebsqualität sowie durch Streichung von Nahverkehrszügen abgewickelt werden kann.

## **2.4 Konkretisierung von Effizienzkriterien für den Schienenpersonenfernverkehr**

In diesem Kapitel werden in einem ersten Schritt denkbare Effizienzkriterien aufgelistet. In einem zweiten Schritt wird untersucht, wie für eine bestimmte Fragestellung das richtige Effizienzkriterium ausgewählt werden kann – eine Problematik, die im vorangegangenen Kapitel (2.3 Input- und Outputgrößen von Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs) ansatzweise schon behandelt wurde.

### **2.4.1 Denkbare Effizienzkriterien**

In der Praxis werden statt Effizienzkriterien fälschlicherweise häufig Effektivitätskriterien verwendet. Diese betrachten den Output isoliert und sind nur dann als Entscheidungskriterium zulässig, wenn die zur Auswahl stehenden Alternativen jeweils den gleichen Input erfordern (vgl. Kapitel 2.1.8: Der Effizienzbegriff bei fixem Input oder fixem Output). In der folgenden Übersicht werden auch Effektivitätskriterien aufgeführt.

Analog zur Systematisierung der Ziele (Kapitel 1.1) sowie der Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr (Kapitel 2.3) lassen sich die Effizienz- und Effektivitätskriterien in produktionstechnische, marktliche, staatspolitische und interessengruppenbezogene untergliedern.

Die folgende Übersichtstabelle erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Es lassen sich noch weitere Kriterien finden, deren Aussagegehalt jedoch häufig eingeschränkt sein dürfte. Denn anwendbare Kriterien müssen vorstellbar sein. Demnach ist beispielsweise das Effizienzkriterium "zusätzliche Flächeninanspruchnahme pro zusätzlichem Fahrgast" möglichst zu vermeiden.

Tab. 3: Effizienz- und Effektivitätskriterien

Werte- bzw. Zielebenen	Effektivität (reine Output-betrachtung)	Effizienz (Input-Output-Verhältnis)	
		nicht-monetäre Effiz.	monetäre Effizienz
<i>produktions-technische Ebene</i>	Geschwindigkeit (Maximal-, Durchschnitts-, Luftlinien-), Fahrzeitverkürz. Kapazitäten (Plkm, Fpltrkm) allgemeine Produktmerkmale	<u>Kosten</u> min Fzvk. <u>Hektar</u> min Fzvk.  <u>Energieverbr.</u> min Fzverk. <u>Kosten</u> Fpltrkm  <u>Energieverbr.</u> Plkm <u>Kosten</u> Plkm	
<i>marktliche Ebene</i>	Personenkilometer Fahrgäste Marktanteil	<u>Kosten</u> zusätzl. Pkm  <u>investierte DM</u> zusätzl. Marktanteil	
<i>staatspolit. einzelw. Ebene</i> - DB-intern  - Staatshaushalt	Erlöse (= Umsatz) Wirtschaftsergebnis  Bundeszuschüsse		Investitionsrechnung: ■ interner Zinsfuß  ■ <u>Aufwand Verb. Wierg.</u> Ertrag invest. DM  <u>reduz. jährl. Zuschüsse</u> invest. DM (Entlastung Staatshaush.)
<i>staatspolit. gesw. Ebene</i> - Umweltschutz  - Verkehrssicherheit  - Strukturpolitik	Emissionen/Imm. - Luft - Boden - Wasser  Verkehrstote, Verletzte  Angleichung von Lebensbedingungen	<u>Kosten</u> eingesparte Emiss.  Kosten eingesparte SKE  <u>Kosten</u> eingesparte Vk.tote  Kosten der Strukturpolitik	= => volksw. Kosten-Nutzen-Analyse, Standardisierte Bewertung: Versuch einer Monetarisierung
<i>interes. gruppenbez. Ebene</i>	Auslandsaufträge Arbeitsplätze	<u>staatliche Subvention</u> Arbeitsplatz	

Abkürzungen:

SKE	Steinkohleeinheit	Fpltr	Fahrplantrasse
Fzvk	Fahrzeitverkürzung	Verb. Wierg.	Wirtschaftsergebnis
Plkm	Sitzplatzkilometer	min	Minute
zus.	zusätzlich	gesw.	gesamtwirtschaftlich
Pkm	Personenkilometer		

Die rein output-orientierten *Effektivitätskriterien* spiegeln eine heute weit verbreitete Mentalität wider: "Steuergelder kosten nichts". So wurde bei Neubau- und Ausbauprojekten der Deutschen Bundesbahn in besonderer Weise auf die "Verbesserung des Wirtschaftsergebnisses" geachtet, aber nicht gleichermaßen auf die mit dem Projekt verbundenen Kosten, die schließlich der Steuerzahler übernimmt. Richtig wäre dagegen die Betrachtung der Verbesserung des Wirtschaftsergebnisses im Verhältnis zu den Investitionskosten, also die Anwendung eines Effizienzkriteriums. Deshalb wird auf Effektivitätskriterien nicht mehr weiter eingegangen.

Die Effizienzkriterien lassen sich, wie in Kapitel 2.1.3 erläutert, in *nicht-monetäre und monetäre* einteilen. Ein monetäres Effizienzkriterium setzt sich sowohl auf der Input- als auch auf der Outputseite aus Größen zusammen, die in Geldeinheiten gemessen werden. Viele nicht-monetäre Kriterien lassen nur Vergleiche verschiedener Entscheidungsalternativen zu ("A ist effizienter als B"), während die Bewertung einer Maßnahme mit einem monetären Effizienzkriterium schon allein aussagefähig ist, ohne daß zwangsläufig ein Vergleich mit anderen Entscheidungsalternativen stattfinden muß ("A ist einzelwirtschaftlich rentabel").

In der *produktionstechnischen Ebene* bestehen nur nicht-monetäre Effizienzkriterien. "Kosten pro Minute Fahrzeitverkürzung" ist ein gut verwendbares Effizienzkriterium. Um Vergleiche zu ermöglichen, muß dieses Kriterium auf eine einheitliche Verkehrsmenge bezogen werden. "Flächeninanspruchnahme pro Minute Fahrzeitverkürzung" läßt sich nur beim Vergleich verschiedener Neubaustrecken-Varianten verwenden und dürfte nur eingeschränkte Bedeutung haben. "Kalkulatorische Kosten pro Kilometer pro zusätzlicher Fahrplantrasse" verdeutlicht die Kosten zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit. Damit lassen sich beispielsweise Neu- und Ausbaumaßnahmen mit der Schaffung leistungsfähiger Signaltechnik (CIR) vergleichen. Da zwischen den Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit Konkurrenzbeziehungen bestehen, eignet sich dieses Kriterium auch zur Quantifizierung der Kosten von Pünktlichkeit und Zugartenfolge (vgl. Kapitel 2.3.4.2).

Die *marktliche Ebene* enthält ebenfalls nur nicht-monetäre Effizienzkriterien. Weniger geeignet erscheint das Kriterium "investiertes Kapital pro zusätzliches Prozent Marktanteil", da sich der Marktanteil des Schienenpersonenfernverkehrs am gesamten Fernverkehr mit einer einzelnen Maßnahme ohnehin nur relativ gering verändern läßt. Das nicht-monetäre Kriterium "Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer" eignet sich als Entscheidungskriterium, zumal mit der Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises pro Personenkilometer eine bekannte Vergleichsgröße besteht.

Die *staatspolitisch-einzelwirtschaftliche Ebene* kann vollständig mit monetären Effizienzkriterien abgehandelt werden. Eine einzelwirtschaftliche Betrachtung kann sowohl aus der Sicht des Betriebs Bahn als auch aus der des Steuerzahlers angestellt werden. Was die bahninterne Betrachtungsweise angeht, so lassen sich die üblichen Kriterien aus der Investitionsrechnung anwenden, die allesamt Effizienzkriterien sind. Das Effizienzkriterium aus der Sicht des Steuerzahlers lautet: "Reduzierung der jährlichen Zuschüsse pro investiertes Kapital", d. h. "Entlastung des Staatshaushalts". Damit kann sich der Finanzminister ein Urteil

bilden, welche Maßnahme des Schienenpersonenfernverkehrs am effizientesten das "Haushaltsrisiko Bahn" mindert. Da die derzeitige Verrechnungspraxis, von der Bahn keine Zinsen für Investitionen in Strecken zu fordern, den Jahresabschluß der Bahn völlig verzerrt, ist die *Perspektive aus der Sicht des Staatshaushalts in der staatspolitisch-einzelwirtschaftlichen Ebene derzeit als einzige überhaupt sinnvoll*.

Die *staatspolitisch-gesamtwirtschaftliche Ebene* läßt nur nicht-monetäre Kriterien zu, wenn die Monetarisierung nicht-monetärer Größen unterbleiben soll. Die Alternative zur parallelen Anwendung verschiedener Effizienzkriterien, die Kosten-Nutzen-Analyse, erfordert eine Monetarisierung (vgl. auch Kapitel 2.1.6.1 Monetarisierung nicht-monetärer Größen). Die Anwendung von Effizienzkriterien im Bereich des Umweltschutzes wird dadurch erschwert, daß der mit der Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur stets einhergehende induzierte Verkehr sich kontraproduktiv auf die Erreichung von Zielen des Umweltschutzes auswirkt. Strukturpolitische Größen sind nur schwer einheitlich quantifizierbar, da die Bewertung des strukturpolitischer Nutzens von subjektiven politischen Wertevorstellungen abhängt.

Effizienzkriterien der *interessengruppenbezogenen Ebene* lassen sich nur schwer formulieren, zumal sie dem rationalen Ansatz des Effizienzgedankens zuwiderlaufen. Denn nach der Definition in dieser Arbeit sind interessengruppenbezogene Ziele solche, deren Verfolgung zu Lasten der Allgemeinheit gehen. Das Kriterium "staatliche Subvention pro Arbeitsplatz" könnte den Betrieb Bahn mit anderen Betrieben vergleichen, die ebenfalls Transferzahlungen vom Staat erhalten. Da die Bahn als bedarfswirtschaftlicher Betrieb nicht in erster Linie der Erhaltung von Arbeitsplätzen wegen existiert, ist der Aussagegehalt eines solchen Kriteriums erheblich eingeschränkt.

## **2.4.2 Grundsätzliche Überlegungen zur Auswahl von Effizienzkriterien**

Wie im Kapitel 2.2.3 "Produktionstechnische und marktliche Effizienz" erläutert, sollte für Effizienzbetrachtungen ein Effizienzkriterium Verwendung finden, dessen Konkretisierungsgrad des Nutzens möglichst niedrig ist, d. h. in der Tabelle der Effizienzkriterien möglichst weit oben steht. Die Ermittlung der relevanten Größen ist dann am einfachsten und am wenigsten mit Prognosefehlern behaftet. Zieht man im Schaubild "Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr" (Kapitel 2.3) zwischen den Input- und den Outputgrößen einen Bruchstrich, so sind die verschiedenen Inputgrößen mögliche "Zähler" und die Outputgrößen mögliche "Nenner" des Bruchs. Bei einem Vergleich verschiedener Maßnahmen ist demnach der "erste gemeinsame Nenner" zu verwenden. Werden beispielsweise die Opportunitätskosten möglicher Fahrpreissenkungen mit kalkulatorischen Kosten von Neubaustrecken verglichen, findet sich in der produktionstechnischen Ebene keine Outputgröße, die sowohl für die eine als auch für die andere Entscheidungsalternative anwendbar ist. Erst in der marktlichen Ebene steht die gemeinsam anwendbare Outputgröße "Personenkilometer". Das geeignete Effizienzkriterium lautet "Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer".

Aus dem Schaubild "Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr" (Kapitel 2.3) wird deutlich, daß die marktliche Outputgröße Personenkilometer für alle gestellten Fragen der "Effizienzsteigerung *im* Schienenpersonenfernverkehr" den erforderlichen "gemeinsamen Nenner" schafft. Die staatspolitische Ebene kann demnach bei der Wahl von Effizienzkriterien vernachlässigt werden; denn diese Ebene ist für Fragestellungen *innerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs durch die Outputgröße Personenkilometer schon abgedeckt: Für die von Schadstoffen entlastete Umwelt ist es ohne Bedeutung, ob die die Entlastung bewirkende Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene durch eine Reisezeitverkürzung oder durch eine Fahrpreissenkung erreicht wird. Anders ausgedrückt: Der gesamtwirtschaftliche Nutzen eines zusätzlichen Personenkilometers ist immer gleich, unabhängig davon, auf welchem Weg (z. B. Reisezeitverkürzung, Fahrpreissenkung) er erreicht wurde.

Speziell bei Aus- und Neubaustrecken werden zusätzlich geschaffene Kapazitäten nicht nur innerhalb, sondern auch *außerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs genutzt, und zwar durch zusätzliche Güterzüge und Personennahverkehrszüge. In diesem Fall stellt der zusätzliche Personenkilometer nicht die geeignete Outputgröße dar, sondern das einzelwirtschaftliche staatspolitische Ziel "Entlastung des Staatshaushalts", weil in diese staatspolitische Outputgröße die zwei marktlichen Outputgrößen "Personenkilometer" und "Fahrplantrassenkilometer, die von Güter- oder Personennahverkehrszügen genutzt werden" mit einfließen. Die Ermittlung der "Entlastung des Staatshaushalts" erfordert die Bildung von Preisen für den Personenkilometer (innerhalb des SPFV) und für den außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzten Fahrplantrassenkilometer. Wie später ausführlich erläutert wird, ist eine übersichtliche Darstellung möglich, bei der der Preis für den außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzten Fahrplantrassenkilometer variabel gehalten wird.

Für die Aufgabe "Effizienzsteigerung *im* Schienenpersonenfernverkehr" sind produktionstechnische und marktliche sowie im gerade erwähnten Spezialfall staatspolitisch-einzelwirtschaftliche Effizienzkriterien umfassend geeignet, da alle hiermit verbundenen Fragestellungen beantwortet werden können. Effizienzkriterien der staatspolitisch-gesamtwirtschaftlichen Ebene können jedoch für Fragestellungen, die außerhalb des Themas dieser Arbeit liegen, relevant sein, insbesondere wenn eine Maßnahme des Schienenpersonenfernverkehrs mit einer weiteren Maßnahme des Staates außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs verglichen wird. Beispielsweise läßt sich beantworten, ob hinsichtlich der Schonung von Energieressourcen die Investition von Steuergeldern in eine Neubaustrecke effizienter ist als die staatliche Förderung von Windenergieanlagen. Das gemeinsame Effizienzkriterium wäre "kalkulatorische Kosten pro eingesparte Steinkohleeinheit" und nicht der "Personenkilometer", da er nicht für beide Maßnahmen anwendbar ist.

Festzuhalten ist, daß für die Bewertung vieler Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs Effizienzkriterien produktionstechnischer und marktlicher Art geeignet sind. Bei Aus- und Neubaustrecken ist das staatspolitisch-einzelwirtschaftliche Effizienzkriterium "Entlastung des Staatshaushalts" heranzuziehen. Gesamtwirtschaftliche Effekte können im wesentlichen außer acht gelassen werden: Zum einen besteht eine starke Komplementärbe-

ziehung zwischen der einzelwirtschaftlich relevanten Inputgröße Kapital und den anderen, nur gesamtwirtschaftlich relevanten Inputgrößen (siehe Kapitel 2.3.4.1); zum anderen sind (staatspolitisch-)gesamtwirtschaftliche Effizienzkriterien für das Thema dieser Arbeit, wie eben erläutert, gar nicht erforderlich. Lediglich bei der Inanspruchnahme von Flächen (Marktwert z. B. von Biotopen entspricht nicht dem gesellschaftlichen Wert) sowie beim Energieverbrauch der Züge (nicht-internalisierte Strompreise) führt die einzelwirtschaftliche Darstellung zu völlig anderen Ergebnissen, was im weiteren Verlauf dieser Arbeit entsprechend berücksichtigt wird.

### **2.4.3 Die für den Schienenpersonenfernverkehr geeigneten Effizienzkriterien**

Alle denkbaren Maßnahmen zur Effizienzsteigerung des Schienenpersonenfernverkehrs sind in dieser Arbeit danach gegliedert, nach welchen Effizienzkriterien sie am sinnvollsten bewertet werden können. In jedem der Hauptkapitel 3, 4 und 5 werden Effizienzkriterien jeweils einer bestimmten Ebene verwendet:

Kapitel 3: Produktionstechnische Effizienzkriterien,

Kapitel 4: Marktliche Effizienzkriterien,

Kapitel 5: Staatspolitisch-einzelwirtschaftliche Effizienzkriterien.

Staatspolitisch-gesamtwirtschaftliche Kriterien müssen nach den vorangegangenen Überlegungen nicht eigens angewandt werden.

Eine wesentliche Erkenntnis in diesem Hauptkapitel "Effizienzkriterien als Maßstab der Bewertung" ist, daß Entscheidungen mit Hilfe solcher Effizienzkriterien getroffen werden sollen, deren Konkretisierungsgrad des Nutzens für den Betrieb Bahn und für die Gesellschaft möglichst gering ist, da bei diesen Kriterien die Quantifizierung am leichtesten und exaktesten möglich ist. Das bedeutet: Für möglichst viele Bewertungsaufgaben sollten produktionstechnische Effizienzkriterien verwendet werden. Da sich tatsächlich eine sehr große Zahl von Fragestellungen mit produktionstechnischen Effizienzkriterien beantworten läßt, ist dieses Kapitel das umfangreichste der Arbeit. Nur wenn eine Bewertung mit produktionstechnischen Effizienzkriterien nicht möglich ist, weil die zu betrachtenden Maßnahmen jeweils einen unterschiedlichen Output schaffen (z. B. Reisezeitverkürzung und Sitzplatzkapazität), muß das schwerer quantifizierbare marktliche Effizienzkriterium "Kosten pro Personenkilometer" herangezogen werden. Wenn dieses wiederum nicht ausreicht, weil der geschaffene Nutzen nicht nur im Schienen*personenfern*verkehr, sondern auch außerhalb davon entsteht – dies ist bei Aus- und Neubaustrecken der Fall, von deren zusätzlichen Streckenkapazitäten auch der Güterverkehr und/oder der Personennahverkehr profitieren – müssen die geschaffene Streckenkapazität, die außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzt wird, und der geschaffene Personenkilometer des Schienenfernverkehrs auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden. Dies geschieht durch das

staatspolitische Effizienzkriterium der Entlastung des Staatshaushalts, bezogen auf die einzelwirtschaftlichen Kosten, kurz "Entlastung des Staatshaushalts" genannt.

Die drei folgenden Hauptkapitel verwenden im wesentlichen folgende Effizienzkriterien:

### Kapitel 3: Produktionstechnische Effizienzkriterien

Kapitel 3.1:	Kapitel 3.2:	Kapitel 3.3:
$\frac{\text{Kosten}}{\text{Fahrplantrassen-km}}$	$\frac{\text{Kosten}}{\text{Sitzplatz-km}}$	$\frac{\text{jährliche Kosten}}{\text{Minute Reisezeitverkürzung}}$

### Kapitel 4: Marktliche Effizienzkriterien

$\frac{\text{Kosten}}{\text{Personen-km}}$	bzw.	$\frac{\text{Kosten}}{\text{zusätzlichem Personen-km}}$
--	------	---

### Kapitel 5: Staatspolitisches Effizienzkriterium

Entlastung des Staatshaushalts (in Prozent der Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten):

$$\frac{\text{Entlastung des Staatshaushalts}}{\text{Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten}} \cdot 100$$

### 3. Anwendung produktionstechnischer Effizienzkriterien

Wie in Kapitel 2.4.2 erläutert, reichen für die Behandlung zahlreicher Fragestellungen produktionstechnische Effizienzkriterien aus. Da für diese Kriterien keine Vorstellungen über Nachfrageelastizitäten benötigt und weitgehend produktionstechnisch eindeutig festgelegte Zusammenhänge betrachtet werden, sind sie leicht anzuwenden.

Prinzipiell denkbare Effizienzkriterien wurden schon im Kapitel 2.4.1 aufgezählt. Besonders gut quantifizierbar sind die Outputgrößen:

- Quantität der angebotenen Verkehrsleistung (Sitzplatzkilometer) bzw. deren Einflußgrößen
  - Streckenleistungsfähigkeit (mögliche Anzahl von Zugfahrten),
  - Fahrzeugseitige Sitzplatzkapazität (Anzahl Sitzplätze pro Zug);
- Reisezeiten.

#### *Quantität der angebotenen Verkehrsleistung (Kapitel 3.1, 3.2)*

Die Quantität der angebotenen Verkehrsleistung kann auf zweierlei Weise erhöht werden: zum einen durch eine *Erhöhung der Sitzplatzzahl pro Zug* und zum anderen durch den Einsatz zusätzlicher Züge. Ist eine Bahnstrecke schon an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, so muß, bevor ein zusätzlicher Zug eingesetzt werden kann, erst die *Streckenleistungsfähigkeit* erhöht werden. Demnach lassen sich drei Fälle zur Erhöhung der angebotenen Verkehrsleistung unterscheiden:

- (a) Erhöhung der Sitzplatzzahl pro Zug
- (b) Einsatz eines zusätzlichen Zuges (wenn die Streckenleistungsfähigkeit noch nicht ausgeschöpft ist),
- (c) Einsatz eines zusätzlichen Zuges *und zugleich* Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit (wenn die Streckenleistungsfähigkeit schon ausgeschöpft ist).

Zur Behandlung dieser drei Fälle werden zwei Themen unterschieden:

- Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit (Kapitel 3.1),
- fahrzeugseitige Erhöhung der Sitzplatzkapazität pro Zug (Kapitel 3.2).

In Kapitel 3.2.3 wird die Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Sitzplatzzahl pro Fahrzeug (a) verglichen mit solchen Maßnahmen, bei denen zusätzliche Fahrzeuge auf zusätzlich geschaffenen Fahrplantrassen (c) verkehren.

Die Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit ist mit dem folgenden Effizienzkriterium quantifizierbar:

$$\frac{\text{kalkulatorische Kosten}}{\text{zusätzl. Fahrplantrassenkilometer}}$$

Verwendet man das Kriterium

$\frac{\text{kalkulatorische Kosten}}{\text{zusätzl. Sitzplatz-km}}$

so lassen sich zusätzlich zu den Maßnahmen, die ohnehin schon mit dem oben genannten Kriterium "kalkulatorische Kosten pro zusätzlichem Fahrplantrassenkilometer" bewertet werden können, noch fahrzeugseitige Veränderungen bewerten. So kann beispielsweise die Frage beantwortet werden, ob der Bau eines zusätzlichen Gleises effizienter ist als der Einsatz von Doppelstockwagen.

### *Reisezeiten (Kapitel 3.3)*

Für die Bewertung von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung eignet sich das Kriterium

$\frac{\text{kalkulatorische Kosten}}{\text{Minute Reisezeitverkürzung}}$

Dabei soll nicht nur die Fahrzeit von Bahnhof zu Bahnhof betrachtet werden, sondern beispielsweise auch die Wartezeit am Fahrkartenschalter. In Einzelfällen kann auch noch die Erreichbarkeit des Fernverkehrsbahnhofs untersucht werden, wenn nämlich der Standort für einen Fernverkehrsbahnhof zur Disposition steht.

Betrachtet man den Sitzplatzkilometer als Outputgröße, so ist noch das Effizienzkriterium

$\frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{Sitzplatz-km}}$

von Interesse (Einheit Wh/Plkm)<sup>135</sup>, zumal der ICE hinsichtlich des Energieverbrauches schon kritisiert wurde: "Im Personenfernverkehr liegt der Primärenergieverbrauch der Bahn – entgegen allgemeiner Erwartung – erschreckend hoch."<sup>136</sup> Die Höhe des Energieverbrauches hat daher eine umweltpolitische und letztlich das Umwelt-Image der Bahn beeinflussende Wirkung. Da mit der Bahn, wie im Kapitel 1 (Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr) dargestellt, in hohem Maße umweltpolitische Ziele verfolgt werden, ist die Höhe des Energieverbrauches für die Bahn bedeutender als für Auto oder Flugzeug. Auch wenn der Energieverbrauch (Wh/Plkm) in dieser Arbeit häufig erwähnt wird, so widmet sich kein Kapitel explizit diesem Kriterium. Der Energieverbrauch wird nämlich vor allem bei der Ermittlung der Effizienz von Reisezeitgewinnen interessant. Um jedoch den höheren Energieverbrauch eines schneller fahrenden Zuges mit einer Linienverbesserung oder der Einrichtung eines zusätzlichen Fahrkartenschalters vergleichen zu können, ist eine Monetarisierung des Energieverbrauches erforderlich. Da wichtige Ergebnisse in dieser Arbeit als Funktion, abhängig vom (gegebenenfalls internalisierten) Strom-

135) Wattstunden pro Sitzplatzkilometer, gemessen ab Fahrdraht; der Primärenergieverbrauch liegt, je nach Art der Stromerzeugung, um 25% (Wasserkraft oder Wärmekraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung) bis 200% (Wärmekraftwerk älterer Bauart ohne Kraft-Wärme-Kopplung) höher.

136) Saßmannshausen, Günther / Aberle, Gerd u. a., Bericht der Regierungskommission Bundesbahn, Dezember 1991, S. 52

preis, dargestellt werden, kann der mit einem fixen Strompreis verbundenen Problematik der Monetarisierung aus dem Weg gegangen werden.

Wenn insbesondere bei fahrzeugseitigen Maßnahmen nicht nur kalkulatorische Kosten in Form von Abschreibungen und Zinsen, sondern auch laufende Betriebskosten zu berücksichtigen sind, so tritt an die Stelle der kalkulatorischen Kosten der Ausdruck "jährliche Kosten". Da bei streckenseitigen Maßnahmen die Betriebs- und Unterhaltskosten nicht weiter berücksichtigt werden müssen (siehe weiter unten), werden in diesen Fällen die beiden Bezeichnungen "kalkulatorische Kosten" und "jährliche Kosten" synonym verwendet.

### **3.1 Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit**

Wie bereits erwähnt, sind Streckenkapazitäten nicht exakt quantifizierbar. Zusätzliche Streckenkapazitäten können wahlweise genutzt werden durch mehr Fahrplantrassen (Erhöhung Streckenleistungsfähigkeit), durch mehr Pünktlichkeit, durch eine dichtere Zugartenfolge oder durch eine Anhebung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten und dem schnellsten Zug. Die Anwendung von Effizienzkriterien, bei denen Pünktlichkeit und Zugartenfolge direkt betrachtet werden, ist nicht erforderlich: Da zwischen der Streckenleistungsfähigkeit und den Merkmalen des Betriebsprogramms eine direkte Konkurrenzbeziehung besteht (siehe Kapitel 2.3.4.2), kann die erhöhte Streckenleistungsfähigkeit, deren Effizienz in Kosten pro Fahrplantrassenkilometer gemessen wird, alternativ auch wie folgt genutzt werden:

- mehr Pünktlichkeit (d. h. bessere Betriebsqualität),
- unterschiedlichere Geschwindigkeitsniveaus (geringerer Homogenitätsgrad),
- dichtere Zugartenfolge (erhöhter Verschnitt bzw. erhöhte Leerzeit).

Somit sind die im Schaubild "Einflußgrößen der Streckenleistungsfähigkeit" behandelten zwei Einflußgrößen des Betriebsprogramms, Pünktlichkeit und Takt (entspricht in diesem Zusammenhang der Zugartenfolge), mit berücksichtigt.

Die Streckenleistungsfähigkeit kann erhöht werden durch eine Steigerung der Streckenkapazitäten mittels

- Neubau,
- Ausbau (speziell Bau zusätzlicher Gleise),
- CIR (Verbesserung der Signaltechnik)

oder durch eine Homogenisierung der Geschwindigkeit mittels

- stärkerer Motorisierung der Güterzüge,
- Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen.

Die Maßnahmen, die über das Betriebsprogramm zu einer Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit führen, nämlich

- geringere Pünktlichkeit,
- Verringern der Geschwindigkeit der IC/ICE-Züge und
- weniger dichte Zugartenfolge,

können nicht einer Effizienzbetrachtung unterzogen werden, da es sich nicht um Input/Output-, sondern um Output-Output-Verhältnisse handelt, wie etwa in der Mikroökonomie bei Indifferenzkurven in der Produktion.

Für die Bewertung von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit wird einheitlich das folgende Effizienzkriterium verwendet:

$$\frac{\text{kalkulatorische Kosten}}{\text{zusätzlicher Fahrplantrassenkilometer}}$$

Im Effizienzkriterium "Kosten pro zusätzlichem Fahrplantrassenkilometer" werden bei streckenseitigen Maßnahmen nur die kalkulatorischen Kosten der Investition (Abschreibungen und Zinsen) berücksichtigt. Da bei Effizienzbetrachtungen von Maßnahmen immer nur der Vergleich zwischen Entscheidungsalternativen von Interesse ist, sind solche Kosten nicht zu berücksichtigen, die bei jeder Maßnahme in gleicher Weise anfallen. Dies sind zum einen die Gemeinkosten sowie zum anderen die verschleißbedingten Unterhaltskosten von Strecken; da der Verschleiß an einer Strecke sich etwa proportional zur Zugzahl verhält, unabhängig davon, wie eine erhöhte Zugzahl zustandekommt (z. B. zusätzliches Gleis oder CIR), ist die Außerachtlassung von Unterhaltskosten im Effizienzkriterium sinnvoll. Im übrigen sind nutzungsdauerverlängernde Unterhaltskosten in Form von Abschreibungen innerhalb der kalkulatorischen Kosten berücksichtigt.<sup>137</sup> Erst beim produktions-technischen Effizienzkriterium "Kosten pro Sitzplatzkilometer" und insbesondere bei der Anwendung marktlicher Effizienzkriterien müssen die Unterhaltskosten der Strecke berücksichtigt werden, da z. B. eine engere Bestuhlung von Personenwagen statt einem zusätzlichen Gleis nicht nur Investitionskosten für den Streckenausbau, sondern auch Unterhaltskosten einspart.

In der Zeit vor einem drei- oder viergleisigen Ausbau werden meist die vorhandenen, sehr knappen Streckenkapazitäten in erster Linie für eine hohe Anzahl von Zügen (Streckenleistungsfähigkeit) auf Kosten der Pünktlichkeit verwendet. Betrachtet man nun die Effizienz eines drei- oder viergleisigen Ausbaus, so ist als Vergleichsgröße die Streckenleistungsfähigkeit der Altstrecke bei guter Betriebsqualität anzusetzen. So fahren beispielsweise heute auf der nur zweigleisigen Strecke zwischen München und Augsburg 380 Züge pro Tag in beiden Richtungen bei einer sehr schlechten Betriebsqualität. Nach einer "Faustregel" der DB für zweigleisige Mischverkehrsstrecken wären nicht mehr als 240 Züge bei guter Betriebsqualität zu bewältigen, zumal hier langsame Güterzüge zum Teil nur mit 80 km/h und schnelle Personenzüge mit bis zu 200 km/h auf demselben Gleis fahren. Baut man die Strecke viergleisig aus, wobei für die Zukunft 480 Züge pro Tag prognostiziert werden, so sind den Kosten des Ausbaus nicht  $480 - 380 = 100$  Fahrplantrassen, sondern  $480 - 240 = 240$  Fahrplantrassen gegenüberzustellen.

<sup>137)</sup> vgl. Kapitel 2.1.7.1.1 Kalkulatorische Abschreibungen und nutzungsdauerverlängernde Unterhaltskosten

Neubaustrecken und zum Teil auch viergleisige Ausbaustrecken können nicht sukzessiv in beliebig kleinen, am tatsächlichen Bedarf orientierten Schritten verwirklicht werden, so daß eine exakte Dimensionierung der Streckenleistungsfähigkeit entsprechend der erforderlichen, nachgefragten Leistungsfähigkeit nicht möglich ist. So verkehrt beispielsweise auf der Neubaustrecke Würzburg – Fulda nur ein Personenzug pro Stunde und Richtung, obwohl die hier installierte moderne Signaltechnik eine sehr kurze Zugfolgezeit zuließe. Güterzüge befahren derzeit die Strecke tagsüber gar nicht. Daher ist, falls die längerfristig benötigte Streckenleistungsfähigkeit kleiner ist als die technisch mögliche, nur die längerfristig auch tatsächlich benötigte Streckenleistungsfähigkeit zu bewerten. Dagegen kann bei Maßnahmen, die die Leistungsfähigkeit einer Strecke nicht verdoppeln, sondern nur geringfügig erhöhen, davon ausgegangen werden, daß die zusätzlich geschaffene Leistungsfähigkeit auch tatsächlich weitgehend genutzt wird: Der Bau eines dritten Gleises oder die Verbesserung der Signaltechnik kann sich schließlich auf kurze Teilabschnitte beschränken, so daß die Streckenleistungsfähigkeit einer gesamten Bahnstrecke fast stufenlos angehoben werden kann und so Überkapazitäten vermieden werden können.

Grundsätzlich gilt, daß *eine* zusätzlich gewonnene Fahrplantrasse durch *einen* Zug beliebiger Zuggattung (Nahverkehrszug, Güterzug, IC-Zug usw.) genutzt werden kann, wenn schon Züge dieser Zuggattung auf der Strecke verkehren. Der zusätzliche Zug darf jedoch immer nur einem bestehenden Zugpulk einer bestimmten Zuggattung zugefügt werden. Fahren beispielsweise drei IC-Züge im Pulk dicht hintereinander über die Strecke, so kann eine zusätzlich gewonnene Fahrplantrasse durch einen vierten IC-Zug genutzt werden, der an den bestehenden IC-Zugpulk angefügt wird; fährt zu einer bestimmten Minutenziffer ein einzelner Güterzug, so kann unmittelbar vorher oder nachher ein weiterer Güterzug auf die Strecke geschickt werden. Um Nahverkehr zu verdichten, reicht demnach eine einzelne Fahrplantrasse bei weitem nicht aus, wenn nicht ein zusätzlicher Nahverkehrszug unmittelbar vor oder nach einem bisher schon verkehrenden Nahverkehrszug gelegt werden soll (Verstärkerzug). So sind für eine Verdichtung des Nahverkehrs von beispielsweise 60 auf 30 Minuten, je nach Streckenlänge, Fahrzeugeinsatz und Fahrplan, möglicherweise 5 zusätzliche Fahrplantrassen nötig.<sup>138</sup>

### 3.1.1 Neubau von Strecken

Beim Neubau von Strecken entstehen nicht nur neue Streckenkapazitäten, sondern es ergibt sich auch die Möglichkeit, Reisezeitverkürzungen aufgrund der großzügigeren Trassenführung zu erreichen. Es wird also gleichzeitig auf zwei produktionstechnische Outputgrößen eingewirkt, ähnlich wie bei einer Kuppelproduktion mehrere Produkte erzeugt werden. Es ist methodisch schwierig, festzulegen, welcher Anteil des Investitionsbetrages einer Neubaustrecke den Fahrzeitverkürzungen und welcher der Erhöhung der Streckenkapazität

---

138) Diesen Sachverhalt kann man sich mit Hilfe von Abb. 6 verdeutlichen: Soll ein weiterer Nahverkehrszug ("langsamer Zug") nicht an den vorhandenen Zugpulk ("zwei langsame Züge") angehängt werden, sondern zwischen zwei schnellen Zügen verkehren (z. B. zwischen (3) und (4), so entstehen zwei neue Verschnittflächen, in denen keine Züge fahren können.

zuzurechnen ist. In Ausnahmefällen, wie der Neubaustrecke Ingolstadt – Nürnberg, die keine zusätzlichen Streckenkapazitäten schafft (da die südliche Anschlußstrecke keine zusätzlichen Gleise erhält), können die gesamten Kosten dem Angebotsmerkmal Fahrzeit zugeschlagen werden. In anderen Fällen werden Neubauten vorgenommen, die allein der Erhöhung der Streckenkapazität dienen. So war ursprünglich südlich von Augsburg eine 20 Kilometer lange Neubaustrecke geplant, die den räumlich beengten viergleisigen Ausbau der Bahnstrecke Mering – Augsburg vermieden und keinerlei Fahrzeitverkürzung geschaffen hätte. Auch südlich Nürnberg war eine Neubaustrecke ("Ersatzstrecke Fischbach – Roth") vorgesehen, ohne daß nur eine Minute Fahrzeitverkürzung erzielt worden wäre. Diese Neubaustrecke hätte die Strecke um 5,5 km verlängert und teilweise nur eine Geschwindigkeit von 140 km/h ermöglicht.<sup>139</sup> Die schon in Betrieb genommene Neubaustrecke Mannheim – Stuttgart schafft im Rheintal zwischen Mannheim und Graben-Neudorf lediglich 2 Minuten Fahrzeitverkürzung, so daß die Kosten zumindest zum Großteil der Erhöhung der Streckenkapazität angelastet werden können.

Das Problem der Zurechnung von Kosten in Anteile für Kapazitätssteigerung und Anteile für Fahrzeitverkürzung kann mit produktionstechnischen Effizienzkriterien nicht in befriedigender Weise quantitativ gelöst werden, da erst das staatspolitische Effizienzkriterium "Entlastung des Staatshaushalts" den gemeinsamen Nenner für die Outputgrößen "Fahrzeitverkürzung" und "zusätzliche Streckenleistungsfähigkeit" schafft. Daher werden den Streckenkapazitäten hier zunächst sämtliche Kosten angelastet, obwohl bei allen vorgestellten Beispielen auch Fahrzeitverkürzungen geschaffen werden. Es handelt sich hier um eine Vereinfachung, die erst in Kapitel 5 aufgehoben wird.

Neubaustrecken mit geringen Steigungen (maximal 12,5<sup>0</sup>/∞) unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Streckenkapazität als auch der Streckenleistungsfähigkeit nach der Begriffsklärung in dieser Arbeit nicht von solchen Strecken, die mit großen Steigungen (maximal 35 bis 40<sup>0</sup>/∞) trassiert sind, da es bei beiden Begriffen nicht um Zuglängen, sondern nur um Zugzahlen geht. Verschieden steile Strecken weisen im Regelfall hinsichtlich der Eignung für schnellen Schienenpersonenfernverkehr keine Differenzen auf. Der Unterschied besteht vielmehr im zulässigen Gewicht von Güterzügen.

### 3.1.1.1 Herstellungskosten der Neubaustrecken

Die kalkulatorischen Kosten für Neubaustrecken ergeben sich, wie im Kapitel 2.1.7.1 beschrieben, aus Abschreibung und Zins, bezogen auf die Herstellungskosten. Dabei sind die Bestandteile kürzerer Nutzungsdauer (Streckenausrüstung) von den Bestandteilen längerer Nutzungsdauer (Grundstücke, Dämme, Einschnitte, Tunnels, Brücken) zu unterscheiden. Als Preisstand der Maßnahmen werden für die gesamte Arbeit einheitlich die Jahre 1987 bis 1989 gewählt. In dieser Zeit mit geringen Inflationsraten wurden zahlreiche Bahnprojekte durchgeführt und abgeschlossen, deren Preise auch als Erfahrungswerte für neue

---

139) vgl. Deutsche Bundesbahn, ABS/NBS (Würzburg –) Nürnberg – München, Untersuchung von Alternativen in der Relation Nürnberg – München, Anlage 3: Variante über Augsburg, 1987, S. 2 f.

Planungen herangezogen werden können. Die genannten Preise sind für die noch nicht in Bau befindlichen Projekte durch die inzwischen erfolgte Inflation überholt. Die Wahl des Preisniveaus ist aber nicht weiter von Bedeutung, wenn für *alle* betrachteten Maßnahmen sowie auf beiden Seiten des Effizienz-Bruchstrichs das gleiche Preisniveau verwendet wird.

Die Kosten der Streckenausrüstung setzen sich zusammen aus Kosten für Oberbau (Schotter, Schwellen, Gleise), Oberleitung, Signal- und Fernmeldeanlagen sowie Bahnstromversorgung. Hierfür müssen rund 7 Mio. DM/km angesetzt werden.<sup>140</sup> Die restlichen Kosten, die Kosten der Bestandteile langer Nutzungsdauer, sind in erster Linie abhängig von der Anpassung der Neubaustrecke an die Landschaft. Sie schwanken pro Kilometer von 6 Mio. DM bei nahezu ebenerdiger Trassenführung bis zu 30 Mio. DM/km und mehr bei Tunnelstrecken und Talbrücken.

Die gewählten Beispiele von Neubaustrecken stellen einen repräsentativen Querschnitt hinsichtlich Herstellungskosten und Streckenleistungsfähigkeit dar.

Das bisher teuerste Projekt, die Neubaustrecke *Ebensfeld* (südlich Coburg) – *Erfurt*, hat auf einer Länge von 110 km rund 35 km Tunnelstrecken und 9 km Talbrücken. Die Herstellungskosten werden außerdem dadurch erhöht, daß über weite Strecken sehr hohe Dämme und sehr tiefe Einschnitte von 20 bis 35 Metern erforderlich sind. Insgesamt betragen die Herstellungskosten laut Bundesverkehrswegeplan '92 36 Mio. DM pro Kilometer.<sup>141</sup>

Wie im Kapitel 5.2 "Gestaltung effizienter Neubaustrecken" noch näher beschrieben wird, werden günstige Baukosten von rund 15 Mio. DM/km nur durch eine Anpassung der Trassenführung an die Landschaft erreicht. Bei solch "landschaftsangepaßten" Neubaustrecken liegt der Anteil der Kunstbauten (Brücken und Tunnels) bei unter 10%, und gleichzeitig werden Einschnittstiefen und Dammhöhen von mehr als 10 Metern möglichst vermieden. Da das Volumen der zu bewegenden Erdmassen im Quadrat der Abweichung vom Gelände ansteigt, sind Einschnittstiefen und Dammhöhen ab 30 Meter ähnlich teuer wie Tunnels oder Brücken an denselben Stellen.

Ein besonders kostengünstiges Beispiel einer Neubaustrecke ist die *Neubaustrecke Hof – Altenburg*, ein Teil der Alternativplanung<sup>142</sup> zur Aus- und Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt. Für diese alternative Trassenführung wurde groß- und kleinräumig eine besonders günstig strukturierte Landschaft gefunden. Deshalb sind nur Investitionen in Höhe von 15 Mio. DM pro Kilometer erforderlich. Diese Trasse verläuft über Hochebenen, weicht in der Höhenlage weitgehend nur maximal 10 Meter vom natürlichen Geländeverlauf ab und bleibt hierbei sogar unter der für güterzugtaugliche Neubaustrecken vorgesehenen Maxi-

---

140) vgl. Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn: Ausbau-/Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt, Erläuterungsbericht vom Dezember 1991, S. 257 ff.

141) vgl. Erläuterungsbericht zur Neu- und Ausbaustrecke Nürnberg – Erfurt, a.a.O.

142) vgl. Vieregg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung der Notwendigkeit von Ausbau-/Neubaumaßnahmen im Eisenbahnverkehr zwischen Bayern und Thüringen/Sachsen, Gutachten im Auftrag des Bund Naturschutz Bayern und der Bürgerinitiative "Das bessere Bahnkonzept", Anhang B, München/Ebensfeld Oktober 1992

malsteigung von 12,5<sup>0</sup>/∞. Auf der gesamten Trasse sind nur zwei Talbrücken zu bauen. Tunnels werden überhaupt nicht benötigt.

Die Neubaustrecke *Köln – Frankfurt* verfügt zwar nur über wenige Tunnelabschnitte, doch muß aufgrund der gewählten Trassenführung, die sich großräumig an der Autobahn orientiert, an zahlreichen Stellen die schon voll ausgebaute sechsspurige Autobahn umgebaut und häufig auch gekreuzt werden. Außerdem kann die gewünschte geringe Abweichung vom Gelände im Westerwald nicht auf der gesamten Strecke eingehalten werden. Hinzu kommen aufwendige Lärmschutzmaßnahmen, insbesondere in den dichter besiedelten Bereichen Siebengebirge und Kannenbäckerland (um Montabaur). Da die Gesetzeslage für genehmigungspflichtige Baumaßnahmen die Einhaltung strenger Lärmgrenzwerte fordert, muß die Bahn, um diese einhalten zu können, auch noch für Lärmschutz an der Autobahn aufkommen. Trotz der gewählten Maximalsteigung von 40<sup>0</sup>/∞ liegen daher die durchschnittlichen Baukosten bei 23 Mio. DM.<sup>143</sup>

Bei der Neubaustrecke *Stuttgart – Ulm* entschied sich der Bundesbahn-Vorstand für die "kostengünstigere" Variante H, die jedoch, trotz der Maximalsteigung von 35<sup>0</sup>/∞, nach dem Planungsstand von 1991 mit Gesamtkosten von 3,2 Mrd. DM (pro Kilometer 31 Mio. DM) immer noch zu den teuersten Neubaumaßnahmen im Bahnstreckennetz gehört.<sup>144</sup> Dies liegt nicht vorwiegend am bautechnisch sehr aufwendigen Alaufstieg, da dieser auf 14 Kilometer Länge begrenzt ist. Vielmehr stellen die fragwürdigen Untertunnelungen von Stuttgart und Ulm einen enormen Kostenblock dar. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, wird die gesamte Maßnahme unterteilt in die freie Strecke von Esslingen-Mettingen bis Jungingen bei Ulm sowie in die Untertunnelung von Stuttgart. Die Untertunnelung von Ulm wird nicht bewertet, da sie inzwischen nicht mehr zur Diskussion steht.

Für die Neubaustrecke *Hannover – Würzburg* wurden über 10 Mrd. DM ausgegeben, im Durchschnitt 32 Mio. DM pro Kilometer. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Abschnitte stark. Nördlich Göttingen gibt es auf 100 km Streckenlänge nur 13,7 km Tunnelstrecken<sup>145</sup> und nur wenige Brücken, während südlich Göttingen auf mehr als der Hälfte der Streckenlänge Tunnels und Talbrücken bestehen.

### 3.1.1.2 Auslastung der Neubaustrecken

Wie schon erwähnt<sup>146</sup>, muß bei einer Effizienzbetrachtung der Streckenleistungsfähigkeit von den zwei Werten *streckenseitig erreichbare Leistungsfähigkeit* und *längerfristig*

---

143) Im Bundesverkehrswegeplan 1992 ist die Neubaustrecke Köln – Frankfurt mit 5,7 Mrd. DM ausgewiesen; abgezogen werden müssen die bautechnisch aufwendigen Flughafenverbindungen von Köln (0,9 Mrd. DM) und Frankfurt (0,8 Mrd. DM), die für die Neubaustrecke nicht notwendig sind.

144) vgl. Deutsche Bundesbahn, Variantenuntersuchung für den Abschnitt Stuttgart – Ulm, Stuttgart 1991, und Vieregge, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung zur Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Ulm, a.a.O.

145) vgl. Reimers, Knut, Linkerhägner, Wilhelm (Hrsg.), Wege in die Zukunft, a.a.O., Anlage Aufrißzeichnung

146) siehe Einleitung zu Kapitel 3.1

*tatsächlich benötigte Leistungsfähigkeit* der kleinere Wert im Effizienzkriterium Berücksichtigung finden. Ist beispielsweise in den Verkehrsprognosen eine Zahl von 200 Zügen pro Tag genannt, aber aufgrund des vorgesehenen Betriebsprogramms (sehr heterogene Geschwindigkeiten) nur eine Zugzahl von 100 pro Tag bei guter Betriebsqualität realisierbar, so sind 100 Fahrplantrassen im Effizienzkriterium zu berücksichtigen. Beträgt die streckenseitige Leistungsfähigkeit 200 Züge, während die Verkehrsprognose von 100 Zügen ausgeht, ist ebenfalls eine Zugzahl von 100 im Effizienzkriterium zu verwenden. Die von der Neubaubauabteilung der Bahn angegebenen künftigen Zugzahlen dürfen nicht kritiklos übernommen werden; denn es kann vorkommen, daß für einzelne Projekte zur Rechtfertigung politischer Entscheidungen völlig unrealistisch hohe Zugzahlen angegeben werden. So wurde in den achtziger Jahren beim Bau der Neubaustrecke Würzburg – Fulda von weit mehr Zügen ausgegangen, als heute tatsächlich darauf verkehren: "Beim Bundesverkehrswegeplan 80 wurde unterstellt, daß der frachtpflichtige DB-Verkehr bis 1990 auf 415 Mio. t wachsen würde, und noch 1979 ging die Bahn bei der Rahmenplanung für Rangierbahnhöfe von einem Transportaufkommen von 390 Mio t aus. Tatsächlich waren es 1986 277 Mio t."<sup>147</sup>

Besonders eklatant sind die Zugzahlen, die derzeit für die Neubaustrecke (Nürnberg – Bamberg –) *Ebensfeld – Erfurt* angegeben werden. Vermutlich um das extrem kostenintensive Projekt gegenüber dem Finanzministerium und dem Bundesrechnungshof rechtfertigen zu können, werden Zugzahlen unterstellt, die kaum mehr einen Bezug zur Realität besitzen. So liegen die von den Planern angenommenen Zugzahlen bei über 270 Zügen pro Tag, obwohl tagsüber nur stündlich ein ICE (32 Züge pro Tag) und alle zwei Stunden ein IR (16 Züge pro Tag) darauf verkehren sollen. Der Rest sind schwere Güterzüge, die, wie Berechnungen der Betriebsabteilung der DB als auch eigene Fahrsimulationen des Verfassers ergeben haben, aus betrieblich-physikalischen Gründen gar nicht auf dieser Trasse verkehren können.<sup>148</sup> Ein Mischverkehr von ICE- und Güterzügen ist bei guter Betriebsqualität nicht möglich. Daß nachts, wenn keine ICE-Züge den Güterverkehr behindern, innerhalb von wenigen Stunden im Mischbetrieb insgesamt 220 Güterzüge verkehren werden – leichte Güterzüge mit 160 km/h sowie schwere Güterzüge mit Vorspannlok – erscheint sowohl hinsichtlich der betrieblichen Realisierbarkeit als auch hinsichtlich der Verkehrsprognosen mehr als fraglich. Dementsprechend müssen die Zugzahlen für die Neubaustrecke *Ebensfeld – Erfurt* nach unten korrigiert werden. Insgesamt ist von einer streckenseitig realisierbaren Streckenleistungsfähigkeit in Höhe von höchstens 105 Zügen pro Tag (32 ICE-Züge, 16 IR-Züge, knapp 60 Güterzüge, keine schweren Güterzüge tagsüber) auszugehen, was auch in etwa der längerfristig tatsächlich benötigten Streckenleistungsfähigkeit entsprechen dürfte.

---

147) Kandler, Jakob, Die Güterbahn – Zukunft nur mit neuem Produktionssystem?, in: Internationales Verkehrswesen 6/1987, S. 414

148) So stellt die Betriebsabteilung ernüchternd fest: "Aufgrund der derzeitigen Traktionsleistungen und der topographisch bedingten Neigungsverhältnisse (...) läßt sich (...) die erforderliche Streckenleistungsfähigkeit nicht erreichen." Vgl. Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn: Ausbau-/Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt, Erläuterungsbericht vom Dezember 1991, S. 66 f. Die Computerberechnungen des Verfassers (vgl. Viereg, a.a.O.) ergaben, daß die Güterzüge von 1800 Tonnen Anhängelast auf 1540 Tonnen geleichtert werden müssen.

Die Neubaustrecke *Würzburg – Fulda* ist mit derzeit weniger als 60 Güterzügen und nur einer ICE-Linie<sup>149</sup> relativ schwach belegt.<sup>150</sup> Da längerfristig eine zweite IC/ICE-Linie vorstellbar ist, kann mit einer erforderlichen Leistungsfähigkeit von 120 Zügen pro Tag gerechnet werden. Nördlich Fulda wird die Neubaustrecke deutlich stärker genutzt, da in Fulda der Verkehr von und nach Frankfurt/Main hinzukommt. Hier kann längerfristig mit 4 ICE-Linien und 90 Güterzügen gerechnet werden, insgesamt mit 210 Zügen pro Tag.

Bei der Neubaustrecke *Köln – Frankfurt*, oft als "Filetstück der Neubaustrecken" bezeichnet, wird von fünf ICE-Linien<sup>151</sup> und einer Regional- oder Flughafenlinie ausgegangen, sowie von einem sehr eingeschränkten Güterverkehr (geschätzt 30 sehr leichte Güterzüge<sup>152</sup> nachts). Insgesamt ergeben sich rund 210 Züge pro Tag.

Bei der Planung der Neubaustrecke *Stuttgart – Ulm*, Variante H, werden 180 Züge zugrundegelegt, davon 4 IC/IR-Linien im Stundentakt und nachts 60 leichte Güterzüge mit 800 t Anhängelast.<sup>153</sup> Das erste Drittel der Strecke, nämlich die Untertunnelung von Stuttgart, wird nur von den 120 Personenzügen genutzt.

Die vom Verfasser mit entworfene *Neubaustrecke Hof – Altenburg* läßt sich in drei Abschnitte unterteilen, an deren Grenzen jeweils Abfahrten auf andere Bahnstrecken bestehen. Auf dem südlichen Drittel (Hof – Schönberg) verkehren 6 IR- und IC/ICE-Linien und über 200 Güterzüge; dieser Abschnitt wird viergleisig ausgelegt und die kurvenreiche heutige Trasse aufgelassen. Das mittlere Drittel (Schönberg – Seelingstädt) ist noch mit 4 IR- und IC/ICE-Linien sowie mit ca. 120 Güterzügen belegt, die teilweise sogar tagsüber verkehren können, da die Steigungsverhältnisse für die schweren, langsamen Güterzüge sehr günstig sind. Für den nördlichsten Abschnitt (Seelingstädt – Altenburg) sind nur 2/3 der Züge des mittleren Abschnittes zu erwarten (statt 240 nur 180 Züge pro Tag).<sup>154</sup> Für die zweigleisige Neubaustrecke (Schönberg – Altenburg) ergibt sich eine durchschnittliche Zugzahl von 210 Zügen pro Tag.

### 3.1.1.3 Effizienz der Neubaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit

---

149) Eine (volle) IC- bzw. ICE-Linie entspricht immer rund 30 Zügen pro Tag in beiden Richtungen.

150) vgl. Rößler, Karlheinz, Umweltverträgliche Eisenbahn statt ICE- und Tunnel-Wahn: Alternativen für den Bahnverkehr zwischen Thüringen/Sachsen und Bayern, München 1993, S. 5

151) vgl. Blind, Wilhelm, Schnell und umweltbewußt: die Neubaustrecke Köln – Rhein/Main, in: Die Deutsche Bahn 10/1992, S. 1067

152) Wegen der sehr großen Steigungen wird die Anhängelast für Güterzüge auf 550 t beschränkt.

153) vgl. Deutsche Bundesbahn, Variantenuntersuchung für den Abschnitt Stuttgart – Ulm, Stuttgart 1991

154) vgl. Vieregg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung der Notwendigkeit von Ausbau-/Neubaumaßnahmen im Eisenbahnverkehr zwischen Bayern und Thüringen/Sachsen, a.a.O., S. 86 ff.

In der folgenden Tabelle werden die ausgewählten Neubaustreckenprojekte mit dem Effi-

Tab. 4: Effizienz von Neubaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit

	erforderliche Fpltr	Länge in km	Herstellkosten Mio. DM	Anteil kurzer Nutzungsdauer %	kalkul. Kosten pro Fpltrkm in DM
NBS Würzburg - Fulda	120	93	3100	23	40
NBS Fulda - Hannover	210	234	7700	25	23
NBS Köln - Frankfurt	210	170	4000	35	17
NBS Stuttgart - Ulm, Var.H					
- freie Strecke	150	75	1800	35	24
- Untertunnelung Stuttgart	120	15	1000	15	78
NBS Ebensfeld - Erfurt	105	110	4500	25	57
NBS Hof - Altenburg	210	100	1700	45	12

Festzuhalten ist, daß bei Neubaustrecken die nutzbaren Fahrplantrassen pro Kilometer meist zwischen 14 und 40 DM kosten.

Die Projekte mit kalkulatorischen Kosten von über 30 DM pro Fahrplantrassenkilometer sind alle sehr umstritten. Jener Abschnitt der Neubaustrecke Stuttgart-Ulm mit einer Streckenbelastung von nur 120 Zügen, nämlich die Untertunnelung von Stuttgart nur für Personenfernzüge, wird von Seiten der Bahn wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit nicht favorisiert.<sup>156</sup> Die Neubaustrecke (Nürnberg –) Ebensfeld – Erfurt ist ein Projekt, das nicht auf die Deutschen Bahnen zurückgeht, sondern auf den ehemaligen Bundesverkehrsminister Krause. Die Neubaustrecke Würzburg – Fulda ist der Teil der Neubaustrecke Würzburg – Hannover, der am schwächsten belastet ist; denn nördlich Fulda benutzen auch die Züge von und nach Frankfurt/Main diese Trasse. Interessanterweise ist gerade der schwach belastete, südliche Abschnitt (insbesondere im Sinntal) von Naturschützern kritisch gesehen worden, genauso wie auch die Neubaustrecke Ebensfeld – Erfurt von Vertretern des Naturschutzes abgelehnt wird, während im Korridor Köln – Frankfurt, nach langen Diskussionen, mit Naturschutzorganisationen ein Konsens für eine Neubaustrecke hergestellt werden konnte.

155) Um die kalkulatorischen Kosten pro Fahrplantrassenkilometer zu erhalten, werden die Bestandteile der Herstellungskosten kurzer Nutzungsdauer (30 Jahre) mit dem Faktor 0,064 und die Bestandteile langer Nutzungsdauer (100 Jahre) mit 0,049 multipliziert (vgl. Kapitel 2.1.7.1.3); dieser Betrag wird durch die Streckenlänge, durch die erforderlichen Fahrplantrassen und durch 365 geteilt.

156) vgl. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 11/258 vom 04.08.1992, Stellungnahme des Verkehrsministeriums zum Antrag der Abgeordneten Gerhard Stolz u.a. der Grünen; neuerdings zieht die Deutsche Bahn AG eine Untertunnelung von Stuttgart für alle Personenzüge mit Auflassung des heutigen Kopfbahnhofs in Erwägung.

Da die Neubaustrecke Ingolstadt – Nürnberg, wie schon erwähnt, keine nutzbaren zusätzlichen Streckenkapazitäten schafft, kann sie in dieser Tabelle nicht aufgeführt werden.

### **3.1.2 Ausbau von Strecken**

#### **3.1.2.1 Zum Begriff Ausbaustrecke**

Der Ausbau vorhandener Strecken umfaßt Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung und/oder zur Erhöhung der Streckenkapazität, wobei zum Teil Abschnitte neu gebaut werden und gleichzeitig die alte Trassenführung aufgelassen wird (sog. Linienverbesserung).

Üblicherweise werden Ausbaustrecken auf eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h begrenzt, während für Neubaustrecken 250 bis 300 km/h vorgesehen sind. Der Übergang zwischen Aus- und Neubaustrecke ist jedoch fließend. So wird zwischen Köln und Aachen ein zusätzliches Gleispaar für 250 km/h verlegt und dies sinnvollerweise als Ausbaustrecke bezeichnet. Zwischen Hannover und Berlin werden weitgehend entlang der klassischen, alten Schnellfahrstrecke über Stendal, die vor dem Krieg zweigleisig war, zum noch bestehenden einzigen Gleis zwei weitere Gleise für 250 km/h gelegt. Dieses Projekt wird offiziell als Neubaustrecke bezeichnet, obwohl es sich überwiegend um den Ausbau einer vorhandenen Strecke handelt und daher die Bezeichnung Ausbaustrecke angebrachter wäre. Südlich Augsburg war ursprünglich eine 20 Kilometer lange Neubaustrecke geplant, die ohne Begründung auf 200 km/h begrenzt und als Ausbaustrecke bezeichnet wurde.

Der Ausbau vorhandener Strecken umfaßt folgende Maßnahmen:

- "– Qualitative Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung
  - Linienverbesserungen und Abstandsvergrößerungen (der Gleise, Anm. d. Verf.)
  - Anpassung der Signaltechnik
  - Anpassung der Brücken
  - Anpassung der Bahnstromversorgung
- Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit
  - mehrgleisiger Ausbau von Streckenabschnitten
  - Verbesserung der Streckenblockteilung
  - Einrichtung von Gleiswechselbetrieb
  - Neubau schienenfreier Bahnsteigzugänge
  - Ergänzung von Überholungsgleisen
  - Anpassung der Bahnstromversorgung."<sup>157</sup>

Wie dies zeigt, können bei Ausbaustrecken die einzelnen Teilmaßnahmen in den meisten Fällen der Fahrzeitverkürzung einerseits und der Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit

---

157) Fischer, Georg, Die Ausbaustrecken der Deutschen Bundesbahn, in: Wege in die Zukunft a.a.O., S. 203 f.

andererseits zugeordnet werden. In diesem Kapitel sind nur die Teilmaßnahmen für Ausbaustrecken zu betrachten, die die Streckenleistungsfähigkeit erhöhen. Das Problem der Aufteilung der Kosten in die zwei verschiedenen produktionstechnischen Outputgrößen Streckenleistungsfähigkeit und Reisezeitverkürzung stellt sich bei Ausbaustrecken im Gegensatz zu Neubaustrecken in der Regel nicht.

Die Schaffung zusätzlicher Gleise ist meist in Form von Ausbaustrecken kostengünstiger als in Form von Neubaustrecken. Eine Begründung hierfür ist in der Auswahl zwischen Aus- und Neubau zu suchen: "Neue Strecken werden nur vorgesehen, wenn die Verkehrsverhältnisse durch Ausbau vorhandener Strecken nicht hinreichend den Erfordernissen angepaßt werden können. Dies ist insbesondere dort gegeben, wo vorhandene Strecken beengten topographischen Strukturen, wie z. B. Flußtäälern, folgen und der Ausbau praktisch einem Neubau gleichkäme."<sup>158</sup> Anders ausgedrückt, werden bei günstiger Topographie Ausbaustrecken häufig bevorzugt, während bei ungünstigen Landschafts- und Siedlungsstrukturen in der Regel Neubaustrecken der Vorzug gegeben wird. Beispielsweise stellt sich bei der Neubaustrecke Köln – Frankfurt die Alternative des Ausbaus gar nicht bzw. ist es offensichtlich, daß ein Ausbau der Bahnstrecken durch die dicht besiedelten, gewundenen Täler noch teurer wäre als ein Neubau durch den topographisch günstiger strukturierten, dünner besiedelten Westerwald.

### 3.1.2.2 Herstellungskosten und Auslastung der gewählten Ausbaustrecken

Typische Beispiele für Ausbaustrecken mit einem zusätzlichen Gleis sind *Maisach – Nannhofen* (drittes Gleis für 5 Mio. DM/km) sowie *Hanau – Gelnhausen* (drittes Gleis für 5,5 Mio. DM/km).

Eine besonders kostengünstige Maßnahme mit zwei zusätzlichen Gleisen war der Bau des Streckenabschnitts *Trudering – Zorneding* an der Bahnstrecke München – Rosenheim. Die DB war weitgehend schon im Besitz der Grundstücke, und die strenge Einhaltung von Lärmgrenzwerten war gesetzlich noch nicht festgelegt. Die Kosten für die zwei zusätzlichen Gleise betragen pro Kilometer lediglich 7 Mio. DM. Mit Eröffnung der eigenen S-Bahn-Gleise wurde der S-Bahn-Takt von tagsüber 40 auf 20 Minuten verdichtet. Für die Effizienzbetrachtung sind nicht nur die zusätzlichen S-Bahn-Züge, sondern alle S-Bahn-Züge zu berücksichtigen. Denn jeder S-Bahn-Zug, der nicht mehr auf der stark belasteten Fernstrecke verkehrt, verbessert deren Betriebsqualität erheblich. Demnach sind bei 3 S-Bahn-Zügen pro Stunde, 2 Richtungen und 18 Stunden rund 110 Züge pro Tag anzusetzen.

Ein typischer Streckenausbau mit zwei zusätzlichen Gleisen ist der geplante Ausbau der Bahnstrecke (München –) *Olching – Augsburg*. Während von Olching bis kurz vor Augsburg günstige Platzverhältnisse vorliegen, wird der räumlich beengte Ausbau im Stadtgebiet von Augsburg relativ teuer, so daß die Herstellungskosten im Durchschnitt 15 Mio. DM pro Kilometer betragen. Für den viergleisigen Verkehrsweg werden 480 Züge pro Tag

---

158) Fischer, Georg, a.a.O.

prognostiziert, heute verkehren auf dieser Strecke 380. In das Effizienzkriterium können 240 Fahrplantrassen eingesetzt werden, da die 380 Züge heute nur bei einer extrem schlechten Betriebsqualität bewältigt werden. Diese Strecke wird schon seit den siebziger Jahren im Mischbetrieb mit schweren Güterzügen und 200 km/h schnellen IC-Zügen befahren. Der Nahverkehr ist im Teilabschnitt Nannhofen – Mering aus Kapazitätsgründen eingestellt und kann nach dem viergleisigen Ausbau wieder aufgenommen werden. Auch wenn bei dieser Ausbaustrecke eine Anhebung der Geschwindigkeit auf 250 km/h diskutiert und eine Kurve im Stadtgebiet von Augsburg vergrößert wird, stehen doch die Kapazitätsgewinne im Vordergrund.

Einen interessanten Sonderfall stellt der Ausbau bestehender, aber nur wenig genutzter eingleisiger Bahnstrecken dar: Ohne daß die Kosten für zwei Gleise anfallen, entsteht ein Nutzen, der zwei zusätzlichen Gleisen entspricht. Das derzeit einzige offiziell geplante Projekt dieser Art ist der Abschnitt Mühldorf – Freilassing im Rahmen der Ausbaustrecke *München – Freilassing* (– Salzburg). Auf dieser großzügig trassierten, nur eingleisigen Bahnstrecke verkehren derzeit lediglich knapp 20 Nahverkehrszüge und einzelne Nahgüterzüge. Es ist geplant, ein weiteres Gleis zu legen, so daß eine leistungsfähige zweigleisige Hauptstrecke entsteht, die von sämtlichen Zuggattungen genutzt werden kann. Wie in Kapitel 3.1.2.1 dargestellt, können bei Ausbaustrecken die einzelnen Teilmaßnahmen in den meisten Fällen der Fahrzeitverkürzung einerseits und der Erhöhung der Streckenkapazität andererseits zugeordnet werden. Die Ausbaustrecke München – Freilassing ist die einzige dem Verfasser bekannte Ausnahme dieser Regel. Sie schafft nämlich wie eine Neubaustrecke neben zusätzlicher Kapazität auch Fahrzeitverkürzung, wobei die Einzelmaßnahmen nicht eindeutig der Fahrzeitverkürzung oder der Steigerung der Streckenkapazität zugeordnet werden können (vgl. Einleitung zu Kapitel 3.1.1). Die Ausbaustrecke München – Freilassing (139 km) wird im Bundesverkehrswegeplan 1992 mit 1,1 Mrd. DM Herstellungskosten aufgeführt. Die Auslastung wird mit 240 Zügen pro Tag angegeben. Da im Abschnitt München – Mühldorf heute schon eine nennenswerte Zahl von Zügen verkehrt, während ab Mühldorf eine heute fast unbenutzte Strecke ausgebaut wird, kann auf der gesamten Strecke mit durchschnittlich 150 zusätzlich nutzbaren Fahrplantrassen gerechnet werden.

Einen ähnlichen Sonderfall stellt die vom Verfasser diskutierte Ausbaustrecke *Aschaffenburg – Crailsheim*<sup>159</sup> dar. Die eingleisige Nebenfernstrecke stellt die kürzeste Schienenverbindung zwischen dem Rhein-Main-Gebiet und München dar und hat keine Steilrampe, im Gegensatz zu den beiden Hauptstrecken über Stuttgart und Würzburg. Im Rahmen einer möglichen Gesamtkonzeption (evtl. mit einer kurzen Neubaustrecke von Aalen nach Nördlingen) ist es vorstellbar, diese Strecke verstärkt für den schweren Güterverkehr zu nutzen, wobei die Eingleisigkeit weitgehend beibehalten werden könnte. Detailliertere Fahrplanstudien ergaben, daß unter Einbeziehung von CIR insgesamt 60 Güterzüge pro Tag in beiden Richtungen verkehren könnten. Als Maßnahmen werden die Elektrifizierung, die Einrichtung moderner Signaltechnik sowie der Bau von Kreuzungsgleisen vorge-

---

159) vgl. Vieregg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung zur Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Ulm, a.a.O.

sehen. Die geschätzten Herstellungskosten betragen bei einer Streckenlänge von 170 Kilometern 300 Mio. DM. Die erwähnten 60 Güterzüge können von den stark belasteten Hauptstrecken München – Stuttgart – Frankfurt und München – Würzburg – Frankfurt abgezogen werden, so daß hier mindestens 60<sup>160</sup> zusätzliche Fahrplantrassen gewonnen werden.

### 3.1.2.3 Effizienz der Ausbaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit

Die erwähnten repräsentativen Ausbaustrecken werden in der folgenden Tabelle vergleichend gegenübergestellt. Für die in kalkulatorische Kosten umgerechneten Herstellungskosten werden die Bestandteile kurzer Nutzungsdauer (5 Mio. DM/km zweigleisig, 3 Mio. DM/km eingleisig) von den Bestandteilen langer Nutzungsdauer (Restbetrag) unterschieden.

Tab. 5: Effizienz von Ausbaustrecken hinsichtlich Streckenleistungsfähigkeit

Projekt	zus. Leist. fähigkeit Anzahl Züge pro Tag	Kosten in Mio. DM pro km		Kosten pro Fpltrkm in DM	auch Fahrzeitverk.
		Herstl- lungsk.	kalkul. Kosten		
Maisach-Nannhofen	+90	5	0,29	8,80	nein
"	+120			6,60	
Trudering-Zorneding	+110	7	0,42	10,40	nein
Olching-Augsburg	+240	15	0,81	9,80	wenig
Mü.-Freilassing	+140	8	0,47	9,30	ja
Aschaff.-Crailsheim	+60	1,8	0,11	5,20	nein

Die Zeile "Maisach – Nannhofen" steht allgemein für einen dreigleisigen Streckenausbau wie beispielsweise Hanau – Gelnhausen. Die Kosten pro Fahrplantrasse sind abhängig davon, ob das dritte Gleis von 90 oder 120 Zügen genutzt wird.

Da die S-Bahn-Gleise der Strecke Trudering – Zorneding betrieblich separat im sog. Linienbetrieb entlang der Fernbahngleise verlaufen, können nur die im 20 Minuten-Takt verkehrenden S-Bahn-Züge über diese Gleise fahren. Daher ist trotz der sehr günstigen Herstellungskosten die Auslastung nicht optimal, so daß diese zusätzlichen S-Bahn-Gleise zu den vergleichsweise weniger effizienten Maßnahmen gehören. Abhilfe hätte hier eine Auslegung der Strecke für Richtungsbetrieb<sup>161</sup> gebracht.

160) Da die langsamsten Güterzüge über Crailsheim fahren würden, ergibt sich eine Entmischung auf den Hauptstrecken, so daß insgesamt sogar mehr als 60 zusätzliche Fahrplantrassen gewonnen werden können.

161) Im Richtungsbetrieb sind ähnlich einer Autobahn die jeweils nebeneinander liegenden Gleise für dieselbe Richtung bestimmt, so daß das Gleis gewechselt werden kann, ohne daß das Gleis der Gegenrichtung gekreuzt werden muß. Dies ermöglicht die Nutzung der S-Bahn-Gleise z. B. für langsame Güterzüge. Dagegen verlaufen beim Linienbetrieb die zwei Gleispaare wie zwei voneinander unabhängige Landstraßen nebeneinander.

Trotz der relativ hohen Kosten des viergleisigen Ausbaus (München – Olching – Augsburg) ist dieser Ausbau etwas günstiger als der Bau der oben genannten separaten S-Bahn-Gleise einzustufen, da die zusätzlichen Gleise der Ausbaustrecke Olching – Augsburg auf jeden Fall voll ausgelastet werden.

Wie schon erwähnt, fallen bei der Ausbaustrecke München – Freilassing nur die Kosten für ein zusätzliches Gleis an, der Nutzen entspricht aber letztlich zwei zusätzlichen Gleisen. Diese Maßnahme ist besonders effizient, wenn man bedenkt, daß neben der vergrößerten Streckenkapazität zwischen München und Salzburg noch rund 35 Minuten Fahrzeitverkürzung für IC-Züge erreicht werden. So gesehen, dürfte dieses Ausbauprojekt eines der effizientesten im gesamten Bundesgebiet sein.

Der Ausbau der Strecke Aschaffenburg – Crailsheim ist wiederum ein Sonderfall, da im wesentlichen keine zusätzlichen Gleise gelegt werden, sondern auf der weiterhin eingleisigen Bahnstrecke lediglich in Kreuzungsgleise und Elektrifizierung investiert wird. Zwar können so Streckenkapazitäten deutlich günstiger als bei sonstigen Ausbaustrecken gewonnen werden, doch ist der Vorsprung vergleichsweise knapp; denn die Effizienz ist nur etwa um den Faktor 2 höher als beim Verlegen zusätzlicher Gleise entlang von Hauptstrecken.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Ausbaustrecken hinsichtlich der Erhöhung von Streckenkapazität durchweg effizienter sind als Neubaustrecken, und zwar bis um den Faktor 5. Die mit Abstand günstigste Neubaustrecke (Mittelabschnitt von Hof – Altenburg) ist vergleichbar mit weniger effizienten Ausbaustrecken. Wie oben erwähnt, kann dieses Ergebnis nicht bedeuten, daß von Neubaustrecken grundsätzlich abzuraten ist, da sie über die Erhöhung der Streckenkapazität hinaus noch Fahrzeitverkürzungen schaffen und meist dort nötig sind, wo ein Ausbau aufgrund der ungünstigen Siedlungs- und Landschaftsstruktur ohnehin nicht in Frage kommt. Die geringe Effizienz von Neubaustrecken gegenüber Ausbaustrecken zeigt vielmehr, welchen negativen Einfluß ungünstige Landschaftsstrukturen auf die Kosten der Verkehrswege bei der Eisenbahn haben – technisch-natural bedingt, ist dieser Einfluß viel erheblicher als etwa beim Straßenverkehr. Im Kapitel 5.2 "Gestaltung effizienter Neubaustrecken" wird noch näher darauf eingegangen, wie Neubaustrecken selbst bei ungünstig strukturierter Landschaft noch relativ effizient gestaltet werden können, so daß der Unterschied zur Effizienz bei Ausbaustrecken in günstig strukturierter Landschaft nicht so groß ist wie derzeit.

### **3.1.3 Verbesserung der Signaltechnik (CIR)**

Schon bald nach Amtsantritt erkannte der Vorstandsvorsitzende der Deutschen Bahnen, Heinz Dürr, daß die seit Beginn des Eisenbahnzeitalters verwendete und in ihren Grundzügen nicht weiterentwickelte Signaltechnik heute nicht mehr zeitgemäß ist. Diese klassische Signaltechnik beruht auf ortsfesten Blockabschnitten, in denen sich immer nur ein Zug befinden darf und die durch Hauptsignale am Anfang und am Ende abgesichert sind. Damit ein Zug rechtzeitig vor einer besetzten Blockstelle zum Stehen kommen kann, ermöglichen

im Bremswegabstand vor den Hauptsignalen aufgestellte Vorsignale, den Lokführern den Bremsvorgang rechtzeitig einzuleiten.

Die sich rapide entwickelnde Informationstechnik läßt ganz andere Möglichkeiten zur Steuerung von Eisenbahnzügen zu, als dies etwa noch vor 30 Jahren denkbar gewesen wäre. Das Projekt "CIR-ELKE" (Computer Integrated Railroading – Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz) soll durch den "besseren Einsatz moderner Betriebsleit- und DV-Technik" eine Steigerung der Leistungsfähigkeit im Hauptstreckennetz der Deutschen Bahnen bewirken, und zwar in zwei voneinander unabhängigen Teilbereichen:

- " – Infrastruktur: mehr Leistungsfähigkeit durch mehr Züge
- Marketing: mehr Leistungsfähigkeit durch größere Auslastung."<sup>162</sup>

Der erste Teilbereich stellt die in diesem Kapitel relevante Erhöhung der Streckenkapazität bzw. Streckenleistungsfähigkeit dar, während der zweite Bereich erst im Kapitel 4 näher betrachtet wird, da die Wirkung von Maßnahmen im Bereich des Marketing von Nachfrageelastizitäten abhängt. Beide Teilmaßnahmen sollen jeweils 20% zusätzliche Leistung erbringen.<sup>163</sup>

Die Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit soll durch zwei technische Konzepte verwirklicht werden, nämlich LZB (Linienzugbeeinflussung) und HBL (Hochleistungsblock mit linienförmiger Zugbeeinflussung). Die LZB wurde ursprünglich für IC-Züge mit Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h entwickelt, ohne daß eine Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit von Interesse war. Es ging nämlich nur darum, das Aufstellen neuer ortsfester Vorsignale zu vermeiden. Denn bei hohen Geschwindigkeiten wird der Bremsweg so groß, daß der herkömmliche Abstand zwischen Vorsignal und Hauptsignal (in der Regel 1000 Meter) nicht mehr ausreicht. Auf den LZB-gesteuerten Strecken, für den Fahrgast erkennbar durch das Kabel in der Mitte der Gleise, bekommen die schnellen IC-Züge ihre Anweisungen nicht mehr durch die – weiterhin bestehenden – ortsfesten Signale, sondern über Funksignale vom Linienleiter-Kabel. Dieses Kabel ist mit einem stationären Zentralrechner verbunden, der die "LZB-Führungsgrößen"<sup>164</sup> zu Anweisungen an die Bremsen und den Motor verarbeitet:

- Sollgeschwindigkeit (wie schnell der Zug fahren darf),
- Zielentfernung (in welcher Entfernung eine neue Sollgeschwindigkeit gilt),
- Zielgeschwindigkeit (die neue Sollgeschwindigkeit).

Die LZB ist demnach eine dem Zug ständig vorausseilende Blockstelle.

Es ist naheliegend, daß eine solche "Fahrt auf elektronische Sicht" dichtere Zugfolgen erlaubt als feste Blockstellen. CIR-ELKE sieht nun vor, die LZB weiterzuentwickeln und vermehrt auch für Nahverkehrs- und Güterzüge einzusetzen. Vorstellbar ist es auch, daß die LZB, statt die bisherigen festen Blockstellen zu ergänzen, diese vollständig ersetzt.

---

162) Debuschewitz, Peter, Das Projekt CIR-ELKE, in: Die Deutsche Bahn, 7/1992, S. 717 ff.

163) Debuschewitz, a.a.O.

164) vgl. Oser, Ulrich, Betriebliche Gesamtkonzeption für CIR-ELKE, in: Die Deutsche Bahn, 7/1992, S. 723 ff.

Da die Lokalisierung der Position von Zügen zusätzlich zur Funkverbindung auch noch über ortsfeste Gleisfreimeldeeinrichtungen geschieht, handelt es sich letztlich doch um ortsfeste Blockstellen, die jedoch fast beliebig dicht aufeinanderfolgen können und keine ortsfesten Signale benötigen. Der "Hochleistungsblock mit linienförmiger Zugbeeinflussung" (HBL) baut auf der LZB auf, "jedoch sollen die einzelnen LZB-Blockabschnitte deutlich kürzer ausgelegt werden können, dies besonders in den für die Zugfolge entscheidenden Bereichen: vor allem an den Schnittstellen zwischen Bahnhöfen und freier Strecke"<sup>165</sup>.

Der Fachliteratur ist zwischen den Zeilen zu entnehmen, daß die Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit um 20% tendenziell einen unteren Eckwert darstellt. In Einzelfällen kann die Leistungsfähigkeit um fast 40% erhöht werden. Obwohl einige Bahnstrecken schon über eine relativ moderne Signaltechnik verfügen, dürfte der Durchschnittswert der Erhöhung trotzdem bei über 20% liegen, vor allem wenn man bedenkt, daß ein Fahren im absoluten Bremswegabstand (ohne Pufferzeiten, also bei "unendlich schlechter" Betriebsqualität) gegenüber heute eine um den Faktor 5 höhere Leistungsfähigkeit ermöglicht.<sup>166</sup>

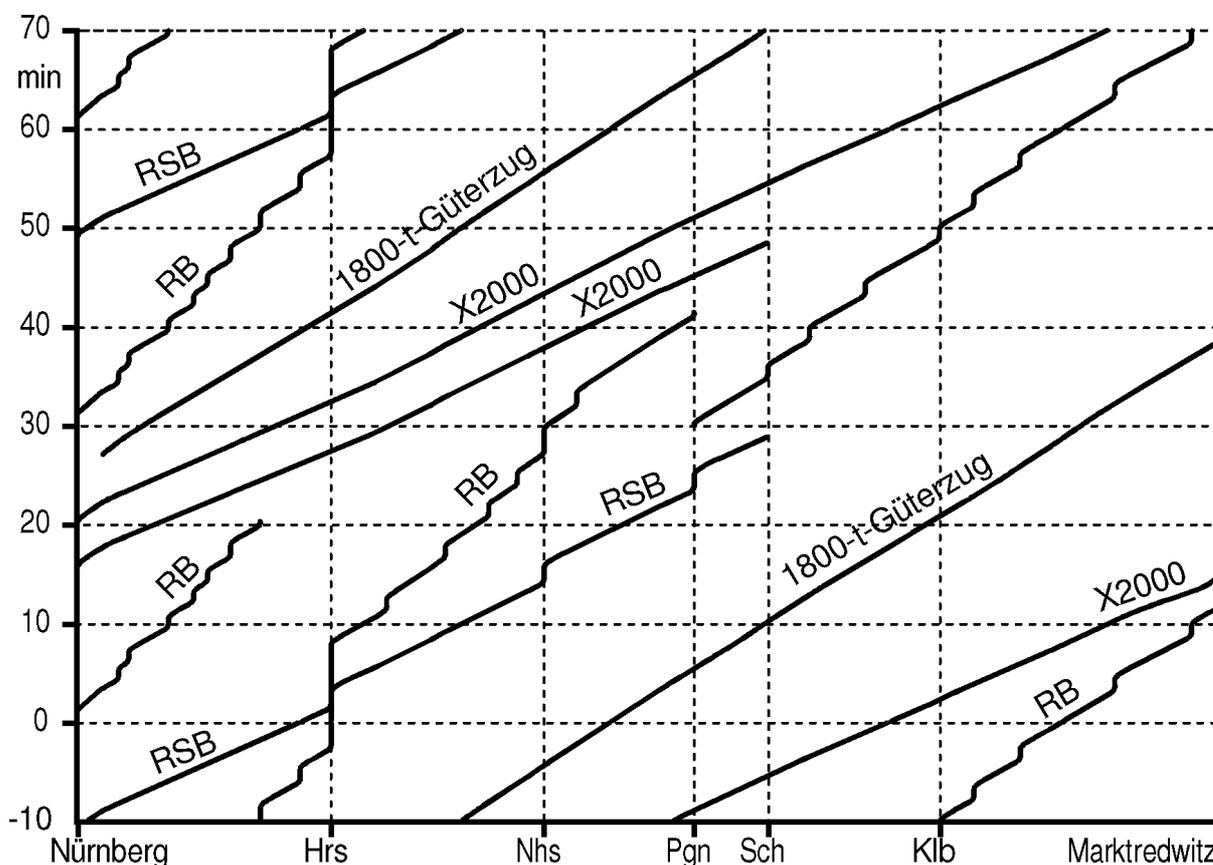
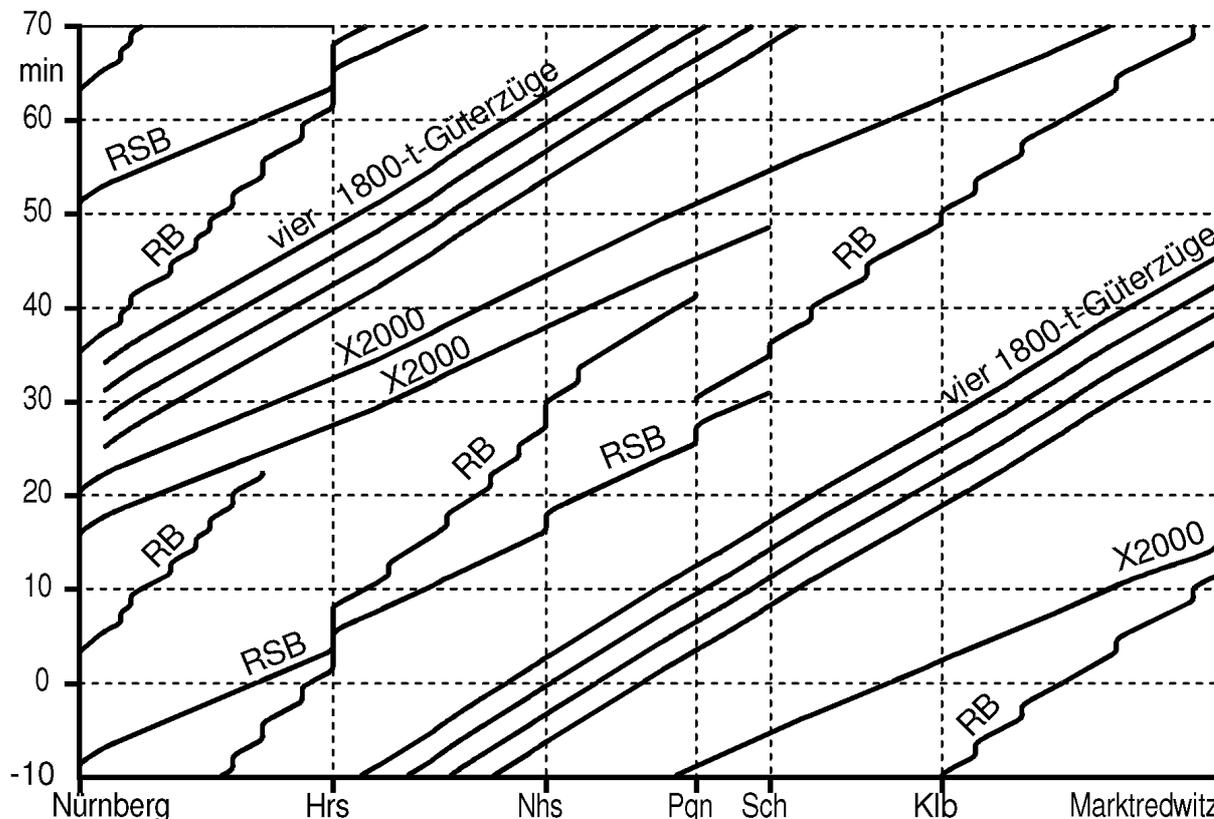


Abb. 9: Fahrplan der bestehenden, jedoch elektrifizierten Bahnlinie Nürnberg – Marktredwitz, einmal mit 5 Minuten (oben) und einmal mit 3 (unten) Minuten minimalem Zugfolgeabstand; durch die Reduzierung der minimalen Zugfolgezeit können bei gleichem

165) Oser, a.a.O., S. 724

166) vgl. Kracke, Rolf u. a., Die Intelligente Bahn – Memorandum über die Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für den Schienenverkehr der Zukunft, Verkehrforum Bahn, März 1990, Schaubild S. 53

Angebot im Personenverkehr statt einem Güterzug vier Güterzüge pro Stunde und Richtung verkehren.



Der Einsatz von CIR erhöht die Streckenleistungsfähigkeit nicht grundsätzlich um einen pauschal gültigen, exakt ermittelbaren Wert, da jede Anwendungsstrecke spezifische Eigenschaften besitzt. Konkrete Beispiele anhand von Bildfahrplänen bestimmter Anwendungsstrecken zeigen größere Steigerungspotentiale als 20%. Im Rahmen einer Untersuchung<sup>167</sup> erarbeitete der Verfasser u. a. für zwei Anwendungsstrecken Bildfahrpläne mit minimalen Zugfolgezeiten von nur 3 Minuten (vgl. Abbildung 8). Dies sind die bestehenden Strecken Nürnberg – Lichtenfels – Probstzella sowie Nürnberg – Marktredwitz. Zum Vergleich werden die beiden Bildfahrpläne durch zwei weitere ergänzt, diesmal mit einer minimalen Zugfolgezeit von 5 Minuten. Vergleicht man die mit moderner Signaltechnik mögliche minimale Zugfolgezeit von 3 Minuten mit heute erreichbaren minimalen Zugfolgezeiten von 5 Minuten, so ergeben sich in einem Fall 11 statt 7 Züge pro Stunde und Richtung, im anderen Fall 9 statt 6 Züge pro Stunde und Richtung. Das entspricht Steigerungsraten von 57 bzw. 50%. Diese erstaunlich hohen Steigerungsraten entsprechen fast dem Verhältnis der heutigen zur zukünftigen minimalen Zugfolgezeit  $3/5 = 67\%$ . Dabei läßt sich überraschenderweise feststellen, daß die erreichbare Steigerungsrate unabhängig vom Homogenitätsgrad (Mischung der Zuggeschwindigkeiten) ist. Die auf den ersten Blick plausible Überlegung, daß bei stark differierenden Geschwindigkeiten eine Senkung der minimalen

167) Viereg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung der Notwendigkeit von Ausbau-/Neubaumaßnahmen im Eisenbahnverkehr zwischen Bayern und Thüringen/Sachsen, a.a.O.

Zugfolgezeit kaum etwas nutzt, weil die möglichen Zugzahlen ohnehin stark durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten, also durch die Verschnittflächen, begrenzt werden, ist demnach falsch. Vielmehr ergibt sich der folgende Zusammenhang:

$$\text{Anzahl möglicher Züge} = \frac{(\text{Gesamtzeit} - \text{Leerzeit})}{\underbrace{\text{minimale Zugfolgezeit}}_{\text{Nutzzeit}}}$$

Demnach muß bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten erst einmal die Leerzeit von der Gesamtzeit abgezogen werden, beispielsweise von 60 Minuten allein 40 Minuten bei stark differierenden Geschwindigkeiten (vgl. Kapitel 2.3.2.1.1). Die tatsächlich nutzbare Zeit von 20 Minuten wird dann bei 5 Minuten minimaler Zugfolgezeit im Verhältnis 3/5 weniger genutzt als bei 3 Minuten minimaler Zugfolgezeit. Anders ausgedrückt: Die minimale Zugfolgezeit muß lediglich von 5 auf etwas über 4 Minuten gesenkt werden, um 20% Leistungssteigerung zu erreichen.

Das Resultat von CIR dürfte demnach durchschnittlich in einer Bandbreite von mindestens 20% bis 40% Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit liegen.

Der erforderliche Investitionsbetrag der CIR-Maßnahmen wird mit 5,7 Mrd. DM angegeben, abzüglich 2 Mrd. DM Ersatzinvestitionen.<sup>168</sup> Hier bezieht sich die Rechnung auf 4.500 Kilometer Strecke. Zur Berechnung der kalkulatorischen Kosten werden für 60% der Investitionen eine Nutzungsdauer von 10 Jahren und für 40% eine Nutzungsdauer von 30 Jahren unterstellt. Dabei ergeben sich kalkulatorische Kosten pro Kilometer in Höhe von 84.500 DM/km<sup>169</sup>.

Steigt die Leistungsfähigkeit einer typischen zweigleisigen Bahnstrecke (240 Züge pro Tag in beiden Richtungen) um 20% bis 40%, entspricht dies 48 bis 96 zusätzlichen Zügen, definitionsgemäß bei gleicher Betriebsqualität. Somit ergibt sich als Effizienzkriterium "Kalkulatorische Kosten pro zusätzlichem Fahrplantrassenkilometer" ein Betrag von 4,80 DM<sup>170</sup> (20% Steigerung) bzw. 2,40 DM (40% Steigerung). Demnach ist die Steigerung der Streckenkapazität durch CIR rund doppelt so effizient wie der Bau zusätzlicher Gleise mittels Ausbaustrecken.

Es bleibt zu hoffen, daß durch die weiter fortschreitende Hard- und Softwareentwicklung sowie durch die großen Stückzahlen eines bundesweiten CIR-Programmes die Kosten weiter fallen, so daß sich der in dieser Rechnung dargestellte, noch relativ kleine Effizienzvorteil von CIR gegenüber dem Ausbau von Strecken weiter erhöht. Um die Kosten zu senken, sollte längerfristig ein weitgehender Ersatz von streckenseitigen durch fahrzeugseitige

168) vgl. Oser, a.a.O., S. 720

169)  $(5,7 \text{ Mrd. DM} - 2 \text{ Mrd. DM}) / 4500 \text{ km} = 820.000 \text{ DM/km}$  Anschaffungskosten; Umrechnungsfaktor 0,064 für 40% der Investition; Umrechnungsfaktor 0,13 für 60% der Investition.

170)  $84.500 \text{ DM} / 48 / 365$

Einrichtungen angestrebt werden. So sind Gleisfreimeldeeinrichtungen in dichtem Abstand auf der Strecke nicht sehr effizient. Auf europäischer Ebene gibt es schon Überlegungen, Gleisfreimeldeeinrichtungen in stärkerem Maße zu ersetzen durch den "Funkblock", eine Gleisfreimeldung durch den Zug.<sup>171</sup>

Grundsätzlich ist eine Verstetigung der Zugsteuerung erforderlich: Nicht mehr zeitlich und räumlich punktuelle Signale und Informationen, sondern ein stetiger Informationsfluß zwischen Zug und Zentralrechner wird das Konzept der Zukunft sein. So erscheint es sinnvoll, das System der *räumlichen* Blockstellen völlig zu verlassen, um Züge allein nach dem Kriterium "minimaler Zugfolgezeit" zu steuern. Das heißt, man ersetzt die bisherige wegorientierte Betrachtungsweise durch eine zeitlich orientierte. Der Zentralrechner verteilt an die Züge keine Geschwindigkeitsvorgaben mehr, sondern Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgaben.<sup>172</sup> Ohne die Bedeutung und vergleichsweise hohe Effizienz des derzeitigen CIR-Programmes schmälern zu wollen, muß festgestellt werden, daß ein großes Entwicklungspotential derzeit noch ungenutzt ist und die bisherigen Bemühungen sich lediglich auf eine maximale Ausschöpfung schon bestehender Zugsteuerungssysteme beschränken.

### 3.1.4 Stärkere Motorisierung von Güterzügen

Die Kapitel 3.1.1 bis 3.1.3 beschäftigten sich mit streckenseitigen Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit, also mit Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenkapazität. Darüber hinaus sind noch Maßnahmen vorstellbar, die ebenfalls die Streckenleistungsfähigkeit erhöhen, aber nur das Betriebsprogramm betreffen und nicht die baulich gegebenen Streckenkapazitäten vergrößern. Eine Änderung des Betriebsprogramms läßt sich meist schneller durchführen als streckenseitige Maßnahmen.

Die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit langsamer Züge schafft zusätzliche Streckenleistungsfähigkeit über das Betriebsprogramm. Hierbei wird die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten und dem schnellsten Zug auf der betrachteten Strecke kleiner, so daß die Leerzeit<sup>173</sup> verringert wird.

---

171) vgl. Kollmansberger, Florian, ETCS – eine mögliche Nachfolgetechnik für die LZB?, in: Die Deutsche Bahn 7/1992, S. 753 ff.

172) Der Verfasser hat zu diesem Thema selbst schon Fahrsimulationen durchgeführt, um geeignete Algorithmen zur Zugsteuerung zu testen. Dabei ergab sich, daß ein Einhalten einer minimalen Zugfolgezeit zwischen dem vorausfahrenden und dem nachfolgenden Zug zu einer sehr eleganten Dämpfung des gesamten Systems führt: Vollbremsungen, Aufschaukeln von Störungen und endlose Kettenreaktionen gehören so der Vergangenheit an. Die minimale Zeitdifferenz zwischen vorausfahrendem und nachfolgendem Zug ergibt sich bei dem gewählten mathematisch sehr einfachen Algorithmus aus der minimalen Zugfolgezeit bei gleicher Geschwindigkeit der zwei Züge sowie aus einer zusätzlichen Zeitspanne, die sich aus der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen vorausfahrendem und nachfolgendem Zug ergibt. Die Simulation hat ergeben, daß ein schneller nachfolgender Zug sehr moderat abbremst, bis er mit gleicher Geschwindigkeit wie der vorausfahrende Zug diesem in der minimalen Zugfolgezeit hinterherfährt. Führt der vorausfahrende Zug eine Vollbremsung durch, so ergibt sich mit dem gewählten Algorithmus für den in der minimalen Zugfolgezeit hinterherfahrenden Zug ebenfalls nur eine moderate Bremsung und keine Vollbremsung.

173) vgl. hierzu auch Abb. 6

Sind die langsamsten Züge auf einer Hauptstrecke nicht die Nahverkehrs-, sondern die Güterzüge, so ist eine Anhebung der Höchstgeschwindigkeit der Güterzüge von 80 auf 100 bzw. von 100 auf 120 km/h sinnvoll. Wie hoch die damit verbundenen Kosten sind, kann in Form von Modellrechnungen nicht ermittelt werden. Da in den Zügen meist auch älteres Wagenmaterial süd- und osteuropäischer Bahnen mitläuft, kann der hierfür notwendige Prozeß der Erneuerung des Wagenmaterials kaum beeinflußt werden. Eine andere Möglichkeit der Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit ist hingegen die stärkere Motorisierung der Güterzüge.

Schwere Güterzüge benötigen sehr viel Zeit, um nach einem Halt, beispielsweise wegen einer Zugüberholung, wieder anzufahren. Fahrsimulationen bei einem Haftwert  $\mu = 0,25$ <sup>174</sup> mit einer Lokomotive, die eine mögliche Weiterentwicklung der Baureihe 120 mit 6,4 MW Leistung darstellt (im folgenden als Baureihe 121 bezeichnet), ergaben, daß in der Ebene durch die Doppeltraktion, d. h. durch eine zweite Lok, beim Beschleunigen von 0 auf 120 km/h genau eine Minute Fahrzeit eingespart werden kann. Liegt auf einer Modellstrecke ein Stundentakt vor, so muß der langsame Güterzug etwa alle 150 km auf ein Seitengleis fahren, um einen 200 km/h schnellen IC-Zug vorbeizulassen. Kann der Güterzug nach einem solchen Überholungshalt stärker beschleunigen, steigt die Durchschnittsgeschwindigkeit des Güterverkehrs. Dies verkleinert die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten und dem schnellsten Zug, so daß zusätzliche Fahrplantrassen gewonnen werden. Rechnet man die Kosten für eine so gewonnene Fahrplantrasse aus, dann stellt man fest, daß der Einsatz von Vorspannloks im Normalfall eine völlig ineffiziente Maßnahme zur Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit ist, weil der Güterzug doch relativ selten stehen bleiben muß. Hinzu kommt, daß ohnedies im Regelfall die Nahverkehrszüge mit Durchschnittsgeschwindigkeiten von rund 50 bis 70 km/h die langsamsten Züge typischer Hauptstrecken sind. Daher beeinflussen meistens die Ferngüterzüge gar nicht die hinsichtlich der Streckenleistungsfähigkeit nachteilige Fahrzeitdifferenz zwischen den langsamsten und den schnellsten Zügen.

Um die Effizienz von Doppeltraktionen berechnen zu können, ist ein konkreter, besonders idealer Anwendungsfall zu suchen, der einen oberen Eckwert der Effizienz darstellt. Als ein solcher Fall kann die Bahnstrecke Wörgl – Baumkirchen (bei Innsbruck) durch das Unterinntal betrachtet werden. Da in Wörgl die Bahnstrecken von Salzburg – Saalfelden und von München – Rosenheim in eine gemeinsame Trasse münden, ist die Bahnstrecke Wörgl – Innsbruck der derzeit mit am höchsten belastete Abschnitt der Gesamtstrecke

---

174) Im Unterschied zur Magnetbahn Transrapid oder zum Straßenverkehr ist die Eisenbahn bei der Kraftübertragung Fahrzeug/Schiene auf das Gewicht der Lok und auf gute Haftbedingungen angewiesen. Man spricht vom Haftwert  $\mu$ . Beträgt dieser beispielsweise 0,25, so bedeutet dies, daß der Zug mit einer Kraft vorwärtsbewegt wird, die 25% des Lokgewichts entspricht. Bei höheren Geschwindigkeiten begrenzt dagegen nicht mehr der Haftwert, sondern die installierte Leistung die Beschleunigung. Ein Haftwert von 0,25 kann als Standardwert betrachtet werden. Wenn nicht ausdrücklich erwähnt, liegt er auch den Fahrzeitberechnungen in dieser Arbeit zugrunde. Ca. 0,40 ist der obere Eckwert, der bei absolut trockenem Wetter erreicht werden kann – was aber bei der Fahrplangestaltung keine Bedeutung hat, denn es gibt nur einen Fahrplan, der bei jedem Wetter eingehalten werden sollte. Vgl. hierzu: Lang, Wolfram / Roth, Günther, Optimale Kraftschlußausnutzung bei Hochleistungs-Schienenfahrzeugen, in: ETR 1-2/1993, S. 61 ff.

München – Verona. In Innsbruck trennt sich die Brennerbahn nach Verona von der Westbahn<sup>175</sup>, die über den Arlberg zum Bodensee führt. Um für Güterzüge in der Relation Wörgl – Brenner den Engpaßabschnitt Hall – Innsbruck umfahren zu können, wurde von Baumkirchen aus ein Umfahrungstunnel gebaut, der südlich Innsbruck in die Brennerbahn mündet. In Baumkirchen war ein Vorspannbahnhof geplant, der jedoch aufgrund von Bürgerprotesten nicht realisiert werden konnte. Dieser wird nun in Wörgl errichtet, mit dem Resultat, daß auf dem hoch belasteten Streckenabschnitt Wörgl – Baumkirchen (ca. 50 km) die Güterzüge zukünftig in Doppeltraktion geführt werden.

Vorausgesetzt, der Nahverkehr (siehe nächstes Unterkapitel) ist nicht langsamer als der schwere Güterverkehr, reduziert sich in der Relation Wörgl – Baumkirchen die Geschwindigkeitsdifferenz langsamer Güterzug – schneller IC-Zug um eine Minute, bei 3 Minuten minimalem Zugfolgeabstand entspricht diese Zeitspanne 1/3 einer Fahrplantrasse. Geht man vereinfacht davon aus, daß pro Richtung jeder dritte Güterzug einmal auf ein Überholungs-gleis fahren muß und beim erneuten Anfahren durch die zweite Lok ein weiterer Nutzen in Form eingesparter Beschleunigungszeit entsteht, so werden pro Stunde durch eine zusätzliche Lok (die mit 100 km/h rechnerisch unentwegt zwischen Baumkirchen und Wörgl pendelt) 5/9 Fahrplantrassen<sup>176</sup> gewonnen. Eine moderne E-Lok kostet 8 Mio. DM und hat eine Nutzungsdauer von 30 Jahren. Rechnet man diesen Investitionsbetrag in kalkulatorische Kosten um und berücksichtigt man noch einen Zuschlag für Wartung und Ausfallzeiten in Höhe von 50%, so sind jährlich 770.000 DM zu veranschlagen. Wird ein 15-stündiger Betrieb vorausgesetzt, so ergeben sich  $5/9 \cdot 15 = 8,33$  Fahrplantrassen pro Tag. Die Kosten pro zusätzlichem Fahrplantrassenkilometer betragen 5 DM<sup>177</sup>. Liegt die minimale Zugfolgezeit nicht bei 3 Minuten (CIR), sondern bei 5 Minuten, kostet aufgrund der Doppeltraktion der gewonnene Fahrplantrassenkilometer nicht 5 DM, sondern 8,50 DM, weil die gewonnene Zeitspanne durch weniger Fahrplantrassen genutzt wird.

Wie oben schon erwähnt, ist dieses Beispiel ein Idealfall. Demnach kann ausgesagt werden, daß die Doppeltraktion in der Ebene hinsichtlich der Schaffung von Streckenleistungsfähigkeit im günstigsten Fall so effizient wie ein mehrgleisiger Streckenausbau, im Regelfall jedoch teurer als Neubaustrecken sein dürfte. Auch muß nochmals erwähnt werden, daß meist nicht die Ferngüterzüge, sondern die Nahverkehrszüge die langsamsten Züge der Strecke sind und somit die Leistungsfähigkeit begrenzen. Wenn jedoch Steigungen vorhanden sind, kann der Einsatz von Doppeltraktion sehr schnell effizient werden, da mit zunehmender Steigung schwere Güterzüge überproportional langsamer werden.

---

175) Als "Westbahn" wird im allgemeinen Österreichs große West-Ost-Verbindung Wien – Salzburg – Innsbruck – Landeck – Bregenz bezeichnet.

176)  $1/3$  Fahrplantrasse Beschleunigung Wörgl +  $2 \cdot 1/3 \cdot 1/3$  Fahrplantrassen Beschleunigung nach Zugüberholung

177)  $770.000 \text{ DM} / 8,33 \text{ Fahrplantrassen} / 50 \text{ km} / 365 \text{ Tage pro Jahr} = 5 \text{ DM}$

### 3.1.5 Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen

Die Grundidee dieses Kapitels liegt darin, die Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen durch ein Bündel von Maßnahmen anzuheben, damit diese Züge mit der zweitlangsamsten Zugattung, den langsamen Güterzügen, "mitschwimmen" können. Die Bildfahrpläne in Abbildung 8 (Kapitel 3.1.3) zeigen sehr deutlich, daß gerade die langsamen Nahverkehrszüge (Regionalbahn "RB") zu einem großen "Verschnitt", also zu großen ungenutzten Flächen im Bildfahrplan, führen.

Die Maßnahmen zur Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen sind

- der Einsatz von (nahezu) allachsgetriebenen Triebzügen zur Vergrößerung der Anfahrbeschleunigung,
- eine reduzierte Haltezeit durch beschleunigten Fahrgastwechsel mittels breiter Türen und hoher Bahnsteige und
- die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit.

#### *Derzeitige Nahverkehrsfahrzeuge und offizielle Planungen*

Seit den siebziger Jahren wird das Wagenmaterial des Schienenpersonenfernverkehrs ständig verbessert, während der Nahverkehr – zumindest außerhalb der Ballungsräume – seit den fünfziger Jahren bis Ende der achtziger Jahre das gleiche Bild zeigt: Auf den Hauptstrecken der ehemaligen Deutschen Bundesbahn verkehren lokbespannte "Silberlinge", auf Nebenstrecken teilweise auch Schienenbusse und, auf Nebenfernstrecken, der neuere zweiteilige Dieseltriebwagen VT 628. Dieser Triebwagen ist sehr schwach motorisiert und eignet sich letztlich nur für den Eilzugverkehr auf unelektrifizierten, flachen Nebenfernstrecken. Bei der ehemaligen Deutschen Reichsbahn sind ähnlich ungeeignete Fahrzeuggarnituren im Einsatz. Die jetzt angelaufenen Modernisierungsmaßnahmen an den bestehenden, alten Fahrzeugen verbessern zwar das Erscheinungsbild des Nahverkehrs, ändern aber nichts an der Tatsache, daß die Fahrzeuge betrieblich für diese Einsatzfelder wenig geeignet sind. Für den Nahverkehr außerhalb der Ballungsräume verfügt die Deutsche Bahn demnach über keine adäquaten Fahrzeuge.

"Mit dem Vorhaben SPNV 2000, das vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert wird, ist beabsichtigt, in einem mit den zukünftigen Anwendern in Absatz, Produktion und Technik abgestimmten Umfeld ein modular aufgebautes Fahrzeugkonzept zu entwerfen (...)"<sup>178</sup> Für dieses Mitte der achtziger Jahre begonnene Forschungsprojekt wurden bisher in der Öffentlichkeit noch keine Ergebnisse vorgestellt, und es ist zu befürchten, daß der politische Druck auf die Neuentwicklung von Nahverkehrszügen nicht ausreichend groß ist. Im erwähnten Forschungsprogramm wird eine nahezu umfassende gedankliche Optimierung von Nahverkehrsfahrzeugen betrieben. So setzt man sich mit der

---

178) Baur, Lutz, Schienen-Personen-Nahverkehr 2000 – Ein modulares Fahrzeugkonzept der DB, in: Elektrische Bahnen, Heft 12/1986, S. 358

Frage auseinander, ob die Sicherheitsvorschriften der DB (Pufferdruck, Fahrzeugmassen) für Nahverkehrszüge zielführend sind und ob zur Schaffung wirtschaftlicher Fahrzeuge bestimmte gesetzliche Bestimmungen geändert werden sollten.<sup>179</sup>

Eine Optimierung von Nahverkehrsfahrzeugen, die alle wirtschaftlich relevanten Aspekte berücksichtigt, hat bisher, trotz des oben erwähnten Forschungsprogrammes, noch nicht stattgefunden. Denn es wurde ein entscheidender Zusammenhang übersehen: Höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten im Nahverkehr fördern nicht nur die Attraktivität, sondern schaffen außerdem noch zusätzliche Fahrplantrassen, die von beliebigen Zugattungen genutzt werden können. Da die Nahverkehrszüge die langsamsten Züge typischer zweigleisiger Mischverkehrsstrecken sind, beeinflußt deren Durchschnittsgeschwindigkeit unmittelbar die Streckenleistungsfähigkeit.

### *Beschleunigungsvermögen von Nahverkehrsfahrzeugen*

Wie später noch dargestellt wird, hat das Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvermögen im Nahverkehr auf die Höhe der Durchschnittsgeschwindigkeit einen weit höheren Einfluß als die Höchstgeschwindigkeit.

Die am häufigsten anzutreffende Konfiguration von Nahverkehrszügen ist bei der DB eine Lokomotive der Baureihe 111 mit 4 "Silberling"-Nahverkehrswaggons. Die Baureihe 111 wurde Ende der siebziger Jahre in großen Stückzahlen angeschafft und ist eine E-Lok für den leichten Schnellzug- und Nahverkehrsdienst. Die Silberlinge sind mit 29 bis 31 Tonnen Leergewicht die leichtesten vierachsigen Personenwaggons der DB. Im Vergleich dazu sind IR- oder IC-Wagen mit 45 Tonnen oder ICE-Wagen mit 53 Tonnen bedeutend schwerer. Dementsprechend ist die Anfahrbeschleunigung der Konfiguration "111 + 4 Silberlinge" deutlich besser als bei vielen anderen Zügen: (Haftwert = 0,25)

Lok 120 + 11 Wagen (IC-Verkehr)	0,31 m/s <sup>2</sup>
ICE von 1991 mit 13 Mittelwagen	0,39 m/s <sup>2</sup>
Lok 111 + 8 Silberlinge (Nahverkehr)	0,48 m/s <sup>2</sup>
Lok 111 + 4 Silberlinge (Nahverkehr)	0,78 m/s <sup>2</sup> .

Die Anfahrbeschleunigung ergibt sich aus dem Verhältnis von Reibungsgewicht (Lokgewicht) mal Haftwert zu Gesamtgewicht. Dementsprechend sind bei einer größeren Zahl von angetriebenen Achsen auch größere Beschleunigungen möglich, wobei letztlich nicht die Anzahl der angetriebenen Achsen, sondern das auf den angetriebenen Achsen lastende Gewicht entscheidend ist. In dem Augenblick, bei dem im Beschleunigungsvorgang die Lok ihre gesamte Leistung einsetzen kann, ohne daß die Gefahr des Durchdrehens besteht, sinkt mit weiter zunehmender Geschwindigkeit die Beschleunigung. Dies liegt am physikalischen Sachverhalt, daß die kinetische Energie im Quadrat der Geschwindigkeit ansteigt, die Lok mit steigender Geschwindigkeit aber weiterhin die gleiche Leistung abgibt.

---

179) vgl. Baur, Lutz, a.a.O.

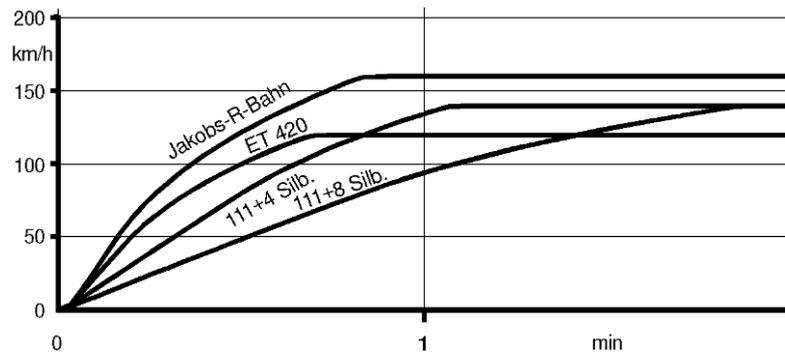


Abb. 10: Beschleunigungskurven verschiedener Nahverkehrsfahrzeuge im v-t-Diagramm

Die beiden weniger steil ansteigenden Linien stellen lokbespannte Silberlinge dar, einmal mit 4 und einmal mit 8 Wagen. Dabei wird das mit zunehmender Wagenzahl nachlassende Beschleunigungsvermögen deutlich. Neben dem hier beleuchteten Effekt der Reduzierung von Leistungsfähigkeit aufgrund niedriger Durchschnittsgeschwindigkeit schaffen lokbespannte Züge noch ein weiteres Problem: Ein einheitlicher Taktverkehr ist beim Anhängen weiterer Wagen zur Hauptverkehrszeit nicht einzuhalten, wie aus den Beschleunigungskurven ersichtlich ist.

Die physikalisch mögliche Anfahrbeschleunigung kann bei allachsgetriebenen Fahrzeugen direkt aus dem Haftwert abgeleitet werden: Ein Haftwert von  $\mu = 0,25$  führt zu einer Anfahrbeschleunigung von  $2,5 \text{ m/s}^2$ , ein Haftwert von  $\mu = 0,33$  zu  $3,3 \text{ m/s}^2$  usw. Die hinsichtlich des Fahrkomforts zulässige Beschleunigung liegt im öffentlichen Personennahverkehr im allgemeinen<sup>180</sup> bei  $1,3 \text{ m/s}^2$ . Da bei dichten Haltestellenabständen die Beschleunigung bzw. die Verzögerung die Haupteinflußgröße der Durchschnittsgeschwindigkeit ist, verwundert es nicht, daß Überlegungen existieren, bei Stadtbahnfahrzeugen noch stärkere Beschleunigungen zuzulassen, beispielsweise  $1,8 \text{ m/s}^2$ . Ein solcher Wert ist durchaus noch verantwortbar, wenn für jeden Fahrgast ein Sitzplatz vorhanden ist und man bedenkt, daß weniger die Beschleunigung, sondern der sogenannte Ruck, das ist der Übergang von gleichförmiger Geschwindigkeit in den Beschleunigungszustand, komfortmindernd wirkt. Der Ruck wird in  $\text{m/s}^3$  gemessen. Bei U- und Stadtbahnen sind Ruckwerte von  $1,5 \text{ m/s}^3$  üblich.<sup>181</sup> Das bedeutet, die maximale Beschleunigung von  $1,3 \text{ m/s}^2$  wird in weniger als einer Sekunde erreicht. Hinsichtlich Fahrkomfort ist nicht nur ein geringerer Ruck anzustreben, sondern auch noch eine langsame Zunahme des Rucks ( $\text{m/s}^4$ ) sowie eine langsame Zunahme der Zunahme des Rucks ( $\text{m/s}^5$ ) usw. Demnach ist eine Anfahrbeschleunigung von  $1,8 \text{ m/s}^2$  ohne Komforteinbußen vorstellbar, wenn die Zeit, in der die volle Beschleunigung erreicht wird, nicht nur 1 Sekunde, sondern 3 bis 4 Sekunden beträgt und dieser Übergang in den Zustand der Beschleunigung nicht linear, sondern in Form einer Hyperbel verläuft. Ein solcher fein gesteuerter Beschleunigungsvorgang dürfte inzwischen mit der heute verfügbaren Drehstromantriebstechnik und Steuerelektronik realisierbar sein.

Bei hohen Beschleunigungen ist im Fahrgastraum darauf zu achten, daß besonders viele Griffe zum Festhalten für stehende Fahrgäste verfügbar sind. Eine Beschleunigung über

1,8 m/s<sup>2</sup> dürfte problematisch werden, da schließlich die Haltezeiten sehr kurz sein sollten und die Fahrgäste erst während des Beschleunigens einen Platz aufsuchen können.

- 
- 180) vgl. Tabelle über verschiedene U- und Stadtbahnfahrzeuge in: Blennemann, Friedhelm, U-Bahnen und Stadtbahnen in Deutschland, Düsseldorf 1975, S. 25
- 181) vgl. Blennemann, Friedhelm, a.a.O.

### *Reduzierung von Haltezeiten*

Neben dem Beschleunigungsvermögen ist die Haltezeit eine wichtige Einflußgröße der Durchschnittsgeschwindigkeit. So wird im Regionalverkehr (Schienenpersonennahverkehr außerhalb der Ballungsräume) nach den Vorstellungen der DB für eine Fahrzeugneukonstruktion von 1,0 Minuten Haltezeit ausgegangen<sup>182</sup>. Gestaltet man die Bahnsteighöhen in den Regionalbahnhöfen und die Türen der Regionalbahnzüge ähnlich wie die von S- und U-Bahnen in Ballungsräumen, so läßt sich, selbst unter Berücksichtigung eines gegenüber dem ET 420 geringeren Tür-Sitzplatzverhältnisses, eine Haltezeit von nur 25 Sekunden<sup>183</sup> realisieren.

### *Konzeption eines neuen Nahverkehrsfahrzeuges*

Für die Neukonstruktion eines Nahverkehrsfahrzeuges für hohe Durchschnittsgeschwindigkeiten sollen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Wie im vorangegangenen Unterkapitel erläutert, kann mit lokbespannten Nahverkehrszügen die wünschenswerte Beschleunigung von  $1,8 \text{ m/s}^2$  bei weitem nicht erreicht werden. Vielmehr sollten möglichst bei einem den Fahrplänen zugrundeliegenden durchschnittlichen Haftwert von  $\mu = 0,25$  etwa  $2,5/1,8 = 72\%$  des Zuggewichtes auf angetriebenen Achsen liegen, was nur durch Triebwagen erreichbar ist.
- Entsprechend den Überlegungen zur Reduzierung von Haltezeiten, muß der Triebzug über breite Türen verfügen. Aufgrund des weniger häufigen Fahrgastwechsels gegenüber Nahverkehrszügen in Ballungsräumen können sich statt zwei Sitzgruppen wie beim S-Bahn-Triebzug 420 drei bis dreieinhalb Sitzgruppen eine Tür teilen, wie dies auch bei der lokbespannten S-Bahn im Ruhrgebiet der Fall ist.
- Da der Triebwagen auch schon bei relativ kurzen Halteabständen dank seines großen Beschleunigungsvermögens vergleichsweise hohe Spitzengeschwindigkeiten erreicht, die er anschließend wieder abbremsen muß, sollten möglichst viele Maßnahmen der Gewichtsreduzierung realisiert werden. Denn eine erhebliche Steigerung des Energieverbrauches sollte mit dieser Beschleunigung des Nahverkehrs nicht einhergehen – allein schon aus Gründen des "Umweltimages" der Bahn, so daß auf ein möglichst niedriges Gewicht pro Sitzplatz Wert gelegt werden muß. Neben der klassischen Konzeption eines Triebzuges mit zwei Drehgestellen pro Wagen ist deshalb auch ein Jakobs-Triebzug<sup>184</sup> zu erwägen, mit dem Drehgestelle eingespart werden können und somit Gewicht reduziert werden kann.
- Je kürzer die einzelnen Wagen sind, desto weniger schwenken sie in Kurven aus, und desto breiter können sie gebaut sein. Damit können, unter einer optimalen Ausnutzung des vorhandenen Lichtraumprofils, fünf statt vier Sitze nebeneinander realisiert werden, so daß das Zuggewicht pro Meter Triebzug durch mehr Sitze genutzt wird;

---

182) vgl. Baur, Lutz, a.a.O., S. 360

183) vgl. Schreck / Mayer / Strumpf, S-Bahnen in Deutschland, Düsseldorf 1979, S. 55

184) Bei der Jakobs-Bauart liegen immer zwei Wagenkästen gemeinsam auf einem Drehgestell; Anwendungen sind beispielsweise die Fahrgastwagen des TGV oder der DR-Doppelstock-Gliederzug Bauart DGB 12.

weil das Stehen den Fahrgästen durch die großen Beschleunigungskräfte weniger zumutbar ist als bei einem lokbespannten Zug, ist eine ausreichende Sitzplatzzahl ohnehin besonders wichtig.

Der den Berechnungen unterstellte Triebzug ist hinsichtlich der Länge mit dem S-Bahn-Triebzug 420 vergleichbar, hat aber nicht drei Wagen, sondern vier Glieder in Jakobs-Bauart:

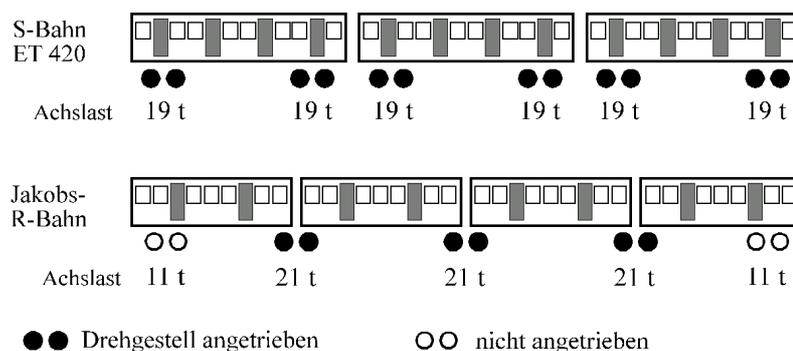


Abb. 11: Schematische Darstellung von S-Bahn und Jakobs-R-Bahn

Während beim ET 420 sämtliche Drehgestelle angetrieben werden, bietet es sich an, bei der Konstruktion als "Jakobs-R-Bahn" (R-Bahn = Regional-Bahn) nur die doppelt belasteten Drehgestelle zu motorisieren, zumal dann schon 74% des Leergewichtes des Zuges auf angetriebenen Achsen liegt, so daß Anfahrbeschleunigungen von 1,7 bis 1,8 m/s<sup>2</sup> möglich sind. Pro Einheit müssen so nur drei statt sechs Drehgestelle wie beim herkömmlichen S-Bahn-Triebzug angetrieben werden.

Das Leergewicht des S-Bahn-Triebzuges 420 beträgt 115 Tonnen<sup>185</sup>. Es sprechen zahlreiche Argumente dafür, daß bei einer Neuentwicklung – der ET 420 ist immerhin in den sechziger Jahren entwickelt worden – erhebliche Gewichtsanteile eingespart werden können (geschätzt 20%), und zwar durch

- leichte Drehstrommotoren statt schwerer Wechselstrommotoren,
- leichte Transformatoren (neue Werkstoffe),
- Einsatz neuer, leichterer Werkstoffe allgemein und
- Einsparungen durch Änderung der "Lastannahmen und Bemessungskriterien"<sup>186</sup>.

Hinzu kommt die Einsparung eines Drehgestells (ca. 7 Tonnen), so daß das Gewicht des Zuges nur 85 Tonnen beträgt. Trotz der Gewichtsreduzierung wird die installierte Leistung gegenüber dem stark motorisierten ET 420 noch weiter angehoben, und zwar von 2400 kW auf 3000 kW. Die spezifische Antriebsleistung erhöht sich dann um 69%<sup>187</sup>. Zusätzlich wird ein R-Bahn-Fahrzeug mit "nur" 2400 kW Leistung betrachtet; dabei erhöht sich die

185) vgl. Schreck / Mayer / Strumpf, a.a.O., S. 56

186) Baur, Lutz, a.a.O., S. 358

187) von 2400 kW / 115 t auf 3000 kW / 85 t

spezifische Antriebsleistung um das Verhältnis der Gewichtseinsparung, also immer noch um 35%<sup>188</sup>.

Die hier skizzierte Konzeption eines extrem schnellen Nahverkehrsfahrzeuges mag in einer isolierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Nahverkehrs, ohne Berücksichtigung der Schaffung zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit, nicht sinnvoll sein, da mit jeder zusätzlich gewonnenen Fahrzeitminute die Kosten exponentiell ansteigen. Wie die weiteren Ausführungen zeigen, ist aber in diesem Fall eine solch extreme Ausnutzung des "technisch Machbaren" sehr wohl sinnvoll.

Um hohe Stückzahlen und somit möglichst niedrige Stückkosten zu erhalten, könnte ein solches Fahrzeug als Fahrzeugfamilie weiterentwickelt werden. Denn die extrem stark motorisierten Fahrzeuge sollten wirklich nur dort eingesetzt werden, wo zusätzliche Fahrplantrassen auf stark belasteten Fernstrecken geschaffen werden sollen. Für sonstige Bahnstrecken und insbesondere für den S-Bahn-Betrieb auf eigenen S-Bahn-Gleisen reicht rund die Hälfte der installierten Leistung bei einer maximalen Beschleunigung von  $1,3 \text{ m/s}^2$  völlig aus, um die vom ET 420 gewohnten Fahrleistungen zu erzielen.

Als Höchstgeschwindigkeit des hier diskutierten R-Bahn-Fahrzeuges wird 160 km/h gewählt: Wie die Tabellen im nächsten Unterkapitel noch zeigen werden, macht sich – in Kombination mit dem extremen Beschleunigungsvermögen – die Anhebung von 120 km/h auf 160 km/h hinsichtlich der Fahrzeiten schon bei nur 4 km Haltestellenabstand deutlich bemerkbar, während eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h erst bei rund 7 km Haltestellenabstand für ca. 40 Sekunden erreicht würde – und selbst bei diesem relativ kurzen Halteabstand "schießt" man schon im wahrsten Sinne des Wortes über das gewünschte Ziel hinaus: Steigert man die Durchschnittsgeschwindigkeit des Nahverkehrszuges über die der Güterzüge, so geht der Nutzen der Maßnahme, nämlich die Schaffung zusätzlicher Fahrplantrassen, schlagartig auf Null zurück.

Überlegt man, ob es sinnvoller ist, in ein hohes Beschleunigungsvermögen oder in eine große Höchstgeschwindigkeit zu investieren, so ist die hohe Beschleunigung auf jeden Fall vorzuziehen: Da die Energie der sich bewegenden Masse mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt und im Nahverkehr diese Energie nicht durch Ausrollen genutzt werden kann, nimmt der Energieverbrauch bei großen Höchstgeschwindigkeiten überproportional zu. Dabei kann die Stromrückgewinnung per Generatorbremse nur bedingt Abhilfe schaffen, da die Voraussetzung für die Nutzung der zurückgewonnenen Energie ein in der Nähe fahrender Zug ist, der gerade Energie benötigt, was auf Fernstrecken selten der Fall ist.<sup>189</sup> Nach den Gesetzen der Physik führt dagegen eine erhöhte Beschleunigung nicht zwangsläufig zu erhöhtem Energieverbrauch, weil die zur Beschleunigung benötigte Energie nur in einer kürzeren Zeitspanne eingesetzt wird. Lediglich die Energie, die zur Beschleunigung

---

188) im Verhältnis von 115 t zu 85 t

189) Eine mögliche Energieeinsparung durch die Generatorbremse dürfte bei 5-10% im Fernverkehr und 30% im Nahverkehr liegen. In den folgenden Berechnungen zur Effizienz wird dieses Einsparungspotential vernachlässigt.

des zusätzlichen Motor- und Transformatorgewichtes nötig ist, ist zur Erreichung der hohen Beschleunigungswerte zusätzlich erforderlich.

### *Fahrleistungen verschiedener Nahverkehrsfahrzeuge im Vergleich*

In diesem Unterabschnitt werden zum einen allgemeine Fahrdaten bei verschiedenen Haltestellenabständen dargestellt und zum anderen Fahrleistungen auf der konkreten Anwendungsstrecke Erlangen – Bamberg berechnet.

In der folgenden Tabelle wird die Durchschnittsgeschwindigkeit ohne Fahrzeitzuschlag<sup>190</sup> abhängig vom Haltestellenabstand dargestellt. Diese ist direkt vergleichbar mit der Höchstgeschwindigkeit der Güterzüge von (längerfristig) 120 km/h. Es ist daher vor allem der Haltestellenabstand von Interesse, bei dem gerade eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 120 km/h erreicht wird. Um zu fahrplanmäßigen Fahrzeiten zu gelangen, muß noch ein Fahrzeitzuschlag von etwa 12% berücksichtigt werden. Bei kurzen Haltestellenabständen müssen noch einige Prozent hinzugerechnet werden, da das für die Simulation verwendete Computerprogramm die maximal erreichbare Geschwindigkeit voll ausfährt, obwohl zwecks Stromersparnis 1/3 der Strecke mit konstanter Geschwindigkeit gefahren werden sollte.

Beim lokbespannten Silberlingzug werden 50 Sekunden und beim R-Bahn-Triebwagen 25 Sekunden Haltezeit berücksichtigt. Die mit Scheibenbremsen bestückten Silberling-Wagen sind derzeit für eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h zugelassen (mit Klotzbremsen nur für 120 km/h). Eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h dürfte ohne größere technische Probleme erreichbar sein.

---

<sup>190)</sup> Fahrzeitzuschlag: Im Fahrplan zusätzlich einkalkulierte Zeitspanne zur Aufholung von Verspätungen. In der Regel beträgt er 5 bis 15% der reinen Fahrzeit.

Tab. 6: Durchschnittsgeschwindigkeit verschiedener Nahverkehrszüge, abhängig vom Haltestellenabstand

Zugtyp $v_{\max}$ (km/h)	111 + 4 Silberl.		R-Bahn-Triebwagen	
	120	160	160	200
Haltestellenabst. km	km/h	km/h	km/h	km/h
0,5	17	17	27	27
1,0	30	30	45	45
1,5	39	39	57	57
2,0	47	47	68	68
3,0	59	61	84	86
4,0	68	72	96	100
5,0	74	81	104	111
6,0	79	89	111	<u>120</u>
7,0	83	95	116	127
8,0	87	100	<u>120</u>	133
9,0	89	104	123	138
10,0	92	108	126	143
12,0	95	114	131	150
14,0	98	<u>119</u>	134	155
16,0	101	123	137	160

Erst bei einem Haltestellenabstand von gut 14 km kann ein lokbespannter Silberlingzug mit 160 km/h Höchstgeschwindigkeit zwischen 120 km/h schnellen Güterzügen "mitschwimmen", während der ebenfalls 160 km/h schnelle R-Bahn-Triebwagen dies schon bei 8 km Haltestellenabstand schafft.

Konkrete Anwendungsstrecken eines solch stark motorisierten R-Bahn-Triebzuges haben die folgenden durchschnittlichen Haltestellenabstände:

- 1 Groß-Gerau – Mannheim: 3,3 km
- 2 Erlangen – Bamberg: 4,3 km
- 3 Neu-Ulm – Günzburg 5,5 km\*
- 4 Hamburg-Harbg. – Lüneburg 4,6 km
- 5 Bremen – Osnabrück 7,6 km\*
- 6 Rothenburg – Bremen 8,4 km
- 7 Lüneburg – Celle 12,6 km.

\* mit Wiederinbetriebnahme von Haltepunkten

Größere Halteabstände von 8 bis 12 km finden sich nur bei sehr dünner Besiedlung, etwa auf einigen Strecken der norddeutschen Tiefebene. In dichter besiedelten Gebieten (häufig breite Täler großer Flüsse, denen die alten Fernbahnstrecken des öfteren folgen, vgl. Beispiele 1, 2 und 3) finden sich Haltestellenabstände von 3,5 bis 5,5 km. Demnach ist nur im letzten Beispiel, bei einem Haltestellenabstand von über 10 km, der Nutzen des stark

motorisierten R-Bahn-Triebwagens gegenüber einem 160 km/h schnellen, lokbespannten Zug mit nur 4 Wagen deutlich eingeschränkt. Ab 14 km Halteabstand ist der Nutzen gleich Null, da der Vergleichszug genauso schnell ist wie ein Güterzug.

#### *Anwendungsbeispiel Strecke Erlangen – Bamberg*

Die Bahnstrecke Erlangen – Bamberg stellt einen besonders typischen, möglichen Anwendungsfall für eine stark motorisierte R-Bahn dar. Auf dieser Strecke verkehren im Mischverkehr mit Nahverkehrszügen künftig IC-Züge und IR-Züge mit 200 km/h sowie Güterzüge mit 120 km/h. Entlang des Rednitztales liegt ein Siedlungsband von Nürnberg bis Bamberg. Der durchschnittliche Haltestellenabstand beträgt 4,3 km und ist gleichzeitig ein Durchschnittswert für dichter besiedelte Hauptstrecken. Die Länge der betrachteten Bahnstrecke beträgt 38,85 km bei acht Zwischenhalten.

Tab. 7: *Fahrleistungen verschiedener Nahverkehrszüge<sup>191</sup> auf der Bahnstrecke Erlangen – Bamberg*

	Beschl. Verzög. m/s <sup>2</sup>	v max km/h	Fahr- zeit min' sec	Energie- verbr. Wh/Plkm	v durch- schnittl. km/h
111+8Silb.	0,48 1,0	120	27'44	29	61
111+4Silb.	0,78 1,0	160	26'20	40	64
		120	25'31	37	66
		160	23'10	57	71
ET 420	1,3 1,3	120	24'08	43	76
Jak.R-Bahn 3000kW	1,73 1,8	120	22'57	29	81
		160	20'02	47	92
2400kW 3000kW	1,3 1,3	160	20'27	45	90
		160	20'59	45	88

Aus der Tabelle lassen sich folgende Ergebnisse ablesen: Dank des relativ hohen Beschleunigungsvermögens und des schnellen Fahrgastwechsels ist der ET 420 bei 120 km/h schneller als ein lokbespannter Zug mit 4 Wagen und 160 km/h Höchstgeschwindigkeit. Gegenüber dem ET 420 spart der stark motorisierte Jakobs-R-Bahn-Zug rund 3 Minuten Fahrzeit, und zwar vor allem aufgrund seiner Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Eine weitere Minute ergibt sich durch das noch größere Beschleunigungsvermögen.

191) Die Fahrzeit ist ohne, die Durchschnittsgeschwindigkeit mit Fahrzeitzuschlag angegeben; die Haltezeit von 25 Sekunden (Triebwagen) bzw. 50 Sekunden (lokbesspannter Zug) pro Halt ist nur bei der Durchschnittsgeschwindigkeit berücksichtigt. D. h. die Angabe der Fahrzeit mit Haltezeiten von 0 Sekunden bezieht sich allein auf die technische Fahrleistung und nicht auf den Fahrgastwechsel.

### *Kosten pro zusätzlicher Fahrplantrasse am Beispiel der Strecke Erlangen – Bamberg*

Die jährlichen Kosten der Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen ergeben sich

- aus kalkulatorischen Kosten der Triebzüge abzüglich der kalkulatorischen Kosten der teilweise schon abgeschriebenen alten Garnituren,
- aus den kalkulatorischen Kosten für die Erhöhung der Bahnsteige
- und aus den zusätzlichen Energiekosten.

Als Vergleichsfall wird der Ist-Zustand, nämlich die Garnitur "Lok 111 mit 4 Silberlingen und 120 km/h Höchstgeschwindigkeit" (dritte Zeile von Tab. 7), herangezogen. Betrachtet wird der Einsatz des schnellsten Triebwagens der Tabelle (R-Bahn-Triebzug mit 3000 kW), dessen Anschaffungskosten mit 10 Mio. DM angesetzt werden.<sup>192</sup> Die preisgünstigste Renovierung von Silberling-Wagen kostet derzeit 150.000 DM pro Stück. Die E-Loks für leichte Reisezüge sind in großer Stückzahl vorhanden und teilweise schon abgeschrieben. Deshalb wird nur 1/3 des Neuwertes angesetzt. Für einen lokbespannten Silberlingzug ergeben sich demnach Anschaffungskosten in Höhe von 2,9 Mio. DM<sup>193</sup>. Rechnet man mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren, so betragen die kalkulatorischen Kosten<sup>194</sup> pro R-Bahn-Triebzug 640.000 DM<sup>195</sup> und pro lokbespanntem Vergleichszug 190.000 DM. Die Herstellungskosten für die Erhöhung der Bahnsteige werden pauschal mit 300.000 DM pro Bahnhof angesetzt.

Die Einsparung an Fahrzeit und somit an Leerzeit im Fahrplan beträgt 6'08 (Minuten'Sekunden)<sup>196</sup>. Hinzu kommen noch 3'20 durch die Reduzierung der Haltezeiten um 25 Sekunden pro Halt. Die sich daraus ergebende Zeitspanne von 9'28 entspricht bei CIR (3 Minuten minimale Zugfolgezeit) 3,16 und ohne CIR (5 Minuten minimale Zugfolgezeit) 1,89 zusätzlichen Fahrplantrassen pro Stunde und Richtung.

Um einen Stundentakt einrichten zu können, sind auf der rund 39 km langen Strecke von Erlangen nach Bamberg für eine Fahrtrichtung 0,55 Triebzüge<sup>197</sup> und 0,77 lokbespannte Züge<sup>198</sup> erforderlich. Bei einem Betrieb von 5 Uhr bis 20 Uhr bzw. 1 Uhr wird der Zug 15 bzw. 20 Stunden pro Tag eingesetzt, so daß, abhängig vom Vorhandensein von CIR sowie der täglichen Betriebszeit, 28<sup>199</sup> bzw. 63<sup>200</sup> Fahrplantrassen pro Tag in einer Richtung gewonnen werden.

---

192) Die Anschaffungskosten des ET 420 (3-Wagen-Einheit) betragen derzeit 8 Mio. DM. Der technisch anspruchsvollere R-Bahn-Zug gleicher Länge wird, obwohl auch Kosteneinsparungen zu erwarten sind (insbesondere nur drei statt sechs angetriebene Drehgestelle), etwas teurer sein.

193)  $1/3 \cdot 7 \text{ Mio. DM} + 4 \cdot 0,15 \text{ Mio. DM}$

194) Kalkulatorische Kosten beziehen sich immer auf ein Jahr.

195) Umrechnungsfaktor 0,064 für Zinsen und Abschreibung

196)  $25'31 - 20'02 = 5'29 + 12\% \text{ Fahrzeitzuschlag}$

197)  $39 \text{ km Streckenlänge} / 92 \text{ km/h Durchschnittsgeschwindigkeit} + 30\% \text{ Wende- und Reparaturzeit}$

198)  $(39 \text{ km/h} / 66 \text{ km/h}) + 30\%$

199)  $1,89 \cdot 15$

200)  $3,16 \cdot 20$

Die zusätzlichen kalkulatorischen Kosten der Triebzüge für eine Richtung betragen 206.000 DM<sup>201</sup>. Die kalkulatorischen Kosten für die Erhöhung der Bahnsteige belaufen sich auf 59.000 DM<sup>202</sup>. Wie aus der Tabelle der Fahrleistungen ersichtlich ist, benötigt der R-Bahn-Zug mit 47 Wh/Plkm um 10 Wh/Plkm mehr Energie als der lokbespannte Vergleichszug. Umgerechnet auf zusätzliche jährliche Energiekosten für eine Richtung ergeben sich 106.000 DM<sup>203</sup>.

Pro Richtung kostet die Maßnahme, die 28 bis 63 Fahrplantrassen pro Tag schafft, 371.000 DM<sup>204</sup>, *pro Fahrplantrassenkilometer 0,42 bis 0,94 DM*<sup>205</sup>.

Wenn weitere Triebzüge nur zur Hauptverkehrszeit eingesetzt werden, um beispielsweise einen Halb-Stunden-Takt einrichten zu können, dann werden die Fahrzeuge täglich nur 4 Stunden genutzt. Somit liegen die Kosten für den Fahrplantrassenkilometer gegenüber einem Einsatz von 15 bis 20 Stunden entsprechend höher, und zwar bei 1,30 bis 2,20 DM.<sup>206</sup>

Wird ein lokbespannter Silberlingzug mit 8 Wagen ersetzt durch einen R-Bahn-Triebzug in Doppeltraktion, so ändern sich die Kosten pro gewonnener Fahrplantrasse gegenüber der hier betrachteten Einfachtraktion nur gering, da die zusätzlichen Kosten pro Zug sich zwar mehr als verdoppeln, dafür aber gegenüber dem sehr schwerfälligen, langen lokbespannten Zug noch mehr Fahrzeitverkürzung realisiert wird.

Angesichts der erhöhten Durchschnittsgeschwindigkeit des niederrangigsten Nahverkehrs (Halt an allen Haltepunkten) kann überlegt werden, ob das nächsthöhere System, nämlich die Regionalschnellbahn bzw. der Eilzug, besonders in weniger dicht besiedelten Gebieten, eingespart werden kann. So können sogar noch weitere Fahrplantrassen gewonnen werden.

Als Ergebnis ist festzustellen, daß die Maßnahme "Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen" trotz der technisch sehr aufwendigen Fahrzeuge etwa um den Faktor 8 effizienter als CIR und um den Faktor 20 effizienter als ein drittes Gleis ist. Demnach ist die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen durch stark motorisierte Triebzüge eindeutig die effizienteste aller denkbaren Lösungen zur Schaffung zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit.

### *Mögliche Einsatzfelder*

Überall dort, wo zusätzliche Gleise diskutiert werden, kann die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen zusätzliche Gleise ersetzen oder zumindest den Streckenausbau in die Zukunft verschieben. Die Anzahl der zusätzlich gewonnenen Fahrplantrassen liegt schon beim Stundentakt in der Größenordnung der durch ein drittes

---

201)  $640.000 \text{ DM} \cdot 0,55 \text{ Triebzüge} - 190.000 \text{ DM} \cdot 0,77 \text{ lokbespannte Züge}$

202)  $8 \text{ Haltepunkte} \cdot 300.000 \text{ DM} \cdot 0,049 \text{ für Abschreibungen und Zinsen} / 2 \text{ Richtungen}$

203)  $0,010 \text{ kWh zusätzlicher Energieverbrauch pro Sitzplatzkilometer} \cdot 0,20 \text{ DM Strompreis pro kWh} \cdot 248 \text{ Sitzplätze pro Zug} \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 0,55 \text{ Triebzüge pro Richtung}$

204)  $(206.000 \text{ DM} + 59.000 \text{ DM} + 106.000 \text{ DM})$

205)  $371.000 \text{ DM} / 365 \text{ Tage} / 38,85 \text{ km Streckenlänge} / 63 \text{ bzw. } 28 \text{ Fahrplantrassen}$

206) Die Kosten für die Bahnsteigerhöhung brauchen hier nicht ein zweites Mal berücksichtigt werden.

Gleis zusätzlich gewonnenen Fahrplantrassen, wie das Beispiel der Strecke Erlangen – Bamberg mit 126 Fahrplantrassen<sup>207</sup> zeigt. Nur in wenigen Fällen kann durch den Einsatz der stark motorisierten R-Bahn-Fahrzeuge der Bau zusätzlicher Gleise nicht vermieden bzw. nicht in die Zukunft verschoben werden. Ein solcher Ausnahmefall ist der viergleisige Ausbau der Bahnstrecke München – Augsburg, wo der Bedarf an zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit sehr hoch ist und gleichzeitig der Nahverkehr ohnehin (zumindest auf einem langen Teilabschnitt) vollständig eingestellt ist. Die Anwendungsstrecken müssen sich nicht zwangsläufig auf Bereiche außerhalb von Ballungsräumen beschränken. So wäre der Einsatz auf äußeren S-Bahn-Ästen, die im Mischverkehr betrieben werden, etwa in München (Dachau – Petershausen, Fürstenfeldbruck – Geltendorf) vorstellbar, insbesondere auch im Ruhrgebiet, zumal hier sehr langsame lokbespannte S-Bahn-Züge verkehren.

Typische Anwendungsstrecken sind besonders hoch belastete, nur zweigleisige Hauptstrecken:

- Augsburg – Dinkelscherben
- München – Ingolstadt
- Augsburg – Donauwörth
- Ulm – Günzburg
- Erlangen – Bamberg – Kronach
- Plochingen – Geislingen
- Rheintalstrecke nördlich Basel
- Gelnhausen – Fulda
- Frankfurt – Gießen – Siegen – Hagen
- Saarbrücken – Kaiserslautern – Mannheim
- Hamburg-Harburg – Lüneburg
- Bremen – Osnabrück – Münster
- Rothenburg/Wümme – Bremen.

Da die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen mit Abstand die effizienteste Maßnahme zur Schaffung von Streckenleistungsfähigkeit ist, sind zahlreiche weitere Anwendungsstrecken denkbar, bei denen durch ungünstigere Randbedingungen der Nutzen nicht ganz so hoch ist wie bei den hier aufgezählten Anwendungsstrecken.

### **3.1.6 Übersicht über die Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit**

Die folgende Darstellung faßt die quantitativen Ergebnisse dieses Kapitels zusammen: Es werden die ermittelten Kosten pro zusätzlicher Fahrplantrasse der fünf Maßnahmen gegenübergestellt.

---

207) 63 Fahrplantrassen · 2 Richtungen (unter Zugrundelegung von CIR)

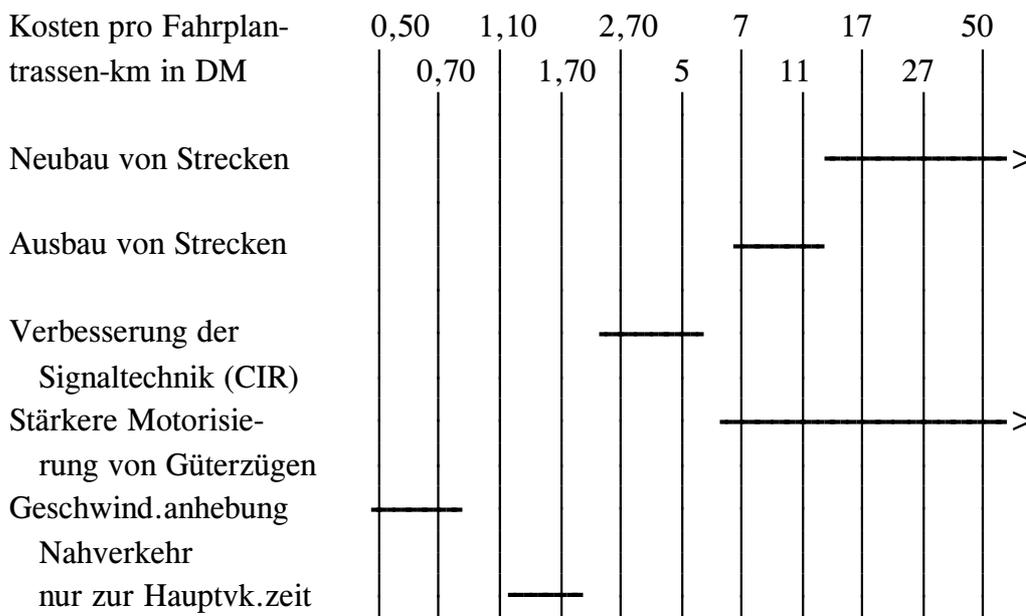


Abb. 12: Kosten pro zusätzlichem Fahrplantrassenkilometer (logarithmische Darstellung)

Die teuerste Maßnahme zur Schaffung zusätzlicher Fahrplantrassen ist der *Neubau von Strecken*. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß wie bei einer Kuppelproduktion gleichzeitig auch noch Fahrzeitverkürzungen erzielt werden.

Der *Ausbau von Strecken (zusätzliche Gleise)* ist hinsichtlich der Gewinnung neuer Fahrplantrassen deutlich effizienter als der Streckenneubau. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bei günstiger Topographie Ausbaustrecken den Neubauten vorgezogen werden, während mit Neubaustrecken besonders schwierige topographische Verhältnisse (etwa beim engen und dicht besiedelten Rheingraben zwischen Bingen und Bonn) umgangen werden und dabei immer noch eine vergleichsweise schwierige Topographie (Westerwald und Taunus zur Umfahrung des Rheingrabens) vorgefunden wird. Der Effizienzvorteil von Ausbaustrecken gegenüber Neubaustrecken zeigt daher in erster Linie die starke Abhängigkeit der Effizienz des Systems Eisenbahn von topographischen Verhältnissen.

Die *Verbesserung der Signaltechnik* (Computer Integrated Railroading) ist wiederum auf jeden Fall günstiger als die Schaffung zusätzlicher Gleise. CIR ist "nur" etwa um den Faktor 2,5 effizienter als der Ausbau von Strecken, schafft jedoch zusätzliche Streckenkapazitäten auch dort, wo Ausbaustrecken aufgrund ungünstiger topographischer Verhältnisse nicht möglich sind bzw. weitaus teurer wären als die in dieser Abhandlung aufgeführten Beispiele.

Die *stärkere Motorisierung von Güterzügen* sollte nur dann in Betracht gezogen werden, wenn ein Schiebetrieb in einem anschließenden Streckenabschnitt ohnehin nötig ist oder die Streckenführung größere Steigungen aufweist. In den meisten Fällen ist diese Maßnahme nicht zu empfehlen.

Die mit Abstand effizienteste Maßnahme zur Schaffung zusätzlicher Fahrplantrassen ist die *Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen* durch die Anschaffung besonders stark motorisierter Triebzüge sowie den Bau hoher Bahnsteige für schnellen Fahrgastwechsel. Diese Maßnahme ist an einer zweigleisigen Bahnstrecke ebenso wirkungsvoll wie der Bau eines dritten Gleises, jedoch ca. 96% kostengünstiger.

## **3.2 Fahrzeugseitige Erhöhung der Sitzplatzkapazität**

Zusätzliche Sitzplätze können in einem Fernverkehrszug einerseits durch die Vergrößerung der Zuglängen und andererseits durch eine bessere Raumausnutzung innerhalb der einzelnen Personenwagen (Ausnutzung von Länge, Breite und Höhe) geschaffen werden.

### **3.2.1 Vergrößerung der Zuglängen**

Aus verschiedenen Gründen ist die Anzahl der Personenwagen von lokbespannten Reisezügen und ICE-Triebzügen nicht beliebig zu erhöhen.

#### **3.2.1.1 Begrenzung der Zuglängen durch gegebene Bahnsteiglängen**

Die *begrenzten Bahnsteiglängen* lassen im IC-/ICE-Kernnetz ICE-Züge mit maximal 14 Mittelwagen und lokbespannte Reisezüge mit maximal 15 Wagen zu. Für diese Längen von über 400 Metern sind die Bahnsteige ausgelegt, wobei selbst auf den meisten großen Bahnhöfen nur einzelne Bahnsteige diese maximalen Längen aufweisen. Es wäre grundsätzlich vorstellbar, durch bauliche Maßnahmen Bahnsteige weiter zu verlängern, was jedoch umfangreiche Umbauten an den Gleisvorfeldern erfordern würde. Ohne eine nähere Prüfung der Effizienz einer solchen Maßnahme ist sie allein schon deshalb zu verwerfen, weil die zu Fuß und mit Gepäck zurückzulegenden *Wege auf dem Bahnsteig für den Fahrgast* nicht mehr zumutbar werden. Besonders bei Kopfbahnhöfen, wo oft die gesamte Zuglänge zu Fuß zurückgelegt werden muß, um zu einem reservierten Sitzplatz zu gelangen, ist die Grenze der Zumutbarkeit für den Fahrgast heute schon fast überschritten. Für Umsteiger können zusätzliche Fußgängerüber- oder Unterführungen die Wege verkürzen (vgl. Kapitel 3.3.3.2), doch wird mit solchen Verbesserungen nur der heutige Mißstand der langen Fußwege gemildert, ohne daß dies ein Grund ist, größere Zuglängen als akzeptabel zu bezeichnen.

#### **3.2.1.2 Zusammenhang zwischen Zuglänge und spezifischer Antriebsleistung**

Während im klassischen Eisenbahnfernverkehr die Zuglängen allein durch die Bahnsteiglängen limitiert werden, kommen im modernen Hochgeschwindigkeitsverkehr zwei weitere limitierende Faktoren hinzu. Es handelt sich um den Zusammenhang zwischen *installierter Antriebsleistung* und dem Gesamtgewicht des Zuges einerseits (spezifische

Antriebsleistung) und zwischen Lokgewicht (sogenanntes *Reibungsgewicht*) und Gesamtgewicht andererseits (siehe nächstes Unterkapitel).

Läßt man einen ICE Baujahr 1991 beispielhaft auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg sowie auf der geplanten Neubaustrecke Stuttgart – Ulm<sup>208</sup> fahren, so ergeben sich um so kürzere Fahrzeiten, je weniger Mittelwagen zwischen den Triebköpfen geführt werden.

*Tab. 8: Fahrzeitverlängerung durch Mitnahme zusätzlicher Mittelwagen  
Fahrzeiten (ohne Fahrzeitzuschlag und ohne Haltezeiten) und  
Durchschnittsgeschwindigkeit (mit Fahrzeitzuschlag und mit Haltezeiten)*

	Fahrzeit min'sec	Durchschn. geschwin- digkeit	bezogen auf ICE 14 Mitt.
Stuttgart - Ulm			
ICE 1 mit 14 Mittelwagen	25'32	171	100%
ICE 1 mit 12 Mittelwagen	24'17	180	95%
ICE 1 mit 10 Mittelwagen	23'04	189	90%
Hannover - Würzburg			
ICE 1 mit 14 Mittelwagen	93'22	173	100%
ICE 1 mit 12 Mittelwagen	90'53	177	97%
ICE 1 mit 10 Mittelwagen	88'41	181	95%

Demnach führt ein zusätzlicher Mittelwagen im Zugverband, je nach Fahrdynamik der Strecke, zu einer längeren Fahrzeit in Höhe von 2,5 bis 5%. Dies erscheint zunächst unerheblich. Bedenkt man jedoch, mit welchen Kosten die Minute Fahrzeitverkürzung bei Neubaustrecken verbunden ist, kann dieser Effekt auf keinen Fall vernachlässigt werden. Im Kapitel 3.3 "Verkürzung der Reisezeiten" wird noch näher darauf eingegangen.

Ähnliche Zusammenhänge gelten nicht nur für den Hochgeschwindigkeitsverkehr, sondern auch für den InterRegio-Verkehr mit relativ kurzen Haltestellenabständen und einer Höchstgeschwindigkeit von "nur" 160 bis 200 km/h. Da die InterRegio-Züge mit Zuglängen von meist 6 bis 9 Wagen die zulässige Gesamtlänge kaum ausnutzen, verfügen sie über ein hohes Beschleunigungsvermögen, was sich in hohen Durchschnittsgeschwindigkeiten niederschlägt.<sup>209</sup>

208) Die Berechnungen beziehen sich auf eine fahrdynamisch optimale Ausbaustrecke Hauptbahnhof – Bad Cannstadt – Mettingen sowie auf eine anschließende Neubaustrecke bis Ulm entlang der Autobahn.

209) So erreicht beispielsweise der InterRegio auf der Flachlandstrecke Hamburg-Harburg – Lüneburg – Uelzen – Celle mit einem durchschnittlichen Haltestellenabstand von 42 km eine Reisegeschwindigkeit von 150 km/h (Jahresfahrplan 1991/92). Diese hohe Reisegeschwindigkeit wird trotz größerer Haltestellenabstände von den längeren IC-Zügen nur in den wenigsten Fällen übertroffen. Selbst die ICE-Züge auf den derzeit in Betrieb befindlichen Neubaustrecken erreichen nur geringfügig höhere Geschwindigkeiten. Allerdings ist dieser Sachverhalt nicht nur auf das geringere Beschleunigungsvermögen dieser Züge, sondern auch auf die Langsamfahrbereiche in den großen Städten (z. B. Kassel, Stuttgart) zurückzuführen.

### 3.2.1.3 Limitierung der Zuglänge durch das geforderte Anfahrvermögen in Steigungen

Wie noch später erläutert wird, sind Neubaustrecken in topographisch bewegtem Gelände besonders teuer. Wenn die maximale Steigung auf bis zu 4% angehoben wird, können die Baukosten entscheidend reduziert werden, weil weniger Tunnelstrecken und Talbrücken benötigt werden. Für Personenzüge ergeben sich dabei keine prinzipiellen Nachteile hinsichtlich der Reisegeschwindigkeit<sup>210</sup>. Um eine solch steile Strecke in dichter Zugfolge befahren zu können, muß jedoch gewährleistet sein, daß im Störfall ein in einer Maximalsteigung stehengebliebener Personenzug aus eigener Kraft wieder anfahren kann. Die Betriebsabteilung der DB verlangt für die Neubaustrecke Köln – Frankfurt, daß selbst bei Ausfall von 50% der Antriebseinheiten eines Triebkopfes und bei nur mäßig günstigen Witterungsbedingungen der Zug noch selbständig anfahren kann<sup>211</sup>. Dabei wird ein sehr selten auftretendes Ereignis unterstellt, das sich aus einzelnen Ereignissen mit jeweils geringer *Wahrscheinlichkeit* zusammensetzt.

Ereignisse bei einer Zugfahrt von Köln nach Frankfurt:<sup>212</sup>

- Signaltechnisch oder fahrzeugtechnisch bedingte Bremsung auf freier Strecke (5% Wahrscheinlichkeit),
- dabei Stehenbleiben in einem Streckenabschnitt mit Maximalsteigung (5% Wahrscheinlichkeit),
- nur mäßig günstige Witterungsbedingungen (25% Wahrscheinlichkeit),
- Ausfall eines Antriebsmotors (0,3% Wahrscheinlichkeit).

Nach den Erfahrungen der DB mit dem ICE-Betrieb ist bei 43 ICE-Zuggarnituren durchschnittlich pro Woche ein "Hilfslokkfall" eingetreten.<sup>213</sup> Solche Hilfslokkfälle treten im derzeitigen ICE-Netz nur dann ein, wenn beide Triebköpfe ausfallen, weil ICE-Züge mit Ausnahme an der "Geislinger Steige" mit nur einem Triebkopf immer selbständig anfahren können. Hilfslokkfälle ergeben sich nur bei einem Ausfall der technischen Einheiten, die für den gesamten Zug nur einmal vorhanden sind, also etwa beim Ausfall der Steuerelektronik. Bei der ICE-Flotte wird schätzungsweise die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls eines Antriebsmotors in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Rechnet man den wöchentlichen Ausfall eines Antriebsmotors in die Ausfallwahrscheinlichkeit pro Zugfahrt um,<sup>214</sup> so erhält man die erwähnten 0,3% Wahrscheinlichkeit. Die Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Eintreten der aufgeführten Ereignisse ergibt sich aus der Multiplikation der Einzelwahrscheinlichkeiten:

210) vgl. Blind, Wilhelm, Schnell und umweltbewußt: die Neubaustrecke Köln-Rhein/Main, in: Die Deutsche Bahn 10/1992, S. 1066

211) vgl. Blind, a.a.O., S. 1066

212) geschätzte Wahrscheinlichkeiten

213) vgl. Rockenfelt, Bernd R./ Haus, Bernhard, Die ICE-Koordinationsstelle – Zwei Jahre erfolgreiche Disposition, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 507

214) Die Aussage, daß einmal pro Woche ein Hilfslokkfall erforderlich ist, bezieht sich auf die gesamte ICE-Flotte von 43 Zügen.

$1/7$  (Ausfallwahrscheinlichkeit pro Wochentag) / 43 Züge = 0,003

$$0,05 \cdot 0,05 \cdot 0,25 \cdot 0,003 = 0,0000019.$$

Das Ereignis, daß alle vier Ereignisse gleichzeitig eintreffen, tritt demnach für etwa jeden 500.000-sten Zug ein, bei der Neubaustrecke Köln – Frankfurt mit täglich 180 Zügen *alle acht Jahre*.

Nun plant die Deutsche Bahn, sämtliche ICE-Züge auf der Neubaustrecke Köln – Frankfurt entweder mit nur 9 Mittelwagen oder mit einem dritten Triebkopf auszustatten, bei zusätzlichen Anschaffungskosten von etwa 800 Mio. DM<sup>215</sup>. Unterstellt man, daß ein hängengebliebener Zug nach einer Stunde mittels einer Hilfslok wieder seine Fahrt aufnehmen kann, so werden etwa 400 Fahrgäste eine Stunde verspätet ans Ziel kommen. Die durch den Störfall behinderten Züge müssen nicht unbedingt eine Folgeverspätung erhalten, da der Fahrplan auf der Neubaustrecke zwischen Köln und Frankfurt 9 Minuten Fahrzeitzuschlag enthalten wird<sup>216</sup> und der hängengebliebene Zug auf dem Gegengleis umfahren werden kann.

Es lassen sich die Kosten einer Vermeidung der einstündigen Verspätung pro Fahrgast ausrechnen: Ohne Berücksichtigung der Wartungskosten zusätzlicher Triebköpfe ergeben sich 51 Mio. DM kalkulatorische Kosten<sup>217</sup>. Innerhalb der Zeitspanne von acht Jahren, in der statistisch ein solches Ereignis eintritt, fallen demnach kalkulatorische Kosten in Höhe von 408 Mio. DM an. Somit muß für jeden der etwa 400 Fahrgäste rund eine Million DM ausgegeben werden, damit eine solche Verspätung von einer Stunde nicht eintritt. Ein weiterer Kommentar hierzu erübrigt sich.

Wenn statt des zusätzlichen Triebkopfes lediglich zwei Drehgestelle der Fahrgastwagen Antriebsmotoren erhalten, dann sinken die Mehrkosten gegenüber einem zusätzlichen Triebkopf deutlich. Der Nutzen einer solchen Maßnahme ist weniger in der erhöhten Betriebszuverlässigkeit, sondern mehr in Reisezeitgewinnen zu sehen.

Im folgenden wird vorausgesetzt, daß zum Anfahren alle verfügbaren Motoren funktionsstüchtig sind. Dann sind in einer Maximalsteigung von 39‰ bis zu 11 Mittelwagen beim ICE Baujahr 1991 zulässig, wobei bei einem Haftwert von  $\mu = 0,25$  und voller Besetzung noch eine Anfahrbeschleunigung von  $0,1 \text{ m/s}^2$  zur Verfügung steht. Dieses Beschleunigungsvermögen entspricht der Anfahrbeschleunigung eines schweren Güterzuges in der Ebene. Nun ist bekannt, daß der ICE Baujahr 1991 hinsichtlich des Gewichtes der Mittelwagen alles andere als eine optimale Konstruktion darstellt; denn die Mittelwagen von französischen, italienischen und japanischen Hochgeschwindigkeitszügen sind erheblich leichter als der deutsche 53 Tonnen schwere ICE-Mittelwagen. Selbst herkömmliche IC-Wagen wiegen nur 45 Tonnen. Wird das Gewicht auf 45 Tonnen<sup>218</sup> vermindert und gleichzeitig das Gewicht des Triebkopfes von 77,5 auf 80 Tonnen angehoben, so lassen sich, selbst bei einer größeren Zahl von Sitzplätzen und somit höherem Gewicht der Fahrgäste, nach den

215) 8 Mio. DM pro Triebkopf, 5 Linien mit je 20 Zuggarnituren

216) 15% von 60 Minuten fahrplanmäßiger Fahrzeit

217) 800 Mio. DM Anschaffungskosten  $\cdot 0,064$  Zins und Abschreibung über 30 Jahre

218) vgl. Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 6/1992 (diverse Fachartikel befassen sich mit der Gewichtsreduzierung einer künftigen ICE-Generation)

gleichen Kriterien 13 statt 11 Mittelwagen mitführen, ohne einen dritten Triebkopf einsetzen zu müssen. Unter dem Aspekt, daß der Mittelwagen des italienischen Hochgeschwindigkeitstriebzuges ETR 500 lediglich 40 Tonnen wiegt<sup>219</sup>, dürften sich spätestens bei Einsatz solch leichter Wagen selbst sehr steile Neubaustrecken nicht mehr limitierend auf die zulässige Zuglänge auswirken.

Die Darstellung zeigt, daß im Hochgeschwindigkeitsverkehr bei Einsatz leichtester Materialien 13 bis 14 Mittelwagen die Obergrenze der Zuglänge darstellt, die mit zwei Triebköpfen unter Zugrundelegung eines zuverlässigen Eisenbahnbetriebes noch bewältigt werden kann. Im InterRegio-Verkehr mit ICE-Garnituren oder auf schwach ausgelasteten ICE-Linien bietet es sich an, einen entsprechenden "Halbzug" mit Steuerwagen und nur einem Triebkopf verkehren zu lassen. So ändert sich gegenüber einem doppelt so langen ICE-Zug weder die spezifische Antriebsleistung noch die Fähigkeit des Anfahrens in Steigungen.

Als Ergebnis des Kapitels 3.2.1 kann festgehalten werden, daß eine Steigerung der Zuglänge über die bisher üblichen maximalen Zuglängen hinaus aufgrund mehrerer limitierender Faktoren nicht ratsam ist, so daß für die Erhöhung der Sitzplatzzahl pro Fahrzeug nur eine effizientere Ausnutzung des vorhandenen Raumes näher in Frage kommt.

### **3.2.2 Effizientere Raumausnutzung innerhalb der Personenwagen**

Die Erhöhung der Sitzplatzzahl pro Wagen steigert unmittelbar die quantitative angebotene Verkehrsleistung, ohne daß ein zusätzlicher Zug verkehren und dafür gegebenenfalls die Streckenleistungsfähigkeit erhöht werden muß und ohne daß sich die Fahrleistungen nennenswert verschlechtern, wie das bei der Mitnahme zusätzlicher Wagen der Fall ist.

Jeder Sitzplatz, der ohne Komfortverlust in einen Personenwagen zusätzlich eingebaut werden kann, verbessert die gesamte Effizienz des Systems Schienenpersonenfernverkehr nahezu proportional zum Verhältnis der Steigerung der Sitzplatzzahl, unabhängig davon, ob im Effizienzbegriff auf der Input-Seite Kosten, Energie, Emissionen oder Rohstoffe betrachtet werden. Der ICE in der Serie von 1991 gab Anlaß zu vielfältiger Kritik. Unter anderem wurde kritisiert, daß nur 66 Sitzplätze in einem Mittelwagen der zweiten Klasse eingebaut sind, obwohl der Wagen gegenüber dem bisherigen IC-Großraumwagen mit 80 Sitzplätzen um 20 cm breiter und erheblich schwerer ist.

Da in diesem Kapitel noch keine Nachfrageelastizitäten behandelt werden, sollen nur solche Maßnahmen zur Erhöhung der Sitzplatzzahl betrachtet werden, die das subjektiv empfundene Platzangebot für den Reisenden als Teilaspekt des Komforts nicht bzw. nur unwesentlich beeinflussen. Der Komfort dürfte gerade beim ICE durch die weniger dichte Bestuhlung kaum beeinflußt worden sein: Kommentare von Reisenden zeigen, daß das objektiv größere Raumangebot pro Fahrgast subjektiv nicht erfaßt wird. Ganz im Gegenteil haben

---

219) vgl. o. V., Two trains in search of a railway, in: Railway Gazette International, June 1989, S. 393

viele Fahrgäste den Eindruck, eher beengt als geräumig zu reisen.<sup>220</sup> Es spricht einiges dafür, daß hinsichtlich des Raumangebotes pro Fahrgast zumindest in einem weiten Bereich die Nachfrageelastizität sehr gering ist: Bedenkt man, daß die Alternativen zur Beförderung mit der Eisenbahn die wesentlich enger bestuhlten Verkehrsmittel Flugzeug, Bus und Auto sind, so wird deutlich, daß der Eisenbahnverkehr ohnehin das komfortabelste Verkehrsmittel hinsichtlich des Raumangebotes ist. Anders ausgedrückt: Für eine Vergrößerung des Raumangebotes über den im IC-Verkehr bislang erreichten Standard hinaus kann die Bahn kaum höhere Preise am Markt durchsetzen.

Die Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Raumes läßt sich in drei Dimensionen betrachten: in der Länge, Breite und Höhe. In jeder der drei Dimensionen ergeben sich Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Raumaufteilung, so daß ohne Komfortverminderung mehr Sitzplätze pro Raumvolumen untergebracht werden können.

### 3.2.2.1 Ausnutzung der Länge des Personenwagens

Die Ausnutzung der Länge des Personenwagens wird hauptsächlich durch den Abstand der Sitzreihen bestimmt. Dieser setzt sich zusammen aus:

- für den Fahrgast nutzbare Sitztiefe und Beinfreiheit,
- Dicke der Rückenlehnen,
- Freiraum zum Zurückdrehen der Lehnen bei vis-a-vis-Bestuhlung,
- gegebenenfalls Freiraum zum Drehen des Stuhles um 180°.

Folgende Sitzreihenabstände sind bei verschiedenen Personenfernverkehrswagen in der 2. Klasse realisiert:

IC Großraumwagen (Reihenbestuhl.)	950 mm
ICE 1 Reihenbestuhlung	1025 mm <sup>221</sup>
ICE 1 vis-a-vis-Bestuhlung	868 mm <sup>222</sup>
ICE 1 Abteibereich	940 mm
ETR 500	905 mm <sup>223</sup>
TGV Nord Reihenbestuhlung	850 mm <sup>224</sup>
TGV Nord vis-a-vis-Bestuhlung	920 mm.

Es ist ein Trugschluß, zu meinen, der ICE verfüge über die größte für den Fahrgast nutzbare Sitztiefe und Beinfreiheit. Denn zumindest bei der vis-a-vis-Bestuhlung gehen rund 15 cm pro Sitzreihe verloren, um an den Stellen, wo die Fahrgäste Rücken an Rücken sitzen, einen Freiraum zum Zurückdrehen der Lehnen zu haben. Die für den Fahrgast nutzbare

220) eigene Beobachtungen im Bekanntenkreis

221) Günther, Christian, Die ICE-Mittelwagen, in: Rahn Theo u.a. (Hrsg.), ICE – Zug der Zukunft, 2. Auflage, Darmstadt 1991, S. 117

222) Von den 1025 mm ist der verschenkte Raum (157 mm) abzuziehen, der für das gleichzeitige Zurückschwenken zweier Lehnen vorgesehen ist.

223) o. V., Two trains in search of a railway, in: Railway Gazette International, June 1989, S. 391

224) o. V., Three Capitals sets in final design, in: Railway Gazette International, May 1989, S. 336

Sitztiefe und Beinfreiheit ist somit deutlich geringer als bei anderen Fahrzeugen.<sup>225</sup> Der verfügbare Raum zwischen den beiden Armlehnen der vis-a-vis angeordneten Sitze ist beim ICE mit 71 cm sogar deutlich geringer als im Nahverkehr mit 78 cm (S-Bahn-Triebwagen ET 420). Hinzu kommt, daß sich beim ICE in diesem Bereich noch ein Tisch befindet.

Diese ungünstige Raumaufteilung kann verbessert werden, wenn die Sitze der vis-a-vis-Bestuhlung mit starren Lehnen konzipiert werden, zumal diese Sitzanordnung mit Tischen in der Mitte ohnehin zum Arbeiten prädestiniert ist. Dies ist beispielsweise bei den IC-Großraumwagen der SBB realisiert. Eine weitere Möglichkeit, den Platz zum Zurückdrehen der Lehnen einzusparen, besteht darin, die Sitze wie in den alten Abteilwagen vorzusehen, so daß sich beim Zurückdrehen der Lehne der Sitz nach vorne schiebt. Der große Abstand der Sitzreihen bei der Reihenbestuhlung im ICE ist nicht notwendig, wenn auf die Möglichkeit, die Sitze um 180° drehen zu können, verzichtet wird. Eine Reduzierung der Dicke der Rückenlehnen um 1 bis 2 cm ist sicherlich möglich<sup>226</sup>. Die Verringerung der für den Fahrgast nutzbaren Sitztiefe und Beinfreiheit sollte in Deutschland grundsätzlich nicht vorgenommen werden. Die kleineren Sitzplatzmaße der französischen und italienischen Wagen sind vielmehr in der Tatsache begründet, daß Franzosen und Italiener im Durchschnitt der Bevölkerung kleinwüchsiger als Deutsche sind.

Aus den vorangegangenen Überlegungen läßt sich folgern, daß ein Sitzplatzabstand von knapp 95 cm ein völlig ausreichendes Platzangebot schafft, wenn folgende Merkmale gegeben sind:

- feste Rückenlehnen bei der vis-a-vis-Bestuhlung wie bei den Schweizer IC-Großraumwagen,
- keine drehbaren Sitze,
- Reduzierung der Dicke der Rückenlehnen um 1 bis 2 cm.

Um die Anzahl der realisierbaren Sitzreihen pro Wagen zu ermitteln, müssen von den 26,4 m Wagenlänge die Einstiegsbereiche ( $2 \cdot 1,9$  m) sowie die Toiletten (1,5 m rechts und links vom Mittelgang) und Schaltschränke (0,4 m rechts und links vom Mittelgang) abgezogen werden<sup>227</sup>, so daß für die Sitzreihen 20,7 m zur Verfügung stehen. Mit einem Sitzreihenabstand von 940 mm lassen sich 22 Sitzreihen realisieren, während im ICE nur 20 Sitzreihen untergebracht sind.

Allein die bessere Ausnutzung der gegebenen Wagenlänge erhöht demnach die Sitzplatzzahl um 10%.

---

225) Trotz des größeren Platzbedarfes pro Sitz wird der ICE bei der Beinfreiheit von den Fahrgästen nicht besser bewertet als der IC; vgl. Umfrageergebnisse aus: Wiese, Josef / Menebröcker, Berthold, Ein Jahr InterCityExpress, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 495

226) Im Rahmen der Neuentwicklung von Sitzplätzen für den ICE 2 wird sogar noch wesentlich mehr Platz gewonnen, indem die Sitze eine hinsichtlich der Raumausnutzung effizientere Form erhalten sollen. Vgl. Kurz, Heinz, Der Intercity-Express 2 – konsequente Weiterentwicklung der ICE-Familie, in: Eisenbahn-Revue international, 1-2/1994, S. 3

227) vgl. Grundrißzeichnung des ICE in: Günther, a.a.O.

### 3.2.2.2 Ausnutzung der Breite des Personenwagens

Beim ICE-Mittelwagen wurde das zulässige Lichtraumprofil<sup>228</sup> mit einer Sonderzulassung überschritten. Dabei wurden sogar die Wagenenden im Grundriß leicht angeschrägt, da in diesem Bereich aufgrund des Ausscherens des Wagenkastens in Kurven nicht die volle Breite erlaubt wäre. So wird eine nutzbare Breite des Innenraums von bis zu 284 cm<sup>229</sup> auf Höhe der Armlehnen erreicht – das ist rund 20 cm mehr als bei herkömmlichen IC-Wagen.

In viele Inneneinrichtungen von Personenwagen sind innenarchitektonische Überlegungen mit eingeflossen, um eine aufgelockerte "Sitzlandschaft" zu erhalten. So wird im ICE-Mittelwagen auf vier Sitze am Mittelgang zugunsten einer Garderobe verzichtet. Im InterRegio-Wagen sind die Sitze sehr unterschiedlich angeordnet, wobei einzelne Sitzreihen nur noch über zwei Plätze und einen Notsitz verfügen statt über vier Sitze wie im IC-Großraumwagen. Ähnlich wie bei der ICE-Bestuhlung hat jedoch der Fahrgast im InterRegio nicht das Gefühl, mehr Platz als bisher zu haben. Es ist daher sehr fraglich, ob ein Verzicht auf die volle Ausnutzung der möglichen vier Sitze pro Sitzreihe sinnvoll ist.

*Abteile* verfügen seit den Neubauten der DB in den sechziger Jahren immer über 6 Sitze, also 3 Sitze pro Reihe. Ältere Reichsbahnwagen haben dagegen Sitzbänke mit 4 Sitzen nebeneinander. Unterstellt man einen überbreiten Wagen wie den ICE-Mittelwagen, so ist es ohne Komfortverlust vorstellbar, in der zweiten Klasse auch im Bereich von Abteilen 4 Sitze pro Sitzreihe anzuordnen.<sup>230</sup> Der Seitengang ist dann immer noch 10 cm breiter als der Mittelgang im Großraumbereich des ICE-Wagens, jedoch 13 cm schmaler als der extrem breite Seitengang des derzeitigen ICE im Bereich von Abteilen mit nur 3 Sitzen pro Reihe<sup>231</sup>. Die einzelnen Sitze sind dabei lediglich 4 cm schmaler als die sehr breiten Sitze im Großraumbereich des ICE-Wagens.

Bedenkt man, daß ohnehin bei jedem Wechsel von *Mittel- zu Seitengang* mindestens ein Sitzplatz verloren geht, bietet es sich an, statt Achterabteilen zwei Viererabteile mit Mittelgang anzuordnen. Dies dürfte ohnehin kundengerechter sein, da es bei den Fahrgästen vermutlich mehr Vierergruppen als Sechser- bzw. Achtergruppen geben wird.

Wenn 1/3 der Sitze in Abteilen angeordnet wird, kann die Verbreiterung des Zuges von 2,80 auf 3,00 Meter Außenbreite (um 7%) mit Verwendung von Achterabteilen statt Sechserabteilen allein schon durch rund 10% zusätzliche Sitze<sup>232</sup> quantitativ gerechtfertigt werden – den Komfortgewinn für die restlichen 2/3 der Sitze noch gar nicht berücksichtigt.

---

228) Das Lichtraumprofil ist eine gedachte äußere Umrandung eines Eisenbahnfahrzeuges, die nicht überschritten werden darf. Das Lichtraumprofil wird z. B. bestimmt durch nahe der Strecke aufgestellte Masten.

229) vgl. Grundrißzeichnung des ICE in Günther, a.a.O.

230) Die Breite des Innenraums teilt sich dann auf in: (4 · 54 cm pro Sitz) + (3 cm Trennwand zum Gang) + (65 cm Gang) = 284 cm.

231) vgl. Grundrißzeichnung des ICE in: Günther, a.a.O.

232) 21 Reihen, davon 1/3 Abteilbestuhlung = 6 oder 8 Sitzreihen in Abteilen = 6 oder 8 zusätzliche Sitze = rund 10%

In jedem ICE-Wagen hat der Reisende die Wahl zwischen Reihenbestuhlung, vis-a-vis-Sitzen und Abteilen. Ein wesentlicher Vorteil von Abteilen war bisher die Möglichkeit, sich bei geringer Auslastung quer über die Sitze zu legen oder einfach durch "Hineinlummeln" zwei Sitze zu belegen. Die Schalensitze mit festen Armlehnen machen dies unmöglich. Da diese Sitze auch noch mehr Platz erfordern, sind sie zweifelsfrei als Verschlechterung zu bezeichnen. Daher sollten vor allem künftige Achter-Abteile bzw. Vierer-Abteile mit Mittelgang wieder über Sitzbänke mit voll klappbaren Armlehnen verfügen.

Der Einbau von 5 Sitzen pro Sitzreihe wird in einigen Nahverkehrsfahrzeugen realisiert, beispielsweise im alten Schienenbus der DB, in mehreren Reichsbahnfahrzeugen und sogar im engen englischen Lichtraumprofil bei den neuen "Networker"-Vorortzügen von British Rail. Reserviert man vom 284 cm breiten ICE-Innenraum wie bisher 50 cm für den Mittelgang, so ergeben sich bei fünf Sitzen nebeneinander 47 statt 58 cm breite Sitze. Dies wäre zwar immer noch ein mit Reisebussen vergleichbarer "Komfort", hätte aber einen deutlichen Komfortverlust zur Folge. Inwieweit die Einführung einer 3. Klasse mit 5 Sitzen nebeneinander und reduzierten Sitzreihenabständen sinnvoll wäre, soll in dieser Arbeit nicht weiter untersucht werden, zumal erst einmal sämtliche der zahlreichen Möglichkeiten ausgeschöpft werden sollten, ohne Komfortverlust die Sitzplatzzahl zu erhöhen.

Ob *Garderoben* links und rechts vom Mittelgang positiv die Sitzlandschaft beeinflussen, ist sicherlich eine Geschmacksfrage. Tatsache ist, daß die dahinter am Fenster befindlichen Sitze ungern angenommen werden und eine Einschränkung der Rundumsicht die Folge ist. Bedenkt man, daß sich Eisenbahnzüge auch doppelstöckig konstruieren lassen (siehe nächstes Unterkapitel), so muß es möglich sein, unter dem üblichen Gepäckablageband noch eine weitere Ablagemöglichkeit mit nur 20 cm Höhe zu schaffen. Dort können Mäntel unabhängig von Gepäck flach abgelegt werden.

Festzuhalten ist, daß komfortable Eisenbahnwagen konzipiert werden können, die durchweg über vier Sitze pro Sitzreihe verfügen. So gestaltete Abteilbereiche setzen jedoch überbreite Wagen des ICE-Formats voraus. Die im vorherigen Unterkapitel erwähnten 22 Sitzreihen können daher durchweg über 4 Sitze verfügen, so daß ein Personenwagen mit 88 Sitzplätzen ohne weiteres vorstellbar ist. Dies ist gegenüber dem ICE-Mittelwagen mit 66 Sitzplätzen eine Steigerung um 33%, und zwar ohne Komfortverluste. Demnach läßt sich allein durch eine optimierte Sitzplatzaufteilung gerade das ressourcenintensive Gesamtsystem "Hochgeschwindigkeitsverkehr" in der Effizienz um 33% verbessern.

Wie später ("Berücksichtigung gesamtwirtschaftlicher Aspekte" in Kapitel 3.3.2.2) noch ausgeführt wird, ist der ICE Baujahr 1991 aufgrund des hohen Energieverbrauchs pro Sitzplatz mit den meisten Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs nicht vereinbar. Es ist deshalb dringend erforderlich, nicht nur in künftige ICE-Züge, sondern auch in die schon verkehrenden Züge nachträglich mehr Sitzplätze einzubauen. Zusätzliche Sitzplätze werden für einen ICE-Wagen zweiter Klasse wie folgt geschaffen:

- Vierer- bzw. Achter-Abteile statt Sechser-Abteile (+ 8 Sitze),
- im Großraumbereich eine zusätzliche Sitzreihe durch Reduzierung des Sitzreihenabstandes von 1025 mm auf 949 mm (+ 4 Sitze),
- Wegfall der Garderoben (+ 4 Sitze),
- Verschwenkung von Mittelgang zu Seitengang auf der Höhe der Toilette statt im Großraumbereich (+ 2 Sitze).

Dies ergibt künftig 84 statt 66 Sitzplätze, was die Effizienz des Gesamtsystems ICE um 27% steigert. Die Kosten des Umbaus dürften dabei im Vergleich zum Nutzen sehr gering sein, zumal bei der Konstruktion des ICE-Wagens ein künftiger Umbau schon berücksichtigt wurde<sup>233</sup>.

Es wäre auch zu überlegen, in einer zweiten Serie von InterRegio-Wagen wieder eine dichtere Bestuhlung vorzusehen. Solche Züge könnten dann auf stärker belasteten Linien eingesetzt werden. Da jedoch die InterRegio-Züge auf weiten Strecken mit geringerer Geschwindigkeit verkehren als ICE-Züge, ist zumindest aus Sicht der Effizienz hinsichtlich des Energieverbrauches eine solche Optimierung weniger dringlich als im Hochgeschwindigkeitsverkehr.

### 3.2.2.3 Ausnutzung der Höhe des Personenwagens

Vor allem im Nahverkehr erkennt man inzwischen mehr und mehr die Vorzüge von Doppelstockwagen. So werden die folgenden Vorteile gesehen:

- " - Erhöhung der Streckenkapazität
- Erhöhung der Bahnhofskapazität
- Flüssigerer Betriebsablauf infolge besserer Fahrgastverteilung im Zug
- Verzicht auf Bahnsteigverlängerung
- Geringere Pflege- und Instandhaltungskosten
- Geringere Investitionskosten je Sitzplatz
- Höhere Produktivität in der Zugförderung
- Geringerer Rangieraufwand (...)."234

Alle diese Gesichtspunkte lassen jeweils eine Effizienzsteigerung des Schienenpersonenverkehrs erwarten und sind auch auf den Fernverkehr übertragbar.

Für Doppelstockwagen lassen sich im Fernverkehr (siehe Abbildung 12) grundsätzlich zwei verschiedene Konzeptionen unterscheiden: Zum einen der klassische Doppelstockwagen mit je einem Gang pro Etage (Typ A) und zum anderen ein Doppelstockwagen mit einem einzigen Gang und den Sitzen in zwei Etagen ("Split-Level" Typ B und C). Bei diesem Konzept

233) vgl. Voß, Martin, Intercity Express: Ein neuer Triebzug für neue Strecken, in: Wege in die Zukunft, Reimers, Knut (Hrsg.), a.a.O., S. 232

234) Bundesbahndirektion München, Internes Papier, Abteilung Marketing Personenverkehr: "Bezirksverkehr im Ballungsraum München – Produkterneuerung durch den Einsatz von Doppelstockwagen – Untersuchungsbericht", ca. 1989, S. 27

führen von dem einen Gang aus kleine Treppen in untere und obere Abteile. Die Abteile sind wie Bienenwaben ineinander verschachtelt, wobei sich die Füße der Fahrgäste der oberen Abteile in Höhe der Köpfe der Fahrgäste in den unteren Abteilen befinden. Die Sitze werden entweder direkt übereinander angeordnet, wobei die Füße jeweils in die andere Richtung zeigen (Typ B), oder die Sitze werden versetzt angeordnet, so daß sich die Sitzflächen der oberen Etage über dem "Stehraum" des unteren Abteils befinden (Typ C).

Die erste Konzeption (Typ A) mit zwei vollständigen Etagen und separatem Gang pro Etage erfordert ein Aufstocken der Höhe der Wagen um 70 bis 80 cm, während die Split-Level-Typen mit der bisherigen Höhe von Personenwagen auskommen. Die Anordnung mit den Sitzen übereinander (Typ B) ist mehrmals patentiert und läßt grundsätzlich sogar sehr niedrige Wagenhöhen von nur 3,50 Meter zu. Die zweite Split-Level-Anordnung (Typ C) wurde bisher noch nicht realisiert und auch nicht in der Literatur vorgeschlagen.

#### *Der klassische Doppelstockwagen mit je einem Gang pro Etage (Typ A)*

In Europa wurden erstmalig 1993 Doppelstockzüge im Personenfernverkehr eingesetzt. So sind von der französischen Staatsbahn SNCF inzwischen 45 Doppelstock-TGV-Einheiten (siehe Abb. 13) bestellt worden, für weitere 55 Züge besteht eine Option.<sup>235</sup> Die Entscheidung der SNCF, Doppelstockzüge zum Einsatz kommen zu lassen, beruht nicht unmittelbar auf Überlegungen zur Steigerung der Effizienz des TGV-Systems. Der Doppelstockzug wird vielmehr als die einfachste Möglichkeit angesehen, die Sitzplatzkapazität einer Bahnstrecke zu erhöhen.<sup>236</sup> Das heißt, weniger die Verbesserung des Input-Output-Verhältnisses, sondern die Möglichkeit der Steigerung des Outputs allein (Effektivität) führte zu dieser Entscheidung.<sup>237</sup>

Aufgrund technischer Restriktionen hatten die Ingenieure des Doppelstock-TGV große Schwierigkeiten zu überwinden: Einerseits führt die Konstruktion des TGV mit Jakobs-Drehgestellen<sup>238</sup> zu hohen Achslasten, da im Durchschnitt das Gewicht eines 18,7 Meter langen Wagenkastens auf nur einem Drehgestell ruht, während die 26,4 Meter langen ICE-Wagen auf zwei Drehgestellen liegen. Andererseits hat die Französische Staatsbahn zur Schonung des Oberbaus (und vermutlich auch zum Ausschalten der deutschen Konkurrenz, die auf schwere Triebköpfe mit 20 Tonnen Achslast setzt) eine Begrenzung der Achslast auf 17 Tonnen eingeführt. Dies bedeutet, daß ein Drehgestell mit seinen zwei Achsen nur mit 34 Tonnen belastet werden darf.

Ein TGV-Doppelstock-Wagenglied hat 102 Sitzplätze<sup>239</sup>, was zu einem Gewicht der Reisenden incl. Gepäck von acht Tonnen führt. Demnach darf das Wagenglied mit einem

---

235) vgl. o. V., ETR 11/1991, S. 755

236) vgl. Hamburger Blätter, Juni 1989, Kurzmeldung 9455

237) Insbesondere auf der Strecke TGV-Nord soll dieser Zug eingesetzt werden, und zwar zwischen Brüssel und Paris. Auf dieser Strecke ergibt sich der verblüffende Zustand, daß noch vor Eröffnung der neuen Trasse diese planerisch schon mit Zügen voll belegt ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Züge von Paris nach London, Lille, Brüssel, Amsterdam und Köln – Frankfurt auf dieser Linie verkehren werden, während bislang mehrere separate Strecken für diese Relationen benutzt wurden.

238) Die Enden zweier Wagenkästen ruhen gemeinsam auf einem Drehgestell.

239) vgl. ETR 11/1991, S. 755

Drehgestell nur  $34 - 8 = 26$  Tonnen wiegen, pro Meter Wagenglied 1,4 Tonnen. Zum Vergleich: Der nur einstöckige ICE-Mittelwagen wiegt pro Meter 2,0 Tonnen! Der Doppelstock-TGV verfügt über einen durchgehenden Mittelgang im Oberdeck, während das Unterdeck bei den Drehgestellen unterbrochen ist. Vom Bahnsteig gelangen die Fahrgäste direkt ins Unterdeck. Die Gesamthöhe dieser Wagen beträgt nur 4,20 Meter, was für deutsche Verhältnisse kaum ausreicht: Die lichte Höhe des Unterdecks mißt nämlich nur 1,72 Meter, die des Oberdecks 1,91 Meter. Wünschenswert wäre in beiden Etagen eine lichte Höhe von 1,95 Meter, was eine Fahrzeughöhe von 4,50 Metern erfordern würde. Die TGV-Konstrukteure möchten hinsichtlich des Komforts die mangelnde Höhe dadurch wettmachen, daß sie den Sitzreihenabstand von 85 auf 92 cm erhöhen, was schwenkbare Lehnen ermöglicht.<sup>240</sup>

Um einen doppelstöckigen mit einem einstöckigen Fernverkehrszug vergleichen zu können, wird ein möglicher deutscher Doppelstockzug ähnlich dem Doppelstock-TGV entworfen.

Übernommen werden folgende Eigenschaften:

- jeweils ein Mittelgang pro Etage,
- Einstiegstüren im Unterdeck.

Es werden folgende Änderungen vorgenommen:

- herkömmliche Bauweise mit 26,4 Meter Länge und zwei Drehgestellen pro Wagen,
- 4,50 Meter Gesamthöhe, lichte Höhe pro Etage 1,95 Meter,
- entsprechend der größeren Sitzplatzzahl gegenüber der einstöckigen Bauweise 3 statt 2 Toiletten.

Über den Drehgestellen können nicht zwei Etagen realisiert werden. Da sich mit der Konstruktion von zwei Drehgestellen pro Wagen gegenüber der Jakobs-Bauart ein größeres, nicht durch Sitze genutztes Volumen ergibt, führt dies zu mehr Freiraum für die technische Ausstattung (Klimaanlage usw.) gegenüber dem Doppelstock-TGV, so daß die technische Ausstattung nicht mehr wie beim Doppelstock-TGV im Unterdeck des Speisewagens<sup>241</sup> untergebracht werden muß; aus den größeren "Verschnittflächen" über den Drehgestellen ergibt sich so kein Nachteil.

In einem solchen Doppelstockwagen lassen sich bei einem Sitzreihenabstand von 95 cm 132 Sitzplätze realisieren, genau 50% mehr als im einstöckigen Vergleichswagen, wie er in Kapitel 3.2.2.1 "Ausnutzung der Länge des Personenwagens" geschildert ist. Bei der Betrachtung der Effizienz eines solchen Wagens muß aber berücksichtigt werden, daß das Fahrzeug um 17%<sup>242</sup> höher wird. Demnach wird die *Effizienz des Gesamtsystems*<sup>243</sup> *nur um 28%*<sup>244</sup> *erhöht*.

240) vgl. ETR 11/1991, S. 755

241) vgl. ETR 11/1991, S. 755

242) um das Verhältnis 4,50m / 3,84m

243) Aus einer besseren Raumaussnutzung ergibt sich eine Effizienzsteigerung des Gesamtsystems "Schienenpersonenfernverkehr" in gleicher Höhe, wenn die qualitativen Angebotsmerkmale (insbesondere Komfort) nicht verschlechtert werden: Sieht man vom sehr geringen Kosten- und Ressourcenbedarf der zusätzlichen Sessel und Sitzbänke ab, wird bei gleichen Inputs (vgl. Abb. 4) ein entsprechend höherer marktlicher und staatspolitischer Output erzeugt.

244)  $1,50 / 1,17 = 1,28$

### *Die Patente zu Doppelstockwagen mit nur einem Gang (Typ B)*

In diesem Jahrhundert wurde weltweit mehrmals eine Sitzplatzanordnung patentiert, die Sitzplätze in zwei Etagen vorsieht, ohne daß dafür die Höhe des Wagens gegenüber der herkömmlichen einstöckigen Bauweise erhöht werden muß. Selbst niedrige Wagenhöhen von 3,50 Meter reichen dabei schon aus. Realisiert wurde dieses System bisher einmal bei Wagen der Long Island-Vorortbahn (New York) im Jahr 1912<sup>245</sup>. Eine Anwendung mit Liegesitzen ist zweimal patentiert worden<sup>246 247</sup>. Des weiteren besteht ein Patent für doppelstöckige Reihenbestuhlung<sup>248</sup>. Hier sind die oberen Sitze über Leitern zu erreichen; die unteren Sitze sind in konventioneller Weise auf Höhe des Ganges angeordnet. Ein weiteres Patent schlägt vor, ausgehend von den alten Abteilwagen ohne Durchgang und mit Außentür pro Abteil, das benachbarte obere Abteil durch vier Treppenstufen vom unteren Abteil aus zu erreichen, so daß quer zur Fahrtrichtung keine Treppen oder Leitern angeordnet werden müssen (siehe auch Abbildung 12).<sup>249</sup> Die Abteile sind ineinander verschachtelt angeordnet, wie das bei den anderen Patenten der Fall ist. Ein amerikanisches Patent sieht einen durchgehenden Gang an der Seite und geschlossene Abteile vor.<sup>250</sup>

---

245) Glasers Annalen Nr. 1446 vom 15. September 1937, S. 94

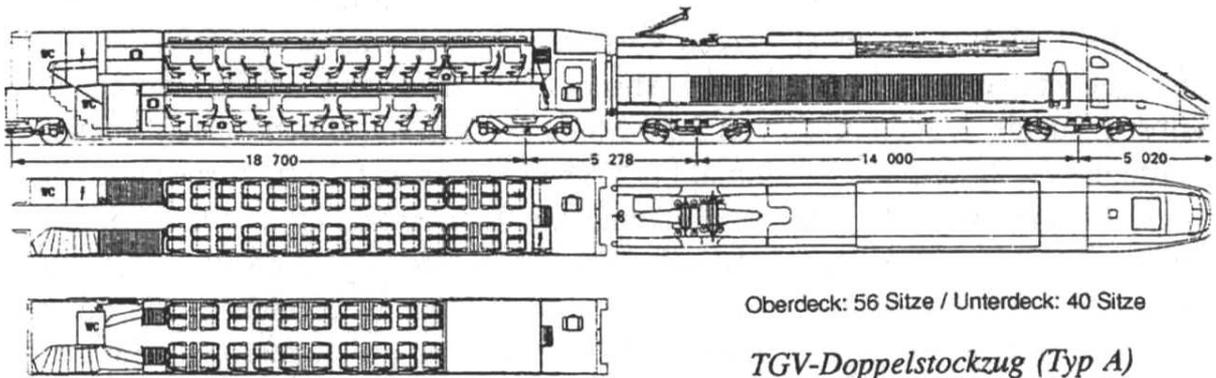
246) République Française, Ministère de l'industrie et du commerce, service de la propriété industrielle, brevet d'invention, N° 943.852 Gr.10 Cl.4, publiziert am 21.3.1949, Patentinhaber: Jean-Arsène-Alphonse Farines und René-Auguste-Victor Farines, "Perfectionnements apportés aux véhicules, notamment à ceux destinés au transport des voyageurs"

247) Deutsches Patentamt, Patentschrift Nr. 878213, Klasse 20c, Gruppe 41, Martin Stixrud, Oslo, Sitzplatzanordnung in Personenwagen, insbesondere Eisenbahnwagen

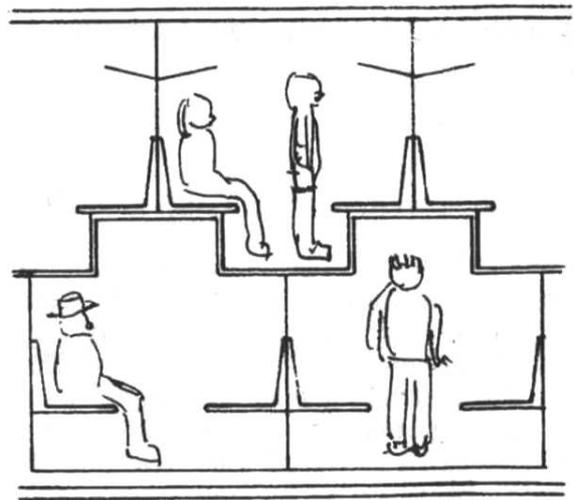
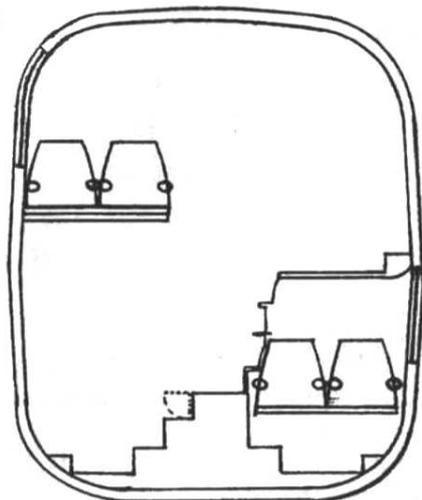
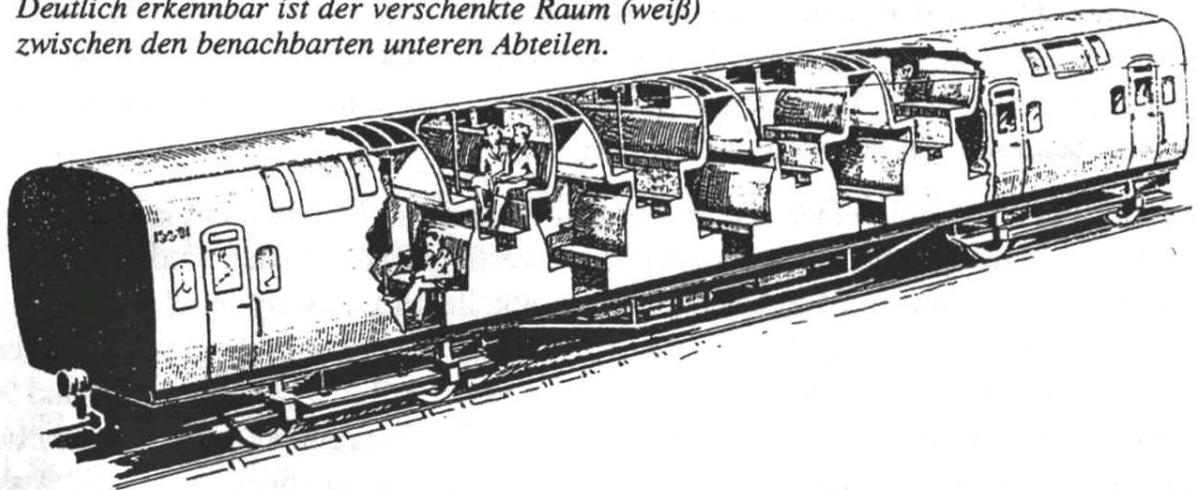
248) République Française, a.a.O., N° 605.451, Gr.3, Cl.4, publiziert am 27.5.1926, Patentinhaber Alfred William Lawson (USA)

249) o. V., Des voitures à grande capacité à compartiments imbriqués, in: Revue de l'aluminium, 2/1950, N° 163, S. 62

250) United States Patent Office, Nr. 2,364,094, Application May 16, 1941, Serial No. 393,790, Patentinhaber Peter Parke u.a.



*englisches Patent mit den Sitzen übereinander (Typ B)  
 Deutlich erkennbar ist der verschenkte Raum (weiß)  
 zwischen den benachbarten unteren Abteilen.*



*Bauweise mit einem Mittelgang und den Sitzen versetzt übereinander (Typ C)*

Abb. 13: Die drei verschiedenen Bauweisen von Doppelstockzügen

Modifiziert man die beiden letztgenannten Patente, so läßt sich ein komfortabler und zweckmäßiger Fernverkehrswagen entwerfen. Kennzeichen sind ein Mittelgang sowie

rechts und links davon Viererabteile, die abwechselnd durch zwei Stufen aufwärts und zwei Stufen abwärts erreichbar sind. Im Vergleich zum herkömmlichen Wagen mit 88 Sitzplätzen aus Kapitel 3.2.2.2 (Sitzreihenabstand 94 cm) ermöglicht diese Konstruktion 116 Sitzplätze (Sitzreihenabstand 95 cm) bei unveränderter Wagengröße. Demnach ist diese Anordnung der Sitze um 32% effizienter als die herkömmliche einstöckige Bauweise.

#### *Neue Konzeption eines Doppelstockwagens mit nur einem Gang (Typ C)*

Die Patente vom Typ B haben gemeinsam, daß die Sitze direkt übereinander angeordnet werden. Ordnet man sie versetzt zueinander an, so daß sich die Sitze des oberen Abteils über dem Fußboden des unteren Abteils sowie die Sitze des unteren Abteils unter dem Fußboden des oberen Abteils befinden (Typ C, siehe Abbildung 12), ergibt sich in dem doppelstöckig nutzbaren Abschnitt des Wagens (zwischen den Drehgestellen) tatsächlich die doppelte Sitzplatzanzahl gegenüber einer einstöckigen Bestuhlung. Die dafür erforderliche Wagenhöhe von 3,80 Metern entspricht der Höhe üblicher Personenwagen. In der Abbildung ist ein Wagen dargestellt, der hinsichtlich der Abmessungen in Höhe und Breite sowie im Bereich der Einstiegstüren exakt dem ICE-Wagen von 1991 entspricht.

Um in ein oberes Abteil eines Doppelstockwagens vom Typ C zu gelangen, sind vier Stufen einer sehr steilen Treppe bzw. einer Leiter zu überwinden. Die zu überwindende Höhendifferenz entspricht mit 80 bis 90 cm der Höhe eines Tisches. Der "sportliche Anspruch" entspricht dem Einstieg von einem niedrigen Bahnsteig in einen herkömmlichen Eisenbahnwagen. Ältere Menschen können mit den unteren Abteilen vorlieb nehmen, die mit drei herkömmlichen Treppenstufen erreichbar sind.

Bei drei Toiletten pro Wagen ergeben sich, abhängig von der Länge eines Abteils, die folgenden Sitzplatzzahlen:

1,88 cm Abteillänge:	156 Sitzplätze (!),
1,94 cm Abteillänge:	148 Sitzplätze,
2,05 cm Abteillänge:	140 Sitzplätze.

Demnach können im Vergleich zum einstöckigen Zug mit 94 cm durchschnittlichem Sitzreihenabstand bzw. 188 cm Abteillänge  $156/88 = 77\%$  *mehr Sitzplätze* eingebaut werden. Bezogen auf die Nutzung des Wagnvolumens, ist diese Sitzanordnung um 34% effizienter als die im letzten Kapitel vorgestellten Patente des Typs B und um 38% effizienter als ein herkömmlicher Doppelstockwagen des Typs A. Nicht nur 77%, sondern 82% *mehr Sitzplätze* als im herkömmlichen Wagen können realisiert werden, wenn auf die dritte Toilette verzichtet wird. Mit entsprechenden Anzeigen in jedem Abteil lassen sich Warteschlangen vermeiden. Auch wären hinsichtlich der Betriebskosten günstigere stationäre Toiletten auf den Bahnsteigen ohnehin eine sinnvolle Ergänzung (siehe Kapitel 4.4.2).

Obwohl der Raum optimal für Sitzplätze genutzt ist, bleibt noch Stauraum für Gepäck übrig:

- unter den Sitzflächen der unteren Vierer-Sitzgruppen,
- über den Sitzen der oberen Vierer-Sitzgruppen und
- über den Drehgestellen in Form von Schließfächern unterhalb der oberen Vierer-Sitzgruppen.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Konstruktion und des Typs B gegenüber dem doppelstöckigen Wagen vom Typ A ist ein Freiraum, der durch den gesamten Wagen unter dem Mittelgang verläuft und für Leitungen und sonstige technische Ausrüstungen zur Verfügung steht. Grundsätzlich ist beim Typ C ein Seitengang genauso vorstellbar wie der hier unterstellte Mittelgang.

Wie schon mehrmals erwähnt, ist der derzeitige ICE-Wagen mit 52,5 Tonnen sehr schwer. Bei den zuständigen Ingenieuren wird davon ausgegangen, daß ein künftiger Wagen nur 45 Tonnen wiegen wird.<sup>251</sup> Bedenkt man, daß die französischen und italienischen Wagen noch leichter sind, müßte es möglich sein, das Gewicht der ca. 80 zusätzlichen Sitze sowie der Treppen und Leitern des Typs C durch weitere Gewichtseinsparungen zu kompensieren. Für das Gesamtgewicht relevant ist dann nur das Gewicht der zusätzlich beförderten Fahrgäste mit ca. 7,5 Tonnen, so daß ein voll besetzter Doppelstockwagen dieser Bauart nicht schwerer sein muß als ein voll besetzter ICE-Wagen heutiger Bauart. Das bedeutet, daß im Gegensatz zum Doppelstockzug vom Typ A der Rahmen, die Bremsen und andere gewichtsabhängige Bauteile nicht verstärkt werden müssen.

Da die Einstiegsbereiche und der Mittelgang nicht vergrößert werden, ergeben sich beim Fahrgastwechsel häufiger Engpässe als bei herkömmlichen Wagen. Demnach sollten solche Züge besonders im Langstreckenverkehr mit seltenem Fahrgastwechsel eingesetzt werden. Es wäre auch zu überlegen, verstärkt auf freiwilliger Basis Reservierungen vorzunehmen, um das Umhergehen von Fahrgästen zur Sitzplatzsuche im einzigen Mittelgang zu minimieren. Die Reservierung könnte wie beim TGV mit Automaten am Bahnsteig unbürokratisch und selbstverständlich ohne Aufpreis durchgeführt werden (vgl. Kapitel 4.4.1). Da die Stellflächen für Koffer nicht sehr großzügig bemessen sind und das Tragen von Gepäck im stark belasteten Mittelgang möglichst reduziert werden sollte, wäre es sehr zweckmäßig, den ohnehin vorhandenen Haus-zu-Haus-Gepäckservice weiter auszubauen und zu beschleunigen (vgl. Kapitel 4.4.3).

Grundsätzlich kann die in diesem Kapitel vorgestellte Sitzplatzanordnung auch für den Nahverkehr verwendet werden. Bei einer Abteillänge von 1,74 Metern und lediglich zwei Toiletten ergeben sich 176 Sitzplätze. Trotz der hohen Effizienz von Doppelstockzügen des Typs C kann eine eindeutige Empfehlung nur für den Fernverkehr gegeben werden: Zum einen werden Stehplätze durch diese Bauweise nicht vermehrt, während bei Doppelstock-

---

251) Das Heft ETR 6/1992 beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Gewichtsreduzierung beim künftigen ICE.

wagen mit zwei Mittelgängen auch mehr Stehplätze angeboten werden; zum anderen wird bei kürzeren Haltestellenabständen der Mittelgang beim Fahrgastwechsel zum Engpaß.

### 3.2.3 Vergleich der Effizienz von Maßnahmen zur fahrzeugseitigen Erhöhung der Sitzplatzkapazität mit der Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit

Bei der Betrachtung fahrzeugseitiger Maßnahmen zur Erhöhung der quantitativ angebotenen Verkehrsleistung ist es von Interesse, die Effizienz fahrzeugseitiger Maßnahmen mit der Effizienz streckenseitiger Maßnahmen, also der Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit, zu vergleichen. Für einen solchen Vergleich geeignet ist das Effizienzkriterium:

$$\frac{\text{Kosten (Pfennige)}}{\text{Sitzplatzkilometer}}$$

Der Betrag des Effizienzkriteriums "Kosten pro Fahrplantrassenkilometer" läßt sich in diese neue Größe umrechnen, indem er durch die Anzahl der Sitzplätze pro Zug geteilt wird.

Um zu berechnen, in welcher Größenordnung sich die Kosten pro Sitzplatzkilometer (Plkm) eines Fernverkehrszuges bewegen, sind die verschiedenen Kostenbestandteile zu ermitteln. Die *fahrzeugseitigen kalkulatorischen Kosten*<sup>252</sup> betragen 6340 DM<sup>253</sup> und die *Personalkosten* 4110 DM pro Tag und Garnitur<sup>254</sup>. Die kalkulatorischen Kosten sowie die Personalkosten betragen beim IC Baujahr 1985 demnach 10.450 DM pro Tag. Fährt er in den 15 Stunden mit 110 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit, so legt er 1.650 Kilometer zurück, und es ergeben sich 0,9 Pfennige/Plkm<sup>255</sup>.

Der ICE 3. Generation (vgl. technische Beschreibung dieses Zuges in Kapitel 3.3.2.1) ist zwar aufgrund der höheren Anschaffungskosten<sup>256</sup> hinsichtlich der Kosten pro Tag teurer. Wenn dieser Zug eine Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 150 km/h erreicht, kann er jedoch die Mehrkosten über schnellere Umläufe wieder kompensieren, so daß die genannten Kostenbestandteile pro Sitzplatzkilometer wiederum 0,9 Pfennige/Plkm betragen.

Die einzelwirtschaftlichen *Energiekosten* pro Sitzplatzkilometer lassen sich ermitteln, indem der Energieverbrauch in "Wattstunden pro Sitzplatzkilometer" (Wh/Plkm) mit dem Preis für die Wattstunde multipliziert wird. Bei einem für den Fernverkehr derzeit

252) Abschreibungen und Zinsen, ohne Energiekosten; kalkulatorische Kosten beziehen sich immer auf ein Jahr.

253) Anschaffungskosten IC Baujahr 1985: (8 Mio. DM Lok + 11x1,8 Mio. DM Personenwagen)  
· 0,064 kalkulatorische Kosten (Abschreibungen und Zinsen) / 365 Tage  
+ 30% Wartung

254) 5 Arbeitsplätze  
· 4 Beschäftigte pro Arbeitsplatz  
· 75.000 DM Lohnkosten pro Jahr / 365 Tage

255) 10.450 DM pro Tag / 1.650 km pro Tag / 700 Sitzplätze

256) 2 · 8 Mio. DM für Triebköpfe und 11 · 2,4 Mio. DM für die Mittelwagen

repräsentativen Energieverbrauch in Höhe von 40 Wh/Plkm<sup>257</sup> sowie einem einzelwirtschaftlichen Strompreis von 20 Pfennigen pro kWh ergeben sich 0,8 Pfennige/Plkm. Das ist rund 90% von dem Betrag, der schon für Abschreibung, Zinsen, Personal und Wartung der Züge angesetzt werden muß.

Teilt man die Ergebnisse aus dem Kapitel 3.1 "Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit" durch 700 Sitzplätze pro Zug, so ergeben sich die folgenden kalkulatorischen Kosten pro Sitzplatzkilometer (Abschreibungen und Zinsen der Investition):

Neubau von Strecken	2 bis 5 Pfennige
Ausbau von Strecken	1 bis 2 Pfennige
Verbesserung der Signaltechnik (CIR)	0,4 bis 0,7 Pfennige
Geschwind.anhebung	
Nahverkehr	0,06 bis 0,13 Pfennige.

Eine längerfristig häufig anzutreffende Maßnahme zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit dürften teurere Ausbaustrecken und kostengünstige Neubaustrecken sein (2 Pfennige pro Plkm), zumal längerfristig die Potentiale von CIR und der Geschwindigkeitsanhebung des Nahverkehrs ausgeschöpft sein werden.

Stellt man reine fahrzeugseitige Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit solchen Maßnahmen gegenüber, die die Streckenleistungsfähigkeit erhöhen, so muß bei letzteren berücksichtigt werden, daß zur Umsetzung der zusätzlichen Fahrplantrassen in zusätzliche Sitzplatzkilometer neben der streckenseitigen Maßnahme *darüber hinaus* noch der Einsatz zusätzlicher Fahrzeuge erforderlich ist. Daher ist zwangsläufig jede fahrzeugseitige Maßnahme, die darauf abzielt, die Sitzplatzkapazität zu erhöhen, effizienter als jede streckenseitige Maßnahme. Dies kann mit einem konkreten Rechenbeispiel verdeutlicht werden:

Die zusätzlichen Kosten pro Sitzplatz bei der Umstellung von normalen ICE-Zügen (3. Generation) auf ICE-Züge der Doppelstock-Bauart Typ C ergeben sich aus den geschätzten Mehrkosten für doppelstöckige Inneneinrichtung pro Reisezugwagen (0,6 Mio. DM) und der Anzahl zusätzlicher Sitzplätze (144-80 = 64) pro Wagen und betragen 600 DM pro Jahr<sup>258</sup>. Der Sitzplatz legt pro Jahr entsprechend der Jahresfahrleistung rund 600.000 km<sup>259</sup> zurück. Die Kosten der durch die Split-Level-Bauweise zusätzlich geschaffenen Sitzplätze betragen demnach 0,1 Pfennige pro Plkm. Alternativ hierzu werden für 2 Pfennige/Plkm zusätzliche Gleise gelegt und auf diesen neue Züge einstöckiger Bauart für 1,7 Pfennige/Plkm (Abschreibung, Zinsen, Wartung, Personal, Energie) eingesetzt. Dies

257) Erfahrungen aus eigenen Computer-Fahrsimulationen sowie: Bundesminister für Verkehr, Anfrage der Fraktion Die Grünen im Bundestag, Antwort der Bundesregierung zum Systemvergleich zwischen Magnetschwebebahn und Rad-Schiene-Technik (Schreiben des BMV vom 25.3.1988 A24/16.50.10-04)

258) 0,6 Mio. DM Anschaffungskosten / 64 zusätzliche Sitzplätze · 0,064 Umrechnung in kalkulatorische Kosten

259) 120 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit · 365 Tage · 0,9 Wartung · 15 Stunden

erfordert 3,7 Pfennige/Plkm. Das sind 37 mal höhere Kosten als beim Einsatz des Doppelstockzuges vom Typ C.

Hinzu kommt, daß die fahrzeugseitige Erhöhung der Sitzplatzzahl hinsichtlich des gesamtwirtschaftlich bedeutenden Effizienzkriteriums "Energieverbrauch pro Sitzplatzkilometer (Wh/Plkm)" der wichtigste Ansatzpunkt zur Effizienzsteigerung ist.

### 3.3 Verkürzung der Reisezeiten

Die *Reisezeit* umfaßt im Schienenpersonenfernverkehr nicht nur die Fahrzeit des Zuges, sondern auch die Dauer von Umsteigevorgängen sowie die Zu- und Abgangszeit incl. das Warten am Fahrkartenschalter und auf dem Bahnsteig. Demnach entspricht die Reisezeit der gesamten benötigten Zeit "von Haus zu Haus".<sup>260</sup> Die *Fahrzeit* bezieht sich dagegen nur auf das Schienenpersonenfernverkehrsmittel selbst und nicht auf die restlichen Bestandteile der Reisezeit wie die Zugangs- und Abgangszeit. Die Bezeichnung Reisegeschwindigkeit sollte demnach auf die Haus-zu-Haus-Reisezeit bezogen werden und nicht, wie in der Literatur überwiegend zu finden, die durchschnittliche Geschwindigkeit des Fernverkehrszuges zwischen zwei Haltebahnhöfen bezeichnen. Für diesen Sachverhalt sollte vielmehr der Ausdruck "Durchschnittsgeschwindigkeit des Fernverkehrszuges" gewählt werden.

Die Bezeichnung "Luftliniengeschwindigkeit" bezieht sich auf die Luftlinienentfernung von Fernverkehrsbahnhof zu Fernverkehrsbahnhof und die Bezeichnung "Luftlinienreisegeschwindigkeit" auf die Luftlinienentfernung von Haus zu Haus.

#### *Bestandteile der Reisezeit*

Die hier gewählte Definition von Reisezeit und Fahrzeit macht eine wichtige Eigenschaft des Schienenpersonenfernverkehrs deutlich: Er ist angewiesen auf Zu- und Abbringer, insbesondere auf den öffentlichen Nahverkehr. Neben der Zubringer- und Abbringerzeit existieren weitere Bestandteile der Reisezeit, wie Fahrkartenkauf, Warten und Umsteigen. Demnach sind die zwei Bestandteile der Reisezeit:

- Fahrzeit von Fernverkehrs-Bahnhof zu Fernverkehrs-Bahnhof,
- sonstige Reisezeit: Warte- und Umsteigezeiten,  
Zu- und Abgangszeiten zum/vom Fernverkehrs-Bahnhof.

Die *Fahrzeit* und somit auch die Reisezeit kann reduziert werden durch strecken- und fahrzeugseitige Maßnahmen.

- Streckenseitige Maßnahmen:
  - Ausbau von Strecken,
  - Neubau von Strecken,
  - Baumaßnahmen im Bereich von Knoten;

<sup>260)</sup> vgl. hierzu auch Breimeier, Rudolf, Wirtschaftliche Aspekte des Schienenschnellverkehrs, in: Die Deutsche Bahn 3/1993, S. 241

- Fahrzeugseitige Maßnahmen:
  - Variation der spezifischen Antriebsleistung der Züge,
  - Variation der Höchstgeschwindigkeit bei gleicher Zugkonfiguration,
  - Einsatz von Linearmotor-Zusatzantrieben<sup>261</sup>,
  - Einsatz von Neigetechnik.

Darüber hinaus kann die Reisezeit verkürzt werden durch

- Verkürzung der Halte- und Umsteigezeiten,  
Reduzierung der Zu- und Abgangszeiten zum/vom Fernverkehrs-Bahnhof.

Diesen drei Hauptpunkten entsprechend ist das vorliegende Kapitel gegliedert. Im vierten Unterkapitel wird als Resümee die Effizienz der in den drei Unterkapiteln beschriebenen Maßnahmen verglichen.

#### *Effizienzkriterium für Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung*

Für alle Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung ist das folgende Effizienzkriterium verwendbar:

$$\frac{\text{jährliche Kosten}}{\text{Minute Reisezeitverkürzung}}$$

Da sowohl jährliche Betriebskosten als auch einmalig zu zahlende Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten miteinander zu vergleichen sind, werden die einmaligen Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten in jährliche kalkulatorische Kosten (Abschreibungen, Zinsen) umgewandelt (siehe Kapitel 2.1.7.1).

#### *Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens*

Wie im theoretischen Teil dieser Arbeit beschrieben ist, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Reisezeitverkürzung und den zusätzlichen Reisenden, gemessen in Personenkilometern (vgl. Abb. 4 Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr). Dieser Zusammenhang, die Reisezeitelastizität der Nachfrage, dürfte für das gesamte Bundesgebiet gleichermaßen bestehen, wobei das von Fall zu Fall unterschiedliche Verkehrsaufkommen der Strecke zu berücksichtigen ist. So führt eine Minute Fahrzeitverkürzung zwischen den Großräumen Rhein-Ruhr und Rhein-Main, den beiden größten Ballungsräumen der Bundesrepublik, zu weitaus mehr Personenkilometern als eine Minute Fahrzeitverkürzung zwischen Würzburg und Fulda (Relation München – Hamburg). Außerdem müssen politische Grenzen berücksichtigt werden. So wird zwischen München und Linz der Verkehr – zumindest auf absehbare Zeit – nicht so bedeutend werden wie zwischen Ulm und

261) Strenggenommen handelt es sich beim Linearmotor um eine strecken- und fahrzeugseitige Maßnahme, da sich der Linearmotor zur einen Hälfte im Fahrweg und zur anderen Hälfte im Fahrzeug befindet. Da ein solcher Motor hinsichtlich der Wirkung letztlich eine stärkere Motorisierung der Züge darstellt, wird er in diesem Kapitel behandelt. Während die Magnetschwebbahn Transrapid allein über einen Linearmotor angetrieben wird, soll ein möglicher Linearmotor bei der Eisenbahn keine Lokomotiven ersetzen, sondern für zusätzliche Schubkraft in Steigungen und Beschleunigungsabschnitten sorgen.

München. Dies gilt erst recht bei Sprachgrenzen, etwa in der Verbindung Stuttgart – Metz/Nancy.

Das Verkehrsaufkommen wird berücksichtigt, indem das oben genannte Effizienzkriterium um die Anzahl von IC/ICE-Linien ergänzt wird:

$$\frac{\text{jährliche Kosten}}{\text{Minute Reisezeitverkürzung je IC-Linie}}$$

Der Ausdruck "Minute Reisezeitverkürzung je IC-Linie" kann auch als *Linienminute* bezeichnet werden. Die Linienminute ist eine handliche Maßeinheit für den Nutzen von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung.

Es können auch "halbe" IC-Linien (im Zweistundentakt) berücksichtigt werden; IR-Linien zählen aufgrund der angebotenen Sitzplätze und Zugzahlen entsprechend weniger (beispielsweise beim Zweistundentakt ca. 1/3 einer IC-Linie). "Eine IC-Linie" wird definiert als eine im Stundentakt verkehrende Linie (täglich 32 Züge in beiden Richtungen), mit 700 Sitzplätzen pro Zug. Ein solcher Zug entspricht hinsichtlich der Anzahl von Sitzplätzen einem lokbespannten IC mit 11 Personenwagen oder einem ICE Baujahr 1991 mit 13 Personenwagen. Weiter wird von einer derzeit realistischen durchschnittlichen Auslastung von 50% ausgegangen. Dabei ergeben sich für *eine IC-Linie* 11.200 Reisende pro Tag oder *4 Mio. Reisende pro Jahr*. Zur Kontrolle läßt sich die Anzahl der IC/ICE-Linien, kurz "Linienzahl", mit den prognostizierten Reisendenzahlen pro Jahr vergleichen: Da eine IC/ICE-Linie (d. h. eine Linienzahl von 1,0) definitionsgemäß 4 Mio. Reisenden entspricht, ergibt sich beispielsweise bei prognostizierten 20 – 25 Mio. Reisenden (Strecke Köln – Frankfurt)<sup>262</sup> eine Linienzahl von 5 bis 6, was auch den Vorstellungen der Bahn<sup>263</sup> hinsichtlich der Anzahl künftiger IC/ICE-Linien entspricht.

### *Genauigkeit von Verkehrsprognosen*

Prognosen über das zukünftige Verkehrsaufkommen sind mit großen Ermessensspielräumen behaftet. Dagegen sind die anderen Bestandteile des Effizienzkriteriums "Kosten pro Linienminute" im voraus weitgehend exakt ermittelbar. So beruhen die Beträge der Fahrzeitverkürzungen meist auf genauen computergestützten Fahrsimulationen; die Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten können ebenfalls mit zufriedenstellender Genauigkeit ermittelt werden, da auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann.

Für die Erstellung von Verkehrsprognosen existieren Computermodelle, mit denen analog zum "Gravitationsgesetz" Bevölkerungsverteilungen sowie die Reisezeiten in Verkehrswe-

262) Während der Planung der Strecke sind die Reisendenzahlen nach oben korrigiert worden. So sind 1988 18 Mio. Reisende und 1992 25 Mio. Reisende genannt worden. Vgl. Kessel, Peter, in: Dokumentation zum Meinungsforum des VCD – Umweltauswirkungen einer Schnellbahn Köln – Frankfurt am 12.11.1988 in Bonn-Bad Godesberg, Verkehrsclub der Bundesrepublik Deutschland e. V. (Hrsg.), Bonn 1989, S. 18; Blind, Wilhelm, Schnell und umweltbewußt: die Neubaustrecke Köln – Rhein/Main, in: Die Deutsche Bahn 10/1992, S. 1063

263) vgl. Blind, a.a.O., S. 1067

gebelastungen umgerechnet werden. Das Gravitationsgesetz besagt, daß die gegenseitige Anziehungskraft zweier Körper mit dem Quadrat ihrer Entfernung abnimmt. Eine Übertragung dieses Gesetzes auf den Verkehr bedeutet, daß sich die Verkehrsnachfrage zwischen zwei Orten proportional zum Quadrat der Entfernung, gemessen in Reisezeit, verhält. Dieses Verfahren führt zu empirisch nachweisbar brauchbaren Ergebnissen. Solche nach dem Gravitationsmodell ermittelten Verkehrsprognosen sind beispielsweise die Intraplan-Studie im Rahmen der Bundesverkehrswegeplans '92<sup>264</sup> mit Prognosehorizont 2010 (in diesem Kapitel als "Intraplan-Prognose" bezeichnet) und die Prognose der Personen-Fernverkehrs-Ströme der Deutschen Bahnen im Jahr 2000<sup>265</sup> (in diesem Kapitel als "DB-Prognose" bezeichnet).

Verkehrsprognosen setzen ein prognostiziertes Wirtschafts- und Verkehrswachstum voraus. Prognosen, denen unwahrscheinliche "politische Wunschtwicklungen"<sup>266</sup> zugrundeliegen, wie dies beispielsweise im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans'92 der Fall ist, sind für Effizienzbetrachtungen trotzdem grundsätzlich brauchbar; denn Effizienzkriterien sollen in erster Linie *relative* Aussagen zwischen verschiedenen Entscheidungsalternativen liefern. Es ist unumgänglich, die Plausibilität der einzelnen, streckenbezogenen Ergebnisse solcher Verkehrsprognosen nachzuprüfen, zumal schon die erwähnten zwei Prognosemodelle zum Teil stark voneinander abweichende Ergebnisse liefern. Diese Unterschiede können im Einzelfall plausibel gemacht werden, oder es können einzelne inplausible Prognoseergebnisse benannt werden. Dadurch dürfte in etwa eine Genauigkeit von +/- 15% beim relativen Vergleich verschiedener Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung erreichbar sein.

#### *Linienzahl vor und nach Realisierung einer Maßnahme zur Reisezeitverkürzung*

Bei Maßnahmen, die große Fahrzeitverkürzungen schaffen, stellt sich die Frage, ob bei der Effizienzbetrachtung die Zahl der IC-Linien bzw. das Verkehrsaufkommen vor oder nach Realisierung der reisezeitverkürzenden Maßnahme zu verwenden ist. Denn eine starke Fahrzeitverkürzung gegenüber dem Status quo führt zu einem vermehrten Fahrgastaufkommen. Ist beispielsweise für den Korridor Köln – Frankfurt ohne die Neubaustrecke für das Jahr 2000 von ca. 12,5 Mio. Reisenden und bei Realisierung der Neubaustrecke von ca. 20 Mio. Reisenden pro Jahr auszugehen, wäre das im einen Fall eine Linienzahl von etwas über 3, im anderen Fall ergäben sich 5 Linien. Es läßt sich einfach nachweisen, daß weder die Linienzahl vor noch die nach Realisierung der Maßnahme verwendet werden darf. Setzt man in das Effizienzkriterium die Linienzahl vor der Realisierung ein, so werden die Maßnahmen benachteiligt, die ein sehr niedriges Ausgangsniveau haben. Denn ist ein Faktor in der Effizienz-Formel nahezu Null, so wirkt sich das entsprechend auf das Endergebnis aus. Dieses Heranziehen der Linienzahl vor Realisierung der Maßnahme benachtei-

---

264) Mann, Hans-Ulrich u. a., Personenverkehrsprognose 2010 für Deutschland, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, FE-Nr. 90.300/90, München/Heilbronn, Juni 1991

265) Breimeier, Rudolf, Die Gestaltung eines Schnellverkehrsnetzes der Eisenbahn in Deutschland, in: ETR 1/2-1993, S. 15

266) Aberle, Gerd u. a., Anmerkungen zum Betreiber- und Finanzierungskonzept der Magnetbahn Transrapid, in: Internationales Verkehrswesen 3/1994, S. 128

ligt letztlich jedes Projekt, das große Reisezeitverkürzungen schafft.<sup>267</sup> Andererseits ist die Verwendung des Verkehrsaufkommens nach Realisierung der Maßnahme auch nicht korrekt, da dann im Ausdruck (Minuten Reisezeitverkürzung · Linienzahl) der Nutzen aus der Reisezeitverkürzung zweimal verbucht wird: einmal im Faktor "Minuten Reisezeitverkürzung" und ein anderes Mal in der ohnehin schon durch die Reisezeitverkürzung erhöhten Linienzahl.

Als Beispiel wird angenommen, eine große Maßnahme (z. B. eine Neubaustrecke) schafft 100 Minuten Reisezeitverkürzung; die Anzahl der Reisenden beträgt 4 Mio. pro Jahr (entspricht einer Linienzahl von 1) ohne Realisierung der Maßnahme. Außerdem wird davon ausgegangen, daß jede Minute Reisezeitverkürzung pauschal zu 0,75% zusätzlichen Reisenden führt (mehr dazu in Kapitel 4). Die große Maßnahme wird nun gedanklich in 100 kleine Einzelmaßnahmen eingeteilt, die jeweils immer einer Minute Reisezeitverkürzung entsprechen:

Reisende vor Realisierung	
der ersten Minute Reisezeitverkürzung:	4,00 Mio.
Reisende nach Realisierung der ersten Minute:	
4,00 Mio. + 0,75% von 4,00 Mio =	4,03 Mio.
Reisende nach Realisierung der zweiten Minute:	
4,03 Mio. + 0,75% von 4,03 Mio. =	4,060225 Mio.
Reisende nach Realisierung der dritten Minute:	
4,060225 Mio. + 0,75% von 4,060225 Mio. =	4,090677 Mio.
. . .	
Reisende nach Realisierung der 100. Minute:	
8,3815 Mio. + 0,75% von 8,3815 Mio. =	8,4443 Mio.

Vergleicht man die 100. Minute mit der ersten Minute, so wird klar, daß durch die hundertste Minute die größte Anzahl zusätzlicher Reisender gewonnen wird, nämlich rund 63.000 Reisende, während die erste Minute nur 30.000 zusätzliche Reisende gewinnt. Es tritt also eine Art Zinseszinsseffekt auf. Aufgrund dieses Effektes darf die Anzahl der zusätzlichen Reisenden *nicht* durch Multiplikation ermittelt werden:

Zuwachs an zusätzlichen Reisenden  
 = 0,75% der bisherigen Reisenden · Minuten Reisezeitverkürzung.

Die folgende Formel berücksichtigt den "Zinseszinsseffekt":

N: Reisende nach der Reisezeitverkürzung ("Mit-Fall")

V: Reisende vor der Reisezeitverkürzung ("Ohne-Fall")

$$N = V \cdot (1,0075)^{\text{Minuten Reisezeitverkürzung}}$$

267) Um diesem Problem gerecht zu werden, führt Breimeier eine Tabelle mit geschätzten "Korrekturfaktoren" ein, die diese Benachteiligung großer Maßnahmen ausgleichen soll. Vgl. Breimeier, Rudolf, Zeit ist Geld – auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S. 885

Um die große Maßnahme mit 100 Minuten Reisezeitverkürzung mit einer kleinen Maßnahme von nur 1 Minute Reisezeitverkürzung vergleichen zu können, muß bei der großen Maßnahme der Durchschnitt an zusätzlichen Reisenden aller einzelnen Minuten als Vergleichsmaßstab dienen. Diesem Effekt kann ausreichend genau Rechnung getragen werden, wenn als Linienzahl bzw. Verkehrsaufkommen in einer Effizienz-Formel das *arithmetische Mittel aus der Linienzahl ohne der reisezeitverkürzenden Maßnahme (Ohne-Fall)* sowie mit der reisezeitverkürzenden Maßnahme (*Mit-Fall*) gezogen wird. Dabei ergeben sich vernachlässigbare Ungenauigkeiten<sup>268</sup>. Konkret bedeutet dies für das oben erwähnte Zahlenbeispiel der Neubaustrecke Köln – Frankfurt, daß weder die 12,5 Mio. Reisenden ohne Realisierung der Neubaustrecke noch die 20 Mio. Reisenden bei Realisierung der Neubaustrecke im Effizienz-Ausdruck zu verwenden sind, sondern das arithmetische Mittel beider Werte verwendet werden muß, nämlich 16,25 Mio. Reisende. Dies entspricht 4,1 Linien.

Das Verkehrsaufkommen vor Realisierung der Neubaustrecke (12,5 Mio. Reisende pro Jahr bzw. 3,25 IC-Linien) steht mit dem Verkehrsaufkommen nach Realisierung der Neubaustrecke (20 Mio. bzw. 5 IC-Linien) wie folgt im Zusammenhang:

$$12,5 \text{ Mio. Reisende} \cdot (1,0075)^{63 \text{ Minuten}} = 20 \text{ Mio. Reisende}$$

bzw.

$$3,25 \text{ IC-Linien} \cdot (1,0075)^{63 \text{ Minuten}} = 5 \text{ IC-Linien.}$$

#### *Einzelwirtschaftlicher Nutzen einer Linienminute*

In Kapitel 5.1.2.2 wird die Linienminute Reisezeitverkürzung einzelwirtschaftlich monetär bewertet. Auch wenn der wichtigste Zweck des Effizienzkriteriums "Kosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung" der Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung ist, ist trotzdem das Wissen um den einzelwirtschaftlichen Wert einer Minute Reisezeitverkürzung von Interesse. Im Vorgriff auf Kapitel 5 ist hier folgende Aussage interessant:

---

268) Abweichung 0,15% bei 25 Minuten, 1% bei 60 Minuten sowie 2% bei 86 Minuten Reisezeitverkürzung

*Aus einzelwirtschaftlicher Sicht "rechnet sich" die Minute Fahrzeitverkürzung, wenn sie pro Jahr und pro Linie weniger als 830.000 DM kostet...*

Leider gilt diese Richtgröße aber nicht immer, wie in Kapitel 5 noch ausführlich dargestellt wird. Denn einige Ausbaustrecken reduzieren die Leistungsfähigkeit der Strecke durch die mit der Anhebung der Geschwindigkeit einhergehenden stärkere Mischung der Geschwindigkeiten. Dabei können selbst CIR oder ein drittes Gleis keine Abhilfe schaffen, da gerade bei solchen Ausbaustrecken die Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung (Linienverbesserungen, Anpassung der Signaltechnik) getrennt von den Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung (zusätzliche Gleise, CIR) bewertet werden können und müssen. Die oben genannte Faustregel muß daher um eine Einschränkung ergänzt werden:

*...falls nicht dringend benötigte Streckenkapazitäten durch die Anhebung der Geschwindigkeit verbraucht werden.*

Eine Maßnahme zur Reisezeitverkürzung ist demnach einzelwirtschaftlich rentabel, wenn sie weniger als 830.000 DM pro Linienminute und Jahr kostet. Dieser Betrag enthält den Nutzen eines schnelleren Umlaufes der Zuggarnituren. Ohne diesen beträgt der einzelwirtschaftliche Nutzen einer Linienminute Reisezeitverkürzung 690.000 DM pro Jahr.

Für den Preisstand der Maßnahmen werden die Jahre 1987 bis 1989 gewählt. Dieser Preisstand wurde ebenfalls im Kapitel zur Streckenleistungsfähigkeit verwendet und liegt auch den Einflußgrößen des Betrages "830.000 DM" zugrunde.

### **3.3.1 Streckenseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung**

Streckenseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Ausbau bestehender Bahnstrecken,
- Neubau von Bahnstrecken,
- Baumaßnahmen im Bereich von Knoten.

In den Kapiteln zum *Ausbau* und zum *Neubau* wird die freie Strecke betrachtet, dagegen werden die Knoten ausgespart. Wenn eine Maßnahme in nahezu beliebig viele Einzelmaßnahmen unterteilt werden kann und wenn die Bestandteile der Baumaßnahme (z. B. Linienverbesserung, zusätzliche Gleise) eindeutig den Kapazitätsgewinnen einerseits und Fahrzeitgewinnen andererseits zugerechnet werden können, wird in diesem Kapitel von *Ausbau* gesprochen, im anderen Fall von *Neubau*. Baumaßnahmen im Bereich von *Knoten* liegen in der Regel in Streckenabschnitten mit hoher Siedlungsdichte; hier ist meistens das Geschwindigkeitsniveau der Züge vor Realisierung der Maßnahme besonders niedrig und sind die Baukosten der Maßnahmen pro Kilometer besonders hoch.

### 3.3.1.1 Fahrzeitverkürzung durch Ausbau bestehender Bahnstrecken

Der Ausbau von Strecken umfaßt diverse Einzelmaßnahmen. Für die Fahrzeitverkürzung relevant sind die qualitativen Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung (vgl. Auflistung im Kapitel 3.1.2.1):

- Linienverbesserungen und Vergrößerungen des Gleisabstands,
- Anpassung der Signaltechnik,
- Anpassung der Brücken und
- Anpassung der Bahnstromversorgung.

Die aufwendigsten Einzelmaßnahmen sind meist die Linienverbesserungen<sup>269</sup>. Dies sind abschnittsweise Streckenneubauten, die als einmalige Investition ähnlich viel pro Kilometer kosten wie Neubaustrecken. Die bisherige Trasse wird durch den abschnittswisen Streckenneubau ersetzt und kann abgebaut werden. Die Ermittlung der kalkulatorischen Kosten dieser Maßnahmen unterscheidet sich jedoch wesentlich von der bei Neubaustrecken.

#### 3.3.1.1.1 Ermittlung der kalkulatorischen Kosten von Linienverbesserungen

Um die einmaligen Herstellungskosten einer Linienverbesserung in jährliche *kalkulatorische Kosten* umzurechnen, sind über die Aspekte aus Kapitel 2.1.7.1 hinaus noch weitere Überlegungen anzustellen. Im erwähnten Kapitel wurde dargestellt, daß zur Umrechnung einer einmaligen Investition in jährliche kalkulatorische Kosten (Abschreibungen und Zinsen) mit dem als sinnvoll erachteten Realzins von 5,0%

- bei einer Abschreibungsdauer von 30 Jahren ein Umrechnungsfaktor von 0,064
- bei einer Abschreibungsdauer von 100 Jahren ein Umrechnungsfaktor von 0,049 verwendet werden muß.

Bei Neubaustrecken ist neben diesen Umrechnungsfaktoren nichts weiter zu berücksichtigen, während bei Linienverbesserungen nur die *zusätzlichen Kosten* zu betrachten sind, die im Effizienzkriterium dem zusätzlichen Nutzen, nämlich der *Fahrzeitverkürzung*, gegenübergestellt werden sollen. Eine Linienverbesserung bedeutet zwangsläufig die vollständige Sanierung der Strecke in diesem Abschnitt, da die alte Trasse durch eine neue ersetzt wird. Dies macht eine in Zukunft erforderliche vollständige Sanierung überflüssig. Demnach ist eine Grenzbetrachtung erforderlich, bei der die zusätzlichen Kosten der Linienverbesserung gegenüber einer in Zukunft ohnehin nötigen Sanierung der Strecke zu ermitteln sind.

---

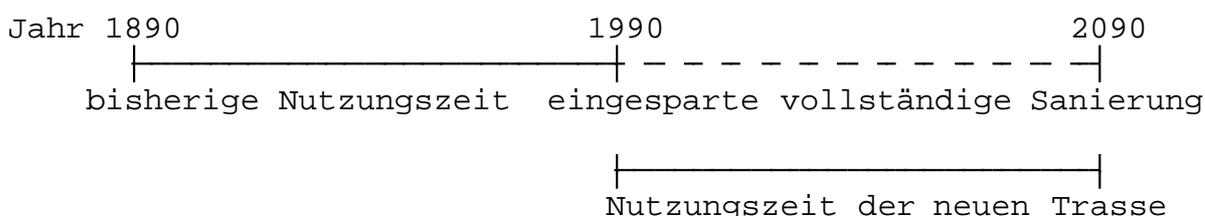
269) Der abschnittsweise Streckenneubau zur Anhebung der zulässigen Geschwindigkeit auf einer bestehenden Strecke wird, analog zur einheitlichen Wortwahl in der Literatur, auch in dieser Arbeit als "Linienverbesserung" bezeichnet. Der Begriff "Linienverbesserung" hat nichts mit den Begriffen "IC-Linie", "Linienzahl" oder "Linienminute" zu tun.

Für zwei Extremfälle sind die kalkulatorischen Kosten auf einfache Weise zu berechnen:

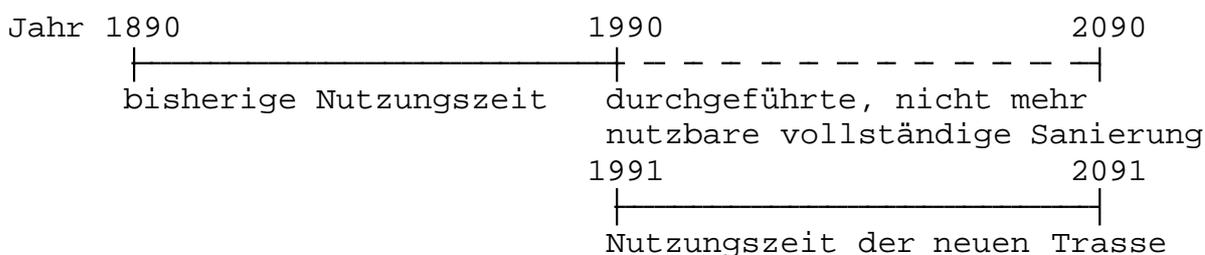
- Angenommen, die Strecke steht ohnehin zur vollständigen Sanierung an, sie befindet sich auf einem unterhaltungsintensiven Gelände (Kriechhänge, Moorböden usw.), und die Sanierung ist genauso teuer wie die Neutrassierung der Linienverbesserung. Des weiteren wird angenommen, daß auch die gesamte Streckenausrüstung erneuerungsbedürftig ist. Dann fallen für die Anhebung der Geschwindigkeit *keine* Kosten an.
- In den Neuen Bundesländern wurden innerhalb der letzten Jahre zahlreiche Bahnstrecken vollständig saniert. Wenn bei einer solchen Strecke kurz nach Beendigung der Bauarbeiten die Überlegung angestellt wird, Linienverbesserungen durchzuführen, so sind die *gesamten Kosten* der neuen Baumaßnahme der Anhebung der Geschwindigkeit zuzurechnen.

Diese zwei Extremfälle und ein repräsentativer Durchschnittsfall können auf einer Zeitachse dargestellt werden, wobei zunächst nur die Anlageteile langer Nutzungsdauer behandelt werden sollen:

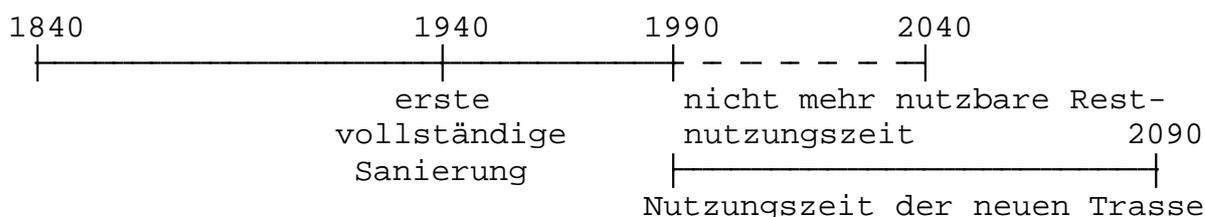
*Berücksichtigung der Kosten mit dem Faktor 0,0:*



*Berücksichtigung der Kosten mit dem Faktor 1,0:*



*Berücksichtigung der Kosten mit dem Faktor 0,5:*



*Abb. 14: Nutzungszeit von Linienverbesserungen im Rahmen der gesamten Nutzungszeit einer Eisenbahnstrecke*

Was die Anlageteile langer Nutzungsdauer betrifft, so sind, entsprechend dem baulichen Zustand der Strecke und somit dem Zeitpunkt der künftig erforderlichen Sanierung, verschieden hohe Anteile zu berücksichtigen. Hierbei sind grundsätzlich Faktoren von 0,0 bis 1,0 vorstellbar.

Es muß noch ein weiterer Aspekt beachtet werden. Von wenigen Extremfällen abgesehen, ist die vollständige Sanierung einer bestehenden Strecke kostengünstiger als eine Neutrassierung. Denn bei einer vollständigen Sanierung fallen nur 1/4 bis 1/3 der Erdbewegungen an, die eine Neutrassierung erfordert.<sup>270</sup> Bei der Linienverbesserung fallen noch Grundstückskosten an<sup>271</sup>, die bei der Sanierung nicht anfallen. Des weiteren sind Kosten für kreuzende Wege (neue Über- und Unterführungen, Begleitwege) zu berücksichtigen, die über die Kosten einer Sanierung der alten Bauwerke hinausgehen, sowie gegebenenfalls die vergleichsweise geringen Mehrkosten eines Bahnhofsneubaus gegenüber einer Bahnhofssanierung. Vergleicht man alle Bestandteile langer Nutzungsdauer einer Neutrassierung mit denen einer Sanierung, so dürften die Herstellungskosten der sanierten Trasse etwa nur halb so hoch sein wie bei einer Neutrassierung.

Der Reisezeitverkürzung ist auf jeden Fall die Hälfte der Kosten zuzurechnen, um die die Linienverbesserung teurer ist als eine Sanierung. Die andere Hälfte der Kosten, die bei einer Sanierung genauso anfallen würde wie bei der Neutrassierung, ist den Kosten der Reisezeitverkürzung nur dann voll zuzurechnen, wenn eine Sanierung gerade erst stattgefunden hat. Falls dagegen eine Sanierung ohnehin erforderlich wäre, darf diese zweite Hälfte der Kosten der Linienverbesserung nicht der Reisezeitverkürzung zugerechnet werden. Im ersten Fall sind 100%, im zweiten Fall nur 50% der Kosten der Reisezeitverkürzung zuzurechnen. Im Durchschnitt, also wenn die alte Strecke zur Hälfte abgeschrieben ist, sind 75%<sup>272</sup> der Kosten anzusetzen.

Um die Investitionen der Anlageteile langer Nutzungsdauer bei Linienverbesserungen in kalkulatorische Kosten umzurechnen, ist daher der Faktor zur Umrechnung einmaliger Investitionskosten in kalkulatorische Kosten mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren, wenn keine Informationen über den Sanierungszustand der Strecke vorliegen:  $0,049 \cdot 0,75 = 0,037$ .

Die Umrechnung von Anlageteilen kurzer Nutzungsdauer in kalkulatorische Kosten ist einfacher. Da diese Anlageteile sowohl bei der vollständigen Sanierung als auch beim Neubau geschaffen werden müssen, muß neben dem Umrechnungsfaktor 0,064 der kalkulatorischen Kosten lediglich ein Faktor für den Sanierungszustand von 0,0 bis 1,0 berücksich-

---

270) Betrachtet man beispielsweise einen 7m hohen Damm, so werden bei der Sanierung nur  $30 \text{ m}^3$  Erdmassen bewegt, während bei einem Neubau  $125 \text{ m}^3$  erforderlich sind: Bei der Sanierung sind die Erdmassen schätzungsweise durchschnittlich bis 2m unter dem Planum auszuwechseln, während der tiefere Kern des Dammes erhalten bleibt; hinzu kommt noch in der Regel bei der Sanierung eine Verbreiterung des Dammes um 1,5m.

271) Mögliche Erlöse aus Wiederverkäufen der alten Trasse können vernachlässigt werden, da die Grundstückskosten meist zum größten Teil nicht aus dem wirtschaftlichen Wert der Fläche bestehen, sondern aus den Kosten der Beschaffung der Flächen (Notar, Gericht etc.).

272)  $0,5 + (0,5 \cdot 0,5) = 0,75$

tigt werden: Wenn die Linienverbesserung zu einem Zeitpunkt realisiert wird, zu dem ohnehin die Reinvestition der Anlageteile kurzer Nutzungsdauer fällig wird, beträgt der Faktor 0,0. Wenn die Linienverbesserung eine gerade getätigte Reinvestition nutzlos macht, beträgt er 1,0. Im Durchschnitt beträgt dieser Faktor 0,5, dabei ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von  $0,064 \cdot 0,5 = 0,032$ .

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß bei Linienverbesserungen die Umrechnung in kalkulatorische Kosten nicht wie bei Neubaustrecken mit den Faktoren 0,064 bzw. 0,049 (Nutzungsdauer 30 bzw. 100 Jahre), sondern mit 0,032 bzw. 0,037 durchzuführen ist, wenn keine Informationen über den Sanierungszustand der Strecke vorliegen. Sind solche Informationen für ein konkretes Projekt vorhanden, so können die Faktoren-Durchschnittswerte entsprechend spezifiziert werden.

### 3.3.1.1.2 Entwicklung einer allgemeingültigen Formel zur Beurteilung der Effizienz von Linienverbesserungen

Speziell für die Bewertung von Ausbaustrecken mit Linienverbesserungen kann das erarbeitete Effizienzkriterium weiterentwickelt werden, so daß es noch einfacher handhabbar wird und weiterhin die direkte Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung gewährleistet bleibt.

Im Kapitel 3.1.1.1 "Kalkulatorische Kosten der Neubaustrecken" wurde dargestellt, daß bei einer ebenerdig verlaufenden Neubaustrecke pro Kilometer für die Bestandteile langer Nutzungsdauer rund 6 Mio. DM Herstellungskosten und für die Bestandteile kurzer Nutzungsdauer rund 7 Mio. DM Herstellungskosten anfallen. Bei einer Ausbaustrecke sind die Bestandteile kurzer Nutzungsdauer deutlich kostengünstiger, da die Anlagen zur Stromversorgung nicht völlig neu erstellt werden müssen und die technischen Anforderungen durch eine Begrenzung auf eine geringere Höchstgeschwindigkeit<sup>273</sup> niedriger sind. Die Herstellungskosten für die Bestandteile kurzer Nutzungsdauer betragen daher nur etwa 4 Mio. DM pro Kilometer.

Eine typische Linienverbesserung in relativ einfachem Gelände ohne angrenzende Bebauung kostet demnach pro Kilometer und Jahr rund 350.000 DM:

1 km Linienverbesserung	Investitionsbetrag	Umrechnungsfaktor	kalkulatorische Kosten
kurze Nutzungsdauer	4 Mio. DM	0,032	128.000 DM
lange Nutzungsdauer	6 Mio. DM	0,037	222.000 DM
			350.000 DM.

<sup>273)</sup> Ausbaustrecken für 250 km/h sind sehr selten (in Deutschland bisher nur die Strecke Köln – Aachen), meist begnügt man sich mit 200 km/h, so daß z. B. eine einfachere Bauart der Oberleitung ausreicht.

Hebt man die zulässige Geschwindigkeit in einem Ausbauabschnitt auf über 160 km/h an, fallen weitere *Kosten* an, und zwar nicht nur im Bereich der Linienverbesserungen, sondern *auf der gesamten Strecke*, die mit der hohen Geschwindigkeit befahren wird. Dies sind insbesondere Kosten

- zur Beseitigung von Bahnübergängen<sup>274</sup>,
- für die entsprechende Signaltechnik (Linienzugbeeinflussung mit Linienleiter)
- und für die Anpassung der Oberleitung.

Hierfür sind Herstellungskosten von etwa 1 bis 2 Mio. DM pro Kilometer anzusetzen, im Durchschnitt schätzungsweise 1,5 Mio. DM. Da es sich nicht um eine Ersatzinvestition handelt, sind die Herstellungskosten dieser Maßnahmen voll abzuschreiben und zu verzinsen, so daß sich jährliche kalkulatorische Kosten in Höhe von durchschnittlich 100.000 DM ergeben<sup>275</sup>.

Der *Fahrzeitgewinn* einer Geschwindigkeitsanhebung leitet sich nach der einfachen physikalischen Formel ab:

$v$  = Geschwindigkeit in km/h<sup>276</sup>

$s$  = Weg in km

$t$  = Zeit in Stunden

$$v = \frac{s}{t}.$$

Bezeichnet man die bisher gefahrene Geschwindigkeit mit  $v_0$  und die künftige, höhere mit  $v_1$ , so ergibt sich:

$$\text{Fahrzeitgewinn } t_0 - t_1 = s \left( \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v_1} \right).$$

Für die Bewertung von Linienverbesserungen wird nun das schon erwähnte Effizienzkriterium

kalkulatorische Kosten

---

Minute Reisezeitverkürzung und IC-Linie

entsprechend spezifiziert. Sowohl Zähler als auch Nenner beziehen sich sinnvollerweise auf einen Streckenkilometer, so daß das "s" aus der Formel der Fahrzeitverkürzung gleich "1" gesetzt werden kann und deshalb nicht weiter berücksichtigt werden muß. Die Zahl "60" ergibt sich aus der Umrechnung von Stunden in Minuten.

274) Nach der derzeitigen Rechtslage muß die Deutschen Bahn sämtliche Bahnübergänge bei zulässigen Geschwindigkeiten über 160 km/h beseitigen. Eine bislang geltende Ausnahmegenehmigung wurde mit Wirkung vom 1.1.1993 durch den damaligen Verkehrsminister Krause im Gegensatz zu seinen Amtsvorgängern nicht weiter verlängert.

275) 1,5 Mio. DM · 0,064 kalkulatorische Kosten

276) Es werden bewußt nicht die physikalischen Einheiten Meter, Sekunde und Meter pro Sekunde gewählt, weil diese Einheiten für Fahrzeitberechnungen der Eisenbahn zu klein sind.

*Effizienz der Linienverbesserung (in DM pro Jahr pro Linienminute)*

kalk. Kosten pro km Linienverbesserung: 350.000 DM

sonstige kalk. Kosten pro km Gesamtstrecke: 100.000 DM

$$\frac{\text{Anteil Neutrass.} \cdot 350.000 + 100.000 \text{ (wenn } v_1 > 160 \text{ km/h)}}{\left( \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v_1} \right) \cdot 60 \cdot \text{IC-Linienzahl}}$$

Sind zur Realisierung der Linienverbesserung baulich aufwendige Maßnahmen (steile Böschung, Tunnelführung) erforderlich, so sind statt der 350.000 DM entsprechend höhere Beträge einzusetzen. Bei beengten Platzverhältnissen aufgrund angrenzender Bebauung und dem damit verbundenen Grundstückserwerb und Lärmschutz kann sich der genannte Betrag in Einzelfällen um 50 bis 100% erhöhen.

Es stellt sich die Frage, ob beliebig kleine Einzelmaßnahmen einer Ausbaustrecke, d. h. einzelne Linienverbesserungen, separat der Bewertung unterzogen werden können. Entscheidend ist hierfür, ob die Summe der Fahrzeitverkürzungen, die jede Einzelmaßnahme bei alleiniger Realisierung für sich erzielt, der Fahrzeitverkürzung der gesamten Maßnahme entspricht. Einzelne Linienverbesserungen können demnach meist nicht isoliert bewertet werden, da beispielsweise ein IC-Zug nicht auf einer nur 3 Kilometer langen ausgebauten Strecke statt mit einer Geschwindigkeit von 140 km/h nun mit 200 km/h fahren kann. Im Regelfall läßt sich eine Ausbaustrecke in mehrere, für sich voll nutzbare Abschnitte unterteilen, die jeweils einige Linienverbesserungen enthalten.

### 3.3.1.1.3 Zusammenhänge zwischen den Einflußgrößen der Effizienz

Mit der im letzten Unterkapitel entwickelten Formel können wichtige Zusammenhänge zwischen den Einflußgrößen der Effizienz abgeleitet und mit Indifferenzkurven dargestellt werden.

.cp5

Bei identischen Baukosten pro Kilometer Linienverbesserung gibt es die folgenden variablen Einflußgrößen:

- Fahrzeitgewinn pro Streckenkilometer,
- IC-Linienzahl,
- Anteil der Neutrassierung an der Gesamtstrecke.

In der folgenden Darstellung (Abb. 15) wird durch Linienverbesserungen (350.000 DM/Jahr/km Linienverbesserung) und weitere Maßnahmen auf der gesamten betrachteten Strecke (100.000 DM/Jahr/km Gesamtstrecke) die Geschwindigkeit auf 200 km/h angehoben. Bei jeder Geraden wird eine andere Geschwindigkeit auf der Altstrecke unterstellt. Die Geraden zeigen, welche Linienzahl (Y) erforderlich ist, um bei einem bestimmten Anteil der Neutrassierung an der Gesamtstrecke (X) die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität zu erreichen (830.000 DM pro Jahr je Linienminute).

Die Funktion lautet  $Y = f(X)$ :

$$\frac{X \cdot 350.000 + 100.000}{\left(\frac{1}{v_0} - \frac{1}{200}\right) \cdot 60} = 830.000$$

und, aufgelöst nach Y,

$$Y = \frac{X \cdot 350.000 + 100.000}{\left(\frac{1}{v_0} - \frac{1}{200}\right) \cdot 60} \cdot 830.000$$

Setzt man beispielsweise für X (Anteil der Neutrassierung an der Gesamtstrecke) 0,33 und für  $v_0$  140 km/h, dann sind 2,1 Linien nötig, um von einer einzelwirtschaftlich gerade lohnenden Investition sprechen zu können.

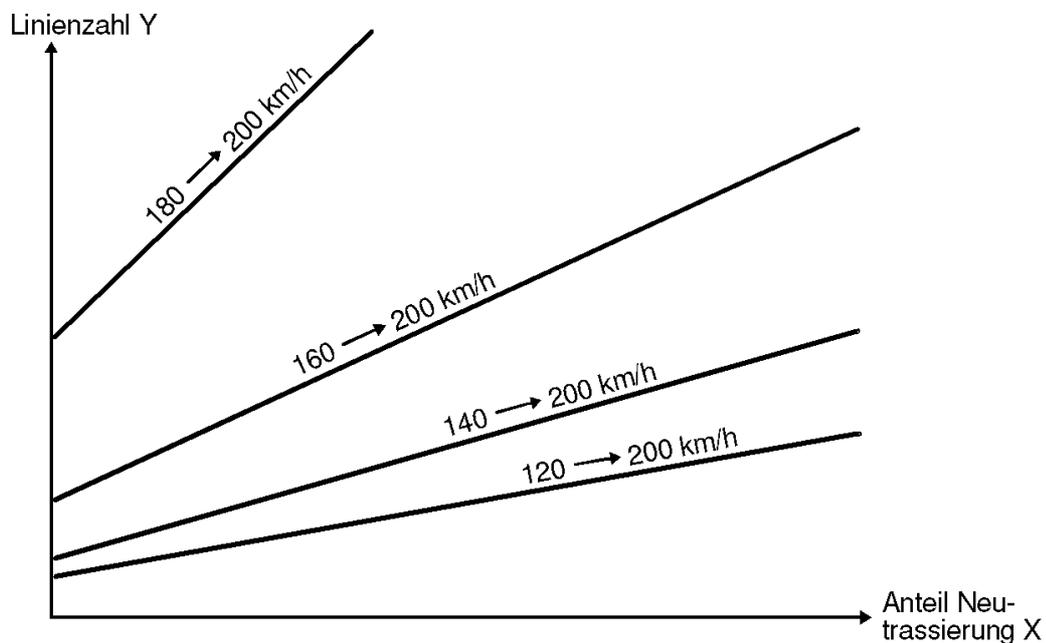


Abb. 15: Für die Eigenwirtschaftlichkeit erforderliche IC-Linienzahl bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf der Altstrecke, abhängig vom Anteil der Neutrassierung an der Gesamtstrecke

#### 3.3.1.1.4 Bewertung von Linienverbesserungen bei konkreten Ausbauprojekten

In diesem Kapitel sollen einige repräsentative und hinsichtlich der Effizienz außergewöhnliche Ausbaustrecken bewertet werden:

- Ulm – Augsburg, Abschnitt Dinkelscherben – Augsburg,
- Hamburg – Münster,
- Ingolstadt – München, Abschnitt Ingolstadt – Petershausen,
- Würzburg – Nürnberg.

*Ausbaustrecke Ulm – Augsburg, Abschnitt Dinkelscherben – Augsburg*

Bei der Ausbaustrecke Ulm – Augsburg ist der topographisch einfache Abschnitt Dinkelscherben – Augsburg schon in Betrieb. Für dieses 21 km lange Streckenstück, das jetzt mit 200 km/h befahrbar ist, mußten 2,7 km Linienverbesserungen auf freier Strecke durchgeführt und zwei Bahnhöfe um- bzw. neugebaut werden, wobei ein Bahnhofsumbau Teil einer weiteren, 2,2 km langen Linienverbesserung war. Diese zuletzt genannte Linienverbesserung "Gessertshausen" hat lediglich 20 Mio. DM gekostet, obwohl ein Bahnhof neu zu errichten war. Daher wird man hier trotz der Bahnhofsumbauten pauschal mit den Kostensätzen ohne Zuschläge für Linienverbesserungen rechnen können. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ideale topographische Verhältnisse vorlagen.

Die zulässige Geschwindigkeit lag bisher auf 6,5 km Länge bei 120 km/h und auf der restlichen Strecke bei 160 km/h. Jetzt sind im gesamten Abschnitt 200 km/h zulässig. Auf der Strecke Ulm – Augsburg ist längerfristig mit 3,3 Linien<sup>277</sup> zu rechnen.

Anteil Neutrassierung: 0,23

kalk. Kosten pro km Linienverbesserung: 315.000 DM

sonstige kalk. Kosten pro km Gesamtstrecke: 100.000 DM

$v_0$ : 148 km/h

$v_1$ : 200 km/h

Linienzahl: 3,3

$$\frac{0,23 \cdot 315.000 + 100.000}{\left( \frac{1}{148} - \frac{1}{200} \right) \cdot 60 \cdot 3,3} = 500.000 \text{ DM}$$

Die Effizienz dieser Maßnahme beträgt 500.000 DM pro Linienminute und Jahr.

Ein Ausbau für 250 km/h wäre in Frage gekommen, zumal der anschließende Ausbau Dinkelscherben – Günzburg – Neu-Ulm ohnehin für 250 km/h geplant wird. Aufgrund der erforderlichen großen Kurvenradien ergäben sich etwa 3 km zusätzliche Linienverbesserung. Die laufende Streckenverbesserung wäre nicht mit 1,5 Mio. DM Herstellungskosten pro Kilometer, sondern etwa mit 2,5 Mio. DM anzusetzen gewesen. Da dem 200 km/h schnellen InterRegio die Anhebung der Geschwindigkeit von 148 auf 250 km/h nur zur

277) In der DB-Prognose wird mit 8 Mio. Reisenden pro Jahr gerechnet, in der Intraplan-Prognose mit 14,7 Mio.. Diese große Abweichung ist darauf zurückzuführen, daß bei der DB-Prognose ein Großteil des Verkehrs München – Rhein/Main über Ingolstadt – Nürnberg statt über Stuttgart geleitet wird, obwohl die Strecke über Stuttgart die kürzere Fahrzeit bieten wird. Die Intraplan-Prognose erscheint hier plausibler. Ein um 10% gesenktes Aufkommen gegenüber der Intraplan-Prognose erscheint realistisch. Da 4 Mio. Reisenden einer IC-Linie entsprechen, ergibt sich eine Linienzahl von 3,3, was sich mit dem geplanten Betriebsprogramm (3 ICE, 1 IR) deckt.

Hälfte nutzt, wird seine Linienzahl von 0,3 halbiert. Für die Effizienz der Anhebung von bisher 120 bis 160 km/h auf künftig durchgehend 250 km/h hätten sich jährliche Kosten von 580.000 DM pro Linienminute ergeben:

Anteil Neutrassierung: 0,38

kalk. Kosten pro km Linienverbesserung: 350.000 DM

sonstige kalk. Kosten pro km Gesamtstrecke: 167.000 DM

$v_0$ : 148 km/h

$v_1$ : 250 km/h

Linienzahl: 3,15.

Die Grenzkosten der zusätzlichen Geschwindigkeitserhöhung wären zwar angestiegen, aber selbst aus einzelwirtschaftlicher Sicht hätte es sich noch um eine lohnende Investition gehandelt.

#### *Ausbaustrecke Hamburg – Münster*

Die Ausbaustrecke Hamburg – Münster ist im Bundesverkehrswegeplan 1985 mit 550 Mio. DM ausgewiesen. Von diesem Betrag sind schätzungsweise 205 Mio. DM dem dritten Gleis zwischen Buchholz und Rothenburg/Wümme zuzurechnen. Die restlichen 345 Mio. DM sind fahrzeitrelevante Kosten: Auf insgesamt 184 km langen Abschnitten ist die Geschwindigkeit von früher weitgehend 160 km/h auf 200 km/h angehoben worden. Pro Kilometer betragen die Herstellungskosten demnach 1,875 Mio. DM, was bei einem geschätzten Anteil der Neutrassierung von 10% genau den in dieser Arbeit verwendeten Kostensätzen entspricht. Bei einer IC-Linie und mittelfristig einer IR-Linie (Linienzahl 1,4)<sup>278</sup> ergeben sich jährliche kalkulatorische Kosten für die Linienminute Reisezeitverkürzung in Höhe von 1,1 Mio. DM:

Anteil Neutrassierung: 0,1

kalk. Kosten pro km Linienverbesserung: 350.000 DM

sonstige kalk. Kosten pro km Gesamtstrecke: 100.000 DM

$v_0$ : 155 km/h

$v_1$ : 200 km/h

Linienzahl: 1,4.

Das relativ schlechte Ergebnis überrascht. Es ist im wesentlichen auf zwei Einflußgrößen zurückzuführen: einerseits auf das hohe Ausgangsniveau der bisherigen Geschwindigkeit und andererseits auf die geringe Streckenbelegung. Die günstige Topographie der Norddeutschen Tiefebene allein ist somit kein Garant für effiziente Fahrzeitverkürzungen.

Zwei verschiedene Maßnahmen könnten die Effizienz wesentlich erhöhen:

- Es ist anzunehmen, daß aufgrund der Trassenführung weitgehend Geschwindigkeiten über 200 km/h möglich wären. Der Gleisabstand sowie die Oberleitung scheinen jedoch

---

278) Die DB-Prognose liegt bei einem Reisendenaufkommen, das 1,5 IC-Linien entspricht; laut Intraplan-Prognose ist nur mit 1,4 IC-Linien zu rechnen.

ein wesentlicher Grund für die Beschränkung auf eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h zu sein. Es ist daher zu untersuchen, ob ohne nennenswerte Mehrkosten, d. h. mit der vorhandenen Oberleitung und mit dem bestehenden Gleisabstand, *ICE-Züge schneller als 200 km/h* fahren können. Laut Breimeier "erscheint es empfehlenswert, für spezielle Züge – z. B. ICE – die Geschwindigkeit auf Ausbaustrecken auf eine Grenze anzuheben, die allein technisch-physikalisch bedingt ist. Ausschlaggebend dürfte bei einem auf diesen Strecken üblichen Gleisabstand von 4,00 m die Aerodynamik der Begegnung eines schnellen Zuges mit einem Güterzug sein. Nach ausländischen Erfahrungen wird die Geschwindigkeitsgrenze auf deutschen Ausbaustrecken bei etwa 230 km/h vermutet"<sup>279</sup>.

- In der hier vorliegenden Berechnung werden die Kosten der Beseitigung von *Bahnübergängen* voll der Geschwindigkeitsanhebung angelastet. Dies ist ein wesentlicher Grund für die relativ geringe Effizienz dieser Ausbaustrecke. Ganz abgesehen von der Frage, ob die Anrechnung dieser Maßnahmen auf den Reisezeiteffekt kostenrechnerisch gerechtfertigt ist, muß die Regelung, daß bei Geschwindigkeiten über 160 km/h Bahnübergänge beseitigt werden müssen, kritisch hinterfragt werden. Die Physik lehrt nämlich folgenden Zusammenhang: Je größer die Geschwindigkeit des Zuges, desto größer muß eine Kraft sein, um ihn zum Entgleisen zu bringen. Deshalb wäre eine Regelung sinnvoll, die, unabhängig von der Geschwindigkeit der Züge, eine Rangfolge der Beseitigung von Bahnübergängen ermittelt. Hierfür erscheint eine Kennzahl geeignet, bei der die Faktoren "Anzahl PKW/Tag" und "Anzahl Züge/Tag" proportional und die Baukosten umgekehrt proportional einfließen:

Kennzahl bzw. Effizienzkriterium zur Bewertung der Notwendigkeit der Beseitigung von Bahnübergängen:

$$\frac{\text{Anzahl PKW/Tag} \cdot \text{Anzahl Züge/Tag}}{\text{Baukosten}}$$

Ein solches Bewertungsverfahren könnte bundesweit eingeführt werden. Die Beseitigung von Bahnübergängen sollte dabei unabhängig von der Geschwindigkeit der Züge und somit unabhängig von solchen Ausbaustrecken behandelt werden, die nur eine Geschwindigkeitsanhebung der IC-Züge vorsehen. Auch zeigt ein Vergleich mit dem Ausland, daß in Deutschland Gesetze geschaffen werden, ohne den Sinn zu hinterfragen. So gelten bei der Schwedischen Staatsbahn andere, weniger kostenintensive Regeln: "Nach Ausrüstung aller Bahnübergänge mit automatischen Bahnschranken verkehrt die ABB-Entwicklung (gemeint ist der Hochgeschwindigkeitszug 'X2000' der Schwedischen Staatsbahn, Anm. d. Verf.) auf weiteren Strecken mit Tempo 200."<sup>280</sup> Das bedeutet: Während in Deutschland für die Anhebung auf 200 km/h sämtliche Bahnübergänge beseitigt werden müssen, muß die Schwedische Staatsbahn lediglich

279) Breimeier, Rudolf, Die Gestaltung eines Schnellverkehrsnetzes der Eisenbahn in Deutschland, in: ETR 1/2-1993, S. 16

280) Wichers, Hellmut, High-speed durch high-tech: Der ABB-X-2000, in: Hamburger Blätter, 1/1993, S. 15

darauf achten, daß auf solchen Schnellfahrstrecken automatische Bahnschranken vorhanden sind.

### *Ausbaustrecke Ingolstadt – München, Abschnitt Ingolstadt – Petershausen*

Der Ausbauabschnitt Ingolstadt – München als Bestandteil der Aus- und Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt – München läßt sich in zwei Bereiche einteilen, wobei hier nur der erstgenannte Abschnitt weiter betrachtet werden soll:

■ Ingolstadt – Petershausen

Hier handelt es sich um einen rein fahrzeitbegründeten Ausbau ohne Bau zusätzlicher Gleise.

■ Petershausen – München

In diesem Abschnitt sind sowohl Linienverbesserungen als auch ein bzw. zwei zusätzliche Gleise für die Münchner S-Bahn vorgesehen. Es ist nicht möglich, die Kosten dieses Abschnittes einerseits der Fahrzeitverkürzung und andererseits der Kapazitätserweiterung eindeutig zuzuordnen, da ein zeitlich getrennter Bau von Linienverbesserungen einerseits und zusätzlichen Gleisen andererseits mehr kosten würde als der gleichzeitige Bau.

Nach den DB-Unterlagen von 1989<sup>281</sup> sind zwischen Ingolstadt und Petershausen auf 46% der Strecke Linienverbesserungen vorgesehen. Die neue Trasse rückt zwar teilweise nur geringfügig von der bisherigen ab, dafür sind aber zahlreiche Ortsdurchfahrten und Bahnhofsumbauten nötig, so daß mit dem in dieser Arbeit verwendeten üblichen Kostensatz gerechnet werden kann. Bezogen auf die betrachtete Gesamtstrecke, liegt heute die zulässige Geschwindigkeit bei durchschnittlich 156,5 km/h<sup>282</sup> und nach Realisierung der Ausbaustrecke bei 196 km/h<sup>283</sup>.

Die Prognosen ergaben bei der Ausbaustrecke München – Ingolstadt im Fernverkehr ein Verkehrsaufkommen in Höhe von etwa 2,9 IC-Linien<sup>284</sup>. Im Korridor München – Nürnberg besteht jedoch ein Sachverhalt, der die Verwendung der 2,9 IC-Linien im Effizienzkriterium nicht zuläßt: Für den Verkehr zwischen München und Würzburg bietet sich eine zweite IC-Linienführung über Augsburg – Ansbach an. Vergleicht man mit dieser Linienführung die offiziell geplante Maßnahme, so erzielt die Aus- und Neubaustrecke München – Ingolstadt – Nürnberg – Würzburg eine nur um etwa 13 Minuten kürzere Fahrzeit, obwohl die Addition der Fahrzeitverkürzungen von München nach Ingolstadt, von Ingolstadt nach Nürnberg und von Nürnberg nach Würzburg insgesamt fast 40 Minuten ergibt. Da das Verkehrsaufkommen München – Würzburg um den Faktor 2 größer ist als das Verkehrsaufkommen von München in die neuen Bundesländer, haben die Fahrzeitverkür-

---

281) Deutsche Bundesbahn, Erläuterungsbericht für die Neubau-/Ausbaustrecke Nürnberg – Ingolstadt – München zur Abstimmung mit den Belangen der Raumordnung, Juni 1989

282) Die bisher zulässige Geschwindigkeit beträgt 160 km/h, mit Ausnahme von zwei Bahnhofs-durchfahrten (120 km/h) sowie zwei kurzen Bereichen mit 150 km/h.

283) Die nach dem Ausbau vorgesehene Geschwindigkeit beträgt auf einem Teilabschnitt 180 km/h und sonst 200 km/h.

284) Die DB-Prognose lautet hier 12 Mio. Reisende pro Jahr, die Intraplan-Prognose 11 Mio. Reisende

zungen zwischen München und Nürnberg sowie zwischen Nürnberg und Würzburg für 2/3 der Fahrgäste nur eine Wirkung von  $1/3$ <sup>285</sup>. Daher sind die einzelnen Fahrzeitverkürzungen zwischen München und Ingolstadt, zwischen Ingolstadt und Nürnberg sowie zwischen Nürnberg und Würzburg nur zu 55%<sup>286</sup> wirksam. Statt 2,9 IC-Linien sind deshalb nur 1,6 IC-Linien im Effizienzkriterium zu verwenden.

Anteil Neutrassierung: 0,46

kalk. Kosten pro km Linienverbesserung: 350.000 DM

sonstige kalk. Kosten pro km Gesamtstrecke: 100.000 DM

$v_0$ : 156,5 km/h

$v_1$ : 196 km/h

Linienzahl: 1,6

Eingesetzt in die entsprechende Formel, ergeben sich jährliche kalkulatorische Kosten von 2,1 Mio. DM pro Linienminute. Der Ausbau von Petershausen bis Ingolstadt würde somit nicht 1,6 Linien, sondern 4,3 Linien benötigen, damit sich die Maßnahme einzelwirtschaftlich lohnt.

#### *Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg*

Im "DB-Programm in Bayern 1985"<sup>287</sup> noch als Neubau geplant, ist im Korridor Würzburg – Nürnberg auf der 102 km langen Strecke inzwischen nur noch ein sehr reduzierter Ausbau vorgesehen. Dabei bleiben zahlreiche Geschwindigkeitseinbrüche bis auf 100 km/h weiterhin bestehen.

Die Daten der Altstrecke sowie der geplanten Ausbaustrecke wurden einem ausführlichen Fachartikel entnommen.<sup>288</sup> Die derzeitige Fahrzeit eines lokbespannten IC beträgt zwischen Würzburg und Nürnberg 55 Minuten in beiden Richtungen. Ein Nachvollziehen der heutigen Fahrzeit durch Fahrsimulation ergab, daß im offiziellen Fahrplan ein Fahrzeitzuschlag von 5,5% + 1,5 Minuten enthalten ist.<sup>289</sup> Im Durchschnitt beträgt die Fahrzeitverkürzung 5,3 Minuten<sup>290</sup> und nicht, wie von der DB angegeben, 7 bis 8 Minuten. Im Effizienzkriterium ist eine Linienzahl von 1,4 zu verwenden.<sup>291</sup>

---

285) 13 Minuten / 40 Minuten

286)  $(1/3 \cdot 100\%)$  Verkehr von München in die neuen Bundesländer +  $(2/3 \cdot 33\%)$  Verkehr von München nach Würzburg

287) Bundesbahndirektion München: DB-Programm in Bayern, 1985

288) Lorenzen, Carsten, Die Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg, in: Die Bundesbahn 10/1989, S. 831 ff.

289) Ein Nachvollziehen bekannter fahrplanmäßiger Fahrzeiten durch Fahrsimulation ist notwendig, da bei einzelnen Strecken besonders wenig oder besonders viel Fahrzeitzuschlag (z. B. sogenannte Sonderzuschläge) enthalten sein können. Dies würde sonst, bedingt durch die ohnehin geringen absoluten Fahrzeitgewinne durch Maßnahmen bei Ausbaustrecken, zu erheblichen Rechenfehlern führen.

290) Die Fahrsimulationen auf der Ausbaustrecke ergaben im Durchschnitt beider Richtungen für den ICE mit 13 Mittelwagen eine Fahrzeit von 49,0 Minuten und für den IC (Lok 120 mit 11 Wagen) 49,8 Minuten (incl. 6% + 1,5 Minuten Fahrzeitzuschlag).

291) Die DB-Prognose ermittelte ein Verkehrsaufkommen, das 2,75 IC-Linien entspricht, die Intraplan-Prognose ermittelte 2,5 Linien. Da die DB-Prognose zu hoch angesetzt ist (siehe Ausführungen zur Ausbaustrecke Augsburg – Ulm), sollte die Intraplan-Prognose verwendet werden. 55% (siehe Ausführungen zur Ausbaustrecke Ingolstadt – München) von 2,5 Linien ergibt 1,4 Linien.

Besonders aufschlußreich ist eine separate Bewertung des 28,6 km langen Mittelabschnittes Iphofen – Neustadt. Nur in diesem Bereich wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Strecke, die hier fast durchgehend<sup>292</sup> 160 km/h beträgt, auf 200 km/h angehoben. In den restlichen Abschnitten wird die Geschwindigkeit mit meist geringen Kosten um 10 bis 20 km/h erhöht. Die Anhebung von 160 auf 200 km/h schafft nach den Fahrsimulationen im Durchschnitt beider Richtungen und beider Zugkategorien 1,57 Minuten Fahrzeitverkürzung<sup>293</sup>. Demnach entfallen auf den restlichen Teil der Strecke 3,73 Minuten Fahrzeitverkürzung.

Die Gesamtkosten des Streckenausbaus belaufen sich auf rund 300 Mio. DM<sup>294</sup>. Berücksichtigt man keine Kosten für geringfügige Linienverbesserungen, die nur bis zu 0,5 m von der bisherigen Gleislage abweichen, so ergeben sich nach den hier verwendeten Kostenpauschalierungen 175 Mio. DM für den Mittelabschnitt und 125 Mio. DM für die anderen Abschnitte.

Für den Mittelabschnitt Iphofen – Neustadt<sup>295</sup> errechnen sich die jährlichen Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung wie folgt, wobei sich Nenner und Zähler auf die gesamte Strecke beziehen und nicht auf den Streckenkilometer:

Länge des Ausbauabschnittes: 28,6 km

Länge der Linienverbesserungen: 13,3 km

$$\frac{13,3 \text{ km} \cdot 350.000 \text{ DM} + 28,6 \text{ km} \cdot 100.000 \text{ DM}}{1,57 \text{ Minuten} \cdot 1,4 \text{ Linien}} = 3,4 \text{ Mio. DM}$$

Die Effizienz der restlichen Abschnitte Würzburg – Iphofen und Neustadt – Nürnberg errechnet sich wie folgt:

$$\frac{4.375.000 \text{ DM}^{296}}{3,73 \text{ Minuten} \cdot 1,4 \text{ Linien}} = 840.000 \text{ DM}$$

Der Bau des Mittelabschnitts Iphofen – Neustadt ist in keiner Weise zu rechtfertigen und dürfte bundesweit Spitzenreiter an Ineffizienz von Ausbaustrecken sein. Die Schwelle zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität wird erst bei 7 IC/ICE-Linien erreicht.

Bedenkt man, daß die derzeitigen Radien dieser Ausbaustrecke weitgehend 180 km/h zulassen würden, wäre eine etwas günstigere, aber immer noch ineffiziente Zwischenlösung vorstellbar, bei der zwischen Iphofen und Neustadt statt 1,57 Minuten immer noch 1,0 Minuten Fahrzeitverkürzung erzielbar wäre:

$$\frac{28,6 \text{ km} \cdot 100.000 \text{ DM}}{1,0 \text{ Minuten} \cdot 1,4 \text{ Linien}} = 2,0 \text{ Mio. DM}$$

292) Es besteht nur ein "Geschwindigkeitseinbruch" auf 150 km/h, vgl. Lorenzen, a.a.O.

293) incl. 6% Fahrzeitzuschlag

294) vgl. Der Bundesminister für Verkehr, Bundesverkehrswegeplan 1992, S. 35

295) 28,6 km, davon 13,3 km Linienverbesserung mit Abweichungen über 0,5 m gegenüber der bisherigen Trassenführung, vgl. Lorenzen, a.a.O.

296) 125 Mio. DM Herstellungskosten · 0,035 Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten = 4.375.000 DM

Die Anhebung von 180 auf 200 km/h kostet pro Linienminute demnach:

$$\frac{13,3 \text{ km} \cdot 350.000 \text{ DM}}{0,57 \text{ Minuten} \cdot 1,4 \text{ Linien}} = 5,8 \text{ Mio. DM}$$

Die äußerst geringe Effizienz dieser Maßnahme ist neben der hohen bisher zulässigen Geschwindigkeit und der geringen Linienzahl darauf zurückzuführen, daß der 200 km/h-Abschnitt Steigungen von 10‰ aufweist, so daß die bergauf fahrenden ICE-Züge sehr lange Zeit benötigen, um von 160 auf 200 km/h zu beschleunigen. Die IC-Züge mit nur einer Lok können die aufgrund der Trassierung mögliche Geschwindigkeit von 200 km/h bergauf ohnehin nicht erreichen.

### 3.3.1.1.5 Herleitung eines modifizierten Fahrtaudiogrammes als Hilfestellung zur Gestaltung effizienter Ausbaustrecken

Es stellt sich die Frage, wie solche ineffizienten Planungen, etwa die der Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg im Abschnitt Iphofen – Neustadt (Anhebung von 160 auf 200 km/h), überhaupt zustandekommen können. Neben dem grundsätzlichen Fehlen vergleichbarer Effizienzbetrachtungen ist ein wesentlicher Grund die Tatsache, daß bei der DB die zulässige Geschwindigkeit der Strecke in einem Geschwindigkeitswegebild bzw. die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit in einem sogenannten Fahrtaudiogramm, jeweils mit den Achsenbezeichnungen  $v$  und  $s$ , dargestellt wird. Der Gewinn an Geschwindigkeit durch die Ausbaustrecke wird als Fläche hervorgehoben.

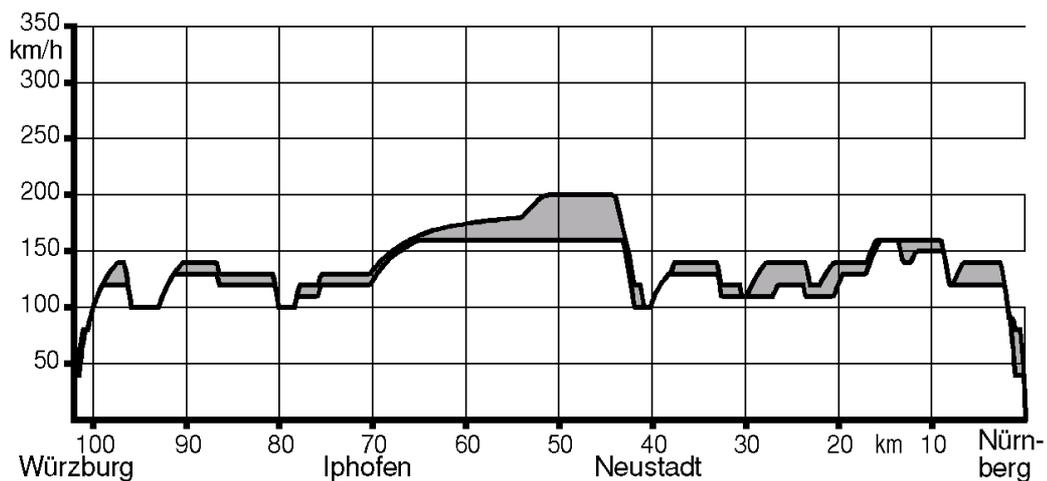


Abb. 16: *Klassisches Fahrtaudiogramm in der v-s-Darstellung: lokbespannter IC auf der Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg, vor und nach dem Ausbau*

Dabei wird suggeriert, daß die zusätzlich hinzukommende Fläche der gewonnenen Fahrzeitverkürzung entspräche. Hierbei wird jedoch übersehen, daß beispielsweise eine Anhebung von 40 km/h auf 42,1 km/h die gleiche Fahrzeitverkürzung wie die Anhebung von

160 km/h auf 200 km/h<sup>297</sup> schafft (!). Es ist daher notwendig, das Diagramm so zu modifizieren, daß die Fläche unter der Geschwindigkeitskurve (also das Integral der Kurve) gleich der Fahrzeit ist. Die Bereiche hoher Geschwindigkeiten müssen sozusagen gestaucht, die niedriger Geschwindigkeit gestreckt werden.<sup>298</sup>

Die durch die Geschwindigkeitsanhebung sich ergebende Fläche zwischen den beiden Geschwindigkeitskurven sollte der Fahrzeitverkürzung entsprechen.

Die zu minimierende Größe ist die (Fahr-)Zeit  $t$ .

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1}{v} \cdot s$$

Fläche = Höhe · Breite

Das  $v$ - $s$ -Diagramm ist daher durch ein  $1/v$ - $s$ -Diagramm zu ersetzen. Um vom Wert " $v$ " zum Wert " $1/v$ " zu gelangen, muß der erstgenannte Wert durch  $v^2$  geteilt werden. Das heißt, die schwarze Fläche im klassischen Fahrshaudiagramm stellt eine im Quadrat verzerrte Darstellung des tatsächlichen Nutzens dar.

Das geeignetere Fahrshaudiagramm mit der  $1/v$ - $s$ -Darstellung sieht wie folgt aus:

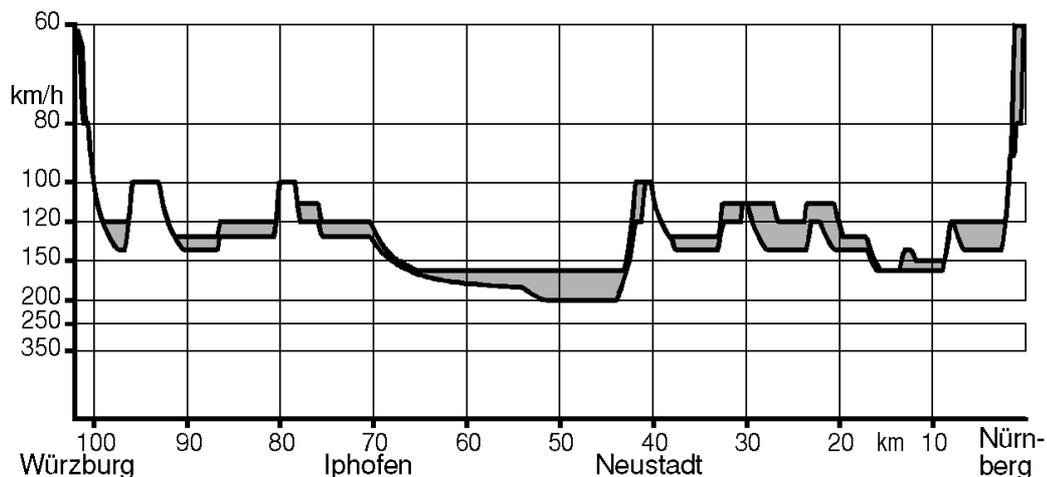


Abb. 17: Modifiziertes Fahrshaudiagramm in der  $1/v$ - $s$ -Darstellung: lokbespannter IC auf der Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg, vor und nach dem Ausbau

Die Fläche unter der Geschwindigkeitskurve entspricht direkt der zu minimierenden Fahrzeit. Eine Reduzierung dieser Fläche um z. B. einen Quadratzentimeter schafft an jeder Stelle den gleichen Nutzen. Betrachtet man den Mittelabschnitt der betrachteten Ausbaustrecke (Anhebung von 160 auf 200 km/h) in den beiden abgebildeten Diagrammen,

297)  $(1/160 - 1/200) = 0,0125$ ;  $(1/40 - 1/42,1) = 0,0125$ ; vgl. Formel aus Kapitel 3.3.1.1.1

298) Ein ähnlicher Ansatz eines modifizierten Fahrshaudiagrammes mit der Darstellung von "Fläche = Fahrzeit" findet sich in: Weigend, Manfred, Überlegungen zur Fahrdynamischen Trassierung, in: ETR 12/1989, S. 783

so fällt auf, daß in der 1/v-s-Darstellung dieser Bereich entsprechend dem tatsächlichen Fahrzeitgewinn wesentlich kleiner ausfällt als in der herkömmlichen v-s-Darstellung. Vergleicht man im 1/v-s-Diagramm Kilometer 25 mit Kilometer 55, so wird deutlich, daß eine Geschwindigkeitserhöhung von 120 km/h auf 140 km/h den gleichen Nutzen stiftet wie eine Anhebung von 160 km/h auf 200 km/h.

### 3.3.1.2 Fahrzeitverkürzung durch Neubau von Bahnstrecken

Die aufwendigsten Maßnahmen zur Verbesserung des Schienenpersonenfernverkehrs sind Neubaustrecken. Betrachtet man die gut 10 Mrd. DM Baukosten für die Neubaustrecke Hannover – Würzburg, so erscheinen die Baukosten der Ausbaustrecken sowie die Entwicklungs- und Herstellungskosten der ICE-Garnituren (ca. 2 Mrd. DM) gering.

Neubaustrecken schaffen sowohl Streckenkapazitäten als auch Fahrzeitverkürzungen. Zur umfassenden Betrachtung der Effizienz von Neubaustrecken müssen daher beide Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Bei der Wahl der Trassenführung von Neubaustrecken ergeben sich viele Freiheitsgrade, während bei Ausbaustrecken die Zahl der Alternativen sehr begrenzt ist. Eine vertiefende Behandlung von Neubaustrecken wird im Kapitel 5.2.2 durchgeführt.

Im folgenden wird eine Auswahl von Neubauprojekten getroffen:

- NBS Köln – Frankfurt,
- NBS Hannover – Berlin, Abschnitt Lehrte – Spandau,
- NBS Stuttgart – Ulm, Variante H, Abschnitt Mettingen – Jungingen,
- NBS Würzburg – Fulda,
- NBS Fulda – Hannover,
- NBS Nantenbacher Kurve,
- NBS Ingolstadt – Nürnberg,
- NBS Ebensfeld – Erfurt,
- Brenner-Basistunnel,
- ABS München – Mühldorf – Freilassing<sup>299</sup>.

Es werden auch Projekte bewertet, die vom Verfasser vorgeschlagen wurden:

- NBS Nürnberg – Hof – Altenburg,
- NBS Donauwörth – Pleinfeld (Bestandteil einer ABS/NBS Augsburg – Nürnberg).

Als Effizienzkriterium dient der Ausdruck:

$$\frac{\text{kalkulatorische Kosten}}{\text{Fahrzeitverkürzung} \cdot \text{Linienzahl}}$$

<sup>299)</sup> Zur Begründung der Betrachtung dieser Ausbaustrecke im Rahmen von Neubaustrecken siehe weiter unten.

Es handelt sich um dasselbe Effizienzkriterium wie im Kapitel 3.3.1.1 "Fahrzeitverkürzung durch Ausbau bestehender Bahnstrecken", so daß die Ergebnisse beider Kapitel direkt miteinander vergleichbar sind. Da, wie erläutert, bei Maßnahmen mit großen Reisezeitgewinnen für die Linienzahl der Mittelwert von Mit-Fall und Ohne-Fall in der Effizienzbeurteilung verwendet werden muß, sind die Linienzahlen des Mit-Falles für die Verwendung im Effizienzkriterium entsprechend nach unten zu korrigieren (siehe Einleitung zu Kapitel 3.3, "Linienzahl vor und nach Realisierung der Maßnahme").

Die Strecken *Würzburg – Fulda*, *Fulda – Hannover und Köln – Frankfurt* sind schon im Kapitel zur Streckenleistungsfähigkeit betrachtet worden.

Die "*Nantenbacher Kurve*" ist eine knapp 10 km lange, tunnelreiche Abfahrkurve bei Gemünden von der Neubaustrecke Würzburg – Fulda auf die Strecke nach Aschaffenburg – Frankfurt. Für alle betrachteten Neubaustrecken im süddeutschen Raum incl. dieser Neubaustrecke ist zur Ermittlung des Verkehrsaufkommens die Intraplan-Prognose eher geeignet als die DB-Prognose, da die DB-Prognose einen Teil des Verkehrs München – Rhein/Main über Nürnberg umleitet, obwohl die Fahrzeit über Stuttgart kürzer ist.

Die Neubaustrecke *Hannover – Berlin* ist strenggenommen eine Ausbaustrecke; denn die in den dreißiger Jahren zweigleisige, mit 160 km/h befahrene, sehr geradlinige klassische Bahnverbindung wird drei- bis viergleisig wieder aufgebaut und für 250 km/h ertüchtigt. Als "Ohne-Fall" steht von Lehrte nach Berlin über Braunschweig – Magdeburg ein inzwischen teilweise sanierter Schienenweg zur Verfügung, der schon bald weitgehend mit 160 km/h befahren werden kann<sup>300</sup>. Der von beiden Strecken gemeinsam genutzte Abschnitt Hannover – Lehrte wird nicht bewertet, ebenso nicht die Streckenführung im Großraum Berlin. Deshalb enden die Berechnungen bei der Neubaustrecke in Berlin-Spandau und bei der Vergleichsstrecke in Berlin-Wannsee.

Unter der Bezeichnung *Stuttgart – Ulm* wird die freie Strecke von Esslingen-Mettingen bis Ulm (Variante H) bewertet, ohne die umstrittenen Untertunnelungen von Stuttgart und Ulm. Die Mehrkosten und der Zusatznutzen einer H-Trasse mit Untertunnelung von Stuttgart werden eigens bewertet.

Die Neubaustrecke *Ebensfeld – Erfurt* umfaßt den Neubauabschnitt der Aus- und Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt, die wiederum ein Teil des Verkehrsprojekts Deutsche Einheit Nr. 8 ist und vom damaligen Verkehrsminister Krause "selbst für Fachleute überraschend"<sup>301</sup> vorgeschlagen wurde. Zum Fahrzeitvergleich mit dem Ohne-Fall, der Benutzung der sanierten Saaletalbahn, wird als gemeinsamer nördlicher Endpunkt der Fahrzeitberechnungen eine Stelle nahe Camburg gewählt, wo die südliche Trassenvariante Erfurt – Leipzig die Saaletalbahn Ebensfeld – Camburg – Leipzig kreuzt und prinzipiell eine

---

300) Lediglich auf 25 km Länge bei Helmstedt sowie in Magdeburg werden auch künftig aufgrund enger Kurvenradien nur deutlich geringere Geschwindigkeiten möglich sein. Die Fahrzeit Braunschweig – Berlin-Wannsee beträgt nach dem Kursbuch 1993/94 120 Minuten. Werden alle geradlinigen Streckenabschnitte demnächst mit 160 km/h befahren, so beträgt die Fahrzeit nur noch 100 Minuten, was als Ohne-Fall herangezogen wird.

301) Schmitt, Peter, Professorenhonore wird nicht angetastet, in: Süddeutsche Zeitung vom 14.4.1993, S. 40

Auffahrt von der Saaletalbahn auf die Neubaustrecke Erfurt – Leipzig gebaut werden könnte.

Auf der vom Verfasser mit entwickelten Strecke *Nürnberg – Altenburg*<sup>302</sup> werden mehrere Korridore mit nur einer Neubaustrecke bedient. So wird nicht nur der Korridor Nürnberg – Leipzig abgedeckt, sondern zusätzlich noch die Verbindung Nürnberg – Chemnitz – Dresden sowie Nürnberg bzw. Erfurt – Prag. Für den Korridor Nürnberg – Leipzig kann, ausgehend von den Prognosen für die Strecke Nürnberg – Erfurt, unter Berücksichtigung der kürzeren Fahrzeit einer Linienführung über Nürnberg – Hof, eine Prognose über das Verkehrsaufkommen erstellt werden: Nicht 6, sondern 8 Mio. Reisende<sup>303</sup> sind pro Jahr zu erwarten. Für den Verkehr von Nürnberg nach Zwickau, Chemnitz, Dresden und nach Prag kommt ein Verkehrsaufkommen in gleicher Höhe hinzu.<sup>304</sup> Da sich die Neubaustrecke wie ein "Y" nach Altenburg und Werdau verzweigt, wird ein Mittelwert aus den Fahrzeitverkürzungen Hof – Altenburg und Hof – Werdau gebildet. Als Fahrzeit für den Ohne-Fall werden nicht die derzeitigen Fahrzeiten, sondern per Fahrsimulation errechnete IC-Fahrzeiten auf den sanierten Altstrecken herangezogen, da der heutige Zustand dieser Strecken, bedingt durch die deutsche Teilung, keineswegs dem üblichen Standard entspricht. Dabei wurde berücksichtigt, daß nicht alle Relationen voll von den Fahrzeitverkürzungen profitieren<sup>305</sup> und bei den IR-Linien wegen zusätzlicher Halte nicht die technisch realisierbare Fahrzeitverkürzung erreicht wird.

Die Strecke *Donauwörth – Pleinfeld* ist ein Neubaustreckenabschnitt, der Bestandteil des Vorschlags des Verfassers zum Aus- und Neubau der Bahnstrecke Augsburg – Nürnberg ist. Mit dieser 55 km langen Neubaustrecke werden Treuchtlingen und Weißenburg umfahren, da hier ein Ausbau der bestehenden Strecke extrem aufwendig bzw. fast nicht durchführbar wäre<sup>306</sup>. Hier macht sich die Neubaustrecke wie schon beim Projekt Nürnberg – Altenburg ein besonders günstig strukturiertes Gelände zunutze. Auf 85% der Länge dieses Neubauprojektes können sowohl die Züge nach Ansbach – Würzburg als auch nach Nürnberg verkehren.

Bei der Bewertung der Neubaustrecke *Ingolstadt – Nürnberg* ist zu berücksichtigen, daß mit der bestehenden Streckenführung über Ansbach eine annähernd gleich schnelle Verbindung nach Würzburg besteht; entsprechend den Überlegungen zur Ausbaustrecke Ingolstadt

---

302) vgl. Vieregg, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung der Notwendigkeit von Ausbau-/Neubaumaßnahmen im Eisenbahnverkehr zwischen Bayern und Thüringen/Sachsen, a.a.O., S. 76 ff.

303) 6 Mio. Reisende · (1,0075)<sup>40 min</sup>

304) Die Region Zwickau – Chemnitz ist mit 2 Mio. Einwohnern der größte Ballungsraum der neuen Bundesländer.

305) Fahrsimulationen und auch abschnittsweise überschlägige Berechnungen anhand topographischer Karten haben ergeben, daß die bestehenden Bahnstrecken aufgrund der Trassenführung bei bester technischer Ausstattung in der Relation Nürnberg – Leipzig folgende IC-Fahrzeiten ohne Neigetechnik ermöglichen: 182 Minuten (über Probstzella, mit Halten in Bamberg, Saalfeld und Jena) bzw. 205 Minuten (über Hof, mit Halten in Marktredwitz, Hof und Plauen). Eine Neubaustrecke in der Relation Nürnberg – Leipzig muß sich daher an der schnellsten "Ohne-Fall"-Verbindung über Probstzella orientieren.

306) Südlich Treuchtlingen verläuft die bestehende Trasse am Hang des Möhrenbachtals auf halber Höhe. Linienverbesserungen würden zum Teil einem Zuschütten des Tales gleichkommen.

– Petershausen (Kapitel 3.3.1.1.3) ergibt sich eine Linienzahl von 1,5. Der Fahrzeitgewinn beträgt 19 Minuten<sup>307</sup>.

Die Ausbaustrecke *München – Mühldorf – Freilassing* sieht den zweigleisigen Ausbau und die Elektrifizierung der eingleisigen Bahntrasse München – Mühldorf sowie der fast unbenutzten eingleisigen Strecke Mühldorf – Freilassing vor, abseits der bisherigen Hauptverbindung München – Rosenheim – Freilassing. Dieses Projekt ist hinsichtlich der Bewertung besser mit Neubau- als mit Ausbaustrecken zu vergleichen, da wie bei einer Neubaustrecke der Nutzen hinsichtlich Fahrzeitverkürzungen erst entsteht, wenn der Fahrdraht auf dem letzten Meter gespannt und die Zweigleisigkeit weitgehend hergestellt ist. Die Ausbaustrecke kann zur Bewertung nicht in Einzelmaßnahmen unterteilt werden. Außerdem ist bei dieser Strecke, genauso wie bei "richtigen" Neubaustrecken, eine eindeutige Zurechenbarkeit von Teilmaßnahmen auf Kapazitätsgewinne einerseits und Fahrzeitgewinne andererseits nicht möglich. Aufgrund des heutigen Zugangebots ergibt sich auf der Strecke München – Rosenheim – Freilassing eine Linienzahl von 1,58.<sup>308</sup> Der Verkehr wird in diesem Korridor in Zukunft deutlich ansteigen, da insbesondere der Ost-West-Verkehr durch die Öffnung des Ostens zunehmen wird<sup>309</sup> und die Bahnstrecke Salzburg – Wien derzeit massiv ausgebaut wird, was zu einem wesentlichen Verkehrszuwachs auch zwischen München und Freilassing führen wird. Die in der DB- bzw. Intraplan-Prognose genannten Verkehrsmengen (5 bzw. 6 Mio. Reisende/Jahr) sind daher nicht plausibel. Vermutlich liefern die Prognosemodelle von DB und Intraplan im Verkehr mit dem Ausland keine zuverlässigen Daten.<sup>310</sup> Das für die Effizienzbetrachtung vom Verfasser gewählte Verkehrsaufkommen in Höhe von 2,0 IC-Linien stellt eher einen unteren Eckwert als eine optimistische Prognose dar, zumal allein ein Verkehrsaufkommen von knapp 0,5 Linien durch die Fahrzeitverkürzung zwischen München und Freilassing induziert wird.

Als Kuriosum wird der *Brenner-Basistunnel* aufgeführt. Fachleute und viele Politiker räumen diesem Projekt im Jahr 1993 keine Realisierungschancen ein<sup>311</sup>. Dieses Tunnelbauwerk soll trotzdem erwähnt werden, zumal trotz großer Bedenken von Fachleuten inzwischen für 50 Mio. DM Planungsaufträge vergeben wurden<sup>312</sup> und dieses Projekt inzwischen wieder

---

307) 98 min ICE-Fahrzeit München-Nürnberg (Jahresfahrplan 1993/94) – 4 min Halt in Pasing = 94 min; 94 min – 69 min geplante Fahrzeit = 25 min Fahrzeitgewinn durch die Aus- und Neubaustrecke München-Ingolstadt-Nürnberg, davon 6 min Fahrzeitgewinn München-Ingolstadt; 25 – 6 min = 19 min.

308) Zwischen München und Freilassing verkehren laut Fahrplan 1993/94 täglich 20 IC-, EC- und D-Züge pro Richtung (Linienzahl 1,25) sowie eine IR-Linie im Stundentakt (Linienzahl 0,33).

309) Nach der politischen Wende im Osten wurden von Kessel&Partner im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums neue Verkehrsprognosen für die Strecke Stuttgart – Ulm aufgestellt; die bisherigen Verkehrsmengen wurden dabei unter Begründung der Ostöffnung deutlich nach oben korrigiert. Sowohl die Strecke Stuttgart – Ulm als auch die Verbindung München – Freilassing ist Bestandteil eines europäischen Korridors Frankreich – Österreich – Ungarn – Rumänien/Ukraine.

310) Bei der Intraplan-Prognose fällt beispielsweise auf, daß der österreichische Korridorverkehr Innsbruck – Rosenheim – Salzburg mit einem Zugangebot von derzeit 1,0 IC-Linien gar nicht in Erscheinung tritt.

311) vgl. Schneider, Christian, Bundesverkehrsministerium nimmt Abschied vom Brenner-Basistunnel – Geldnot verstopft die Superröhre, in: Süddeutsche Zeitung vom 23./24. Oktober 1993, S. 55

312) vgl. Laas, Erwin, Haben Verkehrsminister Gutachten versteckt?, Oberbayerisches Volksblatt, 9.4.1993

vermehrt Fürsprecher findet. Ein Gutachten<sup>313</sup> ermittelte für das Tunnelprojekt extrem hohe Kosten und gleichzeitig einen fast vernachlässigbaren Zuwachs für die Schiene im Güter- und Personenverkehr, so daß unter Berücksichtigung der heutigen 17 Personenzüge über den Brenner nur 3 weitere hinzukommen, was insgesamt einer Linienzahl von 0,67 entspricht. Zwar wird die Notwendigkeit des Brenner-Basistunnels auch für den Güterverkehr hervorgehoben. Für den Güterverkehr allein würde dieser Tunnel aber deutlich weniger kosten.<sup>314</sup> Im übrigen ist die Eignung des Tunnels für Güterzüge sehr eingeschränkt<sup>315</sup>, so daß eine alleinige Betrachtung der Fahrzeitverkürzung im Personenverkehr durchaus einen Aussagegehalt besitzt.

*Tab. 9: Effizienz der Neubaustrecken hinsichtlich Fahrzeitverkürzung*

	Fahrzeitverkürz. Min.	Verkehrsprognosen Mio.Rsde DB Intra plan		Lin. zahl Mit-Fall	Ko-sten Mio. DM	Anteil kurzer Nutzerdauer	Kosten pro Jahr pro Linienmin. Mio. DM
NBS Nürnberg - Altenburg	93			4,00	3700	46	0,75
NBS Köln - Frankfurt	63	20	21	5,10	4000	35	0,85
ABS München - Freilassing	35	5	6	2,00	1100	60	1,0
NBS Donauwörth - Pleinfeld	16	15	12	2,90	850	47	1,1
NBS Stuttgart - Ulm, Var.H ohne Untertunnelung Stgt.	24	10	18	3,67	1800	35	1,2
NBS Nantenbacher Kurve	12	8	5	1,33	380	20	1,3
NBS Hannover - Berlin	43	10	11	2,60	2300	55	1,4
NBS Fulda - Hannover	56	16	17	4,10	7700	25	2,1
Untertunnelung Stuttgart im Rahmen der NBS Stgt-Ulm	5	10	21	4,00	1000	15	2,6
NBS Würzburg - Fulda	32	8	8	2,00	3100	23	2,8
NBS Ingolstadt - Nürnberg	19	10	12	1,50	2400	30	3,6
NBS Ebensfeld - Erfurt	42	6	6	1,50	4500	25	4,4
Brenner-Basistunnel	35			0,67	14000	15	34,6

Die "Spitzengruppe" an Ineffizienz bilden, abgesehen vom Brenner-Basistunnel, die Strecken Ebensfeld – Erfurt, Würzburg – Fulda, Ingolstadt – Nürnberg sowie die Untertunnelung von Stuttgart; bedenkt man, daß das Projekt Ingolstadt – Nürnberg keine zusätzlichen

313) Louis Berger GmbH, Rapporto Sulle Analisi, Analisi dei Rischi, Fase II, Traforo del Brennero, Frankfurt/M., April 1991

314) Hochgeschwindigkeitszüge benötigen einen besonders großen Tunnelquerschnitt; im Mischverkehr betriebene lange Basistunnels erfordern Dreigleisigkeit oder unterirdische Überholbahnhöfe sowie besondere Sicherheitseinrichtungen für den Personenverkehr.

315) Die neu zu bauende Südrampe zum Brenner-Basistunnel wäre aufgrund der Höhendifferenz von gut 500 Metern an einem Stück bei 12<sup>0</sup>/oo Steigung gar nicht voll güterzugtauglich, so daß schwere Güterzüge weiterhin mit Vorspannlok verkehren müßten.

Streckenkapazitäten schafft (vgl. Kapitel 2.3.4.2, 3.1.1), so dürfte aus einer Gesamtbetrachtung heraus diese Strecke am ineffizientesten sein. Denn mit den anderen erwähnten Strecken werden zwei zusätzliche Gleise geschaffen, die im Falle der Strecke Würzburg – Hannover sogar voll und im Falle von Ebensfeld – Erfurt zumindest eingeschränkt güterzugtauglich sind<sup>316</sup>.

Das Mittelfeld bildet die Strecke Fulda – Hannover zusammen mit Stuttgart – Ulm. Daß die tunnelreiche Neubaustrecke Fulda – Hannover nicht auch zur Gruppe der ineffizientesten Projekte gehört, liegt an der relativ hohen Streckenbelegung und der Tatsache, daß der Nordabschnitt Göttingen – Hannover durch relativ einfach strukturiertes Gelände verläuft. Bei der Neubaustrecke Stuttgart – Ulm ist die Topographie im Bereich des Alaufstieges zu schwierig, um zu den effizienteren Strecken zu gehören; außerdem ist die Linienzahl nicht ganz so hoch wie bei anderen Projekten. Des weiteren kostet das fahrdynamisch ungünstige Höhenprofil wertvolle Fahrzeit.<sup>317</sup> Relativ günstig zu bewerten ist die Nantenbacher Kurve an der Neubaustrecke Würzburg – Fulda. Hier macht sich ein "Mitnahmeeffekt" bemerkbar: Die Züge von Lohr/Main nach Würzburg werden zwar mit den Kosten der 9 km langen, sehr teuren Verbindungskurve voll belastet, dafür können sie auf den anschließenden 24 km die Neubaustrecke "kostenlos" mitbenutzen, während sie sonst die kurvenreiche Altstrecke über Gemünden befahren müßten.

Am effizientesten sind solche Projekte, die durch besonders günstig strukturierte Landschaft verlaufen, daher kaum teure Kunstbauten benötigen und gleichzeitig eine hohe Auslastung mit schnellen Personenzügen vorweisen können. Zwar führt die Neubaustrecke Köln – Frankfurt nicht durch topographisch so günstiges Gelände wie die vom Verfasser vorgeschlagenen Projekte Donauwörth – Pleinfeld und Nürnberg – Altenburg, doch macht sie diesen Nachteil mit einer hohen Linienzahl wieder wett. Eine sehr wichtige Einflußgröße ist das Geschwindigkeitsniveau der Altstrecke. Dies dürfte der Hauptgrund für das nur mittelmäßige Abschneiden der sehr kostengünstigen Neubaustrecke Hannover – Berlin sein. Überraschend ist der Sachverhalt, daß die Effizienz der Neubaustrecke Nürnberg – Hof höher ist als die der Strecke Köln – Frankfurt, dem bisherigen "Filetstück" der deutschen Neubauprojekte. Zurückzuführen ist dies auf eine seltene Kombination günstiger Umstände, auf die in Kapitel 5.2.3 näher eingegangen wird.

Daß die sehr kostengünstige Ausbaustrecke München – Freilassing hinsichtlich Fahrzeitverkürzung nicht effizienter als alle Neubaustrecken ist, liegt daran, daß die Strecke München – Mühldorf – Freilassing nicht auf dem kürzesten Weg verläuft. Ein weiterer Grund ist, daß die im Effizienzkriterium verwendeten Fahrzeiten lediglich IC-Fahrzeiten (200 km/h Höchstgeschwindigkeit) und nicht ICE-Fahrzeiten sind. Da die Ausbaustrecke stellenweise sehr gerade verläuft und außerdem schon nach der derzeitigen Planung ein

---

316) Zwar müssen 1800-t-Güterzüge nachgeschoben werden, Züge mit weniger als 1500 Tonnen können jedoch nachts auf der Strecke verkehren. Vgl. Vieregg / Rößler, a.a.O., Anhang B; sowie: Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn, Ausbau-/Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt, Erläuterungsbericht vom Dezember 1991, S. 66 f.

317) Beim sog. Alaufstieg müssen die Züge 400 Höhenmeter an einem Stück überwinden, was zu einem drastischen Geschwindigkeitseinbruch führt.

Gleisabstand vorgesehen ist, der auch höhere Geschwindigkeiten als 200 km/h zulassen würde, wäre der Einsatz von ICE-Zügen mit einer Geschwindigkeit von 230 km/h<sup>318</sup> diskutabel. So lassen sich ohne nennenswerte Mehrkosten etwa 5 Minuten weitere Fahrzeitverkürzung erreichen, so daß die Kosten pro Minute Fahrzeitverkürzung von 1,0 Mio. DM auf 0,9 Mio. DM gesenkt werden können und dadurch sogar ohne den Aspekt der Schaffung zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit die einzelwirtschaftliche Rentabilität nahezu erreicht wird.

### 3.3.1.3 Fahrzeitverkürzung durch Baumaßnahmen im Bereich von Knoten

Baumaßnahmen im Bereich von Knoten sind Aus- und Neubauten im Großstadtbereich. Zahlreiche Knoten wären für eine Effizienzbetrachtung von Interesse, so beispielsweise Köln oder Hamburg. Der *Knoten Frankfurt/Main* soll exemplarisch näher betrachtet werden (siehe Abb. 18).

In den Anfangsjahren der Eisenbahn konnten enge Kurven fahrtechnisch gar nicht bewältigt werden. Dagegen fiel der erst später erfolgte Bau des Zentralbahnhofes Frankfurt in eine Zeit, in der man stolz darauf war, enge Kurven beherrschen zu können. So muß heute ein aus Richtung Hanau auf der sehr geradlinig verlaufenden "Nördlichen Hanauer Bahn" verkehrender IC-Zug schon 7 km vor dem Hauptbahnhof im Bahnhof Frankfurt-Ost abbremsen, um mit 80 km/h über die Deutschherrnbrücke und weiter nach Frankfurt-Süd zu fahren. Bei anderen auf den Hauptbahnhof zulaufenden Strecken ist die Situation ähnlich. Im Bahnhof Sportfeld, genau zwischen Hauptbahnhof und Flughafen, sind wegen der engen Kurven nur 100 bis 110 km/h zulässig. So wird in Zukunft der ICE von Köln nach Frankfurt mit 300 km/h zum Flughafen fahren, um dann seine Fahrt mit 100 bis 120 km/h zum Frankfurter Hauptbahnhof fortzusetzen. Dann wird er rückwärts mit 40 km/h wieder aus dem Kopfbahnhof herausfahren und noch zweimal den Main überqueren: das erste Mal mit 100 km/h (Main-Neckar-Brücke), das zweite Mal mit 80 km/h (Deutschherrnbrücke).

---

318) vgl. Breimeier, Rudolf, Die Gestaltung eines Schnellverkehrsnetzes der Eisenbahn in Deutschland, in: ETR 1/2-1993, S. 16

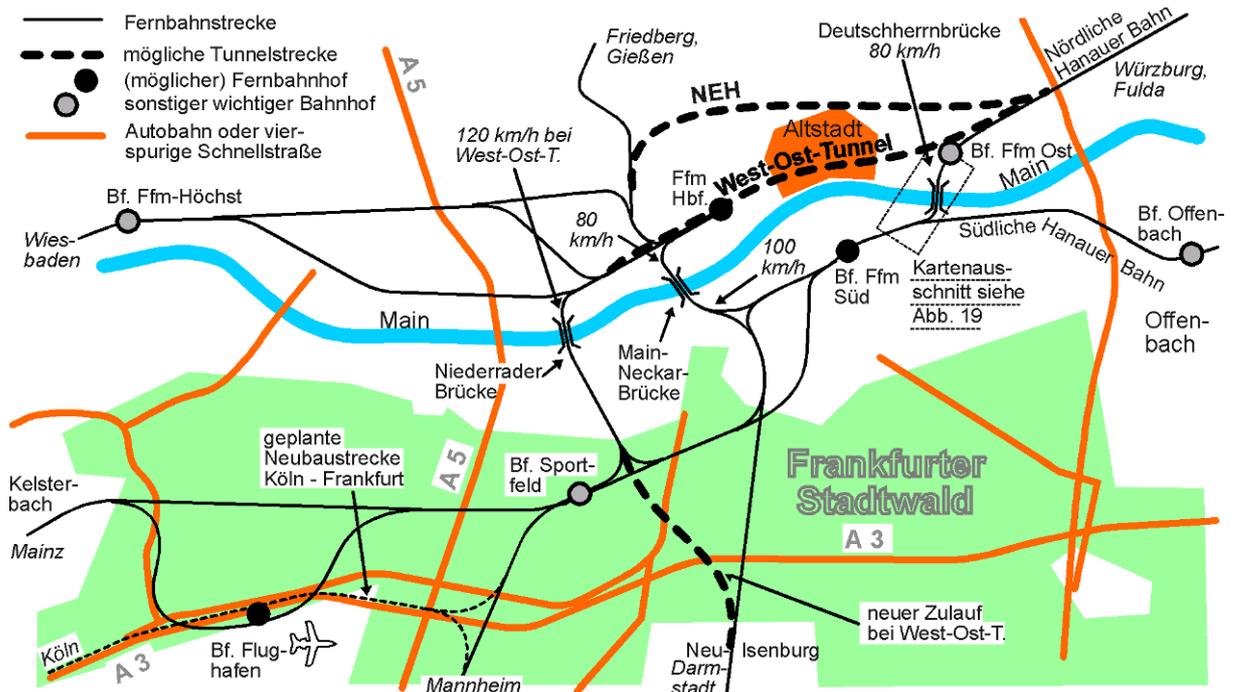


Abb. 18: Übersichtskarte Knoten Frankfurt 1:50.000 mit den Projekten West-Ost-Tunnel und NEH (Nördliche Einführung der Hanauer Bahn)

Die Vorschläge für Verbesserungen im Korridor Frankfurt lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Hauptbahnhof-Annexlösungen: Fernbahntunnel als Ergänzung zum Kopfbahnhof;
- Hauptbahnhof-Komplettlösungen: Neuer Durchgangsbahnhof, Auflösen des Kopfbahnhofes und städtebauliche Nutzung der freiwerdenden Flächen;
- Beibehaltung der bisherigen Grundkonzeption, aber Linienverbesserung im Bereich der Deutschherrnbrücke.

Die Hauptbahnhof-Komplettlösungen sollen in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet werden, da die Ermittlung der Herstellungskosten sowie der Grundstückserlöse sehr umfangreich wäre. Es sei jedoch der noch kaum bekannte zweite Vorschlag von Dipl.-Ing. Hansjörg Bohm erwähnt. Bohms erster Vorschlag<sup>319</sup> sieht vor, den Hauptbahnhof um 90° zu drehen und in einen unterirdischen Durchgangsbahnhof zu verwandeln. Ein wesentlich effizienterer, zweiter Vorschlag ist die Konzeption von Bohm, einen Bahnhofsstandort in Hochlage quer zum Gleisvorfeld des bisherigen Bahnhofs zwischen der S-Bahn-Station Galluswarte und dem Main zu wählen<sup>320</sup>. Ein solches Bauwerk läßt sich im Vergleich zu einer Untertunnelung des Kopfbahnhofs leicht während des laufenden Betriebs errichten. Nur eine der zahlreichen Zulaufstrecken verläuft in diesem Fall unterirdisch, nämlich die "Nördliche Einführung der Hanauer Bahn" (NEH).

Die im folgenden bewerteten Projekte sollen dazu dienen, die Ausfahrt von Frankfurt Hbf. über die nördliche Hanauer Bahn in Richtung Hanau (– Fulda bzw. Würzburg) zu beschleunigen.<sup>321</sup>

Für den Status quo, an dem sich die Lösungen für einen Fernbahntunnel messen müssen,

wird eine etwas beschleunigte Ausfahrt aus Frankfurt Hauptbahnhof zur nördlichen Hanauer Bahn vorausgesetzt<sup>322</sup>; die Fahrzeit beträgt 9,31 Minuten in der Relation Hauptbahnhof – Bf. Hochstadt-Dörnigheim<sup>323</sup>. Für die betrachtete Relation Frankfurt – Hanau ergeben sich 3,6 Linien nach Fulda<sup>324</sup>, 1,33 Linien nach Würzburg<sup>325</sup> sowie Nahverkehrslinien, die hinsichtlich der Sitzplatzkapazität etwa einer IC-Linie entsprechen;

- 
- 319) Bohm, Hansjörg, "Querdenken" – Ein Vorschlag zur Neugestaltung der Bahnanlagen in Frankfurt am Main, Städtebauliches Institut der Universität Stuttgart, März 1989, Eigendruck
- 320) Bohm, Hansjörg, Flughafen contra Hauptbahnhof, unveröffentlichtes Manuskript, Öhringen, August 1992
- 321) Zwischen Frankfurt und Hanau bestehen zwei Bahnstrecken, nämlich die nördliche Hanauer Bahn über Hochstadt-Dörnigheim und die südliche Hanauer Bahn über Offenbach. Die nördliche Hanauer Bahn verfügt über eine sehr gestreckte Trassenführung und eignet sich daher für den schnellen Personenfernverkehr besser als die südliche Hanauer Bahn.
- 322) Die zulässige Geschwindigkeit wird im relativ geradlinigen Bereich Frankfurt Süd von 100 auf 120 km/h angehoben, bei der Kennedyallee von 100 auf 110 km/h. Die Deutschherrnbrücke bleibt als Geschwindigkeitseinbruch auf 80 km/h bestehen.
- 323) auf halbem Weg nach Hanau, Durchfahrgeschwindigkeit 220 km/h
- 324) laut Intraplan-Prognose 14,3 Mio. Reisende
- 325) zu Verkehrsprognosen siehe Nantenbacher Kurve

insgesamt beträgt die Linienzahl 6. Die angegebenen Fahrzeiten sind immer der Durchschnitt beider Richtungen incl. 12% Fahrzeitzuschlag.

### *Nördliche Einführung der Hanauer Bahn*

Die "Nördliche Einführung der Hanauer Bahn" (NEH) ist eine fast vollständig unter Bebauung liegende zweigleisige Tunnelstrecke von der Frankfurter Messe am nördlichen Innenstadtrand vorbei nach Frankfurt-Ost. Ein interessanter Aspekt an der NEH ist, daß sie in einer ersten Stufe in Verbindung mit dem bestehenden Kopfbahnhof nutzbar ist. Die Kosten des 6 km langen Tunnels belaufen sich incl. Tunnelrampen auf 500 Mio. DM, wobei vom Verfasser 75 Mio. DM pro Tunnelkilometer<sup>326</sup> angesetzt wurden. Die ingenieur-geologischen Verhältnisse sind tendenziell günstiger als bei einem West-Ost-Tunnel, da die Stadt Frankfurt nach Norden hin ansteigt und so eine höhere Überdeckung und einfachere Grundwasserverhältnisse vorliegen.

### *"West-Ost-Tunnel"*

Mühlhans und Speck konkretisierten 1984 die Idee, eine direkte Verbindung zwischen Hauptbahnhof und Frankfurt-Ost zu errichten, so daß die Fernzüge nicht den Umweg und die Langsamfahrt über Frankfurt-Süd mit zweimaliger Querung des Mains vollziehen müssen.<sup>327</sup> Dieser Vorschlag ist auf den ersten Blick bestechend: Mit einem unterirdischen Durchgangsbahnhof und einem Tunnel werden die nur 3,5 km entfernt liegenden Bahnhöfe Frankfurt-Ost und Frankfurt Hauptbahnhof auf kürzestem Wege miteinander verbunden. Doch die Probleme stecken im Detail: Da unter dem Hauptbahnhof in mehreren Etagen U- und S-Bahn-Linien verlaufen, muß der viergleisige Fernbahn-Tunnelbahnhof in 22 Meter Tiefe<sup>328</sup> bzw. in der von der DB überarbeiteten Fassung sogar in 27 Meter Tiefe<sup>329</sup> errichtet werden. Die enorme Tieflage hat zwei Nachteile: Zum einen bedeutet das Beschleunigen in der Steigungsrampe Richtung Westen eine Fahrzeitverlängerung. Zum anderen wird die Westrampe sehr lang, was die Tunnellänge insgesamt deutlich erhöht. Das hat eine weitere ungewünschte Konsequenz: Die Strecke Darmstadt – Main-Neckar-Brücke kann nicht mehr angebunden werden, da die Rampe viel zu steil werden würde. Deshalb muß diese Strecke eine Neubaustrecke mit 4 km Länge von Neu-Isenburg nach Niederrad erhalten. Da gerade hier der Frankfurter Stadtwald durch zwei Autobahnen incl. Verknüpfungen heute schon mehrfach zerschnitten ist, muß aus Gründen der politischen Durchsetzbarkeit<sup>330</sup> mit einem Tunnel von 2,5 km Länge eine weitere Zerstückelung der Waldfläche vermieden werden. Ein weiterer Sachverhalt wirkt sich auf die Effizienz des Projektes

---

326) Bei der städtischen U-Bahn München kostet der Tunnelkilometer (ohne Bahnhof, mit Streckenausrüstung) 60 Mio. DM. Für Fernzüge ist ein etwas größerer Tunnelquerschnitt erforderlich.

327) vgl. Mühlhans, Edmund / Speck, Georg, Probleme der Kopfbahnhöfe und mögliche Lösungen aus heutiger Sicht, in: Internationales Verkehrswesen 3/1987, S. 190

328) vgl. Mühlhans, a.a.O.

329) vgl. Altenhein, Matthias, Der Ausbau des Eisenbahnknotens Frankfurt (M) – Lösungs- und Handlungsmöglichkeiten für die Stadt Frankfurt am Main, Frankfurt, September 1992, S. 33

330) Zur politischen Akzeptanz von zusätzlichen Verkehrswegen gilt grundsätzlich die Regel: Je höher die Vorbelastung eines Raumes, desto geringer die Akzeptanz weiterer Verkehrswege. Vgl. Kandler, Jakob, Markt und Staat im Verkehr, a.a.O., S. 87 f.

negativ aus: Die westliche Einfahrt in den West-Ost-Tunnel hat einen Geschwindigkeitseinbruch, da nördlich der Niederrader Brücke – in 3,1 km Abstand zum Hauptbahnhof – alle Züge wegen einer engen Kurve auf 120 km/h abbremsen müssen. Insgesamt umfaßt das Projekt "West-Ost-Tunnel" in der von der DB überarbeiteten Fassung eine Investitionssumme von 2,1 Mrd. DM<sup>331</sup>.

### *Neue Deutschherrnbrücke*

Die Errichtung einer neuen Deutschherrnbrücke ist eine im Vergleich zu großen Fernbahn-Tunnelprojekten bescheidene Maßnahme. Am südlichen Ende der heutigen Brücke befindet sich eine Kurve mit 300 m Radius, die nur 80 km/h zuläßt. Durch Abrückung in die Kurveninnenseite, also in das Schlachthofgelände, läßt sich diese Kurve aufweiten:

- Abrückung um 80m: Radius 600m, Geschwindigkeit 120 km/h,
- Abrückung um 130m: Radius 800m, Geschwindigkeit 140 km/h.

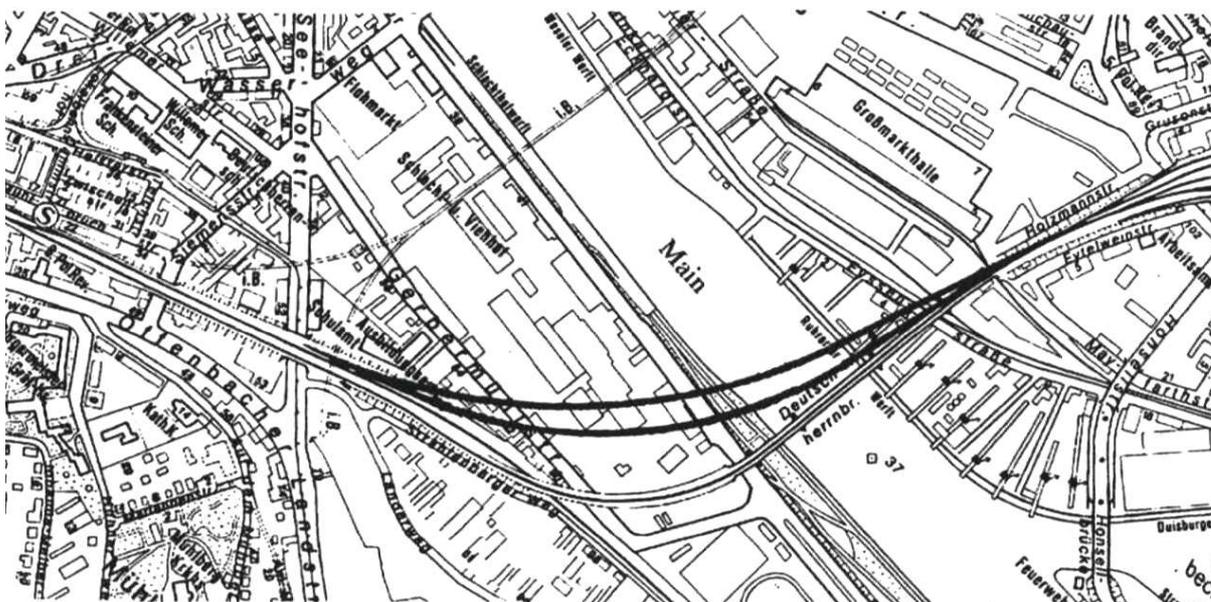


Abb. 19: *Neubau Deutschherrnbrücke mit vergrößertem Radius als kleine Lösung (600 Meter Radius) und große Lösung (800 Meter Radius); Maßstab 1:14.144*

Wertvolle Bausubstanz muß für diese Maßnahme nicht geopfert werden: Das Schlachthofgelände wird demnächst zur Neubebauung freigegeben.<sup>332</sup> Die Neutrassierung wird so gestaltet, daß die Personen-Fernbahngleise nördlich und die Gütergleise südlich liegen. Dadurch sind die Züge schon richtig sortiert: die Personenfernzüge befahren dann überwiegend die sehr großzügig trassierte nördliche, die Güterzüge die kurvenreiche südliche Hanauer Bahn. Heute verwenden die Güter- und Personenzüge tendenziell jeweils die andere Strecke.

331) vgl. Altenhein, a.a.O.

332) Hier ist für die Bahnplaner Eile geboten; der erste Bauabschnitt der Neubebauung des Schlachthofgeländes kommt jedoch mit möglichen Bahntrassen nicht in Konflikt.

Im folgenden werden zwei Lösungen bewertet. Die kleine Lösung sieht eine Geschwindigkeit auf der Deutschherrnbrücke von 120 km/h und im Gleisfeld des Bahnhofs Frankfurt-Ost von 140 km/h vor. Die große Lösung sieht durchweg eine um 20 km/h höhere zulässige Geschwindigkeit vor, so daß nicht nur die Neutrassierung im Bereich der Deutschherrnbrücke etwas länger wird, sondern auch weitere geringe Trassenveränderungen auf Bahngelände im Bereich Frankfurt-Süd und Frankfurt-Ost nötig werden – Veränderungen, die aufgrund der großen Gleiszahl zu vergleichsweise hohen Kosten führen. Bei beiden Konzeptionen zur Neugestaltung der Deutschherrnbrücke kann, wie bei Ausbaustrecken mit Auflassung der alten Trasse üblich, mit einem relativ niedrigen Umrechnungsfaktor von Herstellungskosten in kalkulatorische Kosten gerechnet werden<sup>333</sup>. Möglicherweise kann dieser Faktor noch weiter reduziert werden, wenn sich herausstellen sollte, daß die bestehende Brücke ohnehin renovierungsbedürftig ist. Für die kleine Lösung ergeben sich 61 Mio. DM und für die große Lösung 132 Mio. DM Herstellungskosten<sup>334</sup>.

*Tab. 10: Bewertung von Maßnahmen im Knoten Frankfurt/Main zur Fahrzeitverkürzung im Korridor Frankfurt – Hanau*

	NEH	West-Ost Tunnel	Deutschherrnbrücke	
			kleine	große Lsg.
Herstellungskosten (Mio. DM)	500	1900	61	132
Umrechnungsfaktor in kalkulatorische Kosten	0,051	0,051	0,04	0,04
Linienzahl	6	6	6	6
Fahrzeit (Minuten)	7,65	5,81	8,63	8,18
Fahrzeitverkürzung	1,66	3,50	0,68	1,14
Ergebnis Effizienzkriterium (Mio. DM)	2,6	4,0	0,60	0,78

Es zeigt sich, daß die "kleine Lösung" im Bereich der Deutschherrnbrücke am effizientesten ist, dicht gefolgt von der "großen Lösung". Deutlich schlechter schneidet die "Nördliche Einführung der Hanauer Bahn" ab. Die geringste Effizienz weist der West-Ost-Tunnel auf.

Zur "Ehrenrettung" dieser Tunnelprojekte muß erwähnt werden, daß sie nicht nur Fahrzeitverkürzungen, sondern auch zusätzliche Kapazitäten schaffen. Die Tunnelstrecken ermöglichen, daß weniger Züge im Gleisvorfeld des Kopfbahnhofes Weichenstraßen kreuzen müssen. Eine lohnende Aufgabe für Betriebsfachleute der DB wäre es, die Anzahl der Fahrplantrassen zu ermitteln, die durch das derzeitige Queren der Gleise verloren gehen. Beide Tunnelprojekte entlasten außerdem die Fernbahnstrecke im Bereich Frankfurt Süd.

333) Zur Umrechnung von einmaligen Herstellungskosten in jährliche kalkulatorische Kosten vgl. Kapitel 3.3.1.1.1.

334) Pro Kilometer wurde mit 60 Mio. DM für die neue Mainbrücke, mit 25 Mio. DM für umfangreiche Umbauarbeiten und mit 10 Mio. DM für kleinere Trassenveränderungen auf Bahngrund gerechnet.

Trotzdem erscheint der West-Ost-Tunnel als ein fragwürdiges Projekt. Bei der erheblich kleineren NEH könnte zumindest 1/3 der Kosten durch Fahrzeitgewinne einzelwirtschaftlich begründet werden; die verbleibenden 2/3 der Kosten müßten durch Kapazitätsgewinne gerechtfertigt werden. Der Neubau der Deutschherrnbrücke ist außergewöhnlich effizient, falls die derzeitige Brücke ohnehin baufällig ist. Da inzwischen entschieden ist, daß der West-Ost-Tunnel vorerst nicht gebaut wird und die Berechnungen der DB zur Wirtschaftlichkeit negative Ergebnisse lieferten<sup>335</sup>, ist es empfehlenswert, daß sich die Deutsche Bahn schnellstmöglich die Grundstücksanteile des Schlachthofes sichert und mit der Stadt eine Anpassung des Bebauungsplans vereinbart.

### 3.3.2 Fahrzeugseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung

Neben den streckenseitigen Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung (Neubau, Ausbau, Baumaßnahmen im Bereich von Knoten) sind auch fahrzeugseitige Maßnahmen möglich. Dies sind

- die Variation der spezifischen Antriebsleistung der Züge,
- die Variation der Höchstgeschwindigkeit bei gleicher Zugkonfiguration,
- der Einsatz von Linearmotor-Zusatzantrieben
- und die Verwendung von Zügen mit gleisbogenabhängiger Wagenkastensteuerung, auch Pendel-, Neige- oder Tilting-Technik genannt.

#### 3.3.2.1 Variation der spezifischen Antriebsleistung der Züge

Sowohl die Verwendung zusätzlicher Triebköpfe als auch die Verkürzung der Züge unter Beibehaltung der Anzahl der Triebköpfe führt zu einer erhöhten spezifischen Antriebsleistung (Leistung pro Masse). Dadurch werden sowohl größere Beschleunigungen als auch größere Höchstgeschwindigkeiten möglich.

In Kapitel 3.2.1.3 "Limitierung der Zuglänge durch das geforderte Anfahrvermögen in Steigungen" wurden bereits Zuglängen diskutiert. Dort ging es um die Fragestellung, wie die Anzahl der Sitzplätze pro Zug maximiert werden kann. Dabei ergab sich, daß eine zukünftige ICE-Generation mit 13 Mittelwagen beim Einsatz von zwei Triebköpfen über ein ausreichendes Anfahrvermögen verfügt.

Es stellt sich die Frage, ob angesichts der hohen Kosten der streckenseitigen Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung nicht doch eine wesentlich stärkere Motorisierung der Züge als derzeit sinnvoll ist. Schließlich lassen die jetzt in Betrieb genommenen Neubaustrecken mit ihrem Ausnahmeradius von 5100 Meter<sup>336</sup> selbst im Mischbetrieb mit schweren Güterzügen noch eine Höchstgeschwindigkeit von 360 km/h zu, im artreinen Personenverkehr und

---

335) vgl. o. V., Fernbahntunnel auf Eis, in: Frankfurter Rundschau vom 16.7.1992

336) vgl. Glatzel, Leo / Schrewe, Friedrich, Linienführung, Trassierungselemente und Querschnittsabmessungen, in: Reimers u. a. (Hrsg.), Wege in die Zukunft, Darmstadt 1987, S. 51

den somit möglichen noch stärkeren Gleisüberhöhungen sogar von 390 km/h<sup>337</sup>. Daß solche Geschwindigkeiten auf den vorhandenen Neubaustrecken möglich sind, hat die Weltrekordfahrt am 1. Mai 1988 gezeigt, als der ICE-Vorserienzug auf der Neubaustrecke Würzburg – Fulda eine Maximalgeschwindigkeit von 406,9 km/h erreichte.

Für die folgenden Fahrsimulationen wird die bestehende Neubaustrecke Hannover – Würzburg herangezogen. Es wird eine IC-/ICE-Linie zwischen Hamburg und München mit verschieden stark motorisierten Fahrzeugen untersucht. Da südlich Würzburg und nördlich Hannover keine Neubaustrecken bestehen, ergeben sich unterschiedliche Fahrzeiten im wesentlichen nur auf der Neubaustrecke. Als Effizienzkriterium dient die gewohnte Einheit "jährliche Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung".

In der Darstellung wird ein zukünftiger ICE der dritten Generation (abgekürzt: ICE 3) zugrundegelegt, der vermutlich folgendermaßen optimiert ist: Die Mittelwagen werden mit 45 Tonnen über eine wesentlich reduzierte Masse gegenüber dem jetzigen ICE verfügen<sup>338</sup>; die beiden Triebköpfe werden zusammen voraussichtlich eine um 10% erhöhte Leistung erbringen; der Luftwiderstand des gesamten Zuges wird um 15% gesenkt. Außerdem wird jeder Mittelwagen der zweiten Klasse wieder mit 80 Sitzplätzen eine vergleichbare Bestuhlung erhalten wie ein herkömmlicher IC-Großraumwagen, während im ICE-Wagen von 1991 nur 66 Sitzplätze vorhanden sind. In der Serie der "ICE-Halbzüge", die 1996 ausgeliefert wird, werden diese Verbesserungen rund zur Hälfte schon verwirklicht sein. So wird beispielsweise das Gewicht der Mittelwagen gegenüber der Baureihe von 1991 um 5 Tonnen gesenkt.<sup>339</sup>

Der ICE 3 wird wahlweise mit 14, 12, 10, 8 und 6 Mittelwagen betrieben, was eine Variation der spezifischen Antriebsleistung in feineren Schritten darstellt als der Einsatz zusätzlicher Triebköpfe. Die Höchstgeschwindigkeit des 6-Wagen-Zuges wird auf 400 km/h begrenzt, während für die restlichen Fahrzeuge die Höchstgeschwindigkeit nicht limitiert wird. So erreicht schon der 14-Wagen-Zug bis zu 330 km/h. Hinsichtlich der Fahrleistungen entspricht der 6-Wagen-Zug mit zwei Triebköpfen einem 12-Wagen-Zug mit vier Triebköpfen. Neben dem 14-Wagen-Zug mit zwei Triebköpfen wird ein 14-Wagen-Zug mit nur einem Triebkopf aufgeführt. Dies ermöglicht die Ermittlung der Effizienz der Verwendung des zweiten Triebkopfes beim 14-Wagen-Zug. Als weiterer Zug wird außerdem ein IC Baujahr 1985 betrachtet (abgekürzt IC 1985). Dieser besteht aus einer Lokomotive der

---

337) Für Mischverkehrsstrecken gelten maximale Überhöhungen von 160mm (eingebaut) und 150mm (Fehlbetrag) sowie für artreine Personenstrecken 200mm (eingebaut); vgl. hierzu die Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung (EBO) der neuesten Fassung von 1993, 6 und 40; die Formel für die Umrechnung von Geschwindigkeit in erforderlichen Radius lautet:

$$r = 11,8 v^2 / (\text{eingebaute Überhöhung} + \text{Fehlbetrag}).$$

Eingebaute Überhöhung: Höhendifferenz, um die die äußere Schiene in Kurven höher liegt als die innere Schiene; Fehlbetrag: Höhendifferenz, um die die äußere Schiene über die eingebaute Überhöhung hinaus höher liegen müßte, damit auf die Fahrgäste keine Zentrifugalkräfte wirken.

338) vgl. ETR, Heft 6/1992 (diverse Fachartikel zum gleichen Thema)

339) Kurz, R. Heinz, Der Intercity-Express 2 – konsequente Weiterentwicklung der ICE-Familie, in: Eisenbahn-Revue international 1-2/1994, S. 4

Baureihe 120 und 11 Mittelwagen. Mit Hilfe dieses Zuges kann die Umstellung von IC- auf ICE-Betrieb bewertet werden.

Für die Ermittlung der Effizienz werden alle genannten Zugkonfigurationen auf 11 Mittelwagen mit 700 Sitzplätzen kalkulatorisch umgerechnet; das ist die Sitzplatzzahl, die der Einheit des Effizienzkriteriums "kalkulatorische Kosten pro Minute Fahrzeitverkürzung pro IC/ICE-Linie" zugrundeliegt. Da es sich hier um einen Kostenvergleich zwischen verschiedenen Zugkonfigurationen handelt, sind nur die Kosten von Interesse, die abhängig sind von der Zugkonfiguration. Dies sind zum einen die Energiekosten und zum anderen die Anschaffungskosten der Triebköpfe.

Der Energieverbrauch wird vom Computerprogramm ab Fahrdraht ausgegeben (Spalte 1 der drei folgenden Tabellen). Um zu den jährlichen Energiekosten in Mio. DM pro IC/ICE-Linie mit fiktiven 11-Wagen-Einheiten zu gelangen (Spalte 2), ist folgende Umrechnung nötig:

Jährliche Energiekosten in DM = kWh ab Fahrdraht · 28266 / Anzahl Mittelwagen.<sup>340</sup>

Die kalkulatorischen Kosten der zwei Triebköpfe (Spalte 3), wieder bezogen auf eine Linie mit 11-Wagen-Einheiten, ergeben sich wie folgt:

Kalkulatorische Kosten in DM = 190 / Anzahl Mittelwagen.<sup>341</sup>

Beim Vergleich zwischen IC und ICE werden in der Spalte (3) nicht nur die Mehrkosten für die Triebköpfe gegenüber der herkömmlichen E-Lok, sondern auch die Mehrkosten der 2,4 Mio. DM teuren ICE-Mittelwagen gegenüber den mit 1,8 Mio. DM kostengünstigeren IC-Wagen berücksichtigt<sup>342</sup>. Spalte (4) stellt als Summe aus Spalte (2) und Spalte (3) die jährlichen Energiekosten sowie die kalkulatorischen Triebkopfkosten dar. Spalte (5) gibt die reine Fahrzeit von Hannover nach Würzburg laut Fahrsimulation an, ohne Fahrzeitzuschlag und ohne Haltezeiten.

---

340) kWh ab Fahrdraht pro Zugfahrt Hannover – Würzburg  
/ 0,91 Wirkungsgrad Stromtransport Kraftwerk – Zug  
· 0,20 DM Strompreis  
· 32 Fahrten pro IC/ICE-Linie pro Tag  
· 365 Tage pro Jahr  
· 11/Anzahl Mittelwagen (Umrechnung in 11-Wagen-Einheit)

341) 2 · 8 Mio. DM Anschaffungskosten Triebköpfe (vgl. o. V., Die Bundesbahn investiert 1,7 Mrd. DM, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 18.01.1989)  
· 0,064 jährliche kalkulatorische Kosten  
· 1,3 zusätzliche Kosten für Wartung  
· 11/Anzahl Mittelwagen (Umrechnung in 11-Wagen-Einheit)  
· 13 Züge (5 h Fahrzeit Hamburg-München · 2 Richtungen  
+ 1 Zug für Wartung + 2 Züge zum Wenden)  
= 190 / Anzahl Mittelwagen

342) Eingesparte Zinsen und Abschreibungen der Fahrzeuge sind hier durch den beschleunigten Umlauf der Züge schon enthalten; die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität liegt deshalb bei 760.000 und nicht bei 830.000 DM pro Linienminute und Jahr.

Die letzten drei Spalten stellen jeweils *Differenzbeträge* der benachbarten Zeilen dar. So wird z. B. die Effizienz der Umstellung von 14-Wagen-Einheiten auf entsprechend mehr 12-Wagen-Einheiten ermittelt. In Spalte (6) wird die Fahrzeitdifferenz der zu vergleichenden Modellzüge incl. 15% Fahrzeitzuschlag ausgewiesen, in Spalte (7) werden die Differenzbeträge aus Spalte (4) Energie- und Triebkopfkosten berechnet. Die Effizienz (8) wird ermittelt, indem (7) durch (6) geteilt wird. Sie wird in der üblichen Einheit "jährliche Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung" ausgewiesen.

*Tab. 11: Variation der Anzahl von Triebköpfen und Mittelwagen auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg*

Spalte	(1) Energie kWh	(2) Mio. DM	(3) Triebk Mio. DM	(4) (2)+(3) Mio. DM	(5) Fahrz. min' sec	(6) Diff. min' sec	(7) Diff. Mio. DM	(8) Effiz Mio. DM
IC 1985	7557	19,42	7,78	27,2	115'4	↑		
ICE 3						34'26	10,24	0,30
14 Mittelwagen								
1 Tr.kpf	7808	15,76	9,35	25,11	103'55			
2 Tr.kpf	11807	23,84	13,60	37,44	85'07	↓	21'36	12,33
						3'07	4,79	1,54
12 M.	11194	26,37	15,86	42,23	82'25	↑	3'58	6,87
						↓	3'54	10,0
10 M.	10633	30,06	19,04	49,10	78'58	↓	3'54	10,0
						↑	3'57	15,9
8 M.	10000	35,33	23,80	59,13	75'34	↑	3'57	15,9
						↓		4,03
6 M.	9192	43,30	31,73	75,03	72'08	↓		

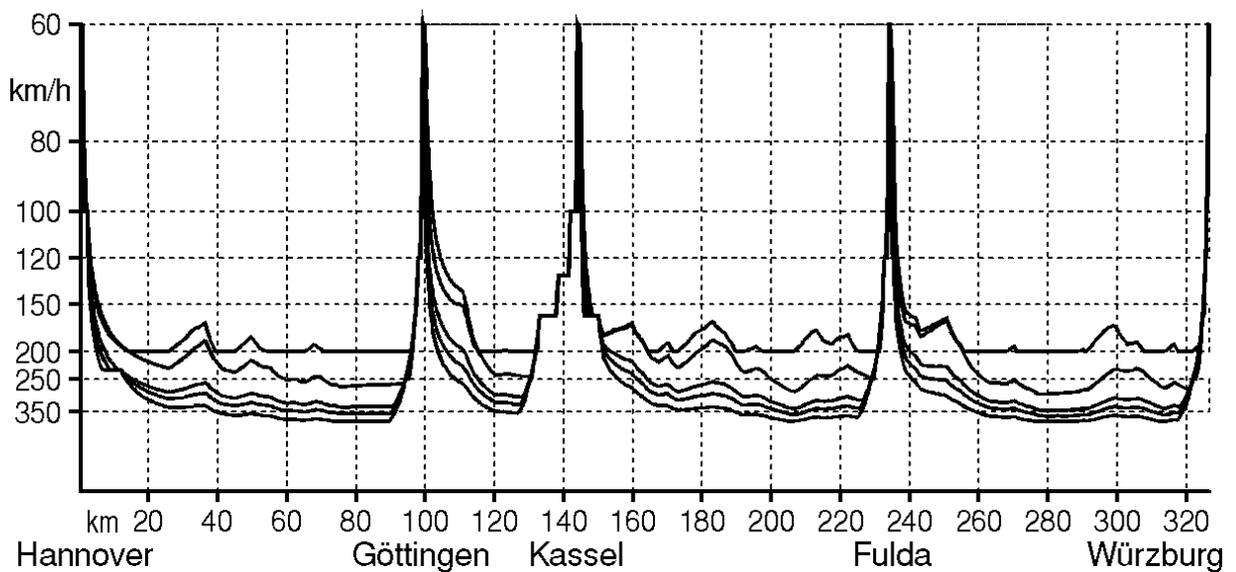


Abb. 20: Fahrtafel mit verschiedenen Zügen auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg (von oben nach unten): Lokbespannter IC mit 11 Wagen, ICE 3 mit 14 Mittelwagen und nur einem Triebkopf, ICE 3 mit zwei Triebköpfen und 14, 10 sowie 6 Mittelwagen

Der Schritt vom IC 1985 zum stromlinienförmigeren, wesentlich schnelleren ICE 3 mit 34,5 Minuten Fahrzeitgewinn ist auf jeden Fall sinnvoll. Eine solche Investition ist deutlich effizienter als jede Linienverbesserung an Ausbaustrecken und jede Neubaustrecke. Das heißt: Auf den IC-Linien, wo nennenswerte Anteile an Neubaustrecken vorhanden sind, wie etwa zwischen Hamburg und München, ist der Einsatz von ICE-Zügen sehr lohnend – vorausgesetzt gleiches Gewicht und gleiche Sitzplatzzahl pro Personenwagen wie beim IC 1985. Die Effizienz der Umstellung auf ICE-Züge wird jedoch bei niedrigeren Neubaustreckenanteilen als im Beispiel München – Hamburg entsprechend geringer.

Der Einsatz des zweiten Triebkopfes ist genauso effizient wie besonders effiziente Linienverbesserungen bei Ausbaustrecken. Da sich eine gute Betriebsqualität (Möglichkeit des Wiederanfahrens in der Steigung) erst mit zwei Triebköpfen erreichen läßt, ist der zweite Triebkopf für ICE-Züge eine sehr lohnende Investition.

Ein Verstärken der ICE-Züge durch zusätzliche Triebköpfe, bzw. ein Leichtern der Züge durch Herausnahme von Mittelwagen, lohnt sich eindeutig nicht. Die Kosten für die zusätzliche Minute Fahrzeitverkürzung steigen sehr stark mit sinkender Zahl der Mittelwagen. Die Reduzierung von 8 auf 6 Mittelwagen ist ähnlich ineffizient wie die ineffizientesten Linienverbesserungen an Ausbaustrecken (z. B. Abschnitt Neustadt – Iphofen der Strecke Nürnberg – Würzburg) und wie die ineffizientesten Neubaustrecken (Ingolstadt – Nürnberg, Ebensfeld – Erfurt).

### 3.3.2.2 Anhebung der Höchstgeschwindigkeit

In den bisherigen Betrachtungen wurde das Verhältnis der Anzahl von Triebköpfen zu der von Mittelwagen variiert, wobei die Höchstgeschwindigkeit der Züge im wesentlichen nicht limitiert wurde. So erreicht der ICE 3 mit 14 Mittelwagen und lediglich einem Triebkopf auf einer längeren abschüssigen Strecke eine Geschwindigkeit von 260 km/h, ein ICE 3 mit zwei Triebköpfen und nur 6 Mittelwagen dagegen über 400 km/h.

Im folgenden wird die Geschwindigkeit des ICE 3 mit 14 Mittelwagen auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg variiert. Auch der ICE 1 mit 13 Mittelwagen, wie er derzeit auf der Neubaustrecke verkehrt, wird einer solchen Betrachtung unterzogen.

Tab. 12: Variation der Höchstgeschwindigkeit auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg

Spalte	(1) Energie kWh	(2) Mio. DM	(5) Fahrz. min's	(6) Diff. min	(7) Diff. Mio. DM	(8) Effizienz Kosten /Lin.min.
ICE 3						
220 km/h	8065	16,28	101'44	} 8'37 } 5'47 } 4'43	2,14 2,35 3,08	247.000 406.000 653.000
250 km/h	9119	18,41	94'15			
280 km/h	10280	20,76	89'13			
330 km/h	11807	23,84	85'07			
ICE 1						
220 km/h	8482	21,80	103'17	} 8'02 } 4'49 } 1'46	2,68 2,75 1,28	334.000 572.000 727.000
250 km/h	9526	24,48	96'18			
280 km/h	10597	27,23	92'07			
300 km/h	11094	28,51	90'35			

Eine Anhebung der Geschwindigkeit des ICE Baujahr 1991 ist über die derzeit zugelassene Geschwindigkeit von 280 km/h hinaus wegen des hohen Energieverbrauchs bedenklich. Dagegen kann ein optimierter ICE aus einzelwirtschaftlicher Sicht mit 280 km/h betrieben werden, da der Betrag der Effizienz einer Anhebung von 250 auf 280 km/h mit 406.000 DM pro Linienminute und Jahr deutlich die Grenze der einzelwirtschaftlichen Rentabilität mit 760.000 DM<sup>343</sup> unterschreitet.

Wenn beim Bau von Neubaustrecken sprunghaft höhere Kosten durch die Anhebung der Entwurfsgeschwindigkeit von beispielsweise 300 km/h auf 400 km/h entstehen, sollte im Zweifelsfall eine niedrigere Entwurfsgeschwindigkeit gewählt werden. Denn allein schon der Betrieb von Zügen mit 400 km/h ist völlig ineffizient – von der baulich teuren Trassenführung für solche Geschwindigkeiten ganz zu schweigen.

#### *Berücksichtigung gesamtwirtschaftlicher Aspekte*

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde der Energieverbrauch unter Annahme eines Strompreises von 0,20 DM (Preisstand ca. 1988) in monetäre Größen umgerechnet. In den folgenden Überlegungen wird dieser Betrag in Frage gestellt.

343) siehe Fußnote ÜQFb760

Wie im ersten Kapitel dieser Arbeit dargestellt wurde, verfolgen die Entscheidungsträger mit der Bahn in hohem Maße umweltpolitische Ziele. Das bedeutet, Entscheidungsalternativen der Bahn müssen, wenn die einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise zu jeweils unterschiedlichen Entscheidungen führt, unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten betrachtet werden. Manche einzelwirtschaftlich nicht mehr effiziente Maßnahmen, deren Effizienz über die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität in Höhe von 830.000 DM pro Linienminute und Jahr liegen, können aus einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive heraus dennoch gerechtfertigt werden. Schließlich dienen diese Projekte nicht in erster Linie der Finanzierung der Bahn, sondern der Reduzierung von Straßen- und Luftverkehr mit den damit verbundenen Vorteilen für die Allgemeinheit. Das bedeutet auch, daß im Regelfall eine einzelwirtschaftlich rentable Investition automatisch eine gesamtwirtschaftlich sinnvolle Investition darstellt. Beim Aspekt "Energieverbrauch" führt die gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise jedoch genau zum Gegenteil: Es müssen schärfere Maßstäbe als bei der einzelwirtschaftlichen Betrachtung angesetzt werden. Das System Eisenbahn mit seinem Betriebsziel "Umweltschutz" muß die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Energie bei der Gestaltung ihres Systems mit einbeziehen.

Zwar lassen sich verschiedene Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauches durch das Effizienzkriterium

#### Energieverbrauch

##### Sitzplatz-km

miteinander vergleichen, doch wird hiermit ein Vergleich mit Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung nicht ermöglicht. Es wird daher – trotz Kenntnis der methodischen Problematik<sup>344</sup> – doch eine Monetarisierung angewandt, jedoch in abgewandelter Form: Als variable Größe wird ein Strompreis gewählt, bei dem die gesamtwirtschaftlichen Schäden der Stromerzeugung, die heute von Dritten getragen werden, enthalten sind. Das Ergebnis der Berechnungen ist dann eine mathematische Funktion mit der Aussage: "Liegt der gesamtwirtschaftliche Strompreis bei X Pfennigen, darf der ICE Y km/h schnell fahren."<sup>345</sup> Der gleiche Sachverhalt kann auch aus der einzelwirtschaftlichen Perspektive gesehen werden: Steigt der Energiepreis aufgrund einer Besteuerung (Internalisierung externer Kosten) stark an, so müssen die Geschwindigkeiten entsprechend gesenkt werden.

Konkret bedeutet die Berücksichtigung gesamtwirtschaftlicher Aspekte: Der ICE 1 hat durch seinen hohen Energiebedarf bei 250 bis 280 km/h das gesamtwirtschaftliche Optimum der Höchstgeschwindigkeit längst überschritten und muß insgesamt in Frage gestellt werden. Da aus gesamtwirtschaftlicher Sicht höhere Energiepreise angemessen wären, kann daraus gefolgert werden, daß der ICE 1 (geringe Sitzplatzzahl, hohes Gewicht, noch relativ

344) vgl. Kapitel 2.1.6.1 "Zur Problematik der Monetarisierung nicht-monetärer Größen"

345) Der mathematische Zusammenhang ergibt sich aus den Ergebnissen der Effizienzbetrachtung Kosten/Linienminute sowie dem Umstand, daß sich die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität von 830.000 DM pro Linienminute und Jahr auf einen Strompreis von 20 Pfennigen bezieht. Beträgt beispielsweise bei einem Strompreis von 20 Pfennigen die Effizienz 250.000 DM/Linienminute, könnte der Strompreis um den Faktor  $830.000/250.000 = 3,3$  höher liegen.  $20 \text{ Pfennige} \cdot 3,3 = 66$  Pfennige.

hoher Luftwiderstand) gesamtwirtschaftlich bzw. aufgrund der von den Entscheidungsträgern selbst formulierten Ziele ein nicht zielführendes Fahrzeug ist.

Die Linienminute Fahrzeitverkürzung kostet beim ICE 3 pro Jahr bei einer Anhebung von 220 auf 250 km/h lediglich 247.000 DM. Die Grenzkosten des Fahrzeitgewinns bei 250 km/h (sozusagen die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 249 km/h auf 250 km/h) liegen jedoch bei 340.000 DM, so daß aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ein Strompreis von 50 Pfennigen pro kWh diese Geschwindigkeit gerade noch nicht in Frage stellt. Bedenkt man die vielen über den hier zugrundegelegten ICE 3 hinausgehenden Optimierungsmöglichkeiten, insbesondere den Bau von Doppelstockzügen nach dem Typ C, kann eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h selbst langfristig sowohl in der einzel- als auch in der gesamtwirtschaftlichen Betrachtungsweise gerechtfertigt werden. Das heißt: Wenn die in dieser Arbeit entwickelten weiteren effizienzsteigernden Maßnahmen durchgeführt werden, muß das System "Hochgeschwindigkeitsverkehr" selbst bei einem sehr hohen gesamtwirtschaftlichen Strompreis von etwa 80 Pfennigen pro kWh nicht in Frage gestellt werden.

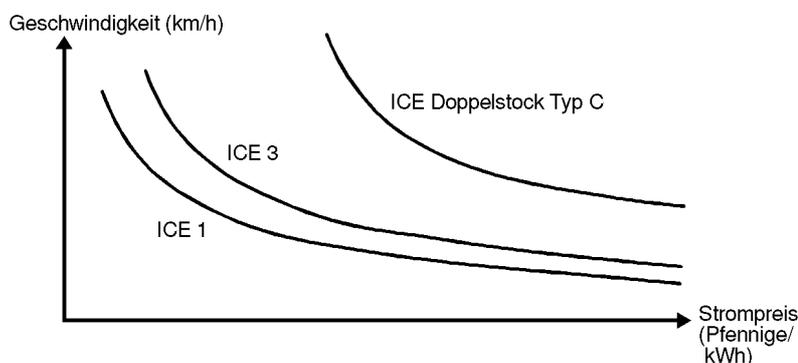


Abb. 21: Effiziente Höchstgeschwindigkeit, abhängig von der Höhe des (internalisierten) Strompreises

Trotz einer Optimierung des Systems "Hochgeschwindigkeitsverkehr" hinsichtlich des Energieverbrauches sollten keine Anstrengungen unternommen werden, die Höchstgeschwindigkeiten wesentlich weiter zu steigern. Eine Geschwindigkeit von rund 300 km/h sollte selbst langfristig nicht überschritten werden, da ein verbessertes Umwelt-Image wichtiger sein dürfte als wenige Minuten<sup>346</sup> Fahrzeitverkürzung.

Daß bei Flugzeugen höhere Geschwindigkeiten effizient sein dürften, liegt insbesondere an der Tatsache, daß in 10.000 Meter Höhe der Luftdruck nur noch ein Fünftel gegenüber dem Luftdruck auf Meereshöhe beträgt und somit der Luftwiderstand entsprechend niedriger ist. Erdgebundene Verkehrsmittel wie die Eisenbahn, aber genauso die Magnetschwebbahn Transrapid, müssen den in niedrigen Höhen gegebenen hohen Luftwiderstand überwinden, so daß hier Geschwindigkeiten von 400 km/h einzelwirtschaftlich und erst recht gesamtwirtschaftlich nicht sinnvoll sind.

<sup>346)</sup> vgl. die Zeitangaben in Tab. 11, Spalte 6

### 3.3.2.3 Einsatz von Linearmotor-Zusatzantrieben

In den letzten Jahren erhitzte der Streit "Transrapid kontra ICE" die Gemüter. In den Diskussionen wurde meist nicht herausgestellt, daß zwei Wesensmerkmale den Unterschied zwischen Transrapid und ICE ausmachen, die getrennt voneinander diskutiert werden können:

- Magnete zum Schweben statt Räder,
- Linearmotor als Antrieb statt rotierender Elektromotor mit Kraftübertragung durch Räder auf die Schiene.

Spätestens seit Fritz Frederich mit seinen Überlegungen an die Öffentlichkeit ging, daß durch neu entwickelte Drehgestelle mit dem Rad-Schiene-System Geschwindigkeiten von 500 oder auch 800 km/h technisch beherrschbar sind<sup>347</sup>, stellt sich die Frage nach dem Sinn des magnetischen Schwebens. Denn das Schweben an sich erfordert schon eine Leistung, und zwar 1,13 kW pro Tonne<sup>348</sup>, ohne daß sich der Transrapid auch nur einen Meter vorwärts bewegt. Mit derselben Leistung kann der ICE 3. Generation immerhin schon konstant mit 113 km/h dahinrollen und nicht nur stehen.<sup>349</sup> Fahrwiderstände ergeben sich aus der systembedingten Fortbewegungsart. Bei der herkömmlichen Rad-Schiene-Technik besteht der Rollwiderstand, beim magnetischen Schweben der durch die Bewegung induzierte Wirbelstromwiderstand<sup>350</sup>. Diese Widerstände sind etwa gleich groß und, im Vergleich zum Luftwiderstand bei höheren Geschwindigkeiten, jeweils vernachlässigbar.

Die zweite Idee, die dem Transrapid zugrunde liegt, ist der berührungslose Antrieb mit Linearmotor. Ein normaler Elektromotor besteht aus dem Rotor, das ist der rotierende Elektromagnet, sowie aus dem Stator, der diesen Rotor in Form eines hohlen Zylinders umschließt – entweder als Dauermagnet oder wiederum als Elektromagnet. Um einen Linearmotor zu erhalten, schneidet man quasi den hohlen Zylinder auf und rollt ihn flach auf einer Bahn ab. Auch der Rotor ist flach und rotiert nicht mehr, sondern bewegt sich gerade, also linear über den Stator hinweg. Die eine Hälfte des Motors befindet sich im Fahrzeug und die andere Hälfte im Fahrweg.

Ein Linearmotor für Eisenbahnfahrzeuge besteht ähnlich wie beim Transrapid aus Dauermagneten am Fahrzeug und aus Elektromagneten im Fahrweg. Das Resultat ist letztlich ein "berührungsloses Zahnrad", das die in der Eisenbahntechnik üblichen Haftungsprobleme nicht kennt. Ein solcher Linearmotor-Antrieb hat die Eigenschaft, unabhängig von der

---

347) vgl. Kempkens, Wolfgang, Tanz der Räder, in: Wirtschaftswoche vom 3.2.1989

348) vgl. Polifka, Fritz, Stand der Magnetbahnentwicklung, in: Internationales Verkehrswesen, März/April 1988, S. 114

349)  $13 \text{ Mittelwagen} \cdot 45\text{t} + 842 \text{ Personen} \cdot 0,080 \text{ t} \cdot 1,13 \text{ kW/t} = 737 \text{ kW}$   
Nach den Berechnungen mit dem Fahrsimulator kann der ICE 3 mit 737 kW eine Geschwindigkeit von 113 km/h halten.

350) vgl. Lehmann, Heinrich, Bahnsysteme und ihr wirtschaftlicher Betrieb, Darmstadt 1978, S. 62

Geschwindigkeit konstante Zugkräfte zu ermöglichen.<sup>351</sup> Ein Linearmotor für Eisenbahnfahrzeuge ist ein Zusatzantrieb für Beschleunigungs- und Steilstrecken, bei dem die Lokomotiven weiterhin benutzt werden. Das hat den Vorteil, daß nicht auf der gesamten Streckenlänge zusätzliche installierte Leistung in Form eines dritten und vierten Triebkopfes als unnötiger Ballast mitfahren muß, sondern die zusätzliche Leistung nur dort installiert wird, wo sie wirklich genutzt werden kann, nämlich in Steigungs- und Beschleunigungsabschnitten. Lediglich Dauermagneten müssen an die Drehgestelle der betreffenden Züge montiert werden, die pro Zug nur 10 t wiegen<sup>352</sup> und nicht 160 t wie zwei zusätzliche Triebköpfe.

Bei der Deutschen Bundesbahn wurde anhand der geplanten, bis zu 40<sup>0</sup>/∞ steilen Neubau-strecke Köln – Frankfurt der Einsatz ortsfester Linearmotor-Zusatzantriebe konkret erwogen<sup>353</sup>. Doch gerade bei dieser Neubaustrecke ist der Einsatz von Linearmotoren nur wenig sinnvoll, weil bei der geplanten Streckenführung sämtliche Steigungen mit Anlauf genommen werden können (vgl. "Fahr-dynamische Trassierung" in Kapitel 5.2.4).

Ein diskussionswürdiger Anwendungsfall für einen Linearmotor-Zusatzantrieb ist die "Variante H" der Strecke Stuttgart – Ulm. Das ist die Variante entlang der Autobahn mit großen und sehr langen Steigungen (Planungsstand 1991)<sup>354</sup>. Da diese Trasse aus geologischen Gründen kurz nach dem Tiefbahnhof Stuttgart eine 35<sup>0</sup>/∞-Steigung erhalten soll, könnte hier durch den Einsatz von Linearmotoren ein merklicher Fahrzeitgewinn erzielt werden. Ähnlich gestaltet sich die Ausfahrt aus Ulm in Richtung Stuttgart. Hier befindet sich eine langgezogene Steigung von 18<sup>0</sup>/∞ direkt nach einem Halt, was ebenfalls ein interessantes Einsatzgebiet für den Linearmotor wäre. Außerdem ist die Höhengschwelle der Schwäbischen Alb mit einer Steigung von 400 Höhenmetern an einem Stück ohnehin ein europaweit fast einzigartiger Sonderfall. Auch in diesem Streckenabschnitt ließe sich ein Linearmotor verwenden.

Den Berechnungen liegt ein mit dem zitierten Anwendungsbeispiel Köln – Frankfurt vergleichbarer Linearbelag<sup>355</sup> zugrunde, der dem Zug eine um 50% erhöhte Zugkraft (bezogen auf niedrige Geschwindigkeiten) verleiht. In den Beschleunigungsabschnitten, die in Steigungen liegen, sowie beim Alaufstieg auf gesamter Länge kommt der Linearmotor zum Einsatz. Insgesamt ergeben sich auf den 2 · 81 km langen Gleisen 34 km (rund 20%) mit eingebautem Linearmotor-Stator. Die Fahrzeiten (ohne Fahrzeitzuschlag) auf der H-

---

351) Beim herkömmlichen Eisenbahnantrieb ist nicht die Zugkraft, sondern die Leistung konstant, so daß mit zunehmender Geschwindigkeit die Zugkraft bzw. das Beschleunigungsvermögen abnimmt. Dies liegt an dem Quadrat in der Formel für kinetische Energie:  $E = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ . Um von 100 km/h auf 101 km/h zu beschleunigen, ist demnach nur 1/4 der Energie nötig wie zur Beschleunigung von 200 km/h auf 201 km/h. Da eine Eisenbahn-Lokomotive eine konstante Leistung abgibt, ist die Zeit, um von 200 km/h auf 201 km/h zu beschleunigen, viermal so lang wie bei einer Beschleunigung von 100 auf 101 km/h. Umgekehrt bedeutet eine konstante Zugkraft beim Linearmotor, daß mit steigender Geschwindigkeit die Leistungsaufnahme im Quadrat zunimmt.

352) vgl. Jänsch, Eberhard / Pleger, Johannes, Mehr Schubkraft für Hochgeschwindigkeitszüge durch Linearmotoren, in: ETR 12/1989, S. 751 ff.

353) vgl. Jänsch, a.a.O.

354) Deutsche Bundesbahn, Variantenuntersuchung für den Abschnitt Stuttgart – Ulm, Stuttgart 1991

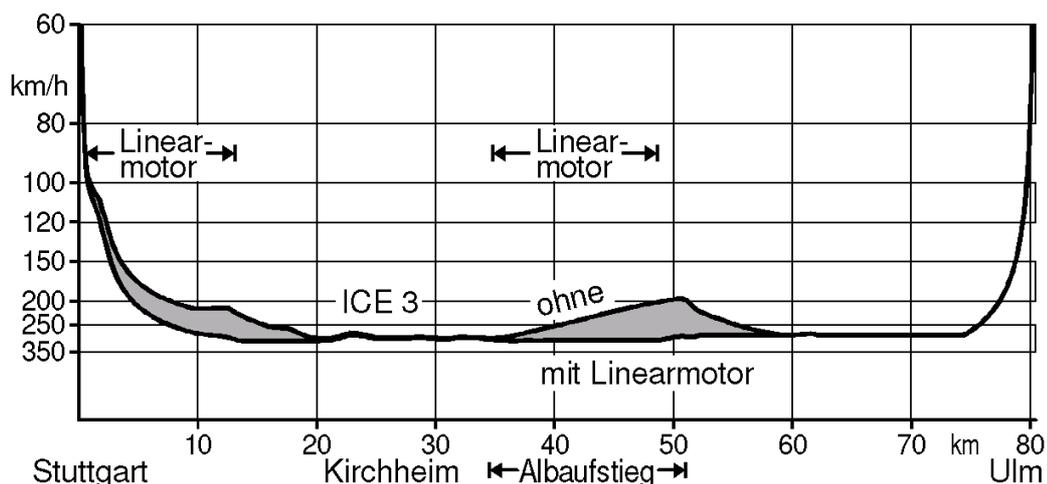
355) Der Linearbelag gibt die im Fahrweg installierte Leistung an und wird in Watt pro Meter Strecke gemessen.

Trasse mit einem ICE 3. Generation (2 Triebköpfe, 13 Mittelwagen) sind aus der Tabelle 13 ersichtlich.

*Tab. 13: Fahrzeiten mit und ohne Linearmotor auf der Neubaustrecke Stuttgart – Ulm, Variante H*

		Fahrzeit (min'sec)	
		mit	ohne
		Linearmotor	
Stuttgart	– Ulm	19'43	22'07
Ulm	– Stuttgart	19'39	21'26

Im Durchschnitt beider Richtungen ergibt sich incl. Fahrzeitzuschlag eine Verkürzung der Fahrzeit von 2,06 Minuten, das sind knapp 10% Fahrzeitgewinn.



*Abb. 22: Fahrtauchdiagramm ICE 3 auf der Neubaustrecke Stuttgart-Ulm (incl. Fernbahntunnel); mit bzw. ohne Linearmotor-Zusatzantrieb*

Der Energie-Mehrverbrauch ist laut Fahrsimulation mit 10% im Hinblick auf die Herstellungskosten vernachlässigbar. Man muß jedoch darauf hinweisen, daß die mit dem Linearmotor einhergehenden extremen Stromspitzen (10,8 MW für die Triebköpfe und 14 MW für den Linearbelag<sup>356</sup> = bis zu 25 MW) technisch nur sehr aufwendig bereitzustellen sein dürften.

Die Herstellungskosten werden für den Linearmotor pauschal mit 600 Mio. DM angesetzt. Dieser Betrag ergibt sich entsprechend der etwas geringeren Streckenlänge mit Linearbelag sowie der niedrigeren Anzahl der Züge gegenüber der Strecke Köln – Frankfurt, deren

<sup>356</sup>) nach den selbst durchgeführten Fahrsimulationen

Ausstattung mit Linearmotoren 829 Mio. DM kosten soll<sup>357</sup>. Rechnet man die Herstellungskosten in kalkulatorische Kosten um<sup>358</sup> und berücksichtigt man die Linienzahl von 3,3, so ergibt sich als Effizienzkriterium (jährliche Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung):

$$\frac{600 \text{ Mio. DM} \cdot 0,064}{2,06 \text{ min} \cdot 3,67 \text{ Linien}} = 5,1 \text{ Mio. DM.}$$

Die Verwendung eines Linearmotor-Zusatzantriebes ist hinsichtlich der Effizienz deutlich schlechter zu bewerten als der Einsatz eines dritten und vierten Triebkopfes, wobei diese ebenfalls nicht effizient sind. Ein solch schlechter Wert wird nur noch von einer einzigen Ausbaustrecke erreicht (Anhebung von 180 auf 200 km/h zwischen Iphofen und Neustadt an der Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg, vgl. Kapitel 3.3.1.1.3). Selbst wenn die Herstellungskosten halbiert werden könnten, würde das nichts an der völligen Ineffizienz des Linearmotor-Zusatzantriebs ändern.

Es läßt sich vermuten, daß eine Effizienzbetrachtung des Transrapid noch schlechter ausfällt, da er sich ausschließlich nach diesem Verfahren fortbewegt. Das schlechte Abschneiden des Linearmotors kann man sich anschaulich verdeutlichen: Es ist zwangsläufig teurer, die Wicklungen des Motors auf der gesamten Streckenlänge zu installieren anstatt kompakt in der Lokomotive. Das Mehrgewicht der Triebköpfe spielt im Fernverkehr nur eine untergeordnete Rolle, da gewichtsbedingte Energieverluste nur dann entstehen, wenn die kinetische Energie wegen eines kommenden Haltepunktes oder wegen einer Langsamfahrstelle ungenutzt verloren geht. Ein weiterer Aspekt trägt ebenfalls zur Erklärung der Ineffizienz bei. Es ist schon erwähnt worden, daß der Linearmotor konstante Zugkräfte und damit ein konstantes Beschleunigungsvermögen schafft, unabhängig von der Geschwindigkeit. Bei der Beschleunigung im Bereich über 200 km/h steigen die Stromspitzen und somit die fixen Kosten (Zähler des Effizienz-Bruches) der Stromeinspeisung stark an. Gleichzeitig sinkt der Fahrzeitgewinn (Nenner des Effizienz-Bruches) mit zunehmendem Beschleunigungsvermögen gerade im oberen Geschwindigkeitsbereich drastisch (vgl. dazu Kapitel 3.3.1.1.5 "Herleitung eines modifizierten Fahrschaudiagrammes..."). Die Effizienz des Linearmotor-Antriebs sinkt demnach gegenüber herkömmlichen Lokomotiven mit steigender Geschwindigkeit mindestens in der dritten Potenz.

Im Nahverkehr, wo ständig Massen beschleunigt und verzögert werden und wo aufgrund der geringen Geschwindigkeiten keine so hohen Stromspitzen entstehen, kann der Linearmotor in einem anderen Licht erscheinen. So dürfte das Nahverkehrsprojekt "M-Bahn" bessere Zukunftschancen besitzen als das Fernverkehrsmittel Transrapid.

Ein Anwendungsgebiet für den Linearmotor-Zusatzantrieb in herkömmlichen Schienenfahrzeugen ist in Deutschland – wenn überhaupt – der Güterverkehr. Steilrampen wie die Geislinger Steige könnten für den Güterverkehr ertüchtigt werden. Dafür müßte jedoch ein Großteil der Güterwagen mit Dauermagneten ausgestattet werden. Realistischer dürfte der

---

357) vgl. Jansch, a.a.O.

358) Umrechnungsfaktor 0,064 bei 30 Jahren Abschreibung

Einsatz von Linearmotoren bei künftigen Nebenbahnen im Gebirge sein. So könnten strassenbahnähnliche Fahrzeuge etwa 6% Steigung durch Adhäsion und weitere 10% bis 15% Steigung durch Linearmotor-Zusatzantriebe bewältigen, was kostengünstiger sein dürfte als eine Streckenverlängerung mit Serpentin und konkurrenzlose Fahrzeiten ermöglichen würde. Der Zahnradbetrieb ist dagegen wartungsintensiv und läßt im Vergleich zum Straßenverkehr nur geringe Geschwindigkeiten zu.

#### 3.3.2.4 Einsatz von Zügen mit gleisbogenabhängiger Wagenkastensteuerung

Wie im letzten Kapitel dargestellt, ist es effizienter, den Motor im Fernverkehr in der Lok mitzuführen, statt die Wicklungen des Motors auf der Strecke zu installieren. Grundsätzlich gilt, daß Investitionen zur Fahrzeitverkürzung in das Fahrzeug tendenziell effizienter sind als solche in den Fahrweg. Die gleisbogenabhängige Wagenkastensteuerung macht sich diesen Sachverhalt zunutze: Die Maßnahmen zur Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit werden nicht an der Strecke vorgenommen, sondern auf das Fahrzeug konzentriert. Der Wagenkasten der Waggons wird in Kurven so geneigt, daß die Fliehkräfte, die sonst auf den Fahrgast wirken, neutralisiert werden. "Der bis zu 210 km/h schnelle X 2000 hat seine Hochgeschwindigkeitstrasse quasi fest eingebaut"<sup>359</sup>. Diese Technik ermöglicht eine um 30 bis 40% erhöhte Geschwindigkeit in den Kurven.

Zwei ähnlich wirkende Verfahren zur gleisbogenabhängigen Wagenkastensteuerung haben sich inzwischen im Alltagsbetrieb bewährt. Das eine wurde in Italien von Fiat entwickelt und kommt bei Triebzügen zum Einsatz – also bei Eisenbahnzügen ohne Lokomotive. Hier werden die Wagenkästen nicht direkt auf die Drehgestelle montiert, sondern an der Decke "aufgehängt". Eine hydraulische Vorrichtung unterstützt die natürliche Pendelbewegung des Wagenkastens in den Kurven. Verwirklicht wurde dieses System bislang im italienischen ETR 450, dem elektrischen "Pendolino". In Deutschland fährt seit 1991 der VT 610 "Diesel-Pendolino" nach dem Fiat-Neigeprinzip auf den Strecken Nürnberg – Hof und Nürnberg – Bayreuth; inzwischen werden auch die Strecken von Nürnberg nach Schwandorf und nach Weiden von diesen Zügen befahren. Das schwedische System der Firma ABB kommt hinsichtlich der Pendelbewegung zum gleichen Ergebnis<sup>360</sup>, ist aber technisch einfacher aufgebaut: Nicht nur Triebzüge, sondern auch lokbespannte Züge können mit dem System ausgestattet werden, wobei sich diese Neigezüge im wesentlichen lediglich in der Verbindung zwischen Drehgestell und Wagenkasten von normalen Zügen unterscheiden. Der schwedische "X2000" sieht aus wie ein Triebzug, ist aber ein lokbespannter Zug mit Steuerwagen. Die Lokomotive pendelt beim schwedischen System nicht mit,<sup>361</sup> so daß auf den Lokführer größere Querbeschleunigungskräfte wirken als auf die Fahrgäste. Die italienische Konstruktion erfordert sehr leichte Triebzüge. Das hat die Folge, daß der Fahrweg nicht stärker belastet wird als bei herkömmlichen Zügen. Das schwedische Patent

359) Wichers, Hellmut, High-speed durch high-tech: Der ABB-X-2000, in: Hamburger Blätter 1/1993, S. 14

360) ABB spricht von 30 bis 40% höheren Kurvengeschwindigkeiten; vgl. Wichers, a.a.O.

361) Eine ausführliche Beschreibung des Zuges findet sich in: Kottenhahn, Lang, Der elektrische Triebzug X 2000 der SJ und die Versuche im deutschen Streckennetz, in: ETR 10/1991, S. 633 ff.

nutzt dagegen eine unabhängig von der Neigetechnik konzipierte Erfindung aus, um den Fahrweg nicht stärker zu beanspruchen: Radial einstellbare Radsätze<sup>362</sup> vermindern den Verschleiß, insbesondere bei der schweren Lokomotive.

Da in den folgenden Berechnungen der Effekt der Einsparung von Abschreibungen und Zinsen für Fahrzeuge durch die beschleunigten Zugumläufe schon berücksichtigt ist, beträgt hier die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität nicht 830.000 DM pro Linienminute und Jahr wie bei der Bewertung von Linienverbesserungen oder von Neubaustrassen, sondern 760.000 DM.

### *Effizienzbetrachtung des VT 610*

Als Beispieilstrecke für den VT 610 "Diesel-Pendolino" soll die bestehende Bahnstrecke Nürnberg – Marktredwitz – Hof herangezogen werden. Diese ist ein idealer Anwendungsfall für den VT 610. Mit wenigen Ausnahmen besteht sie aus einer Aneinanderreihung enger Gleisbögen bzw. aus nur so langen Geradenstücken, daß ein kurzzeitiges Beschleunigen sich nicht lohnt.

Der VT 610 ist vom nicht pendelnden VT 628 abgeleitet, dem zweiteiligen Dieseltriebwagen für nicht elektrifizierte, gering belastete Nebenfernstrassen<sup>363</sup>. Deshalb eignet sich der VT 628 gut als Vergleichsfahrzeug. Die beiden Züge unterscheiden sich nicht nur durch die Pendelvorrichtung, sondern auch durch die Motorisierung. Um überhaupt Geschwindigkeiten über 120 km/h zu erreichen, besteht der VT 610 aus zwei Motorwagen, während der VT 628 sich aus einem Motorwagen und einem nicht angetriebenen Steuerwagen zusammensetzt. Bei einer Leistung von 410 kW führt das beim VT 628 zu sehr schlechten Fahrleistungen, sowohl was die Höchstgeschwindigkeit als auch was das Beschleunigungsvermögen betrifft. Ohne den zweiten motorisierten Wagen könnte der VT 610 auf der genannten Anwendungsstrecke nur auf abschüssigen Strecken seine Fähigkeit ausnutzen, durch Kurven schneller zu fahren. Obwohl in den vom Verfasser durchgeführten Fahrsimulationen beim VT 610 gegenüber dem VT 628 ein um 17% verringerter Luftwiderstand unterstellt wurde, ist doch aufgrund der größeren Höchstgeschwindigkeit ein deutlich erhöhter Energieverbrauch festzustellen, so daß die zusätzlichen Energiekosten nicht vernachlässigt werden dürfen.

Die Ergebnisse der Fahrsimulationen auf der bestehenden Bahnstrecke Nürnberg – Marktredwitz – Hof mit den derzeit üblichen Zwischenhalten Hersbruck, Neuhaus, Pegnitz, Kirchenlaibach und Marktredwitz sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Dabei wurde eine um bis zu 33,4% erhöhte Geschwindigkeit in den Kurven gegenüber den laut EBO zulässigen Geschwindigkeiten unterstellt.

---

362) Die beiden Achsen von herkömmlichen Eisenbahn-Drehgestellen sind starr miteinander verbunden, so daß keine von beiden in engen Kurven einen rechten Winkel zu den Schienen bilden kann, was zu einem starken Materialverschleiß führt. Dagegen richtet sich bei radial einstellbaren Achsen jede Achse eigenständig aus.

363) vgl. Harlem, Dirk von, Der deutsche "Pendolino", in: Bahn & Modell, 7/1988, S. 75 ff.

Tab. 14: Fahrzeiten und Energieverbrauch von Dieseltriebwagen mit und ohne Neigetechnik auf der Strecke Nürnberg – Hof

	VT 628		VT 610	
	Fahrzeit min'sec	Energie kWh	Fahrzeit min'sec	Energie kWh
Nürnberg – Hof	97'57	451	77'29	759
Hof – Nürnberg	97'22	398	77'00	653
Durchschnitt	97'39	425	77'14	706

Die Fahrzeiten betragen mit 12% Fahrzeitzuschlag 109,4 bzw. 86,5 Minuten, der Fahrzeitgewinn beträgt 22,9 Minuten und der Energiemehrverbrauch pro Fahrt 281 kWh.

Um die Modellstrecke Nürnberg – Hof im Stundentakt bedienen zu können, sind 4,98 VT 628<sup>364</sup> bzw. 4,18 VT 610 erforderlich. Um ein möglichst repräsentatives Ergebnis für diese Modellstrecke zu erhalten, wird die Anzahl der Züge nicht auf- oder abgerundet.

Im Jahr 1986 betragen die Anschaffungskosten der Triebwagen VT 628 2,3 Mio. DM. Für die erste Serie von Zügen der Baureihe VT 610 im Jahre 1991 waren 6 Mio. DM pro Stück zu bezahlen<sup>365</sup>. Rechnet man diese Beträge auf eine vergleichbare Basis um (Jahr 1989), so dürfte ein VT 628 2,5 Mio. DM und ein VT 610 5,5 Mio. DM kosten.

Die zusätzlichen jährlichen kalkulatorischen Kosten für die teureren VT 610 betragen 674.000 DM<sup>366</sup>, die zusätzlichen jährlichen Energiekosten betragen 658.000 DM<sup>367</sup>. Da der VT 610 bzw. der VT 628 mit rund 125 Sitzplätzen eine kleinere Sitzplatzkapazität aufweist als ein IC-Zug mit 700 Sitzplätzen, auf den sich die Linienzahl 1,0 des Effizienzkriteriums bezieht, beträgt die Linienzahl lediglich  $125/700 = 0,18$ .

Die Effizienz der Umstellung von VT 628 auf VT 610 (Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung pro Jahr) beträgt:

$$\frac{674.000 \text{ DM} + 658.000 \text{ DM}}{22,9 \text{ Minuten} \cdot 0,18 \text{ IC-Linien}} = 320.000 \text{ DM.}$$

364) Zu den fahrplanmäßigen Fahrzeiten sind noch Wendezeiten von je 25 Minuten sowie ein Zuschlag von 12% für Wartung zu berücksichtigen:

$$(109 \text{ min Fahrzeit} + 25 \text{ min Wendezeit}) \cdot 2 \text{ Richtungen} / 60 \text{ Minuten} + 12\%$$

365) o. V., Für Ostbayern Züge vom Typ Pendolino – Zwanzig neue Triebwagen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 31.3.1992

366) ( 4,18 Zuggarnituren VT 610 · 5,5 Mio. DM Stückpreis abzüglich  
4,98 Zuggarnituren VT 628 · 2,5 Mio. DM Stückpreis ) Anschaffungskosten  
· 0,064 Umrechnung in kalkulatorische Kosten

367) 281 kWh Energiemehraufwand pro Fahrt

$$\cdot 0,20 \text{ DM Energiepreis pro kWh}$$

$$\cdot 32 \text{ Züge/Tag} \cdot 365 \text{ Tage.}$$

Es wurde unterstellt, daß die Dieseltraktion für eine bestimmte Energieeinheit am Radumfang die gleichen Energiekosten verursacht wie der elektrische Antrieb.

Demnach ist der Einsatz von Pendolino-Dieseltriebzügen auf schwach belasteten Bahnstrecken etwa doppelt so effizient wie günstige Linienverbesserungen auf stark befahrenen Hauptstrecken.

Es stellt sich die Frage, warum nicht auf weniger kurvenreichen Strecken mit ähnlichem Verkehrsaufkommen Regionalschnellbahn-Linien mit 160 km/h schnellen, doppelt so stark motorisierten VT 628 betrieben werden – also mit einem VT 610 ohne gleisbogenabhängige Wagenkastensteuerung. Die Fahrzeitgewinne wären prozentual die gleichen wie beim Diesel-Pendolino, die Mehrkosten wären aber deutlich niedriger aufgrund der fehlenden Pendeleinrichtung.

*Effizienzbetrachtung der Neigevorrichtung des X2000*

Der X2000 ist das geeignete Fahrzeug für elektrifizierte, kurvenreiche Strecken, bei denen ein Verkehrsaufkommen vorhanden ist, das den Einsatz von lokbespannten IC- oder IR-Zügen mit mindestens 5 Personenwagen rechtfertigt.

Als zu bewertendes Fahrzeug wird nicht der schwedische X2000 mit nur 5 Personenwagen übernommen, sondern ein "fiktiver X2000" unterstellt, der – von der Neigeeinrichtung abgesehen – exakt einem herkömmlichen IC-Zug Baujahr 1985 mit 11 Personenwagen entspricht; als Lokomotive wird die Baureihe 121<sup>368</sup> verwendet, während der Vergleichszug, ein IC Baujahr 1985, mit einer Lok der Baureihe 120 (5,6 MW Leistung) ausgestattet ist. Der Luftwiderstand beider Züge ist identisch. Nach Angaben des Herstellers ABB erhöhen sich durch den Einbau der Neigeeinrichtungen die Kosten für die Personenwagen um 20% und für den Steuerwagen um 35%. Die bei der Lokomotive zugrundegelegte höhere Leistung sowie die radial einstellbaren Räder steigern die Kosten der Lokomotive um 15%.

Da mit der deutschen Wiedervereinigung die Strecke Nürnberg – Hof zu einer wichtigen Hauptbahn geworden ist, wird jetzt auch der Einsatz von X2000-Zügen nach Elektrifizierung der Gesamtstrecke bis Sachsen erwogen. Die bestehende Strecke Nürnberg – Hof kann daher ebenfalls als typische Modellstrecke herangezogen werden. In der folgenden Übersicht sind die Fahrzeiten und der Energieverbrauch auf dieser Strecke zusammengestellt. Dabei wird nur ein Zwischenhalt in Marktredwitz unterstellt.

*Tab. 15: Fahrzeiten und Energieverbrauch eines elektrischen IC mit und ohne Neigetechnik auf der Strecke Nürnberg – Hof*

	IC 1985		IC mit X2000-Neigetechnik	
	Fahrzeit min'sec	Energie kWh	Fahrzeit min'sec	Energie kWh
Nürnberg – Hof	84'48	2519	66'49	3473

368) siehe Kapitel 3.1.4

Da ein IC-Zug mit Neigetechnik im Unterschied zum VT 610 große Relationen quer durch Deutschland bedienen soll, werden zwangsläufig auch Streckenabschnitte von diesem Zug befahren, auf denen die Neigungseinrichtung keinen Fahrzeitgewinn bringt. Die Modellstrecke wird deshalb derart abgeändert, daß die möglichst repräsentative "Modellinie" zu zwei Teilen aus der Strecke Nürnberg – Marktredwitz – Hof ( $2 \cdot 164$  km) und zu einem Teil ( $1 \cdot 164$  km) aus einer großzügig trassierten Strecke besteht, die mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 140 km/h befahren werden kann und auf der die Neigetechnik keine Fahrzeitgewinne schafft.

Für die Modellinie wird je eine Stunde Wendezeit an den Endbahnhöfen berücksichtigt und ein Zug für Ausfall und Wartung zusätzlich angeschafft. Für den Betrieb dieser Linie sind demnach 11,73 Zuggarnituren beim IC 1985<sup>369</sup> und 10,4 Zuggarnituren beim IC mit X2000-Neigetechnik<sup>370</sup> erforderlich. Die kalkulatorischen Kosten des Wagenparks betragen beim IC 1985 20,5 Mio. DM/Jahr<sup>371</sup> und beim Neigezug 21,65 Mio. DM/Jahr<sup>372</sup>. Die zusätzlichen kalkulatorischen Kosten für den Neigezug-Wagenpark belaufen sich auf 1,15 Mio. DM/Jahr; die Kosten für den erhöhten Energieverbrauch sind mit 4,46 Mio. DM zu veranschlagen<sup>373</sup>.

Die Effizienz der X2000-Neigetechnik auf der IC-Modellinie ergibt sich wie folgt: (Kosten pro Linienminute und Jahr)

369) IC 1985:

Fahrzeit 95 min + 95 min + 72 min  
 + Wendezeit 60 min  
 = 322 min · 2 Richtungen = 644 min  
 / 60 min = 10,73 Zuggarnituren  
 + 1 Garnitur für Ausfall und Wartung = 11,73 Zuggarnituren

370) IC (11 Wagen) mit Neigetechnik:

Fahrzeit 75 min + 75 min + 72 min  
 + Wendezeit 60 min  
 = 282 min · 2 Richtungen = 564 min  
 / 60 min = 9,4 Zuggarnituren  
 + 1 Garnitur für Ausfall und Wartung = 10,4 Zuggarnituren

371) IC 1985:

7,5 Mio. DM Lokomotive Baureihe 120  
 + 11 · 1,8 Mio. DM Personenwagen  
 = 27,3 Mio. DM pro Garnitur  
 · 11,73 Garnituren · 0,064 jährliche Zinsen und Abschreibungen  
 = 20,5 Mio. DM/Jahr

372) X2000 (11 Wagen):

8,5 Mio. DM Lokomotive Baureihe 121  
 + 10 · 1,8 Mio. DM Personenwagen · 1,2 Mehrkosten Pendeleinrichtung  
 + 1 · 1,8 Mio. DM · 1,35 Mehrkosten Steuerwagen  
 = 32,53 Mio. DM pro Garnitur  
 · 10,4 Garnituren · 0,064 jährliche Zinsen und Abschreibungen  
 = 21,65 Mio. DM/Jahr

373) Mehrverbrauch bei einer Zugfahrt in kWh:

3473 – 2519 = 954 kWh · 2  
 (Nürnberg-Hof in der Modellinie zweimal enthalten)  
 · 0,20 DM Strompreis · 32 Fahrten pro Tag · 365 Tage  
 = 4.460.000 DM

$$\frac{4.460.000 + 1.150.000 \text{ DM}}{2 \cdot 20,14 \text{ Min.} \cdot 1 \text{ Linie}} = 140.000 \text{ DM.}$$

Der mit Abstand größte Kostenanteil sind die zusätzlichen Energiekosten. Der Luftwiderstand des X2000 beträgt nur rund 60% des Luftwiderstandes eines herkömmlichen, ebenso langen IC-Zuges; dies entspricht dem Luftwiderstand des ICE<sup>374</sup>. Laut Fahrsimulation kann so der Energiemehrverbrauch exakt halbiert werden. Ohne Berücksichtigung der Energieeinsparung auf dem geraden Drittel der Modellstrecke sowie unter der Annahme, daß die aerodynamische Gestaltung kostenneutral ist, ergibt sich demnach die Effizienz der Umstellung auf Betrieb mit stromlinienförmigen Neigezügen wie dem X2000:

$$\frac{2.230.000 + 1.150.000 \text{ DM}}{2 \cdot 20,14 \text{ Min.} \cdot 1 \text{ Linie}} = 84.000 \text{ DM.}$$

Da allein die Einsparung von Personal und Wartung durch die beschleunigten Zugumläufe über 50.000 DM beträgt, ist die Neigetechnik des X2000 fast schon ohne den Effekt der zusätzlichen Reisenden einzelwirtschaftlich rentabel.

In den bisherigen Berechnungen sind Kosten für die Anpassung der Strecke noch nicht enthalten. Plant man den Einsatz von X2000- bzw. Pendolino-Zügen schon Jahre vorher, so können die Umbaumaßnahmen (geänderte Signaltechnik, schlankere Weichen, längere Übergangsbögen in Kurven) weitgehend im Rahmen von Wartungs- und Sanierungsarbeiten an der Strecke durchgeführt werden. Für die Beispieilstrecke Nürnberg – Hof mit der bevorstehenden Elektrifizierung dürften die Mehrkosten der Ausrüstung für X2000-Betrieb vernachlässigbar sein, zumal zusätzliche Kosten für die Beseitigung von Bahnübergängen und für die aufwendigere Signaltechnik (Linienzugbeeinflussung) erst bei Geschwindigkeiten von über 160 km/h anfallen; auf der Strecke Nürnberg – Hof können aber selbst mit Neigezügen Geschwindigkeiten von wesentlich über 160 km/h kaum erreicht werden.

Für den Einsatz von Neigezügen auf einer anderen Beispieilstrecke, nämlich Donauwörth – Treuchtlingen – Ansbach – Würzburg, sind in Teilabschnitten nennenswerte streckenseitige Maßnahmen zu tätigen. Zwischen Donauwörth und Treuchtlingen lohnt sich eine Verlegung des Linienleiters nur auf 8 km Länge bei Donauwörth, da auf der fränkischen Alb eine Geschwindigkeit von bis zu 170 km/h möglich wäre, aber aufgrund der Sprungkosten (Kosten für Linienzugbeeinflussung) die Geschwindigkeit auf 160 km/h begrenzt werden sollte.<sup>375</sup> Zwischen Treuchtlingen und Ansbach sind ein Linienleiter auf 37 km Länge sowie die Beseitigung von 3 Bahnübergängen erforderlich. Zwischen Würzburg-Heidingsfeld und Marktbreit (20 km) muß ebenfalls ein Linienleiter gelegt werden. Die kalkulatorischen Kosten liegen bei 2,4 Mio. DM<sup>376</sup>. Angesichts des Fahrzeitgewinns von 24 Minu-

374) eigene Berechnungen, abgeleitet aus dem Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm des Herstellers ABB mit Hilfe des Fahrsimulationsprogrammes

375) Das offizielle Geschwindigkeitswegebild der Strecke Donauwörth – Treuchtlingen gibt im Bereich Donauwörth 150 km/h, im südlichen Albabschnitt 130 km/h und im nördlichen Abschnitt (Möhrenbachtal) 120 km/h an.

376) 57 km · 0,5 Mio. DM pro km Linienleiter · 0,064 Umrechnung kalk. Kosten  
+ 10 Mio. DM Beseitigung von drei Bahnübergängen · 0,049 Umrechnung kalk. Kosten

ten<sup>377</sup> betragen die streckenseitigen jährlichen Kosten pro Linienminute, die zu den fahrzeugseitigen Kosten addiert werden müssen:

$$\frac{2,4 \text{ Mio. DM}}{24 \text{ Min.} \cdot 1 \text{ Linie}} = 100.000 \text{ DM.}$$

Demnach betragen bei dieser Anwendungsstrecke die jährlichen Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung 140.000 DM + 100.000 DM = 240.000 DM, wenn der Luftwiderstand beider Züge identisch ist; bei einer aerodynamisch günstigeren Konstruktion des Neigezuges – also z. B. durch den Einsatz des X2000 – belaufen sich die Kosten lediglich auf 180.000 DM<sup>378</sup>.

Stellt man dem Diesel-Pendolino einen langen lokbespannten Zug mit X2000-Neigetechnik gegenüber, so ergibt sich – trotz der schon hohen Effizienz des Pendolino – noch einmal eine deutliche Effizienzsteigerung. Das ist nicht verwunderlich, schließlich kostet der Pendolino gegenüber dem Vergleichszug VT 628 mehr als das Doppelte, während ein lokbespannter Zug in der X2000-Bauart im wesentlichen nur aufwendigere Drehgestellaufhängungen in den Personenwagen benötigt. Für unelektrifizierte Strecken mit IR-, IC- oder EC-Linien – etwa München-Lindau – ist vielmehr der Einsatz eines Diesel-X2000 vorstellbar. Da speziell für das Streckennetz in Schleswig-Holstein eine starke und schnelle dieselelektrische Lokomotive entwickelt wurde, diese Strecken aber jetzt elektrifiziert werden sollen, könnte diese Lok Bestandteil eines Diesel-X2000 werden. Da in Deutschland die meisten Hauptbahnen mit Fahrdrabt versehen sind, wäre ein solcher Zug zumindest ein interessanter Exportartikel für weniger dicht besiedelte bzw. weniger hoch entwickelte Länder.

Das Konzept der Fahrzeitverkürzung durch Neigezüge sollte auch noch aus dem *gesamtwirtschaftlichen Blickwinkel* betrachtet werden: Investitionen in Neigezüge geraten nicht in Konflikt mit dem Landschaftsschutz, während dieser Konflikt bei streckenseitigen Maßnahmen – Neutrassierungen im Rahmen von Ausbaustrecken bzw. Neubaustrecken – nicht vermeidbar ist. Aerodynamisch optimierte Neigezüge stellen die *einzig*e Möglichkeit dar, Fahrzeitverkürzungen zu erzielen, ohne in Konflikt mit dem Landschaftsschutz zu geraten und ohne wesentlich mehr Energie als bisher zu verbrauchen.

Die hohe Effizienz von Neigezügen hinsichtlich Fahrzeitverkürzung kann jedoch das Dilemma der Verringerung von Streckenleistungsfähigkeit durch die Anhebung der Geschwindigkeit der schnellen Züge nicht aufheben. Sind Kapazitätsengpässe vorhanden, so gelten die gleichen Vorbehalte wie bei Ausbaustrecken mit Linienverbesserungen.

---

377) Fahrsimulation aufgrund der Geschwindigkeitsangaben des Buchfahrplanes der Deutschen Bundesbahn für diese Strecke

378) Auch bei dieser Anwendungsstrecke gilt in etwa, daß die zusätzlichen Energiekosten halbiert werden können.

### 3.3.3 Sonstige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung

In den vorangegangenen Kapiteln 3.3.1 "Streckenseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung" und 3.3.2 "Fahrzeugseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung" wurden die Möglichkeiten einer Reduzierung der *Fahrzeit* von Fernverkehrs-Bahnhof zu Fernverkehrs-Bahnhof diskutiert. Damit sind die Möglichkeiten der Fahrzeitverkürzung zwar erschöpfend behandelt, doch sind darüber hinaus Maßnahmen denkbar, die nicht die Fahrzeit, aber trotzdem die *Reisezeit* von Haus zu Haus reduzieren. Im folgenden werden diese sonstigen Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung vorgestellt.

- Reduzierung der Haltezeiten im Schienenpersonenfernverkehr:
  - Reduzierung der Fahrgastwechselzeit,
  - Reduzierung der Zugabfertigungszeit,
  - Einsparung von Haltezeit durch Streichen von Zwischenhalten;
- Reduzierung der Umsteigezeiten innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs:
  - Reduzierung der Wartezeit auf Anschlußzüge durch den "Integralen Taktfahrplan",
  - Minimierung der Umsteigewege,
  - Reduzierung der Anzahl von Umsteigevorgängen durch Flügeln von Zügen;
- Reduzierung der Zu- und Abgangszeiten beim Schienenpersonenfernverkehr (d. h. Verbesserung der Erreichbarkeit):
  - Wahl günstiger Standorte von Fernbahnhöfen,
  - Verbesserung der Verknüpfung mit dem Nahverkehr,
  - Beschleunigung des Fahrkartenkaufs.

Es erscheint nicht zweckmäßig, die "halbe Zugfolgezeit als fiktive Wartezeit"<sup>379</sup> unter der für die Verkehrsmittelwahl entscheidenden Reisezeit aufzuführen. Denn man entschließt sich zu einer Fernverkehrsreise in der Regel nicht spontan, sondern plant Beginn und Ende der Reise genau. Nur Geschäftsreisende, die an ihrem Ziel einen bestimmten Termin einhalten müssen, werden es als Vorteil ansehen, wenn eine Fernverkehrsverbindung beispielsweise nicht nur stündlich, sondern halbstündlich angeboten wird. Ebenfalls spielt die Zeit des Wartens auf den Zug beim Antritt der Rückfahrt nur eine untergeordnete Rolle: Wenn der Reisende über die Abfahrtszeit des Zuges informiert ist, kann er längere Wartezeiten zum Teil vermeiden. In einer quantitativen Betrachtung sollten diese für den Fahrgast weitgehend vermeidbaren Wartezeiten gar nicht berücksichtigt werden. Wenn die Fernzüge seltener als jede Stunde verkehren, dürften diese Wartezeiten nicht vernachlässigt werden. In dieser Arbeit steht jedoch der Stundentakt nicht zur Disposition.

---

379) Breimeier, Rudolf, Wirtschaftliche Aspekte des Schienenschnellverkehrs, in: Die Deutsche Bahn 3/1993, S. 241

### 3.3.3.1 Reduzierung der Haltezeiten im Schienenpersonenfernverkehr

Die Haltezeit setzt sich aus der Fahrgastwechselzeit und der Zugabfertigungszeit zusammen.

#### *Reduzierung der Fahrgastwechselzeit*

Der für den Fahrgastwechsel erforderliche Zeitbedarf ist abhängig von der Zahl und der Breite der Fahrzeugtüren, von der Differenz Bahnsteighöhe zu Höhe des Fahrzeugfußbodens und vom Verhalten der Reisenden.<sup>380</sup>

Das *Verhalten der Reisenden* ist im Personenfernverkehr zufriedenstellend: Es werden meist die aussteigenden Fahrgäste nicht von einsteigenden Fahrgästen behindert. Wie im Nahverkehr hat sich die Regel ausgebildet, daß zuerst die Fahrgäste aussteigen.

Im Unterschied zum Nahverkehr würde es im Fernverkehr keine Vorteile bringen, wenn die Türen wesentlich breiter wären als die Gänge: Da in den Gängen ohnehin kein "Zwei-Richtungs-Betrieb" möglich ist, wäre ein gleichzeitiges Ein- und Aussteigen an einer breiten Tür nutzlos. *Zusätzliche Fahrzeugtüren* lassen sich nur auf Kosten von Sitzplätzen realisieren. Eine Verdoppelung der Anzahl Türen pro Wagen führt bei 7 Zwischenhalten einer IC-Linie zu rund 7 Minuten Fahrzeitverkürzung. Hierfür müssen jedoch 3 von 20 Sitzreihen eines typischen Großraumwagens zweiter Klasse geopfert werden. Damit die Sitzplatzkapazität konstant bleibt, sind 17,6% mehr Züge<sup>381</sup> erforderlich, für eine typische ICE-Linie (16 Zuggarnituren) 2,8 zusätzliche Züge. Die kalkulatorischen Kosten hierfür betragen 7,6 Mio. DM<sup>382</sup>.

Die kalkulatorischen Fahrzeugkosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung liegen bei:

$$\frac{7,6 \text{ Mio. DM}}{7 \text{ Halte} \cdot 1 \text{ Minute}} = 1,1 \text{ Mio. DM.}$$

Da noch Energiekosten berücksichtigt werden müssen, die erfahrungsgemäß (vgl. Kapitel 3.2.3) ähnlich hoch sind wie die kalkulatorischen Fahrzeugkosten, werden die Gesamtkosten pro Minute Fahrzeitverkürzung und Jahr bei rund 2 Mio. DM liegen. Das ist zwar vergleichbar mit dem Einsatz eines dritten Triebkopfes, ist jedoch noch keinesfalls effizient.

Die *Differenz zwischen Wagenfußboden- und Bahnsteighöhe* läßt sich praktisch nicht verringern. Auf den meisten Bahnhöfen der DB wurden bzw. werden die Fernverkehrsbahnsteige auf eine Höhe von 76 cm über Schienenoberkante angehoben. Die Fußbodenhöhe der Fahrzeuge ergibt sich aus der Höhe der Räder. Die Fahrgäste können durch

380) vgl. Schreck / Mayer / Strumpf, S-Bahnen in Deutschland, Düsseldorf 1979, S. 54

381)  $20 / (20 - 3) = 1,176$

382) Anschaffungskosten pro Zug:  $2 \cdot 8 \text{ Mio. DM}$  für Triebköpfe +  $11 \cdot 2,4 \text{ Mio. DM}$  für Mittelwagen = 42,4 Mio. DM;  $42,4 \text{ Mio. DM} \cdot 2,8$  zusätzliche Züge  $\cdot 0,064$  Umrechnungsfaktor für Abschreibungen und Zinsen = 7,6 Mio. DM/Jahr

komfortable Treppenstufen diese Höhendifferenz in kurzer Zeit überwinden. Hier haben die ICE-Wagen gegenüber den bisherigen IC-Wagen eine deutliche Verbesserung gebracht.

### *Reduzierung der Zugabfertigungszeit*

Die Haltezeit des Zuges am Bahnsteig besteht neben der Fahrgastwechselzeit aus der technisch und organisatorisch bedingten Zugabfertigungszeit. Sind die Türen geschlossen, vergehen beim ICE zwischen 11 und 25 Sekunden, bis sich der Zug in Bewegung setzt. Wenn es gelingt, diese Zeitspanne von 11 auf 1 Sekunde zu reduzieren, dann ergibt sich ein wesentlicher Effekt der Reisezeitverkürzung. Wie das geschehen kann, soll hier nicht weiter untersucht werden. Es ist anzunehmen, daß durch zusätzliche technische Einrichtungen sowie durch organisatorische Maßnahmen dieses Ziel erreicht werden kann.

Da die Kosten einer solchen Maßnahme nicht bekannt sind, wird die übliche Effizienz-Formel nach den Kosten aufgelöst, wobei als Betrag der Effizienz 830.000 DM pro Jahr pro Linienminute herangezogen wird – eine einzelwirtschaftlich begründete Größe, die allein schon deshalb sinnvoll ist, da sie der Effizienz günstiger Ausbau- und Neubaustrecken entspricht. Bei 7 Zwischenhalten pro Linie kann die Maßnahme als "effizient" betrachtet werden, wenn sie jährlich nicht mehr kostet als (X):

$$\frac{X}{7 \cdot 1/6 \text{ Minuten}} = 830.000 \text{ DM.}$$

Für (X) ergibt sich ein Betrag von 0,97 Mio. DM/Jahr. Betragen die Herstellungskosten der technischen Maßnahmen zur Realisierung der kurzen Abfertigungszeit 950.000 DM pro Zug<sup>383</sup>, so sollten sie auf alle Fälle durchgeführt werden.

Die Zeit zwischen dem Anhalten des Zuges und dem Beginn des Fahrgastwechsels kann ebenfalls gesenkt werden, was sich am Beispiel der Züricher S-Bahn zeigen läßt: Da sich die breiten Türen der Doppelstockwagen nur sehr langsam öffnen, verfügen diese S-Bahn-Züge über einen Mechanismus, der schon vor dem Anhalten des Zuges den Öffnungsvorgang einleitet, so daß mit dem endgültigen Stillstand des Fahrzeuges die Türen sich schon voll geöffnet haben. Eine ähnliche Vorgehensweise wäre auch beim Schienenpersonenfernverkehr vorstellbar.

### *Einsparung von Haltezeit durch Streichen von Zwischenhalten*

Eine sinnvolle Linienkonzeption minimiert die Zwischenhalte, ohne daß dabei die Erschließung der Orte verschlechtert wird. Diese auf den ersten Blick widersprüchliche Aussage muß im Zusammenhang mit den Stichworten Taktverkehr, Integraler Taktfahrplan und Streckenleistungsfähigkeit gesehen werden. Wie im Kapitel 3.1 "Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit" ausführlich erläutert wurde, bindet eine Verdichtung des Taktes von schnellen Fernverkehrszügen große Kapazitäten auf klassischen Mischverkehrsstrecken. Die Streckenleistungsfähigkeit ist dann am höchsten, wenn die Fernverkehrszüge gemein-

---

383) 0,97 Mio. DM / 16 Züge / 0,064 Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten = 0,95 Mio. DM

sam im stündlichen Zugpulk verkehren.<sup>384</sup> Setzt man einen solchen stündlichen Zugpulk mit 3 ICE-Zügen für die Bahnstrecke München – Stuttgart – Mannheim voraus, so könnte der letzte Zug des Zugpulks über die Stuttgarter Güterumgebungsbahn geleitet werden und müßte Stuttgart Hbf. gar nicht anfahren. Ein solcher Zug würde auf diese Weise 9 Minuten Fahrzeit gewinnen, so daß er dann auf der Strecke Stuttgart – Mannheim den Zugpulk anführt. Verkehren die ICE-Züge in Pulks, dann sind mit einer Vorbeifahrt an Stuttgart praktisch keine Nachteile verbunden. Denn will jemand von Augsburg oder Ulm nach Stuttgart fahren, muß er nur in den Zug einsteigen, der drei Minuten früher abfährt.

Wird ein Zwischenhalt eines Fernverkehrszuges gestrichen, ohne daß wenige Minuten früher oder später mit einer anderen Linie ein gleichwertiger Ersatz zur Verfügung steht, dann führt dies einerseits für die Durchgangsreisenden zu Reisezeitgewinnen und andererseits für die potentiellen Ein- und Aussteiger zu Reisezeitverlusten.<sup>385</sup>

Es muß beachtet werden, daß das Verkehrsaufkommen nicht direkt mit der Größe der Stadt zusammenhängt. So erschließt der Bahnhof Ulm für die Richtung Mannheim und der Bahnhof Augsburg für die Richtung Berlin ein Hinterland, das den Bodensee, das Allgäu und zum Teil die nördlichen Alpen mit einschließt. Andere Halte wie Ingolstadt verfügen weder über eine Eisenbahn-Knotenfunktion noch über ein nennenswertes Hinterland. Die Stadt Augsburg ist zwar nur 2,5 mal so groß wie Ingolstadt, aber die Anzahl der aus- und einsteigenden Fernverkehrsfahrgäste ist 8,7 mal höher, wie die Anzahl der täglichen Ein- und Aussteiger im Schienenpersonenfernverkehr auf der Route München – Würzburg ("Ostkorridor") zeigt.<sup>386</sup>

Ein- und Aussteiger München	9.692
Ein- und Aussteiger Augsburg	1.896
Ein- und Aussteiger Ingolstadt	218.

Im folgenden soll beispielhaft diskutiert werden, ob bei einer Realisierung der Aus- und Neubaustrecke München – Ingolstadt – Nürnberg das Streichen des ICE-Haltes Ingolstadt sinnvoll ist.

Wenn der Halt einer Fernverkehrslinie aufgelöst wird, dann verliert die Bahn nicht alle, sondern nur einen Teil der Ein- und Aussteiger. Die Mehrheit wird der Bahn nicht verloren gehen, sondern auf einen niederrangigen Zug umsteigen, etwa auf einen InterRegio. Die Ein- und Aussteiger in Ingolstadt, die mit dem gestrichenen Halt eine Reisezeitverlängerung von rund 30 Minuten hinnehmen müssen<sup>387</sup>, weil sie auf einen langsameren Zug ausweichen und evtl. zusätzlich umsteigen müssen, gewinnen durch einen ICE-Systemhalt in

384) Das bedeutet nicht, daß zwangsläufig ein stündlicher Zugpulk auf jeder Strecke anzustreben ist. Werden auf einer artreinen Personenzugstrecke zahlreiche Linien verschiedener Korridore gebündelt (etwa auf einer Neubaustrecke Köln – Frankfurt), so läßt sich eine stündliche Bündelung aller Züge kaum durchführen.

385) Mit der quantitativen Rechtfertigung von Zughalten beschäftigt sich auch: Breimeier, Rudolf, Zeit ist Geld – auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S. 887.

386) Zählung vom Oktober 1987 der Bundesbahndirektion München

387) vgl. Breimeier, a.a.O.

Ingolstadt insgesamt 0,6 Linienminuten<sup>388</sup>. Dem steht der Fahrzeitverlust von rund 8 Linienminuten gegenüber<sup>389</sup>, den die Durchgangsreisenden erleiden. Um den Halt von zwei ICE-Linien in Ingolstadt zu rechtfertigen, müßten demnach 13 mal so viele Reisende ein- und aussteigen, als dies tatsächlich der Fall ist. Dies gilt nicht nur aus der einzelwirtschaftlichen, sondern auch aus der gesamtwirtschaftlichen Perspektive: Schließlich ist es sowohl für die Bahn als auch für die Umwelt gleichgültig, ob ein zusätzlicher Reisender durch einen zusätzlichen Halt oder durch das Streichen eines Haltes gewonnen werden kann. Lediglich aus Sicht der Strukturpolitik kann ein Fahrgast aus einem kleineren statt aus einem größeren Ort als "wertvoller" betrachtet werden.

Das Streichen des ICE-Haltes Ingolstadt schafft  $8 - 0,6 = 7,4$  Linienminuten Reisezeitverkürzung. Durch das Streichen des Haltes Ingolstadt ergibt sich eine entsprechende Verbesserung des Wirtschaftsergebnisses der Bahn um jährlich  $830.000 \text{ DM} \cdot 7,4 \text{ Linienminuten} = 6,1 \text{ Mio. DM}$ . Dies entspricht einer einmaligen kapitalisierten Größe<sup>390</sup> von 125 Mio. DM. Der Staat oder die Stadt Ingolstadt müßten demnach der Bahn jährlich 7,4 Mio. DM für das Aufrechterhalten des IC/ICE-Haltes zahlen. Aber selbst dann entsteht ein gesamtwirtschaftlicher Schaden in Form des entgangenen Nutzens von jährlich  $30.000 \cdot 7,4 = 162.000$  zusätzlichen Reisenden auf der Schiene, die sonst zur Reduzierung des umweltschädlichen Straßen- und Luftverkehrs beitragen würden.

Als "Faustregel" kann man festhalten: Ein zusätzlicher Systemhalt auf *einer* IC/ICE-Linie ist dann sinnvoll, wenn 1300 Ein- und Aussteiger pro Tag<sup>391</sup> gezählt werden können. Diese Aussage gilt gleichermaßen aus einzel- und gesamtwirtschaftlicher Sicht.

### 3.3.3.2 Reduzierung der Umsteigezeit innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs

Die Umsteigezeit wird vom Fahrgast subjektiv meist unangenehmer empfunden als die Fahrzeit. Die Gründe hierfür liegen auf der Hand: Im Zug kann man sitzen, man ist von der Witterung unabhängig, man schaut nicht ständig auf die Uhr. Beim Umsteigen muß man Gepäck tragen und wartet ungeduldig auf den Anschlußzug, der möglicherweise auch noch verspätet ist. Gerechtfertigt ist daher eine höhere Gewichtung der Umsteigezeit gegenüber der reinen Fahrzeit. Empirische Untersuchungen der englischen Eisenbahnen haben für die Wartezeit auf verspätete Züge gegenüber der Fahrzeit im Zug einen Gewich-

388)  $30 \text{ Minuten} \cdot 218 / 11.000$  (tägliche Fahrgäste pro IC-Linie)

389)  $4 \text{ Minuten Fahrzeitgewinn} \cdot 2 \text{ IC-Linien}$

390) Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten 0,049 (Abschreibung über 100 Jahre und Zinsen)

391) Steigen 1300 Fahrgäste ein und aus, dann gewinnen 1300 Fahrgäste ca. 30 Minuten Reisezeit. 30 Minuten Reisezeitgewinn schafft 25% zusätzliche Reisende:

$(1,0075)^{30} = 1,25$ ; 25% von 1300 = rund 330 neu gewonnene Reisende.

Der Gewinn an Reisenden bei einer Durchfahrt ohne Halt (4 Minuten Fahrzeitgewinn) beträgt ebenfalls 330 Reisende:

$11000 \text{ Reisende pro IC-Linie} \cdot ((1,0075)^4 - 1) = 330$ .

tungsfaktor Fahrzeit zu Wartezeit von 1:2,5 ergeben<sup>392</sup>. Er dürfte auch für die Umsteigezeit gelten. Da dieser Faktor letztlich nur ein Näherungswert sein kann, wird in diesem Kapitel auf eine Gewichtung verzichtet. Weil die folgenden Maßnahmen nicht zu beschleunigten Zugumläufen und somit nicht zu Einsparungen von Betriebskosten führen, liegt die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität bei jährlichen Kosten in Höhe von 690.000 DM und nicht von 830.000 DM pro eingesparter Linienminute. Aufgrund der möglichen höheren Gewichtung der sonstigen Reisezeit (Umsteigezeit, Warten am Fahrkartenschalter usw.) gegenüber der Fahrzeit mit dem Faktor 2,5 liegt die Grenze doch sicherlich weit über den sonst angesetzten 830.000 DM.

#### *Reduzierung der Wartezeit auf Anschlußzüge durch den "Integralen Taktfahrplan"*

Die Vorstellungen darüber, was sich hinter der Bezeichnung "Integraler Taktfahrplan" verbirgt, differieren stark. Einzelne Umweltschützer erhoffen sich das Überflüssigwerden jeglicher Aus- und Neubautrecken, die Schweizer Bundesbahnen begründen gerade Neubautrecken mit den erforderlichen "Taktzeiten"<sup>393</sup>. Dem Integralen Taktfahrplan liegt die Idee zugrunde, die Umsteigezeiten zwischen den verschiedenen Zügen zu minimieren. Zu jeder Stunde treffen sich zahlreiche Züge an wichtigen Umsteigestationen, den sogenannten Taktknoten. Zuerst fahren die niederrangigen Nahverkehrszüge, kurz darauf die höherrangigen Fernzüge in den Bahnhof ein. Während alle Züge im Bahnhof stehen, können die Fahrgäste umsteigen. Danach verlassen zuerst die Fernzüge und dann die Nahverkehrszüge den Bahnhof. Damit dieser Integrale Taktfahrplan funktionieren kann, müssen die Fahrzeiten zwischen diesen Taktknoten entweder knapp eine halbe Stunde oder knapp eine Stunde betragen. Dies führt dazu, daß in bestimmten Relationen gar keine Ausbaumaßnahmen nötig sind und sogar durch zusätzliche Halte die erforderliche Knoten-Fahrzeit "abgebummelt" werden kann, während bei einigen Strecken Maßnahmen zur Verkürzung der Fahrzeit ergriffen werden müssen, um die erforderlichen Fahrzeiten realisieren zu können.

Da im Integralen Taktfahrplan bestimmte Fahrzeitverkürzungen realisiert werden *müssen*, lassen sich die möglichen Teilmaßnahmen zur Fahrzeitverkürzung einer bestimmten Strecke sehr gut mit dem einfachen Effizienzkriterium "Kosten pro eingesparte Fahrzeitminute" bewerten, um die kostengünstigsten Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung zwischen zwei Knoten auswählen zu können.

#### *Minimierung der Umsteigewege*

Da das Umsteigen mit schwerem Gepäck im Vergleich zum Autoverkehr ein besonders schwerwiegender Nachteil des Schienenpersonenfernverkehrs ist, sind Maßnahmen, die das Umsteigen erleichtern, besonders wichtig. In diesem Zusammenhang sei auch auf Kapitel 4.3.3 (Gepäckbeförderung) verwiesen. Es ist selbstverständlich, wichtige Züge auf gegen-

392) vgl. Breimeier, Rudolf, Zeit ist Geld – auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S 885

393) Stalder, Oskar / Dusser, Paul: Bahn 2000 – Ein flächendeckendes Angebotskonzept der SBB, in: Die Bundesbahn 3/1988, S. 202

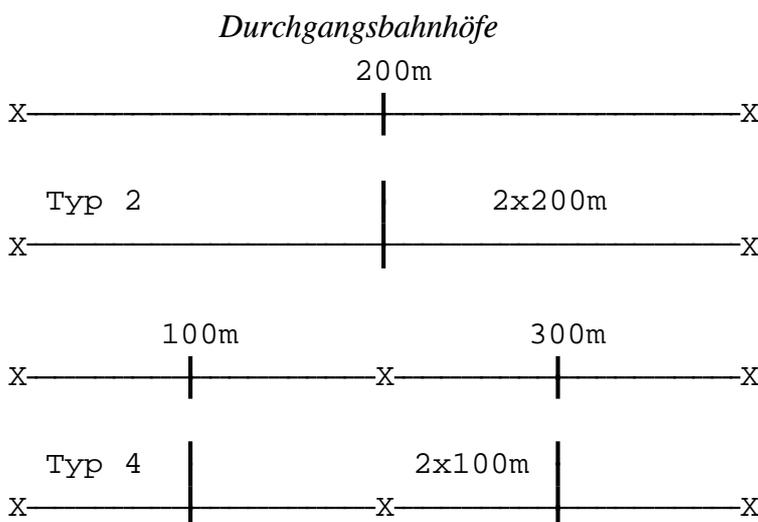
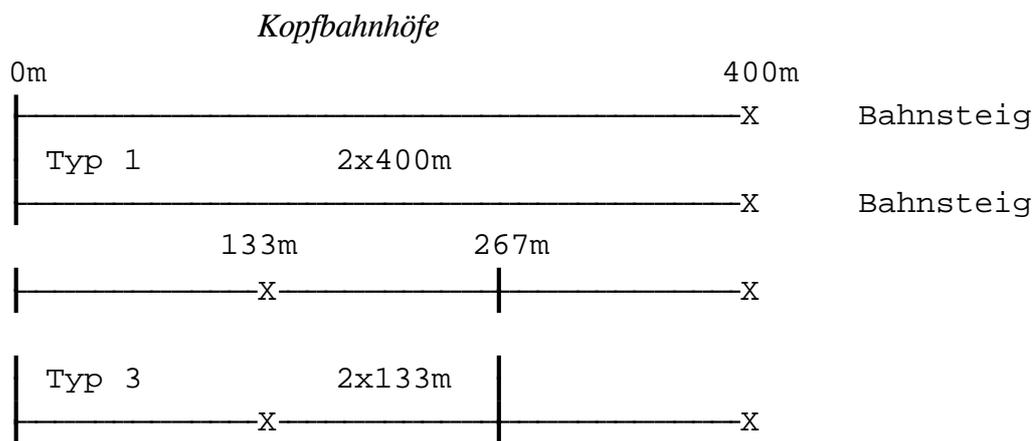
überliegenden Bahnsteigseiten halten zu lassen, um die Umsteigewege zu minimieren. Neben dieser Maßnahme können durch den Bau von zusätzlichen *Fußgängerüber- und Unterführungen* die Umsteigewege und somit die Umsteigezeiten wesentlich reduziert werden.

Im folgenden werden Bahnhofstypen nach der Länge der Umsteigewege aufgelistet, und zwar zuerst die mit den längsten Wegen:

Typ-Nr.		Anzahl Über-/ Unterführungen	Beispiele
1	K	-	München Hbf., Hamburg-Altona, Kiel Hbf.
2	D	1	Fulda, Göttingen, Würzburg, Augsburg, Ulm, Hannover, Mannheim, München-Pasing
3	K	1	Frankfurt/Main, Stuttgart
4	D	2	Nürnberg, München-Ost.

K = Kopfbahnhof, D = Durchgangsbahnhof

Von Interesse sind die Umsteigeweglängen in den einzelnen Bahnhofstypen.



*Abb. 23: Fußwege von Bahnsteig zu Bahnsteig bei verschiedenen Bahnsteigkonzeptionen im ungünstigsten Fall  
Die dicken Striche stellen jeweils Fußgängerverbindungen dar (Querbahnsteig, Fußgängerunterführung oder Fußgängerbrücke); "X" ist der Start- bzw. Zielpunkt des Reisenden im ungünstigsten Fall*

Für Effizienzbetrachtungen ist die durchschnittliche Weglänge relevant. So beträgt für den Bahnhofstyp 1 mit Weglängen von 2x0 bis 2x400 Meter die durchschnittliche Weglänge 400 Meter, Züge mit voller Länge vorausgesetzt.

Der bedeutendste Bahnhof mit sehr langen Umsteigewegen ist München Hbf., zumal Hamburg-Altona mit der Elektrifizierung des Streckennetzes in Schleswig-Holstein seine Bedeutung an den Durchgangsbahnhof Hamburg Hbf. abgeben wird. Für München Hbf. ist zu prüfen, wie effizient eine zusätzliche Fußgängerverbindung und somit eine Umstellung von Typ 1 auf Typ 3 ist. Eine Fußgängerbrücke dürfte mit der in den letzten Jahren durchgeführten Bahnsteigerhöhung kostengünstiger sein als eine Unterführung, zumal die zu überwindende Höhendifferenz bei beiden Möglichkeiten identisch ist. Außerdem ist die Überführung fahrgastpsychologisch günstiger, da die Reisenden nicht in einen relativ

engen, dunklen Tunnel hinabsteigen müssen, sondern sich oberirdisch im Licht fortbewegen können, wobei sie einen freien Blick über die Bahnanlagen haben und das Geschehen im Bahnhof erleben können. Die Fußgängerbrücke sollte nach 2/3 der durchschnittlichen Länge eines Zuges errichtet werden. Bei 12 Wagen plus Lok ergibt sich ein optimaler Standort in 225 Meter<sup>394</sup> Abstand vom Prellbock. Die Fußgängerbrücke sollte demnach, vom Prellbock aus gesehen, unmittelbar nach der Paul-Heyse-Unterführung errichtet werden, noch vor dem Querbahnsteig des Holzkirchner Flügelbahnhofs, aber schon hinter dem Querbahnsteig des Starnberger Flügelbahnhofs und außerhalb der Haupthalle. Auf 130 Meter Länge müssen sämtliche Gleise überbrückt werden, die in die Haupthalle einmünden.

Berechnet man pro Bahnsteig einen Aufzug für je 0,5 Mio. DM, eine feste Treppe für je 0,1 Mio. DM sowie pauschale Kosten pro Kilometer Fußgängerbrücke in Höhe von 40 Mio. DM<sup>395</sup> incl. Überdachung, ergeben sich Herstellungskosten von 10 Mio. DM bzw. jährliche Kosten von 0,83 Mio. DM<sup>396</sup>.

Der Nutzen infolge der Reisezeitverkürzung ergibt sich wie folgt: Die Anzahl der täglichen Ein- und Aussteiger wird im Bereich der oberirdischen Gleise des Hauptbahnhofes auf 120.000 geschätzt<sup>397</sup>. Von der Brücke profitieren die Reisenden, die zwischen den oberirdischen Gleisen umsteigen und weder U- noch S-Bahn benutzen, also beispielsweise Umsteiger von IC- zu Eilzügen. Dies sind schätzungsweise 1/3 der genannten Ein- und Aussteiger. Da ein Umsteiger in der Zahl "120.000 Ein- und Aussteiger" zweimal gezählt wird, nämlich einmal z. B. als Aussteiger aus einem IC-Zug und einmal als Einsteiger in einen Eilzug, beträgt die Anzahl der Reisenden, die von der Fußgängerverbindung profitieren, 20.000 Reisende pro Tag.<sup>398</sup> was der Fahrgastzahl von 1,82 IC-Linien entspricht. Die Zeitersparnis ergibt sich aus der durchschnittlichen Verkürzung der Weglänge und aus der Fußgängergeschwindigkeit. Durch den Bau der Fußgängerbrücke, also durch den Umbau des Bahnhofs von Typ 1 in Typ 3, ergibt sich eine Einsparung an durchschnittlicher Weglänge von 267m<sup>399</sup>; langsames Gehen (man denke an Koffertragen und Behinderung durch andere Fahrgäste, herumstehendes Gepäck und Gepäckfahrzeuge) entspricht einer Geschwindigkeit von 2,7 km/h, so daß die eingesparte Zeit 6 Minuten beträgt.

Die Effizienz der Fußgängerbrücke in jährlichen Kosten pro Linienminute errechnet sich wie folgt:

$$\frac{0,83 \text{ Mio. DM}}{6 \text{ Minuten} \cdot 1,82 \text{ IC-Linien}} = 76.000 \text{ DM.}$$

394)  $12 \text{ Wagen} \cdot 26,5 \text{ Meter} + 20 \text{ Meter Loklänge} / 3 \cdot 2$

395) Zwar ist eine Fußgängerbrücke weitaus zierlicher als eine mittelgroße Eisenbahn-Talbrücke für 40 Mio. DM pro Kilometer, doch müssen gegebenenfalls Anpassungen der Oberleitung usw. getroffen werden.

396)  $10 \text{ Mio. DM} \cdot 0,064 \text{ Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten} + 30\% \text{ Betriebskosten}$

397) mündliche Auskunft der Pressestelle Bundesbahndirektion München

398)  $120.000 \cdot 1/3 \cdot 1/2$

399)  $400\text{m (Typ1)} - 133\text{m (Typ 3)}$

Da die Minute Umsteigen meist unangenehmer empfunden wird als die Minute Fahrzeit im Zug, ist die (nur subjektiv ermittelbare) "tatsächliche" Effizienz je nach Gewichtungsfaktor Wartezeit zu Fahrzeit noch höher.

Die Optimierung von Durchgangsbahnhöfen ist weit weniger effizient. So ist der Umbau eines Durchgangsbahnhofes von Typ 2 in Typ 4 gar nicht möglich; denn einen vorhandenen mittigen Bahnsteigzugang wird man nicht zurückbauen. Es sollten vor allem solche Durchgangsbahnhöfe mit einer zweiten Fußgängerquerung ausgestattet werden, bei denen die bisher einzige Querungsmöglichkeit nicht symmetrisch in der Mitte liegt oder ein erweiterter Bahnhofsbereich einen neuen Zugang sinnvoll erscheinen läßt.

Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß weitere Bahnsteigzugänge sehr effiziente Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung sind.

#### *Reduzierung der Anzahl von Umsteigevorgängen durch Flügeln von Zügen*

Flügelbare Züge sind kleinere Zugeinheiten, die auf dem gemeinsamen Stamm einer Y-förmigen Linie zusammengekoppelt verkehren, um dann zwei getrennte Ziele anzusteuern. Gegenüber einer Fahrt in dichtem Abstand hintereinander läßt sich so auf dem gemeinsamen Linienast eine Fahrplantrasse sowie ein Lokführer einsparen.

Doch sind mit dem Konzept des Flügelns von Zügen einige Nachteile verbunden:

- Es ergibt sich gegenüber einem bahnsteiggleichen Umsteigen keine Reisezeitverkürzung. Da das Abkoppeln schätzungsweise 4 Minuten Haltezeit erfordert und der hintere Zugteil erst in einer zweiten Fahrplantrasse den Bahnsteig verlassen kann, ergibt sich ein Zeitverlust gegenüber bahnsteiggleichem Umsteigen.
- Es ist ein seltener Ausnahmefall, wenn beide Verzweigungsstrecken genau das gleiche Verkehrsaufkommen besitzen, so daß eine ungleichmäßige Auslastung beider Zughälften die Regel ist. Da die Garnituren als lokbespannte Züge immer *eine ganze* Lok benötigen, selbst wenn sie nur einen Wagen haben, ist eine weitere Verkürzung der Halbzüge nicht mehr wirtschaftlich.
- Kurze Züge lassen Speisewagen und selbst kleine Bistros kaum sinnvoll erscheinen; die Aufteilung der Wagenzahl auf erste und zweite Klasse kann in nur relativ groben Stufen geschehen.
- Zu Schwachlastzeiten auf dem Y-Hauptast nur einen "Kurzzug" verkehren zu lassen<sup>400</sup>, führt weiterhin zu einem Umsteigezwang für die Fahrgäste einer der beiden Nebenäste. Im übrigen können nur Energiekosten und die Kosten für die Wartung des Zuges in Höhe von etwa 1 Pfennig pro Sitzplatzkilometer eingespart werden.

In einem anderen Licht erscheinen flügelbare Züge in *Frankreich* mit seiner sehr monozentrischen Siedlungsstruktur. Der TGV-Atlantique verästelt sich in 8 Richtungen, wobei alle Züge den 100 km langen gemeinsamen Stamm des Neubaustrecken-"Y" Paris – Le Mans

---

400) vgl. Blind, Wilhelm, Schnell und umweltbewußt: die Neubaustrecke Köln – Rhein-/Main, in: Die Deutsche Bahn 10/1992, S. 1067

bzw. Tours benutzen<sup>401</sup>. Ein anderes Konzept als flügelbare Züge wäre hier praktisch nicht vorstellbar. Die Zuglänge einer gekoppelten Zügeinheit mit rund 460 Meter übersteigt die Maximallänge deutscher Bahnsteige (400 Meter).

Für Deutschland bleibt als Einsatzmöglichkeit von flügelbaren Zügen der *Europäische Langstreckenverkehr*. Da auf großen Distanzen, auf denen auch noch Sprachgrenzen liegen, mit einem nur geringen Verkehrsaufkommen zu rechnen ist, müssen die Züge relativ klein sein, um das wichtige Angebotsmerkmal bzw. Werbeargument der "direkten Verbindung" bzw. weniger Umsteigevorgänge realisieren zu können. Insbesondere bei Schlafwagenverbindungen sind diese Direktverbindungen unabdingbar.

### 3.3.3.3 Reduzierung der Zu- und Abgangszeiten beim Schienenpersonenfernverkehr

Die Zu- und Abgangszeiten können reduziert werden, indem zum einen die Erreichbarkeit des Fernverkehrszuges verbessert wird und zum anderen die "Erreichbarkeit der Fahrkarte" erhöht, also der Fahrkartenverkauf beschleunigt wird. Die Erreichbarkeit des Fernverkehrszuges kann sowohl durch die Wahl günstiger Standorte von Fernbahnhöfen als auch durch die Verbesserung der Verknüpfung mit dem Nahverkehr beeinflusst werden.

#### *Wahl günstiger Standorte von Fernbahnhöfen*

Auf den ersten Blick ist die Erreichbarkeit von Fernbahnhöfen im wesentlichen abhängig von der Anbindung an Nahverkehrsmittel. Man kann aber nicht nur die Nahverkehrsanbindung als "variabel" betrachten, sondern auch den Bahnstandsstandort selbst. So führt ein Standort im Schnittpunkt vieler Nahverkehrslinien zu kürzeren Reisezeiten als ein peripherer "Hauptbahnhof auf der grünen Wiese". Ungünstig sind vor allem auch solche Konzeptionen von Knoten, bei denen mehrere "Hauptbahnhöfe" nebeneinander bestehen und die Fahrgäste beim Umsteigen zwischen Fernzügen auf Nahverkehrsmittel angewiesen sind. Deshalb wird in Wien ein neuer Zentralbahnhof projektiert, der die Westbahn (Salzburg – Linz – Wien) mit den sonstigen Fernbahnlinien verknüpfen soll und dabei den Westbahnhof zum Regionalbahnhof abstuft, auf dem künftig keine hochrangigen Züge mehr halten werden. Alle hochrangigen Züge sollen dann im "Bahnhof Wien" halten – ein großer Bahnhofskomplex, bestehend aus den zwei bisherigen Kopfbahnhöfen des Südbahnhofs und einem neuen Durchgangsbahnhof.<sup>402</sup>

Für die Neubaustrecke Köln – Frankfurt wird ein neuer, peripher gelegener "Zweiter Hauptbahnhof" für Frankfurt am Frankfurter Flughafen geplant, der neben der besseren Anbindung des Flughafens die Fahrzeiten im Durchgangsverkehr verkürzen soll (vgl. Übersichtskarte Knoten Frankfurt Abb. 18). Die von Mannheim kommenden Züge können

401) o. V., TGV Atlantique – was ist das eigentlich?, in: Hamburger Blätter, Heft 8, Dezember 1990, S. 238 ff.

402) vgl. Mayerhofer, Rainer / Snizek, Sepp, Bahnhof Wien – städtebauliche-verkehrliche Rahmenbedingungen, Endfassung April 1991 (Auftraggeber: Österreichische Bundesbahnen, Magistrat der Stadt Wien)

dann schon kurz vor Frankfurt auf die Neubaustrecke überwechseln, um Köln gleich direkt anzusteuern. Die Züge in den West-Ost-Relationen Köln – Frankfurt – Hanau (– Fulda bzw. Würzburg) werden von Köln über den Flughafen Frankfurt in den Frankfurter Hauptbahnhof geleitet. Die Planer des neuen Bahnhofs haben ermittelt, daß etwa 10% der Reisenden, die Frankfurt als Ziel haben, zum Flughafen gelangen wollen.<sup>403</sup> Die restlichen 90% möchten den Hauptbahnhof erreichen.

Längerfristig sind auf der Neubaustrecke Köln – Frankfurt 6 ICE-Linien vorgesehen. Zwei Linien interessieren für die folgende Betrachtung nicht, da sie über Wiesbaden und Mainz verlaufen. Die vier Frankfurt tangierenden Linien nehmen nach dem derzeitigen Konzept mit einem Flughafen-ICE-Bahnhof den folgenden Weg:

2 Linien: Köln – Frankfurt Flughafen – Mannheim

2 Linien: Köln – Frankfurt Flughafen – Frankfurt Hbf. – Würzburg bzw. Fulda – Erfurt

Alternativ hierzu wären die folgenden Linienführungen möglich, die den Flughafen jeweils aussparen:

2 Linien: Köln – Frankfurt Hbf. – Mannheim

2 Linien: Köln – Frankfurt Hbf. – Würzburg bzw. Fulda – Erfurt

Die Kosten beider Konzepte sind etwa identisch. Die Länge der freien Strecke ist von Köln aus nämlich in beiden Fällen gleich: Einmal bis kurz vor den Flughafen entlang der A3, das andere Mal als Neubaustrecke entlang der A66 bis Krißfeld sowie als Ausbau der bestehenden Strecke bis östlich Frankfurt-Höchst. Da bei der alternativen Linienführung ein neuer (anders gearteter) Flughafenbahnhof erforderlich wäre<sup>404</sup>, dürften auch hier keine wesentlichen Kostenunterschiede bestehen.

Die folgende Tabelle stellt die Reisezeitgewinne, die sich für die Ein- und Aussteiger im Großraum Frankfurt durch das direkte Ansteuern des Hauptbahnhofs ergeben, den Reisezeitverlusten gegenüber, die die Durchgangsreisenden und die Fahrgäste mit Quelle oder Ziel Flughafen hinnehmen müssen. So kann berechnet werden, welche der beiden Varianten hinsichtlich Reisezeitverkürzung effektiver und somit effizienter ist. Dabei müssen nicht nur die einzelnen Linien betrachtet werden, sondern auch die Anzahl der Fahrgäste und der Reisezeitgewinn für jede Gruppe (Ziel Hauptbahnhof, Ziel Flughafen, Durchgangsverkehr). Das Umsteigen vom ICE-Zug zur im 10-Minuten-Takt verkehrenden S-Bahn wird mit 5 Minuten (durchschnittliche Wartezeit) plus 5 Minuten Fußweg angesetzt. Nach eigenen Beobachtungen steigen etwa 50% der Reisenden eines IC/ICE-Zuges in Frankfurt Hbf. ein und aus. Der Reisezeitgewinn (+) bzw. Verlust (–) der alternativen Linienführung gegenüber der derzeitigen Planung in Minuten ist aus der Tabelle ersichtlich.

---

403) Zum Verkehrsaufkommen des Bahnhofs Frankfurt Flughafen siehe: Brandt, Karl Heinz, Schienenpersonenfern- und -nahverkehr als Kontrahenten?, in: ETR 11/1989, S. 721 ff.

404) Der Stadtplaner Hansjörg Bohm schlägt vor, das neue Terminal Ost durch eine Schleife von Zeppelinheim nach Frankfurt-Sportfeld anzubinden. Das wäre eine geeignete Anbindung des Flughafens für die Variante einer Linienführung der ICE-Züge über den Hauptbahnhof statt über den Flughafen. Dieser Vorschlag ist von Bohm noch nicht veröffentlicht.

Tab. 16: Reisezeitgewinne und -verluste im Knoten Frankfurt:  
Anbindung des Hauptbahnhofs an die NBS Köln – Frankfurt statt des Flughafens

Relationen innerhalb der	Umsteige- und S-Bahn Fahrzeit (Minuten)	ICE-Fahrzeit (Min.)	Fahrgäste in % von 2 IC/ICE-Linien	Linienminuten
<i>Nord-Süd-Linien:</i>				
Köln-Flugh.	-20	-2	5	-2,2
Mannh.-Flugh	-20	-3	5	-2,3
Köln-Hbf.	+20	-2	45	+16,2
Mannh.-Hbf.	+20	-3	45	+15,3
Köln-Mannh.	-	-7	50	-7,0
<i>West-Ost-Linien:</i>				
Köln-Hanau	-	+10	50	+10,0
Köln-Flugh.	-20	-2	5	-2,2
Köln-Hbf.	-	+10	45	+9,0

Die Tabelle ist folgendermaßen zu lesen: Alle Fahrgäste, die von Köln nach Frankfurt Flughafen fahren wollen (erste Zeile), müssen bei der alternativen Linienführung in Frankfurt Hbf. umsteigen und mit der S-Bahn zum Flughafen fahren, wobei sie gegenüber einem ICE-Halt in Frankfurt Flughafen 20 Minuten durch das Umsteigen und die S-Bahn-Fahrt verlieren und weitere 2 Minuten länger im ICE sitzen. Von dieser Fahrzeitverlängerung sind 5% der Reisenden zweier ICE-Linien betroffen, das entspricht einer Linienzahl von 0,1. Werden die 22 Minuten Fahrzeitverlust mit der Linienzahl 0,1 multipliziert, ergibt sich für die alternative Linienführung ein Verlust von 2,2 Linienminuten.

Die Summe aller Reisezeitverkürzungen beträgt 50,5 Linienminuten, die Summe aller Reisezeitverlängerungen 13,7 Linienminuten. Demnach schafft die alternative Streckenführung über den Hauptbahnhof statt über den Flughafen 36,8 Linienminuten Reisezeitverkürzung. Diese ist größer als die mancher Neubaustrecken-Projekte wie die Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt (29 Linienminuten Reisezeitverkürzung) und wird erreicht ohne Mehrkosten, nur durch eine Änderung der laufenden Planung. Der einzelwirtschaftliche zusätzliche Nutzen der alternativen Linienführung beträgt 25 Mio. DM pro Jahr<sup>405</sup> und 510 Mio. DM<sup>406</sup> als kapitalisierter (d. h. einmaliger) Betrag. Bedenkt man, daß eine um 20 Minuten verlängerte Reisezeit durch einen zusätzlichen Umsteigevorgang unangenehmer empfunden wird als eine entsprechend verlängerte Fahrzeit im Zug, dürfte der zusätzliche Nutzen der alternativen Konzeption noch erheblich größer sein.

405) 690.000 DM einzelwirtschaftlicher Nutzen pro Linienminute · 36,8 Linienminuten

406) 25 / 0,049 Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten

Lassen sich jedoch die Fahrpläne bei der derzeit von der DB favorisierten Flughafen-Lösung so gestalten, daß im gleichen Zugpulk 3 Minuten früher oder später z. B. von Stuttgart aus eine direkte Fahrtmöglichkeit in den Frankfurter Hauptbahnhof besteht, ist der Vorteil der alternativen Lösung weitgehend nicht mehr vorhanden. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß diese Züge nicht direkt hintereinander fahren, sondern um eine halbe Stunde versetzt.

Das Ergebnis dieser beispielhaften Darstellung zeigt, daß das Auflösen der alleinigen Knotenfunktion von Zentralbahnhöfen zu *entgangenem Nutzen* führt, der in derselben Größenordnung wie der *Nutzen* mancher Neubaustreckenprojekte liegt.

Die vorangegangenen Überlegungen sollen nicht grundsätzlich die Anbindung von Flughäfen an die Schiene in Frage stellen. Mit S-Bahnen und separaten Airport-Express-Zügen können Flugreisende im Zu- und Abbringerverkehr für die Bahn gewonnen werden. Die Finanzierung solcher Maßnahmen sollte allerdings nicht Aufgabe der Deutschen Bahn oder des Steuerzahlers, sondern der Flughäfen sein.

In diesem Zusammenhang sei bemerkt, daß für die Fahrt von Stuttgart bzw. Basel nach Köln eine Benutzung der Bahnstrecke über Darmstadt mit Halt in Darmstadt unter Auslassung von Mannheim vorstellbar ist.<sup>407</sup> Dann ist eine Fahrt über Frankfurt Hbf. sogar geringfügig schneller als eine Fahrt über den relativ unbedeutenden Bahnhof Frankfurt Flughafen. Weil nach dieser Konzeption die Durchgangsreisenden keinen Reisezeitverlust erleiden, dürfte dieser Vorschlag zu einer weiteren Minimierung der Reisezeiten beitragen.

#### *Verbesserung der Verknüpfung mit dem Nahverkehr*

Sieht man den Standort eines Hauptbahnhofes als gegeben an, was in den meisten Städten der Fall sein dürfte, so kann durch Maßnahmen innerhalb des Nahverkehrs bzw. zwischen Nah- und Fernverkehr die Verknüpfung zwischen Nah- und Fernverkehr verbessert werden. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist ein gut an öffentliche Nahverkehrsmittel angeschlossener Schienenpersonenfernverkehr besonders vorteilhaft; denn er trägt durch die Straßenentlastung in seinen Quell- und Zielgebieten zur Bekämpfung des Verkehrsnotstandes in Ballungsgebieten bei<sup>408</sup>.

Im folgenden soll anhand der Umsteigesituation in Bielefeld der Schaden von Fehlplanungen quantifiziert werden. Am Beispiel von Augsburg werden mögliche bauliche Maßnahmen und deren Effizienz diskutiert.

In *Bielefeld* wurde erst kürzlich im nördlichen Innenstadtgebiet die Straßenbahn mit großem Aufwand unter die Erde gelegt. Mit rund 300.000 Einwohnern<sup>409</sup> ist Bielefeld absolut an

---

407) Hierzu existieren ebenfalls von Hansjörg Bohm entsprechende unveröffentlichte Überlegungen.

408) vgl. Oettle, Karl, Die Problematik der Zielsetzung und der Organisation neuer Transportsysteme, vornehmlich einer Hochleistungsschnellbahn, in: Schienenschnellverkehr – ein Beitrag zur Lösung gegenwärtiger und zukünftiger Probleme im Fernverkehr, Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e. V. (DVWG), Reihe B 16, Köln 1973, S. 337

409) Fischer Weltatlas 1985, Frankfurt 1984, S. 459

der unteren Grenze der Städte, für die sich Untergrundbahnen lohnen. So ist es um so verwunderlicher, daß trotz der hohen Investitionen im Bereich des Hauptbahnhofes eine Verschlechterung eintrat: Aufgrund eines vorhandenen unterirdischen Luftschutzbunkers ist die Stadtbahn nur mit einem zusätzlichen Fußmarsch von 200 Meter über einen normalen Gehsteig erreichbar. Rechnet man mit 4 Minuten Zeitverlust pro Person und 15.000 Umsteigern<sup>410</sup>, was der Fahrgastzahl von 1,4 IC-Linien entspricht<sup>411</sup>, so ergibt sich ein einzelwirtschaftlicher einmaliger Schaden von 20 Mio. DM<sup>412</sup>. Da die Minute Fußweg meist unangenehmer empfunden wird als die entsprechende Zeit im Zug, dürfte der Schaden deutlich größer sein.

Im Gegensatz zu Bielefeld ist in *Augsburg* (250.000 Einwohner) die Situation noch nicht "verbaut", es sind daher Vorschläge zur Verbesserung der Umsteigesituation denkbar, die eine reale Chance auf Verwirklichung haben. Während in Bielefeld der glückliche Umstand vorhanden ist, daß sämtliche Stadtbahnlinien den Hauptbahnhof tangieren, kann diese Situation in Augsburg erst durch bauliche Maßnahmen annähernd erreicht werden; denn derzeit verläuft nur eine der drei Straßenbahnlinien über den Hauptbahnhof.

Es ist eine baulich großzügige Lösung vorstellbar, die eine weitere Linie an den Hauptbahnhof anbindet und sowohl für diese als auch für die ohnehin über den Hauptbahnhof verlaufende Linie einen Tunnelbahnhof direkt unter den DB-Gleisen vorsieht. Sinnvoll erscheint ein Bahnhofsbauwerk mit breitem Mittelbahnsteig in nur einfacher Tieflage, so daß über nur eine Rolltreppe die Verbindung zu den Eisenbahnzügen geschaffen werden kann. Bedenkt man, daß nur wenig größere Städte wie Bielefeld, Bonn und Gelsenkirchen Untergrundbahnen bauen, so müßte für Augsburg 400 Meter Tunnelstrecke finanzierbar sein. Wenn man die üblichen Pauschalierungen für Stadtbahnen/U-Bahnen berücksichtigt, so ergeben sich Herstellungskosten von 75 Mio. DM<sup>413</sup>. Um schätzungsweise 20 Mio. DM kostengünstiger<sup>414</sup> wäre es, eine Brücke zu realisieren, wie sie am Freiburger Hauptbahnhof verwirklicht wurde.

Der Augsburger Hauptbahnhof zählt schätzungsweise 42.000 tägliche Ein- und Ausstei-

---

410) vgl. die Zahlen zu Augsburg in diesem Kapitel

411) 15.000 / 11.000

412)  $690.000 / 0,049 \cdot 1,4$

413)  $0,14\text{km} \cdot 280 \text{ Mio. DM}$  Bahnhofsbauwerk unter DB-Gleisen;  $0,3\text{km} \cdot 55 \text{ Mio. DM}$  zweigleisiger Tunnel bzw. Rampe;  $0,8\text{km} \cdot 7 \text{ Mio. DM}$  oberirdische Strecke auf DB-Grund zwischen Güter- und Personengleisen;  $0,12\text{km} \cdot 25 \text{ Mio. DM}$  Brücke über DB-Gleise;  $0,12\text{km} \cdot 90 \text{ Mio. DM}$  zweigleisiger Tunnel unter DB-Gütergleisen.

414) Bekannte Kosten pro Kilometer für Tunnelstrecken sind: 180 Mio. DM für den Bahnhofsbereich einer städtischen U-Bahn sowie 350 Mio. DM für den viergleisigen Bahnhofstunnel der Züricher-S-Bahn, der jedoch parallel zu den oberirdischen Eisenbahngleisen verläuft. Eine Brückenlösung wird kaum teurer sein als 140 Mio. DM – bedenkt man, daß selbst sehr hohe Eisenbahn-Talbrücken nur 70 Mio. DM pro km erfordern.

415) Dies ergibt sich aus der bekannten Zahl von Aus- und Einsteigern in München (120.000 Personen bei den Kopfgleisen, 180.000 bei der S-Bahn) sowie der Tatsache, daß in Augsburg der Modal-Split des SPNV schätzungsweise halbiert werden muß ( $120.000 + 180.000/2$ ); das Verhältnis von Ein- und Aussteigern München gegenüber Augsburg (5:1) kann aus den Fahrgastzahlen des Ostkorridors (Zählung vom Oktober 1987 der Bundesbahndirektion München, vgl. Kapitel 3.3.3.1) abgeleitet werden.

von denen wiederum schätzungsweise 60% die Straßenbahn benutzen. Demnach steigen etwa 16.800 Reisende täglich zwischen DB-Zügen und der Straßenbahn am Augsburger Hauptbahnhof um, pro Straßenbahnlinie  $16.800 / 3 = 5.600$  Personen, die 0,5 IC-Linien entsprechen. Die dargestellte bauliche Maßnahme eines neuen Straßenbahn-Tunnelbahnhofes schafft für eine Linie 3 Minuten Fußwegersparnis sowie für eine weitere Linie rund 11 Minuten Ersparnis<sup>417</sup>. Eingesetzt in das Effizienzkriterium zur Reisezeitverkürzung ergibt sich für die Tunnellösung:

$$\frac{75 \text{ Mio. DM} \cdot 0,049}{(11+3) \text{ Minuten} \cdot 0,5 \text{ IC-Linien}} = 525.000 \text{ DM.}$$

Die kostengünstigere und fahrgastpsychologisch günstigere Brückenlösung schneidet besser ab:

$$\frac{55 \text{ Mio. DM} \cdot 0,049}{(11+3) \text{ Minuten} \cdot 0,5 \text{ IC-Linien}} = 385.000 \text{ DM.}$$

---

416) Im reinen Fernverkehr ist der Anteil der Nicht-Umsteiger, also der Personen mit Augsburg als Quelle oder Ziel, geringer; beim quantitativ bedeutenderen Nahverkehr wird es nur wenige Umsteiger zwischen DB-Nahverkehrszügen im Augsburger Hauptbahnhof geben.

417) 5 Minuten Warten beim Umsteigen, 3 Minuten Umsteigeweg, 3 Minuten Fußwegersparnis am Hauptbahnhof.

Berücksichtigt man, daß das Umsteigen subjektiv unangenehmer empfunden wird als die Fahrzeit im Zug, sind diese Maßnahmen eindeutig günstiger einzustufen als die besten Linienverbesserungen an Fernverkehrsstrecken. Andere Maßnahmen wie Neigezüge sind aber trotzdem noch einmal effizienter.

Als kostengünstige Alternative bietet es sich an, für nur eine Linie eine oberirdische Neubaustrecke<sup>418</sup> mit Herstellungskosten von lediglich 7 Mio. DM durch DB-Gelände zu führen, so daß zumindest ein wesentlicher Teilnutzen in Höhe von 8 Minuten Reisezeitgewinn für eine Straßenbahnlinie erzielt wird:

$$\frac{7 \text{ Mio. DM} \cdot 0,049}{8 \text{ Minuten} \cdot 0,5 \text{ IC-Linien}} = 86.000 \text{ DM.}$$

Trotz des niedrigeren Nutzens ist diese Lösung besonders effizient, da sie keine teuren Kunstbauten erfordert.

### *Beschleunigung des Fahrkartenkaufs*

Hohe Investitionen in Strecken und Züge werden ad absurdum geführt, wenn der Fahrgast im Regelfall 15 Minuten für den Kauf einer Fahrkarte einplanen muß. Selbst wenn er einmal nicht diese Zeit am Fahrkartenschalter steht, muß er sie doch in seiner Reisezeitplanung berücksichtigen.

Zur quantitativen Betrachtung von Warteschlangen existieren verschiedene ausgereifte Modelle<sup>419</sup>, die mit empirisch ermittelten Ausgangsdaten, beispielsweise Verteilungskurven der Bearbeitungszeit am Schalter sowie Ankunfts-wahrscheinlichkeiten, mathematisch exakte Rückschlüsse erlauben. So ließe sich mit einer detaillierten empirischen Studie die derzeitige Situation an den Fahrkartenschaltern erfassen, und es ließen sich genaue Berechnungen durchführen, wie viele zusätzliche Schalter erforderlich sind, um die durchschnittliche Wartezeit beispielsweise um 80% zu senken. Da eine solche detaillierte Studie im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, soll hier lediglich ein Schätzergebnis ermittelt werden, wie viele zusätzliche Schalter für den Abbau der Schlangen erforderlich sind.

Es ist davon auszugehen, daß am Münchner Hauptbahnhof täglich etwa 10.000 Fahrkarten für den Fernverkehr verkauft werden.<sup>420</sup> Unterstellt man einen zwölfstündigen nennenswerten Betrieb an den Fahrkartenschaltern und 2 Minuten Bearbeitungszeit pro Fahrkarten-

---

418) Durch eine oberirdische Straßenbahn-Neubaustrecke von der Straßenbrücke über die Eisenbahn an der Gögginger Straße zum Hauptbahnhofsvorplatz (Streckenlänge 700 Meter) kann die Linie 2 an den Hauptbahnhof herangeführt werden.

419) z. B. Gross, Harris: Fundamentals for Queue Theory, Wiley, 1974

420) 120.000 Ein- und Aussteiger (Quelle Bundesbahndirektion München) / 3 = 40.000 Ein- und Aussteiger im Fernverkehr / 2 = 20.000 Einsteiger, / 2 = 10.000 Hin- und Rückfahrkartenkäufer. Der Nahverkehr spielt hier kaum eine Rolle, da die Fahrgäste in der Regel entweder Monatskarten besitzen oder die Fahrkarten am Automaten kaufen.

kauf, so müssen 28 Fahrkartenschalter besetzt sein, was ungefähr der Realität entsprechen

Ein Fahrkartenschalter kostet jährlich ca. 240.000 DM:

80 DM/qm Grundfläche · 8qm · 12 Monate	7.700 DM
Lohnkosten für 3 Arbeitskräfte	225.000 DM
Computer, Betriebskosten	6.000 DM.

Bemerkenswert ist bei dieser Aufschlüsselung der Kosten, daß in erster Linie nur Lohnkosten relevant sind. Ein Aufstocken der Schalterkapazität für die Hauptverkehrszeit (für die erst neue Schalter gebaut werden müssen) ist daher kaum teurer als das Besetzen eines sonst leeren Schalters.

Um die Schalterzahl abzuschätzen, die für ein weitgehendes Beseitigen der Warteschlangen erforderlich ist, muß nicht die absolute Länge der Schlangen, sondern das Wachstum der Schlangen innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit betrachtet werden. Wachsen bei allen Schaltern in der Stoßzeit die Schlangen um je 3 Personen pro Stunde, so sind lediglich  $3/30^{422} = 10\%$  mehr Schalter erforderlich, damit keine Schlangen mehr entstehen. Zu den 28 bestehenden Schaltern müssen demnach 3 weitere Schalter hinzukommen.

Wenn der Fahrgast fast keine Wartezeiten mehr vor dem Fahrkartenschalter einplanen muß, kann er etwa 8 Minuten später anreisen. Wie oben dargestellt, profitieren davon täglich rund 10.000 Fahrgäste, was einer Linienzahl von 0,9 entspricht. Die Effizienz der Einrichtung von 3 zusätzlichen Schaltern ergibt sich wie folgt:

$$\frac{240.000 \text{ DM} \cdot 3 \text{ Schalter}}{8 \text{ Minuten} \cdot 0,9 \text{ IC-Linien}} = 100.000 \text{ DM.}$$

Es ist daher auf jeden Fall sehr effizient, dafür zu sorgen, daß Warteschlangen mit hoher Wahrscheinlichkeit gar nicht entstehen. Fahrkartenautomaten sind noch effizienter als Fahrkartenschalter. Aufgrund der schon hohen Effizienz von Fahrkartenschaltern ist jedoch das Ersetzen von Schaltern durch Automaten nicht erforderlich, zumal der Service am Automaten nicht so komfortabel und vielseitig ist wie am Schalter.

---

421) Sollte aufgrund von Großkundenabonnements etc. die tatsächliche Zahl der Fahrkartenkäufer sowie die der geöffneten Schalter niedriger sein, ändert dies nichts am Ergebnis der Effizienzbetrachtung, da Zähler und Nenner gleichermaßen zu korrigieren wären.

422) Beträgt die Bearbeitungszeit pro Fahrkartenkauf 2 Minuten, kann ein Fahrkartenschalter stündlich 30 Fälle bearbeiten.

### 3.3.4 Zusammenfassende Bewertung von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung

Im folgenden werden die quantitativen Ergebnisse des Kapitels zur Reisezeitverkürzung zusammengefaßt.

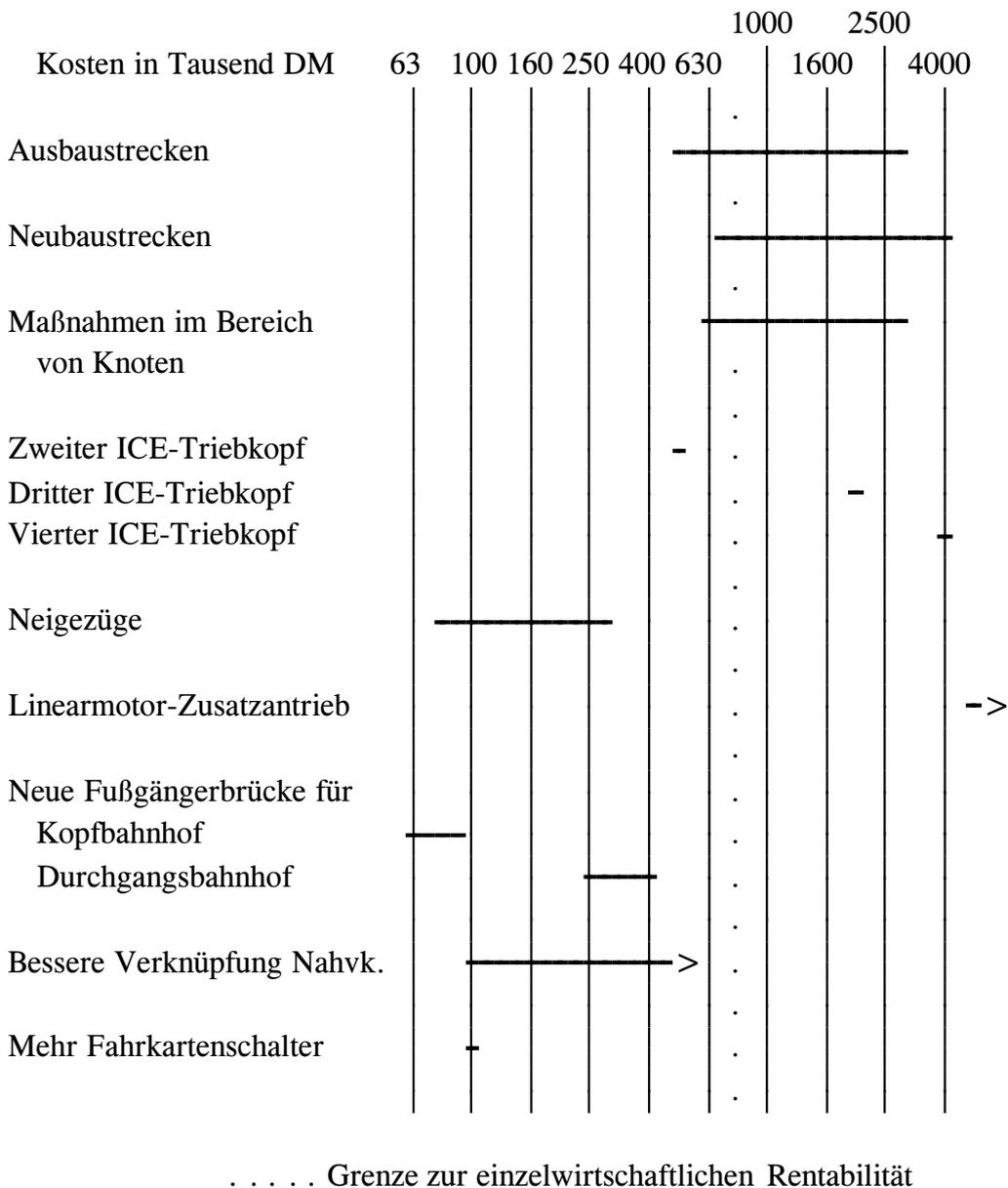


Abb. 24: Jährliche Kosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung (logarithmische Darstellung)

Die folgende Auflistung stellt die Rangfolge von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung im Hinblick auf die Effizienz dar.

Jährliche Kosten der Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung  
pro Linienminute Reisezeitverkürzung in Mio. DM

Fußgängerbrücke für München Hbf.	0,076
Neigezug X2000 auf Strecke Nürnberg - Hof	0,08
Zusätzliche Fahrkartenschalter	0,10
Neigezug X2000 auf Strecke Augsburg - Ansbach - Würzbg.	0,12
Umstellung von lokbespanntem IC auf ICE	0,30 <sup>423</sup>
Neigezug VT 610 auf Strecke Nürnberg - Hof	0,32
Ausbaustrecke (Ulm -) Dinkelscherben - Augsburg	0,50
Einsatz eines zweiten Triebkopfes für ICE-Züge	0,57
Linienverbesserung Deutschherrnbrücke (Knoten Frankfurt)	0,60
Neubaustrecke Nürnberg - Hof - Altenburg	0,75
Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität ohne Betrachtung von Kapazitätseffekten	_____
Ausbaustrecke Nürnberg - Neustadt (- Würzburg)	0,84
Neubaustrecke Köln - Frankfurt	0,85
Ausbaustrecke München - Freilassing	0,9 <sup>424</sup>
Neubaustrecke Donauw. - Pleinfeld (Augsburg - Nürnberg)	1,1
Ausbaustrecke Hamburg - Münster	1,1
Neubaustrecke Stuttgart - Ulm, Var. H ohne Stgt-Tunnel	1,2
Neubaustrecke Nantenbacher Kurve (Würzbg. - Frankfurt)	1,3
Neubaustrecke (Hannover -) Lehrte - Berlin-Spandau	1,4
Neubaustrecke Fulda - Hannover	2,1
Ausbaustrecke Ingolstadt - Petershausen (- München)	2,1
Einsatz eines dritten Triebkopfes für ICE-Züge	2,2
Untertunnelung Stuttgart (Teil von Stuttgart - Ulm)	2,6
Nördliche Einführung Hanauer Bahn (Knoten Frankfurt)	2,6
Neubaustrecke Würzburg - Fulda	2,8
Ausbaustrecke (Nürnberg -) Neustadt - Iphofen (- Wü.)	3,4
Neubaustrecke Ingolstadt - Nürnberg	3,6
Einsatz eines vierten Triebkopfes für ICE-Züge	4,0
West-Ost-Tunnel (Knoten Frankfurt)	4,0
Neubaustrecke (Nürnberg -) Ebensfeld - Erfurt	4,4
Linearmotor für Stuttgart - Ulm (Variante H)	5,1
Brenner-Basistunnel	34,6

423) 40% Neubaustreckenanteil, ICE 3 mit höherer Sitzplatzzahl als ICE 1

424) Höchstgeschwindigkeit in Teilabschnitten 230 km/h; bei 200 km/h 1,0 Mio. DM

Eine zweifellos einzel- wie gesamtwirtschaftlich sichere Methode der Reisezeitverkürzung ist der Einsatz von Neigezügen, der deutlich günstiger ist als jede Baumaßnahme.

Die jährlichen Kosten der Ausbaustrecken, Neubaustrecken sowie Maßnahmen von Knoten liegen, abgesehen vom Brenner-Basistunnel, alle im Bereich von 0,5 bis 4 Mio. DM pro Linienminute Reisezeitverkürzung. Es gibt nur wenige Aus- und Neubaustrecken, die unter dem Aspekt der Reisezeitverkürzung einzelwirtschaftlich lohnend sind; eine große Zahl von Neubauprojekten ist von der einzelwirtschaftlichen Rentabilität sehr weit entfernt.

Es wäre lohnend, den Motiven für solche Projekte nachzugehen, die aus einzelwirtschaftlicher und auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als sehr ineffizient bezeichnet werden müssen. Unter Berücksichtigung der verfügbaren (nicht wissenschaftlichen) Literatur, insbesondere der Tageszeitungen, entsteht der Eindruck, daß gerade bei Neubaustrecken interessengruppenbezogene Ziele im Vordergrund stehen, also bestimmte Unternehmensbranchen und/oder regionale Gruppierungen sich davon einen Vorteil versprechen, der jedoch auf Kosten der Bahn, der Gesellschaft und oft auch auf Kosten anderer Regionen geht. Typisches Beispiel hierfür ist die Aus- und Neubaustrecke München – Ingolstadt – Nürnberg – Würzburg mit den ineffizienten Teilabschnitten Petershausen – Ingolstadt, Ingolstadt – Nürnberg und Neustadt – Iphofen. Um Nürnberg in den Zeiten des "Eisernen Vorhangs" aus der europäischen Randlage im Schienenpersonenfernverkehr herauszubringen<sup>425</sup>, traten Fragen zur Wirtschaftlichkeit in den Hintergrund.

Besonders offensichtlich sind die interessengruppenbezogenen Ziele bei der Aus- und Neubaustrecke Nürnberg – Erfurt. Die Planung soll auf eine sehr frühe Absprache des damaligen Thüringer Ministerpräsidenten Duchac mit dem früheren Bundesverkehrsminister Krause zurückgehen<sup>426</sup>. Nachdem beide Politiker aus ihrem Amt ausgeschieden waren, hatte das Projekt schon eine so große Eigendynamik entwickelt, daß jetzt die beteiligten Firmen ein großes Interesse haben, diese Neubaustrecke weiterzuverfolgen, zumal sie mit ihren außergewöhnlich vielen Tunnels und Brücken der Baubranche große Umsätze versprechen dürfte. Sowohl bei der Strecke Nürnberg – Ingolstadt als auch beim Projekt Nürnberg – Erfurt war die Deutsche Bundesbahn bzw. die Deutsche Reichsbahn mit den Plänen nicht einverstanden, wurde aber dazu veranlaßt, dies nicht in der Öffentlichkeit kundzutun und sogar zum Teil das Gegenteil zu behaupten.<sup>427</sup>

---

425) Die schnellste und direkteste Linienführung von München nach Würzburg verläuft an Nürnberg vorbei über Ansbach.

426) vgl. Rößler, Karlheinz, Umweltverträgliche Eisenbahn statt ICE- und Tunnel-Wahn: Alternativen für den Bahnverkehr zwischen Thüringen/Sachsen und Bayern, München 1993, S. 13

427) Dieser Sachverhalt wird der Öffentlichkeit nur hin und wieder durch Pannen der zuständigen Planer deutlich. So war in der ersten Auflage einer Informationsbroschüre über das Aus- und Neubauprojekt Nürnberg – Erfurt – Leipzig wohl aus Versehen eine Übersichtskarte abgebildet, die die ursprüngliche Planung der Deutschen Bahnen, nämlich eine Strecke Nürnberg – Leipzig über Plauen (Vogtland) und gerade nicht die Strecke über Erfurt enthielt. Siehe: Der Bundesminister für Verkehr, Neue Wege braucht das Land – Schiene Projekt Nr. 8, Nürnberg – Erfurt – Halle/Leipzig – Berlin, Bonn 1992, S. 3.

Die Trassenführung über Plauen findet sich ebenfalls in: Grübmeier, Jürgen / Amman, Horst, Infrastrukturausbau "Ost-West" im Rahmen des Europäischen Infrastruktur-Leitplans, in: Die Bundesbahn 3/1991, S. 281.

428) abgeleitet aus der durchschnittlichen Anzahl Reisender pro IC/EC- und ICE-Zug aus: Wiese,

Der Vorschlag ineffizienter Knotenlösungen wie der Frankfurter Ost-West-Tunnel und der Stuttgarter Fernbahntunnel dürfte dagegen kaum auf der Verfolgung interessengruppenbezogener Ziele, sondern auf einer Fehleinschätzung von Kosten und Nutzen beruhen.

Einige Aus- und Neubauprojekte können unter dem Aspekt der Reisezeitverkürzung als einzelwirtschaftlich rentabel bezeichnet werden. Das heißt, bei diesen Projekten wird eine übliche Verzinsung des eingesetzten Kapitals allein aus der mit der Reisezeitverkürzung einhergehenden Gewinnung zusätzlicher Fahrgäste erreicht. Bei den Neubaustrecken muß bedacht werden, daß auch noch Kapazitätseffekte zur Rechtfertigung beitragen können. Bedenkt man weiter, daß unter dem Aspekt der Fahrzeitverkürzung die effizientesten Neubaustrecken nur relativ knapp die einzelwirtschaftliche Rentabilität erlangen, *wird die Frage der benötigten Streckenkapazitäten sogar zum wichtigsten Entscheidungskriterium*. Ähnliches gilt für Ausbaustrecken, bei denen keine zusätzlichen Gleise gelegt werden und deshalb Fahrzeitverkürzungen zu Lasten der Streckenleistungsfähigkeit gehen. Wenn Kapazitätsengpässe vorhanden sind, können hinsichtlich der Reisezeitverkürzung effiziente Ausbaustrecken insgesamt sehr schnell ineffizient werden. Gleiches gilt für den Einsatz von Neigezügen auf Bahnstrecken mit Kapazitätsengpässen.

Das Kapitel 5 "Anwendung staatspolitischer Effizienzkriterien" beschäftigt sich eingehend mit der gemeinsamen Betrachtung von Reisezeitverkürzungen und Streckenleistungsfähig-

---

Josef / Menebröcker, Berthold, Ein Jahr InterCityExpress, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 493

keit. Produktionstechnische Effizienzkriterien können diese beiden Aspekte noch nicht "auf einen gemeinsamen Nenner" bringen und sind somit als alleiniger Bewertungsmaßstab nicht geeignet. Selbst die marktlichen Effizienzkriterien sind hierzu nicht in der Lage, da sie die Streckenkapazitäten, die außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzt werden, nicht bewerten können (vgl. Abb. 4: Input- und Outputgrößen).

## 4. Anwendung marktlicher Effizienzkriterien

Wie in Abb. 4 (Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr) dargestellt, genügen die Outputgrößen der produktionstechnischen Ebene allein nicht, um sämtliche denkbaren Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs miteinander vergleichen zu können. Ein "gemeinsamer Nenner" läßt sich erst bei einem höheren Konkretisierungsgrad des Nutzens erreichen (vgl. Kapitel 2.4.2). Das bedeutet, daß die produktionstechnischen Outputgrößen Fahrplantrassenkilometer, Sitzplatzkilometer und Minute Reisezeitverkürzung *bewertet* werden müssen, indem die Nachfrageelastizitäten dieser produktionstechnischen Outputgrößen berücksichtigt werden. Wenn beispielsweise die Reisezeitelastizität und die Preiselastizität der Nachfrage bekannt sind, können Fahrpreisreduzierungen direkt mit Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung verglichen werden; hierbei werden die Opportunitätskosten einer Fahrpreissenkung z. B. den Kosten von Linienverbesserungen bei Ausbaustrecken gegenübergestellt, wobei die marktliche Outputgröße "Personenkilometer" der erste gemeinsame Nenner ist.

Im vorliegenden Kapitel wird überwiegend das folgende marktliche Effizienzkriterium angewendet:

$$\frac{\text{Kosten (Pfennige)}}{\text{Personenkilometer (Pkm)}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\text{Kosten (Pfennige)}}{\text{zusätzlicher Personen-km (Pkm)}}$$

Während beim Sitzplatzkilometer als produktionstechnische Outputgröße noch keine Nachfrageelastizitäten berücksichtigt sind, gehen in den Personenkilometer Nachfrageelastizitäten mit ein. Der Personenkilometer ist ein am Markt abgesetzter Sitzplatzkilometer.

Im folgenden sollen Maßnahmen im Bereich absatzpolitischer Instrumente behandelt werden wie Fahrpreisgestaltung, Werbung, Information der Kunden sowie bislang noch nicht behandelte qualitative Angebotsmerkmale wie Reisekomfort und Gepäckbeförderung. Die meisten dieser Maßnahmen können sowohl untereinander als auch mit den schon produktionstechnisch bewerteten Maßnahmen aus Kapitel 3 verglichen werden, indem das Effizienzkriterium "Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer" verwendet wird. Für diesen Vergleich müssen die bisher verwendeten produktionstechnischen Outputgrößen Fahrplantrassenkilometer, Sitzplatzkilometer und Linienminute Reisezeitverkürzung in die marktliche Outputgröße *Personenkilometer* umgerechnet werden.

Bevor weitere Maßnahmen vorgestellt und mit dem Kriterium "Kosten pro Personenkilometer" bewertet werden, soll zuerst die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität in "Kosten pro Personenkilometer" ermittelt werden, und es sollen die Größen Sitzplatzkilometer und Linienminute Reisezeitverkürzung in die neue Größe "Personenkilometer" umgerechnet werden, was den Vergleich der Maßnahmen aus Kapitel 3 mit denen aus Kapitel 4 ermöglicht.

### *Umrechnung von Sitzplatzkilometer in Personenkilometer*

Sitzplatzkilometer (Plkm) können in Personenkilometer (Pkm) umgerechnet werden, indem die Sitzplatzkilometer mit dem Faktor der durchschnittlichen Auslastung multipliziert werden. Die durchschnittliche Auslastung beträgt in Deutschland im Schienenpersonenfernverkehr etwa 50%.<sup>428</sup> Daher können die Kosten pro zusätzlichem Sitzplatzkilometer aus Kapitel 3.2.3 einfach mit zwei multipliziert werden, um die Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer für die Bereitstellung von Strecken- und Sitzplatzkapazität zu erhalten. So kostet beispielsweise die Bereitstellung von Streckenkapazität in Form weniger effizienter Ausbaustrecken oder in Form effizienter Neubaustrecken rund 2 Pfennige pro Sitzplatzkilometer bzw. 4 Pfennige pro Personenkilometer.

### *Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität bei der Bezugsgröße Personenkilometer*

Für dieses Kapitel ist die Ermittlung der Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität in "Kosten pro Personenkilometer" nicht grundsätzlich erforderlich, da in erster Linie verschiedene Maßnahmen mit dem Effizienzkriterium "Kosten pro Personenkilometer" verglichen werden sollen. Um zusätzlich auch absolute Aussagen über die einzelwirtschaftliche Rentabilität von Maßnahmen treffen zu können, soll im folgenden der Zahlenwert dieser Grenze ermittelt werden.

Pro Personenkilometer erlöste die DB im Jahr 1988, der Preisbasis in dieser Arbeit, 12,5 Pfennige<sup>429</sup>. Zieht man von diesem Betrag die fahrzeugseitigen Kosten für Abschreibung, Zinsen und Personal in Höhe von 1,8 Pfennigen sowie die (einzelwirtschaftlichen) Energiekosten in Höhe von 1,6 Pfennigen<sup>430</sup> pro Personenkilometer ab, bleiben für die Deckung streckenseitiger Kosten 9,1 Pfennige pro Personenkilometer übrig. Von diesem Betrag müssen die Unterhaltskosten der Strecken in Höhe von 1,0 Pfennigen pro Personenkilometer<sup>431</sup> abgezogen werden. Die verbleibenden 8 Pfennige pro Personenkilometer können in Maßnahmen zur Erhöhung von Streckenleistungsfähigkeit *oder* in Maßnahmen zur Gewinnung zusätzlicher Reisender, also z. B. in Fahrzeitverkürzungen, investiert werden.

Die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität liegt demnach sowohl für Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit als auch für Maßnahmen zur Gewinnung zusätzlicher Reisender bei rund 8 Pfennigen pro Personenkilometer.

---

429) Quotient aus "Erträge des Personenverkehrs" (ohne Ausgleichszahlungen des Bundes) und "Verkehrsleistung Personenverkehr", siehe: Vorstand der Deutschen Bundesbahn (Hrsg.), DB-Geschäftsbericht 1988, Frankfurt 1989, S. 12. Es spricht vieles dafür, daß dieser Quotient auch für den SPFV gilt, denn die 12,5 Pfennige entsprechen etwa 2/3 des normalen Fahrpreises, während der niedrigste Fahrpreis im SPFV bei 1/3 des normalen Fahrpreises liegt (Supersparpreis des Jahres 1989 bei maximaler Streckenlänge). Getrennt ausgewiesene Erträge aus den Bereichen SPNV und SPFV finden sich in der Literatur nicht; denn die Abgrenzung und getrennte Erfassung wäre sehr schwierig.

430) vgl. die Ergebnisse in der Einheit Sitzplatzkilometer aus Kapitel 3.2.3

431) jährlich 2% des Anteiles der Herstellungskosten kurzer Nutzungsdauer, d. h. rund 1/3 der kalkulatorischen Kosten der Anteile kurzer Nutzungsdauer

432) "Bei einer mittleren Weglänge, wie sie für gesunde, erwachsene Menschen angenommen werden kann, waren die Römer vermutlich täglich 1 bis 1,5 Stunden unterwegs. Das ist der Zeitaufwand der heutigen Großstädter." Leibbrand, Kurt, Stadt und Verkehr – Theorie und Praxis der städtischen Verkehrsplanung, Stuttgart 1980, S. 70

Wenn zur Gewinnung der zusätzlichen Reisenden keine Kosten zur Verbesserung von qualitativen Angebotsmerkmalen anfallen – die Fahrgäste also aufgrund des natürlichen Verkehrswachstums die Schiene benutzen – stehen die 8 Pfennige pro Personenkilometer in voller Höhe für Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit zur Verfügung. Wird dieser Betrag dagegen ganz für die Gewinnung der zusätzlichen Reisenden verwendet, so sind die Kosten der Bereitstellung der für die neuen Fahrgäste benötigten zusätzlichen Streckenkapazität noch nicht gedeckt. Dieser Sachverhalt wird in Kapitel 5 näher betrachtet.

#### *Umrechnung von Linienminuten Reisezeitverkürzung in Personenkilometer*

Nachfrageelastizitäten bezüglich der Reisezeit sind von der Gesellschaft, von deren Wirtschaftssystem und letztlich von den individuellen Bedürfnissen der Bevölkerung bestimmt und können nicht vom Betreiber des Schienenpersonenfernverkehrs, sondern nur durch Veränderungen außerhalb von dessen System beeinflusst werden. Solche externen Einflüsse wären z. B. Veränderungen der Nutzenpräferenzen privater Haushalte.

Reisezeitverkürzungen führen aus zwei Gründen zu zusätzlichem Schienenpersonenfernverkehr:

- Nicht nur der Fahrpreis und der Komfort, sondern auch die Reisezeit beeinflusst als wichtiges Attraktivitätsmerkmal die Verkehrsmittelwahl der potentiellen Fahrgäste.
- Jede Reisezeitverringerung induziert Neuverkehr.

Wie bei den Zielen des Betriebs von Schienenpersonenfernverkehr dargestellt, kann induzierter Neuverkehr zur Deckung der steigenden Mobilitätsbedürfnisse sowie als Instrument der Strukturpolitik einen gesamtwirtschaftlichen Nutzen darstellen. Zum Thema "Induzierter Verkehr" sei auf einen interessanten, empirisch nachweisbaren soziologischen Zusammenhang hingewiesen, und zwar die Hypothese des "stabilen Zeitbudgets", welche besagt, daß der Mensch seit Urzeiten immer die gleiche Zeit (ca. 1 1/4 Stunden) pro Tag für Ortsveränderung verwendet.<sup>432</sup> Je höher die Geschwindigkeit der Verkehrsmittel wurde, desto größere Entfernungen konnte der Mensch in dieser ihm für die Fortbewegung zur Verfügung stehenden Zeit täglich zurücklegen.<sup>433</sup> Betrachtet man den induzierten Verkehr allein, d. h. ignoriert man die konkurrierenden Verkehrsmittel, so ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der IC-Züge und den geleisteten Personenkilometern. Gesetzt den Fall, es gäbe kein Auto und kein Flugzeug, müßte demnach ein Prozent Reisezeitverkürzung zu einem Prozent induziertem Mehrverkehr führen. Bei einer durchschnittlichen Reiseweite<sup>434</sup> im Schienenpersonenfernverkehr von 287 km<sup>435</sup>, einer Durchschnittsgeschwindigkeit der IC-Züge von 110 km/h und einer Zu- und Abgangszeit incl. Fahrkartenkauf von gut 1 1/2 Stunden ergibt sich eine durchschnittliche Reisezeit von 4

433) Es ist anzunehmen, daß dieser Sachverhalt nicht nur für den Personennahverkehr, sondern auch für den Personenfernverkehr gilt.

434) Reiseweite (im Schienenpersonenfernverkehr): Entfernung, die bei einer einzelnen Reise im Schienenpersonenfernverkehrsmittel zurückgelegt wird

435) Quotient aus Personen und Personenkilometern in verschiedenen DB-Studien

436) Breimeier, Rudolf, Zeit ist Geld – auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S. 883 ff., insbesondere Bild 3

Stunden (240 Minuten). Reduziert man die Reisezeit um 1 Minute, so müßte dies zu  $1/240 = 0,42\%$  induziertem Mehrverkehr führen. Da der Effekt der Verlagerung von Straßen- und Luftverkehr auf die Schiene noch hinzukommt, dürfte der gesamte Zuwachs an Fahrgästen pro Minute Reisezeitverkürzung in einer Größenordnung von über einem halben Prozent liegen.

#### *Ermittlung der Nachfrageelastizität bezüglich der Reisezeit*

Die Nachfrageelastizität bezüglich der Reisezeit kann nur über empirisch ermittelte Erfahrungswerte geschätzt werden. Breimeier spricht von 1,65 zusätzlichen Personenkilometern pro Minute Reisezeitverkürzung und Fahrgast<sup>436</sup>, bezogen auf die durchschnittliche Reiseweite. Bei einer durchschnittlichen Reiseweite von 287 km müssen die 1,65 Personenkilometer lediglich durch 287 geteilt werden, um die Zunahme der Fahrgäste pro Minute Reisezeitverkürzung zu ermitteln. Die Zunahme beträgt demnach 0,58%, was bei 4 Mio. Reisenden pro Jahr (= Linienzahl 1,0) 23.000 zusätzlichen Reisenden entspricht. Für Relationen mit Luftverkehrskonkurrenz<sup>437</sup> führt Breimeier einen Korrekturfaktor ein. Dieser soll dem Tatbestand Rechnung tragen, daß in Relationen mit Reisezeiten von 2 1/2 bis 3 1/2 Stunden eine besonders hohe Nachfrageelastizität bezüglich der Reisezeit vorhanden ist.<sup>438</sup> Dieser Faktor soll in Deutschland laut Breimeier 1,5 bis 2,0 betragen. Da im gesamten IC/ICE-Netz Luftverkehrskonkurrenz vorhanden ist, aber kaum sämtliche Fahrgäste einer IC/ICE-Linie aus potentiellen Luftverkehrskunden bestehen, erscheint es sinnvoll, diesen Faktor drastisch zu senken und gleichzeitig pauschal auf alle IC/ICE-Linien zu beziehen. Setzt man diesen Faktor fest auf realistische 1,3, so erhält man 30.000 Reisenden pro Jahr pro Linienminute, was einem *Zuwachs von 0,75% pro Linienminute* entspricht. Eine Auswertung der Fahrgastprognosen für die Neubaustrecke Köln – Frankfurt<sup>439</sup> und die Neu- und Ausbaustrecke München – Nürnberg – Würzburg<sup>440</sup> ergab, daß diesen Fahrgastprognosen eine Reisezeitelastizität in Höhe von 30.000 Reisenden pro Jahr pro Linienminute zugrunde liegt, was sich mit den Ergebnissen des Aufsatzes von Breimeier deckt.

Von einer Maßnahme zur Reisezeitverkürzung profitieren in der Regel verschiedene Städteverbindungen. Meist liegt ein Teil dieser Verbindungen im Bereich einer Fahrzeit zwischen 2 1/2 und 3 1/2 Stunden. Profitieren von einer Maßnahme überdurchschnittlich viele Städteverbindungen mit 2 1/2 bis 3 1/2 Stunden Fahrzeit, werden pro Linienminute Reisezeitverkürzung jährlich etwas mehr als 30.000 Reisende gewonnen. Dies dürfte bei

---

437) Breimeier, a.a.O., S. 885, 887

438) Dünbier unterscheidet zwei "Schwellenwerte der Fahrzeit": Im Bereich von 2 bis 3 Stunden Fahrzeit steht die Eisenbahn in besonderer Konkurrenz zum Flugverkehr; im Bereich von 3 bis 4 Stunden sind gerade noch Tagesrandverbindungen möglich. Siehe Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 165

439) Blind, Wilhelm u.a., Raumordnung für die Neubaustrecke Köln – Rhein/Main, in: Die Bundesbahn 11/1990, S. 1058; und: Verkehrsclub der Bundesrepublik Deutschland e. V. (Hrsg.), Dokumentation zum Meinungsforum des VCD – Umweltauswirkungen einer Schnellbahn Köln – Frankfurt am 12.11.1988 in Bonn-Bad Godesberg, Bonn 1989

440) Deutsche Bundesbahn, ABS/NBS (Würzburg –) Nürnberg – München, Untersuchung von Alternativen in der Relation Nürnberg – München, 1987, S. 5 f.

441) vgl. Garre, Karl-Heinz, Strategische Weiterentwicklung des Produkts InterCityExpress (ICE), in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 489

dem bisher noch nicht offiziell geplanten Aus- und Neubau der Bahnstrecke Donauwörth – Ansbach – Würzburg der Fall sein. Gelingt es, die 130 km lange Luftliniendistanz Donauwörth – Würzburg mit einer Luftliniengeschwindigkeit von 180 km/h zu überwinden, so läßt sich die Fahrzeit München – Würzburg gegenüber der Planung über Ingolstadt – Nürnberg um weitere 40 Minuten senken. Dann wird von München aus die Hin- und Rückfahrt der Verbindungen nach Köln, zum westlichen und östlichen Ruhrgebiet, nach Hannover, Bremen und mit Sprinter-Zügen selbst nach Hamburg in einem Tag möglich (sog. Tagesrandverbindung; einfache Fahrtstrecke 2 1/2 bis 3 1/2 Stunden). Auf Strecken, bei denen kaum Verbindungen im Bereich von 2 1/2 bis 3 1/2 Stunden liegen, ist dagegen mit weniger als 30.000 Fahrgästen pro Linienminute Reisezeitverkürzung zu rechnen.

Es erscheint sinnvoll, bei der Linienminute Reisezeitverkürzung einheitlich von 30.000 zusätzlichen Reisenden pro Jahr auszugehen, da bei der großen Zahl von Städteverbindungen, die von einer einzigen Maßnahme profitieren, nach dem "Gesetz der großen Zahl" die Abweichungen nicht allzu groß sein dürften. Außerdem ist eine detaillierte Ermittlung der Nachfrageelastizität sehr aufwendig; dies würde der "Philosophie" einfach zu handhabender Effizienzkriterien zuwiderlaufen. Liegt die zu bewertende Maßnahme nach dem Kriterium "Kosten pro Minute Reisezeitverkürzung" gerade in einem Bereich, der die Entscheidung über die Realisierung erschwert, so kann eine grobe Abschätzung der konkreten Elastizitäten in Form von Tendenzen

- konkrete Elastizität > 30.000 Reisende pro Linienminute
- konkrete Elastizität < 30.000 Reisende pro Linienminute

eine Entscheidungshilfe bieten, ohne daß diese konkrete Elastizität im allgemeingültigen Effizienzkriterium berücksichtigt werden muß.

#### *Umrechnung von Linienminuten in Personenkilometer*

Die durchschnittliche Reiseweite beträgt im Schienenpersonenfernverkehr 287 km. Multipliziert man die 30.000 gewonnenen Reisenden mit der durchschnittlichen Reiseweite, so erhält man eine jährliche Verkehrsleistung von 8,61 Mio. Personenkilometern, die mit einer Linienminute Reisezeitverkürzung gewonnen wird. Um das Effizienzkriterium "jährliche Kosten pro Linienminute" in "Kosten pro Personenkilometer" umzurechnen, müssen die jährlichen Kosten pro Linienminute durch 8,61 Mio. geteilt werden, z. B:

1,0 Mio. DM/Linienminute = 11,6 Pfennige/Pkm.

## 4.1 Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises

In diesem Kapitel soll die effiziente Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises ermittelt werden. Die Preisdifferenzierung steht im nächsten Kapitel zur Diskussion.

Neben der Reisezeit ist die Höhe des Fahrpreises für viele Fahrgäste das bedeutendste qualitative Angebotsmerkmal. Die Outputgröße "zusätzliche Personenkilometer" kann u. a. sowohl durch Reisezeitverkürzung als auch durch *Fahrpreissenkung* erzielt werden.

Zuerst soll untersucht werden, inwieweit eine Fahrpreissenkung bzw. die derzeitige ICE-Preispolitik, die für diese Zuggattung erhöhte Fahrpreise vorsieht, mit den Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs vereinbar ist. Kapitel 4.1.2 geht der Frage nach, wie bedeutend die Einflußgröße "Fahrpreis" im Vergleich zur Reisezeit für die Verkehrsmittelwahl bzw. für die Gewinnung zusätzlicher Reisender ist. Die Effizienz von Fahrpreissenkungen im Vergleich zu Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung soll im Kapitel 4.1.3 diskutiert werden. Danach werden neuere empirische Ergebnisse im Zusammenhang mit der Einführung der BahnCard diskutiert.

### 4.1.1 Konsequenzen aus den Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs

Mit dem Start des ICE-Verkehrs war eine neue Preispolitik verbunden, die neben der Einführung des Punkt-zu-Punkt-Tarifes (vgl. räumliche Preisdifferenzierung, Kapitel 4.2.2) den Fahrpreis auf den Relationen mit nennenswerten Reisezeitverkürzungen an hob. Zusammen mit der Erhöhung des Komforts (vgl. Kapitel 4.3) ergibt sich eine Absatzpolitik *hoher Preise bei hoher Leistungsqualität*. Diesen Sachverhalt verdeutlicht die DB<sup>441</sup> mittels einer Portfolio-Matrix und spricht dabei von einer "Strategie Nord-Ost".

---

442) Garre, a.a.O.

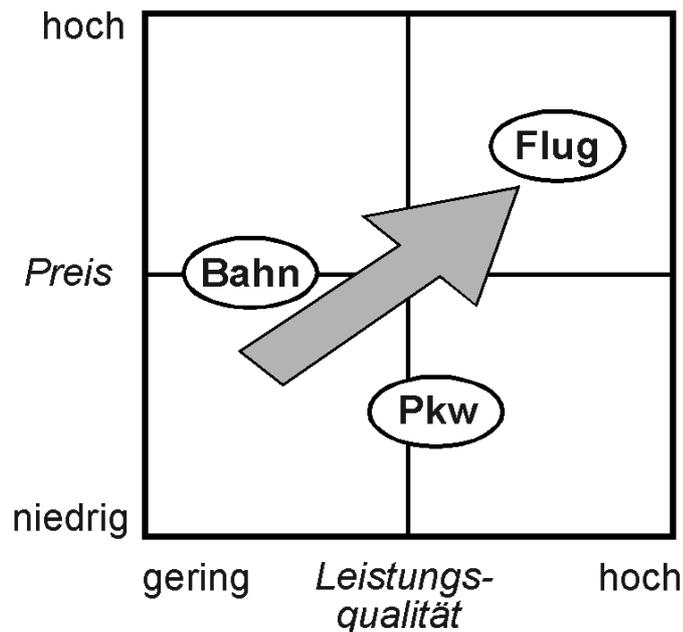


Abb. 25: Preis-Leistungsqualität-Portfolio der Deutschen Bundesbahn für das Produkt ICE<sup>442</sup>

Die Portfolio-Matrix stellt mögliche Geschäftsfelder graphisch in zwei Dimensionen dar. Das Produkt Schienenpersonenfernverkehr läßt sich beispielsweise mit den Dimensionen Preis und Leistungsqualität darstellen. Hohe Leistungsqualität bedeutet insbesondere *kurze Reisezeiten und hoher Komfort*. Der Pfeil in "Richtung Nord-Ost" zeigt die Produktstrategie der Deutschen Bundesbahn für den ICE. Man möchte sich also im gleichen Geschäftsfeld betätigen wie der klassische Linienluftverkehr, nämlich im Bereich "hohe Leistungsqualität, hoher Preis".

In den Kapiteln 1 und 2 wurde dargestellt, daß die zentrale Outputgröße zur Erreichung sämtlicher Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr die *Gewinnung zusätzlicher Reisender* ist. Zusätzliche Reisenden können durch die Verbesserung qualitativer Angebotsmerkmale wie Reisezeit und Komfort, aber auch durch die Senkung des Fahrpreises gewonnen werden (vgl. Abb. 4: Input- und Outputgrößen im Schienenpersonenfernverkehr). Die oberzielkonforme "Marschrichtung" in der Portfolio-Matrix lautet demnach: *Mehr Leistung, niedrigere Preise*. Die Richtungen "mehr Leistung, gleiche Preise" und "gleiche Leistung, niedrigere Preise" sind ebenfalls zielkonform. Jede andere Ausrichtung ist eindeutig nicht zielführend. Wie aus der Portfolio-Matrix ersichtlich ist, richtet sich die oberzielkonforme "Strategie Süd-Ost" gegen den Autoverkehr als Hauptkonkurrent des Schienenpersonenfernverkehrs. Bedenkt man, daß der Autoverkehr quantitativ weitaus bedeutender ist als der Luftverkehr, ist eine solche Zielrichtung erst recht sinnvoll.

Es ist bemerkenswert, daß man sich bei den ersten Überlegungen zur Positionierung des ICE-Systems im Jahr 1985 dieser Zusammenhänge sehr wohl bewußt war:

"Die Forderung, möglichst viele Zielgruppen (2. Klasse) abzudecken, auch um auf NBS-Relationen zusätzliches IC-Angebot zu vermeiden, hat klare Konsequenzen für das Preisniveau und damit die zulässigen Kosten je verkehrlicher Leistungseinheit.

Die Wirkung einer deutlich verbesserten Leistung darf nicht durch ein höheres reales Preisniveau gefährdet werden. Insoweit stellt das heutige reale Preisniveau in der 2. Klasse eine Obergrenze dar."<sup>443</sup>

Dünbier warnt schon im Jahr 1984 vor derartigen Fehlentscheidungen:

"Die möglichen Nachfragezuwächse werden jedoch auch durch andere Eigenschaften des Angebots beeinflusst. Daher sollten die Bahnen zusammen mit der Erhöhung der Geschwindigkeiten, soweit möglich, auch andere Eigenschaften verbessern und nicht verschlechtern."<sup>444</sup>

Er stellt außerdem fest, daß der Geschäfts- und Dienstreiseverkehr, den die Bahn mit ihrer Ausrichtung "hohe Leistung, hohe Preise" besonders umwirbt, quantitativ gar nicht so

---

443) Pällmann, Wilhelm / Heinisch, Roland, Hochgeschwindigkeitsverkehr der Deutschen Bundesbahn, in: Internationales Verkehrswesen 2/1985, S. 75 f.

444) Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 207

445) Eine ausführliche Erläuterung der Fahrtzwecke und ihre jeweilige Bedeutung im Schienenpersonenfernverkehr siehe Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 199 ff., insbesondere S. 207

bedeutend ist und vielmehr der Privatreiseverkehr besonders hohe Nachfragesteigerungen erwarten läßt.<sup>445</sup>

Wie der schwerwiegende logische Bruch zwischen den erklärten Zielen des Schienenpersonenfernverkehrs und der konkreten Produktgestaltung entstehen konnte, darüber kann nur spekuliert werden. Vermutlich hatten die dafür Verantwortlichen das Oberziel "Gewinnung zusätzlicher Reisender" bei der Gestaltung des ICE-Systems aus dem Auge verloren und das Unterziel "dem Kunden mehr Leistung bieten" verselbständigte sich. Wie in Kapitel 2.1.6.2 beschrieben, kann dieses unkontrollierte Verselbständigen der Unterziele in der Verwaltung von großen Unternehmen und in der öffentlichen Verwaltung häufig beobachtet werden.

#### **4.1.2 Einfluß der Höhe des durchschnittlichen Fahrpreises auf die Zahl der zusätzlichen Reisenden**

In diesem Kapitel soll der Frage nachgegangen werden, wie stark sich eine Änderung der Höhe des Fahrpreises auf die Anzahl der zusätzlichen Reisenden auswirkt, d. h. wie hoch die Preiselastizität der Nachfrage ist. Diese Frage wird in der Literatur nicht beantwortet. Hier besteht ein erheblicher Forschungsbedarf. So müßten dringend die in Europa gesammelten Erfahrungen zusammengetragen werden, um dann aus einer möglichst großen Datenbasis theoretische Schlüsse ziehen zu können. Grobe Schätzungen sind jedoch trotzdem möglich. So stellten die für Verkauf zuständigen Stellen der Bundesbahn fest, daß reale Preiserhöhungen unter Umständen zu einer Senkung des Umsatzes führen können. Dies bedeutet, daß zumindest unter bestimmten Ausgangsbedingungen 1% reale Fahrpreiserhöhung zu einem Verlust von mehr als 1% an Reisenden führt.

Die "rosaroten" Fahrpreisangebote bescherten der Bundesbahn zusätzliche Reisende. Damals wurde vermutet, daß die Anzahl der gewonnenen Reisenden in einer ähnlichen Größenordnung liegen dürfte wie die Anzahl der durch die Eröffnung der Neubaustrecken gewonnenen Reisenden im Jahr 1991. Da die 1991 erzielten zusätzlichen Reisenden aber kaum den Neubaustrecken einerseits und den neuen ICE-Zügen andererseits zuzurechnen sind, hilft diese Aussage für eine quantitative Betrachtung nicht weiter.

Die einzige quantitative Aussage in der ausgewerteten Literatur zum Thema "Preiselastizität der Nachfrage" fand sich in einer Untersuchung der IABG für das Bundesverkehrsministerium, in der Reisendenbefragungen durchgeführt wurden:

"Eine Auswertung der Reisendenbefragung im Personenverkehr ergibt, daß Pkw-Fahrer nur dann auf die Bahn überwechseln, sofern bei unveränderter Fahrzeit die Kosten der Bahnfahrt um 40% oder bei unveränderter Kostenrelation Pkw-/Bahnbenutzung die Fahrzeiten der Bahn um 30% reduziert würden."<sup>446</sup>

---

446) Abstein, G. / Heinrichsdorf, S. / Kreuz, D. (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH), Beförderungsqualität in der Bundesverkehrswegeplanung, in: Internationales Verkehrswesen 4/1991, S. 127

447) 40% (Fahrpreissenkung) liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie 30% (Fahrzeitverkürzung).

Die Aussagekraft dieses Umfrageergebnisses ist aus zwei Gründen eingeschränkt: Zum einen, weil bei einer Umfrage grundsätzlich nicht tatsächliche Einflußgrößen der Verkehrsmittelwahl erfaßt werden, sondern nur die Meinung der Verkehrsteilnehmer über die Einflußgrößen. Das heißt: Ob die Verkehrsteilnehmer wirklich so handeln, wie sie denken zu handeln, ist nicht gesichert. Zum anderen geht aus der Quelle nicht eindeutig hervor, ob mit der Fahrzeitreduzierung von 30% die Fahrzeiten des Zuges oder die Reisezeiten von Haus zu Haus gemeint sind. Es ist davon auszugehen, daß sich die befragten Personen dieses Unterschiedes gar nicht bewußt waren. Trotzdem dürfte diese Umfrage ein eindeutiges Ergebnis geliefert haben: Der Einfluß von Fahrpreissenkungen auf die Zahl der zusätzlichen Reisenden dürfte ähnlich bedeutend sein wie der von Reisezeitverkürzungen.<sup>447</sup>

Fahrpreiserhöhungen werden demnach auf Relationen, in denen die Fahrzeiten reduziert wurden, die zusätzlichen Reisenden etwa kompensieren. Dies entspricht wohl der Realität; denn mit der Einführung des ICE-Systems konnten nur in sehr geringem Umfang zusätzliche Reisende gewonnen werden:

Anzahl der werktäglichen IC/EC/ICE-Zugpaare vor und nach kompletter Einführung des ICE-Systems im Südosten Deutschlands:

	vor dem 1.6.91	nach dem 30.5.92
München – Stuttgart – Mannheim	18	31
München – Würzburg – Frankfurt	14	2
München – Würzburg – Hamburg	14	17
	—	—
Summe IC/EC/ICE-Züge	46	50

Die Anzahl der IC/EC/ICE-Züge ist nicht nennenswert gestiegen. Auch die Anzahl der Sitzplätze pro Zug hat sich nicht wesentlich geändert. Zwar sind die ICE-Einheiten teilweise länger als die bisher eingesetzten IC-Züge, dafür sind jedoch pro Wagen deutlich weniger Sitzplätze vorhanden. Der Zuwachs an Reisenden in Höhe von 13%<sup>448</sup> macht sich im wesentlichen durch eine höhere Auslastung der Züge bemerkbar, nicht aber durch eine größere Sitzplatzkapazität. Es ist zu vermuten, daß *den mit den Reisezeitverkürzungen gewonnenen Reisenden in gleicher Höhe ein Verlust an Reisenden wegen der höheren Fahrpreise gegenübersteht* und der Fahrgastzuwachs in Höhe von 13% auf andere Einflußgrößen (Neugierde, Exklusivität, Erscheinungsbild)<sup>449</sup> zurückzuführen ist.

Bedenkt man, daß derzeit rund 25% der Verkehrsleistung des deutschen Schienenpersonenfernverkehrs durch ICE-Züge abgedeckt wird, kann man leicht die durch das ICE-System

448) vgl. Schnell, Peter, Der Hochgeschwindigkeitsverkehr zwischen Wettbewerb und Kooperation, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 483

449) vgl. Umfrageergebnisse aus: Wiese, Josef / Menebröcker, Berthold, Ein Jahr InterCityExpress, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 494

450) ermittelt aus der westdeutschen Schienenpersonenfernverkehrsleistung von 1980 bis 1990. Vgl. Bundesminister für Verkehr, Verkehr in Zahlen, 21. Jahrgang, Bonn 1992, Seite 194 f.

gewonnenen zusätzlichen Reisenden ermitteln: Das sind 13% von 25% = knapp 3% *zusätzliche Reisende*. Da die natürliche Schwankung des Schienenpersonenfernverkehrs ohne Verbesserung des Angebotes (z. B. aufgrund von Konjunkturzyklen) schon im Bereich von 2 bis 7% pro Jahr liegt<sup>450</sup>, ist dieses Ergebnis alles andere als befriedigend. Es spricht also sehr viel dafür, daß niedrige Fahrpreise ein ähnlich wichtiges Angebotsmerkmal darstellen wie kurze Reisezeiten.

#### 4.1.3 Effizienz der Fahrpreissenkung im Vergleich zu Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung

Nachdem dargestellt wurde, daß nicht nur Reisezeitverkürzungen, sondern auch Fahrpreissenkungen der Gewinnung zusätzlicher Reisender dienen, stellt sich die Frage, welche der beiden Maßnahmen effizienter ist. Zur Beantwortung dieser Frage müssen für beide Maßnahmen die Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer ermittelt werden.

In der Einleitung zu Kapitel 4 wurde die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität mit 8 Pfennigen pro zusätzlichem Personenkilometer angegeben. Eine Fahrpreissenkung kann durch den Ansatz von Opportunitätskosten bewertet werden. Allerdings darf nicht argumentiert werden, daß einfach der Fahrpreis um 8 Pfennige pro Personenkilometer reduziert werden kann. Denn hier besteht ein Effekt der "Trittbrettfahrer", der sogenannte *Mitnahmeeffekt*. Senkt die Bahn ihren Fahrpreis um 8 Pfennige, so gewinnt sie damit zwar zusätzliche Reisende, wobei diese sogar die unmittelbar mit ihnen verbundenen Kosten<sup>451</sup> tragen. Doch die bisherigen Reisenden, die vorher schon die teureren Fahrkarten bezahlt hatten, nutzen jetzt als Trittbrettfahrer die niedrigen Fahrpreise, so daß der Bahn erhebliche Erlöse verloren gehen. Wie stark sich dieser Effekt auswirkt, hängt ab vom Verhältnis der bisherigen zu den zusätzlichen Reisenden. Dieses Verhältnis wird bestimmt durch die Preiselastizität der Nachfrage.

Um die Effizienz von Fahrpreissenkungen hinsichtlich der Erzielung zusätzlicher Reisender zu berechnen, muß eine bestimmte Preiselastizität der Nachfrage vorausgesetzt werden. Neben den konkreteren Berechnungen im nächsten Kapitel zur BahnCard ist eine weitere Quelle das erwähnte Umfrageergebnis (Kapitel 4.1.2), nach dem eine Reisezeitverkürzung von 30% zur gleichen Anzahl zusätzlicher Reisender führt wie eine Fahrpreissenkung von 40%.

Zuerst muß berechnet werden, wie viele zusätzliche Reisende mit einer Fahrzeitverkürzung von 30% gewonnen werden können. Bei einer durchschnittlichen Reiseweite von 287 km und einer Durchschnittsgeschwindigkeit des Fernverkehrszuges von 115 km/h beträgt die durchschnittliche Fahrzeit 2,5 Stunden. Die Reisezeit von Haus zu Haus ist etwa 1 1/4 Stunden länger. Für eine Reduzierung der Reisezeit von 3,75 Stunden um 30% sind 68 Minuten Fahrzeitverkürzung erforderlich.

---

451) von der Bereitstellung von Streckenkapazität einmal abgesehen

452) siehe Einleitung zu Kapitel 4, Ermittlung der Nachfrageelastizität bezüglich der Reisezeit

Eingesetzt in die Formel<sup>452</sup>

Reisende nach Reisezeitverkürzung =  $(1,0075)^{\text{Minuten Reisezeitverkürzung}}$

ist mit 66% zusätzlichen Reisenden zu rechnen. Nach dem Ergebnis der Umfrage müßte eine Fahrpreissenkung um 40% genauso zu 66% zusätzlichen Reisenden führen wie eine Reisezeitverkürzung um 30%. Das Verhältnis der Anzahl von bisherigen zu zusätzlichen Reisenden beträgt dann 100:66 bzw. 1,5:1.

Eine Senkung des Fahrpreises um 40% bedeutet bei einem durchschnittlichen Fahrpreis von 12,5 Pfennigen pro Personenkilometer eine Reduzierung um 5 auf 7,5 Pfennige. Wegen des Mitnahmeeffekts bezahlen die bisherigen Reisenden jetzt 5 Pfennige weniger. Rechnet man diesen entgangenen Erlös auf die zusätzlichen Reisenden um, so ergeben sich 7,5 Pfennige pro zusätzlichem Personenkilometer<sup>453</sup>. Dieser entgangene Erlös stellt ebenso Kosten dar wie z. B. die Kosten für Linienverbesserungen. Normalerweise dürfen aus einzelwirtschaftlicher Sicht Maßnahmen zur Gewinnung zusätzlicher Reisenden bis zu 8 Pfennigen pro zusätzlichem Personenkilometer<sup>454</sup> kosten. Aufgrund des gesenkten Fahrpreises liegt hier die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität nicht mehr bei 8, sondern bei 3 Pfennigen<sup>455</sup>. Da die entgangenen Erlöse 7,5 Pfennige pro zusätzlichem Personenkilometer betragen, wird der Staatshaushalt mit der Differenz 7,5 – 3 Pfennige belastet. Fahrpreissenkungen sind demnach ineffizienter als die zahlreichen in dieser Arbeit vorgestellten Reisezeitmaßnahmen, die an der Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität oder noch günstiger liegen.

Bedenkt man, daß die nach einer Fahrpreisreduzierung erwirtschafteten Beiträge für die Finanzierung der Fahrpreissenkung nur noch sehr gering sind und schließlich auch die für die zusätzlichen Reisenden bereitzustellenden Streckenkapazitäten mit 2 bis 4 Pfennigen<sup>456</sup> pro Personenkilometer berücksichtigt werden müssen, gilt es, Fahrpreissenkungen mit einem Bündel von Maßnahmen zur Senkung der Kosten pro Personenkilometer zu kombinieren – etwa durch die Schaffung zusätzlicher Streckenleistungsfähigkeit mittels Beschleunigung der Nahverkehrszüge oder CIR, durch Doppelstockzüge, aber auch durch eine bessere Auslastung der Züge.

---

453) 5 Pfennige mal dem Verhältnis bisherige:zusätzliche Reisenden

454) 12,5 Pfennige durchschnittlicher Fahrpreis – 4,5 Pfennige variable Kosten

455) 7,5 Pfennige Fahrpreis – 4,5 Pfennige variable Kosten

456) siehe Einleitung zu Kapitel 4, "Umrechnung von Sitzplatzkilometer in Personenkilometer"

457) "Knapp 15% der Käufer (der BahnCard, Anm.d.Verf.) hatten im Jahr zuvor keine Bahnreise im Fernverkehr – also über 100 km einfache Entfernung – angetreten." Schörcher, Friedrich, Fast alle wollen der BahnCard treu bleiben, in: Internationales Verkehrswesen 6/1993, S. 375

#### 4.1.4 Erfahrungen mit einer Fahrpreissenkung durch Einführung der BahnCard

Nach den "rosaroten" Angeboten und dem Super-Sparpreis stellt die Einführung der BahnCard eine weitere Maßnahme zur Fahrpreissenkung dar. Mit der einmaligen Zahlung von 220 DM in der zweiten und 440 DM in der ersten Klasse erhält der Fahrgast für ein Jahr 50% Fahrpreisermäßigung. Wird dieser einmalig zu zahlende Betrag auf die Personenkilometer umgelegt, so ergibt sich eine reale Fahrpreissenkung von weniger als 50%. Der Nachfrageeffekt dieser realen Preissenkung wird verstärkt durch eine psychologisch bedingte Verhaltensweise des Kunden, den einmalig zu zahlenden Betrag nicht mit der konkreten Bahnfahrt in Verbindung zu setzen. Der für den BahnCard-Besitzer vor dem Antritt einer Reise entscheidungsrelevante Fahrpreis ist daher sogar um 50% reduziert.

Die BahnCard führt auf zweierlei Weise zu zusätzlichen Personenkilometern:

- durch neu gewonnene Fahrgäste,<sup>457</sup>
- durch zusätzliche Fahrten bisheriger Bahnkunden.

Eine Umfrage ergab, daß diese bisherigen Bahnkunden vorher durchschnittlich 10 Reisen mit der Bahn pro Jahr gemacht haben und künftig 17 Reisen durchführen wollen.<sup>458</sup> Laut Auskunft des beauftragten Marktforschungsinstitutes<sup>459</sup> wurde den befragten Personen verdeutlicht, daß nur Reisen mit einfacher Entfernung von über 100 Kilometer gezählt werden; pro Reise errechnete das Institut 603 Kilometer als Durchschnittswert. Dies entspricht nahezu der in dieser Arbeit verwendeten durchschnittlichen Reiseweite im Schienenpersonenfernverkehr von 574 km<sup>460</sup>. Eine Unsicherheitsgröße dieser Datengrundlage ist die Frage, ob die Reisenden auch so handeln, wie sie denken. Als vorsichtige Schätzung wird daher weiterhin die durchschnittliche Reiseweite pro Hin- und Rückfahrt von 574 km angenommen.

Aus den veröffentlichten Zahlen lassen sich neue Erkenntnisse ableiten: Im Jahr 1996 werden sich die 5 Mio. BahnCard-Besitzer<sup>461</sup> aus 0,75 Mio. neuen Bahnkunden und 4,25 Mio. bisherigen Bahnkunden zusammensetzen. Es ergeben sich dann 39,9 Mio. zusätzliche Reisen pro Jahr:

- 0,75 Mio. neue Bahnkunden · 13,5 Reisen pro Jahr<sup>462</sup>,
- 4,25 Mio. bisherige Bahnkunden · (17 Reisen pro Jahr – 10 bisherige Reisen pro Jahr).

Vor Einführung der BahnCard unternahmen die bisherigen Bahnkunden 42,5 Mio. Reisen<sup>463</sup>.

---

458) Schörcher, a.a.O.

459) Link&Partner, Frankfurt/Main

460)  $2 \cdot 287 \text{ km}$

461) vgl. Schörcher, a.a.O.

462) geschätzter Mittelwert aus der bisherigen Anzahl von Reisen der alten Kunden und der höheren Anzahl von Reisen der alten Kunden mit BahnCard

463)  $4,25 \text{ Mio.} \cdot 10$

464) Preisstand 1993 23 Pfennige Normaltarif bzw. 13,7 Pfennige BahnCard-Tarif (ermittelt aus der Jahresfahrleistung des BahnCard-Besitzers von 9758 km)

Wie schon in Kapitel 4.1.3 ausgeführt, kann auch für die BahnCard ermittelt werden, wie hoch die Kosten für den zusätzlichen Personenkilometer liegen. Dazu muß die Anzahl der bisherigen Reisen (42,5 Mio.) mit der der zusätzlichen Reisen (39,9 Mio.) ins Verhältnis gesetzt werden. Dieses Verhältnis beträgt 1,07:1. Der durchschnittliche Fahrpreis beträgt beim Normaltarif (auf Preisstand 1989 umgerechnet) 20 Pfennige pro Personenkilometer und beim günstigeren BahnCard-Tarif 11,9 Pfennige<sup>464</sup>. Der Mitnahmeeffekt pro bisheriger Reise beträgt 8,1 Pfennige pro Personenkilometer<sup>465</sup>. Umgerechnet auf die zusätzlichen Reisen (Verhältnis 1,07 : 1) sind das 8,6 Pfennige. Diesen 8,6 Pfennigen an Kosten pro zusätzlichem Personenkilometer steht der zusätzliche Deckungsbeitrag gegenüber, der trotz des verringerten Fahrpreises immer noch bei jedem zusätzlichen Personenkilometer erzielt wird. Dieser beträgt pro zusätzlichem Personenkilometer 7,4 Pfennige<sup>466</sup>. Die Differenz in Höhe von 1,2 Pfennigen pro zusätzlichem Personenkilometer<sup>467</sup> muß über den Staatshaushalt ausgeglichen werden. Demnach ist die Effizienz der Fahrpreisreduzierung durch die BahnCard vergleichbar mit Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung, bei denen die Linienminute etwas unter einer Million DM pro Jahr kostet.

Diese knapp verfehlte Eigenwirtschaftlichkeit der BahnCard bedeutet nicht, daß dadurch weniger Geld in die Kassen der Bahn fließt. Vielmehr sind höhere Erlöse zu erzielen als ohne Einführung der BahnCard. Berücksichtigt man aber die mit den zusätzlichen Reisen längerfristig verbundenen zusätzlichen Kosten, ergibt sich die erwähnte fehlende Kostendeckung. Denn auf Dauer wird für die höhere nachgefragte Verkehrsleistung zusätzliche Fahrzeug- und Streckenkapazität bereitgestellt werden müssen. Wenn die Fahrpreisreduzierung durch die BahnCard von Maßnahmen zur Senkung der Kosten pro Sitzplatzkilometer begleitet wird, dann läßt sich sehr schnell die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität erreichen.<sup>468</sup>

## 4.2 Preisdifferenzierung

Preisdifferenzierung bedeutet "gleichartige Leistungen zu unterschiedlichen Preisen anbieten"<sup>469</sup>. Für eine solche Differenzierung sind grundsätzlich mehrere Arten von Tarifen als Gegensatzpaare denkbar:<sup>470</sup>

465) 20 Pfennige – 11,9 Pfennige

466) 11,9 Pfennige Fahrpreis BahnCard – 4,5 Pfennige unmittelbar mit dem zusätzlichen Personenkilometer verbundene Kosten

467) 9,5 Pfennige Kosten Mitnahmeeffekt – 7,4 Pfennige zusätzlicher Deckungsbeitrag

468) Die unmittelbar mit dem zusätzlichen Personenkilometer verbundenen Kosten in Höhe von 4,5 Pfennigen müßten um 1,2 Pfennige (um 27%) reduziert werden.

469) Kaspar, Claude, Verkehrswirtschaftslehre im Grundriß, Bern 1977, S. 126

470) vgl. hierzu Oettle, Karl, Elemente von Personenverkehrstarifen, in: Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Forschungs- und Sitzungsberichte Bd. 120, Hannover 1977, S. 3 ff.

471) vgl. Oettle, a.a.O.

- Beförderungsfalltarife, Pauschaltarife (Grundtarife),
- Zu- und Abschläge zum Beförderungsfalltarif,
- Hauptleistungstarife, Nebenleistungstarife,
- Hauptbenutzertarife, Mitbenutzertarife.

Des weiteren können Tarife

- entfernungsabhängig oder entfernungsunabhängig,
- zeitlich differenziert
- und räumlich differenziert werden.

Dabei können Tarife nachfrageelastizitätsorientiert oder kostenorientiert gebildet werden.<sup>471</sup>

#### 4.2.1 Ziele der Preisdifferenzierung

Mit einer Preisdifferenzierung können drei Ziele verfolgt werden:

- (1) Erhöhung der durchschnittlichen Auslastung, d. h. gleichmäßigere Auslastung der Züge;
- (2) Maximierung der Erlöse durch eine Ausnutzung der unterschiedlichen Preiselastizitäten verschiedener Nachfragergruppen, das bedeutet Minimierung der entgangenen Erlöse infolge des Mitnahmeeffekts;
- (3) Gewinnung zusätzlicher Reisender durch Senkung der entscheidungsrelevanten variablen Kosten für die Reisenden.

(zu 1) Wenn die *Auslastung* erhöht wird, ohne daß die Wahrscheinlichkeit der Überfüllung zunimmt, so steigt die Effizienz des Gesamtsystems Schienenpersonenfernverkehr proportional zur Auslastung. Durch Abb. 4 (Input- und Outputgrößen) wird verdeutlicht, daß eine erhöhte Auslastung jedes nur erdenkliche marktliche oder staatspolitische Effizienzkriterium des Schienenpersonenfernverkehrs proportional verbessert. Der Optimierung der Auslastung kommt demnach eine Schlüsselrolle für die Effizienz des Schienenpersonenfernverkehrs zu, vergleichbar mit der Raumausnutzung innerhalb der Personenwagen (Kapitel 3.2.2.). Eine erhöhte Auslastung der Züge ist gleichermaßen einzelwirtschaftlich wie gesamtwirtschaftlich von Bedeutung.

(zu 2) Bei den entgangenen Erlösen durch Mitnahmeeffekte spricht man in der Volkswirtschaftslehre von der *Konsumentenrente*. Dies ist hier die Differenz zwischen dem Fahrpreis, den der Fahrgast zu zahlen bereit wäre, und dem niedrigeren Fahrpreis, den er bezahlen muß.

(zu 3) Das dritte Ziel, die Gewinnung zusätzlicher Reisender durch Senkung der entscheidungsrelevanten variablen Kosten der Reisenden, macht sich eine psychologisch bedingte Verhaltensweise zunutze, die letztlich auch für den Erfolg des Autos mitverantwortlich ist: Kosten, die der Reisende nicht unmittelbar mit einer Einzelfahrt in Verbindung bringt, also

---

472) vgl. Becker, Karl-Heinz, Jede Leistung hat ihren Preis, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 500

für die Anschaffung des Pkws, für die Tankfüllung oder für die BahnCard, werden bei der Wahl des Verkehrsmittels nicht als Entscheidungskriterium mit einbezogen, sondern den allgemeinen Kosten der Lebenshaltung zugeordnet. Würde das Auto nur dann fahren, wenn man in einen Schlitz ständig Bargeld stecken müßte, ließen die Benutzer das Auto häufiger in der Garage.

Das Ziel (1) einer besseren Auslastung der Züge schafft mehr Verkehrsleistung und ermöglicht so in Kombination mit der Gewinnung zusätzlicher Reisender mehr Reisende bei gleichen Kosten, da die quantitative angebotene Verkehrsleistung (Sitzplatzkilometer) nicht erhöht werden muß. Dagegen erhöht das Ziel (2) einer Minimierung der Konsumentenrente nur die Erlöse pro Personenkilometer, schafft aber keine zusätzlichen Reisenden; demnach trägt dieses Ziel nur zur Entlastung des Staatshaushalts bei. Entsprechend der Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr ist das Ziel (2) der Maximierung der Erlöse, d. h. des Umsatzes ( $\text{Preis} \cdot \text{Menge}$ ), nicht so bedeutsam wie das Ziel (3) der Gewinnung zusätzlicher Reisender (Menge).

#### **4.2.2 Zielkonformität der für eine Preisdifferenzierung denkbaren Tarifarten**

*Pauschaltarife* (Grundtarife) sind beispielsweise Wochen-, Monats- und Jahreskarten. Mit der BahnCard haben die Deutschen Bahnen das erste Mal für alle Kundengruppen Pauschaltarife mit Beförderungsfalltarifen kombiniert. Interessant ist hierbei, daß die Schweizer Bundesbahnen das vergleichbare Angebot "Halbpreis-Paß" aus staatspolitischen Gründen zur Gewinnung zusätzlicher Reisender eingeführt hatten, während die Deutschen Bahnen die BahnCard erst realisierten, nachdem Beratungsinstitute einzelwirtschaftlich relevante Mehrerlöse durch die Einführung der BahnCard prognostiziert hatten. Zur Begründung von Pauschaltarifen kann nicht die Bevorzugung von Vielfahrern angeführt werden, zumal gerade die Vielfahrer (Wochenpendler, Geschäftsreisende) die Fernverkehrszüge häufig zur Hauptverkehrszeit belegen, was zu einer unausgeglichener Auslastung führt. Pauschaltarife sind nur durch das dritte Ziel "Senkung der entscheidungsrelevanten variablen Kosten der Reisenden" zu rechtfertigen, um so zusätzliche Reisende zu gewinnen oder um Transaktionskosten bei Vielfahrern einzusparen.

*Zuschläge* zum Beförderungsfalltarif sind bei den Deutschen Bahn vor allem für den IC- und EC-Verkehr üblich, während für die ICE-Züge eigene, meist höhere Beförderungsfalltarife gelten. Zuschläge sollen verhindern, daß Tagespendler über relativ kurze Distanzen nicht den Langstreckenfahrern im IC-Zug den Sitzplatz wegnehmen. Ob Zuschläge im IC-Verkehr grundsätzlich sinnvoll sind, ist jedoch fraglich. So sind zwischen Augsburg und München die IC-Züge der Relation München – Frankfurt/Main zur täglichen Nahpendler-Hauptverkehrszeit nicht immer ausgelastet, während in der gleichen Relation eigene Pendlerzüge eingesetzt werden müssen, die den ganzen Tag über vorgehalten werden. Im übrigen ist der herkömmliche IC-Zug hinsichtlich der Kosten pro Sitzplatzkilometer aufgrund der schnellen Umläufe der kostengünstigste Zug der Deutschen Bahn. Ein noch aufnahme-

fähiger IC-Zug könnte daher durchaus für Kurzstreckenpendler "zweckentfremdet" werden. Allerdings müßte durch ein freiwilliges Reservierungssystem die Verdrängung der Langstreckenreisenden verhindert werden. Das ist dadurch vorstellbar, daß Reservierungen (siehe Kapitel 4.3.1) wie beim TGV auf unbürokratische Weise bis unmittelbar vor Abfahrt des Zuges am Bahnsteig durchgeführt werden können. Eine solche Reservierung sollte nur für Entfernungen über 100 km möglich sein. Wenn abzusehen ist, daß der Zug auf der gesamten Fahrtstrecke nicht ausgelastet sein wird, dann könnte durch einen entsprechenden Hinweis am Bahnsteig auf die nicht nötige Reservierung hingewiesen werden. Falls Fahrgäste bei Überfüllung zum Stehen gezwungen werden, wären dies immer die Kurzstreckenfahrer mit einer Fahrtlänge von unter 100 km.

*Nebenleistungstarife* spielen zur Erreichung der erwähnten drei Ziele nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich im Rahmen komfortrelevanter Zusatzleistungen hat die absolute Höhe von Nebenleistungstarifen eine Bedeutung. So stellt sich die Frage, ob Nebenleistungen wie die Bewirtung im Speisewagen unter Berücksichtigung allein der variablen Kosten entgolten werden sollten. Da der Koffertransportservice von Haus zu Haus (siehe Kapitel 4.3.3) in der Lage ist, ein wesentliches fehlendes Komfortmerkmal gegenüber dem Auto zumindest teilweise wettzumachen, könnte man sich für diese Nebenleistung auf eine Schutzgebühr beschränken.

*Mitbenutzertarife* sind prinzipiell ein geeignetes Mittel, unterschiedliche Preiselastizitäten der Nachfrage von verschiedenen großen Nachfragergruppen auszunutzen. Eine Gruppe von fünf Reisenden wird aufgrund der Möglichkeit der kostengünstigen Selbstbedienung mit nur *einem* Pkw die Bahn nur dann benutzen, wenn sie deutlich preisgünstiger ist, als wenn die fünf Reisenden unabhängig voneinander die Reise mit der Bahn antreten würden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob es überhaupt zielführend ist, eine solche Reisegruppe zu umwerben. Wenn sie zur Hauptverkehrszeit die Bahn benutzen will, müßte für diese zusätzlichen Reisenden mehr Kapazität im Gesamtsystem (mehr Streckenleistungsfähigkeit, zusätzliche Fahrzeuge) bereitgestellt werden. Wie in Kapitel 3.2.3 dargestellt wurde, liegen die Selbstkosten pro Personenkilometer im Schienenpersonenfernverkehr bei einer Auslastung von 50% in einer Größenordnung von 6,5 bis 9,5 Pfennigen – von besonders teuren Neubaustrecken einmal abgesehen. Das zeigt, daß zumindest aus einzelwirtschaftlicher Sicht niedrigen Mitbenutzertarifen enge Grenzen gesetzt sind. Hinzu kommt, daß die gesamtwirtschaftlichen Vorteile der Beförderung einer Fünfergruppe mit der Bahn statt mit dem Pkw weitaus geringer sind als bei der Beförderung von Einzelreisenden.

Mitbenutzertarife sollten für die erste Klasse nicht angeboten werden, da bei Geschäftsreisenden in hohem Maße Mitnahmeeffekte entstehen dürften.

*Entfernungsunabhängige Tarife* sind bei der Deutschen Bundesbahn seit den "rosaroten" Angeboten bekannt. Nicht die entfernungsabhängigen, sondern die entfernungsunabhängigen Tarife stellen eine Preisdifferenzierung dar. Der entfernungsunabhängige Spar- und Supersparpreis bietet dem Langstreckenfahrer besonders günstige Fahrpreise pro Kilometer: Der Super-Sparpreis (des Jahres 1989) ermöglichte die Hin- und Rückfahrt von Garmisch-Partenkirchen nach Flensburg für nur 132 DM. Bei rund 2000 Kilometer Fahrtstrecke sind

das lediglich 6,6 Pfennige pro Personenkilometer – das entspricht rund der Hälfte des durchschnittlichen Fahrpreises von 12,5 Pfennigen und lediglich etwa einem Drittel des Normalfahrpreises. Es stellt sich die Frage, warum Langstreckenfahrer in diesem hohen Maße bevorzugt werden sollen. Sicherlich sind mit jedem Reisenden fixe Kosten (beispielsweise Fahrkartenverkauf) verbunden. Da sich jedoch der Reisende im Unterschied zu Gütern selbst verlädt, sind diese entfernungsunabhängigen Kosten zu vernachlässigen. Beim Pkw sind die entscheidungsrelevanten Kosten ebenfalls entfernungsabhängig, so daß die Bahn keine unterschiedlichen Nachfrageelastizitäten ausnutzen kann. Eine gleichmäßigere Auslastung durch mehr Langstreckenreisende wird nicht erreicht, da gerade diese Reisenden fast immer die hoch belasteten Mittelabschnitte des deutschen IC-Netzes frequentieren. Eine Zielkonformität entfernungsunabhängiger Tarife kann demnach nicht festgestellt werden.

*Zeitlich differenzierte Tarife* sind ein wichtiges Mittel zur gleichmäßigeren Auslastung der Züge. Aufgrund der Kostenstruktur im Schienenpersonenfernverkehr mit hohen fixen Kosten ist es abwegig, Zuggarnituren für die Hauptverkehrszeit bereitzuhalten. Es kann lediglich überlegt werden, ob der Zeitpunkt der Wartung so mit den Hauptverkehrszeiten abgestimmt werden kann, daß die bislang in der Hauptverkehrszeit gewarteten Züge zusätzlich zur Verfügung stehen. So lassen sich kurzzeitig vielleicht 10% höhere Sitzplatzkapazitäten bereitstellen. Die hohen fixen Kosten bedeuten, daß die Anschaffung von ICE-Triebzügen in Halblänge (1 Triebkopf, 5 bis 6 Mittelwagen, 1 Steuerwagen) dann wenig sinnvoll ist, wenn zwei solche zusammengekoppelte Halbzüge nur zur Hauptverkehrszeit eingesetzt werden und in der übrigen Zeit einer der beiden Halbzüge ungenutzt ist. Letztlich werden dabei nur Strom- und Wartungskosten eingespart (rund 1 Pfennig pro Sitzplatzkilometer). Vielmehr empfiehlt es sich, eine kontinuierliche Sitzplatzkapazität anzubieten. Um diese Kapazität besser auszulasten, ist aufgrund der geringen variablen Kosten ein sehr niedriger Fahrpreis einzel- und gesamtwirtschaftlich zu Schwachlastzeiten empfehlenswert. Dabei darf der Preis aus einzelwirtschaftlicher Sicht nur nicht unter die variablen Kosten (Grenzkosten) sinken.

Durch eine zeitliche Differenzierung der Preise wird eine teilweise bessere Ausnutzung der Nachfrageelastizitäten unterschiedlicher Nachfragergruppen erreicht. So sind Geschäftsreisende auf bestimmte Zeitlagen angewiesen, während die hinsichtlich der Höhe des Fahrpreises empfindlicheren Privatreisenden auf Zeitlagen mit niedrigeren Preisen ausweichen können. Der Mitnahmeeffekt tritt kaum auf, da die Geschäftsreisenden nur in seltenen Fällen die Züge in preisgünstigen Zeitlagen benutzen werden.

Die Deutsche Bundesbahn hat durch Umfragen festgestellt, daß 51% bis 66% der Reisenden, die günstigere Tarife in Anspruch nehmen, bei der Wahl des Reisetags flexibel sind.<sup>472</sup> Eine Wirkung zeitlich differenzierter Tarife ist somit gewährleistet.

---

473) Zusätzliche IC-Linien erfordern zum Teil Streckenkapazitäten, die derzeit nicht vorhanden sind. So ist z. B. eine Verstärkung der Relation Stuttgart – Frankfurt/Main kurzfristig problematisch, da zwischen Mannheim und Frankfurt die Bahnstrecken überlastet sind.

*Räumlich differenzierte Tarife* werden häufig als "Loko-Tarife" (von Ort zu Ort) realisiert: Aus Preistabellen sind feste Fahrpreise von Ort zu Ort ersichtlich. Solche Tarife können genauso wie die zeitlich differenzierten Tarife zu einer gleichmäßigeren Auslastung der Züge beitragen. Der Grundgedanke einer solchen räumlichen Differenzierung ist, daß entsprechend der örtlich unterschiedlichen Attraktivität des Verkehrsmittels Bahn und seiner Konkurrenten räumlich verschiedene Nachfrageelastizitäten vorliegen. Die zeitliche Differenzierung ist jedoch wichtiger als die räumliche. Denn längerfristig dürften zusätzliche Fernverkehrslinien in den besonders stark frequentierten Relationen zielführender sein als entsprechend höhere Fahrpreise.<sup>473</sup> So ist es beispielsweise längerfristig vorstellbar, in Stuttgart eine zusätzliche ICE-/IC-Linie in Richtung Norden beginnen zu lassen. Auf diese Weise wird in Relationen, auf denen die Bahn besonders attraktiv ist (etwa Stuttgart – Frankfurt/Main), bei nicht erhöhten Preisen ein wesentlich höherer Marktanteil erreicht, während ein höherer Fahrpreis zwar die Erlöse, nicht aber die Zahl der Reisenden erhöht.

#### **4.2.3 Gedanken zu einem zielführenden Tarifsystem im Schienenpersonenfernverkehr**

Wie im letzten Kapitel beschrieben, sind differenzierte Preise ein wesentliches Mittel zur Steigerung der Effizienz im Schienenpersonenfernverkehr. Doch ob möglichst viele Tarifarten zur Erreichung der Ziele eingesetzt werden sollten, erscheint höchst fraglich. "In absatzwirtschaftlicher Hinsicht besteht oft ein Widerspruch zwischen dem Kriterium der Praktikabilität von Tarifen und Tarifgebäuden für den Kunden und dem Kriterium der möglichst guten Ausschöpfung der marktlichen Möglichkeiten. Tarife und Tarifgebäude lassen sich um so leichter von Kunden handhaben, je einfacher sie sind. Ihre Praktikabilität für den Kunden wirkt werbend, ihre Impraktikabilität für ihn abstoßend (...)." <sup>474</sup>

---

474) Oettle, Elemente von Personenverkehrstarifen, a.a.O., S. 15

475) Dies ist eine Farben-Symbolik, die der Bedeutung der Farben im täglichen Leben und insbesondere im Straßenverkehr entspricht.

Nach den vorangegangenen Überlegungen können die einzelnen Tarifarten hinsichtlich der Eignung zur Erreichung von Zielen der Preisdifferenzierung bewertet werden.

A = stark zielführend

B = leicht zielführend

C = nicht zielführend

Pauschaltarife (Grundtarife)	B
Zuschläge	C
Nebenleistungstarife	B
Mitbenutzertarife	B
Entfernungsunabhängige Tarife	C
Zeitlich differenzierte Tarife	A
Räumlich differenzierte Tarife	B

Zuschläge und entfernungsunabhängige Tarife sollten nicht weiter verfolgt werden. Im Mittelpunkt eines effizienten Tarifsystems sollte die *zeitliche Differenzierung* stehen, eventuell kombiniert mit einer räumlichen. Ergänzend hierzu können Mitbenutzer- und Pauschaltarife eingesetzt werden. Die derzeitige ICE-Tarifpolitik, die längerfristig auch bei anderen Zuggattungen angewendet werden soll, stellt als Loko-Tarif die räumliche Differenzierung in den Mittelpunkt. Dieser Ansatz ist zwar grundsätzlich zielkonform, doch sollte die zeitliche Differenzierung das zentrale Element eines Fernverkehrstarifes sein.

Wie schon erwähnt, muß die Praktikabilität eines möglichen Tarifsystems gewahrt bleiben, andererseits sind zu grobe Differenzierungen auch nicht empfehlenswert. So ist es sicher nicht sinnvoll, wenn am Samstag die Züge völlig überfüllt sind, weil dann der Super-Sparpreis Gültigkeit besitzt. Eine feinere Anpassung der Preise an die Nachfrage ist hier erforderlich. Für die Entscheidung, ob die mit "B" eingestuften, nur gering zielführenden Tarifarten überhaupt angewendet werden sollen, muß der Aspekt der Praktikabilität berücksichtigt werden.

Der folgende Vorschlag erhebt nicht den Anspruch, bereits ein ausgereiftes Tarifkonzept darzustellen. Trotzdem dürfte dieser Vorschlag gegenüber den bisher in Deutschland realisierten Lösungen einige Vorteile bringen.

#### *Tarifsystem mit drei Preisstufen und dreifarbig gedruckten Fahrplänen*

Um eine zeitliche und eine räumliche Differenzierung zu erreichen, ohne einen "Tarifdschungel" entwerfen zu müssen, ist es vorstellbar, das Kursbuch dreifarbig zu drucken. Unterschieden werden schwarze (normale), rote (teure) und grüne<sup>475</sup> (billige) Züge. Jede Farbe entspricht einem anderen Kilometerpreis. Für die zur Diskussion stehenden IC/ICE- und IR-Linien müssen Wochentage, die sich hinsichtlich des Reisendenaufkommens stark unterscheiden, eigene Fahrplantabellen erhalten:

---

476) separate Seiten für bestimmte Wochentage und drei verschiedene Farben

- Sonntag
- Montag
- Dienstag bis Donnerstag
- Freitag
- Samstag.

Am linken Rand, wo bisher nur die Entfernung in Kilometern abgedruckt wurde, befindet sich pro Zeile noch eine grüne, eine schwarze und eine rote Zahl. Diese gibt den Fahrpreis für grüne, schwarze bzw. rote Verbindungen jeweils von Station zu Station an. Wenn beispielsweise ein Fahrgast von München nach Mannheim fahren will, dann muß er die seinem Zug entsprechenden farbigen Zahlen aufaddieren. Damit dies möglichst einfach ist, sollten die von Station zu Station angegebenen Fahrpreise auf 1 DM auf- bzw. abgerundet werden. Falls sich der Fahrgast nicht die Mühe machen will, die Preise möglicher Zugverbindungen exakt aufzuaddieren, so ist er doch in der Lage, visuell den günstigsten Zug herauszufinden, da er erkennen kann, welche Farbe für jeden Zug überwiegt.

### *IC München - Stuttgart - Frankfurt*

#### Dienstag, Mittwoch, Donnerstag

Fahrpreis			IC123	IC456	IC789	IC457	
7	12	17	München	05.51	06.08	06.51	07.08
10	17	24	Augsburg	06.17	06.36	07.17	07.36
11	19	26	Ulm	06.59	07.18	07.59	08.18
13	22	30	Stuttgart	07.58	08.17	08.58	09.17
9	16	22	Mannheim	08.40	08.52	09.40	09.52
			Frankfurt	09.15		10.15	

Abb. 26: Fahrplan mit drei Preisstufen

Besonders praktikabel ist ein solches System in Verbindung mit den neueren Medien Btx und Personalcomputer, da diese Medien die Mehrinformation<sup>476</sup> gegenüber einem normalen Kursbuch ohne separate Seiten für einzelne Wochentage leicht bewältigen. Das schon existierende Softwareprogramm "Elektronische Städteverbindungen Deutschland"<sup>477</sup> könnte ohne großen Aufwand gleich die Fahrpreise ermitteln.

Wie stark die "grünen, schwarzen und roten Preise" differenziert werden sollen, hängt ab von den Nachfrageelastizitäten. Diese sind nur durch Erfahrungswerte optimal zu bestimmen. Vorstellbar wären beispielsweise Kilometerpreise von 12 Pfennig für die grüne, 20 Pfennig für die schwarze und 28 Pfennig für die rote Preisstufe.

477) vgl. lose Werbebeilage im Kursbuch der Bahn

478) Zum Thema "Mobiles Terminal" siehe: Breidenstein, Erich / Fehrmann, Rainer, Verkaufselektronik im mobilen Einsatz, in: Die Deutsche Bahn 8/1992, S. 829 ff.

Wenn in einer Relation ein Zug zu einer bestimmten Tages- und Wochenzeit regelmäßig überfüllt ist, dann wird er im nächsten Fahrplan eine Preisstufe höher gestuft. Ist der Zug nur schwach belegt, wird er abgestuft. Dies erfordert eine möglichst kontinuierliche Erfassung der Fahrgastzahlen über die Fahrkartenausgabe und über die Überprüfung der Fahrkarten im Zug. Die Ausstattung der Schaffner im Zug mit tragbaren Computern ("Mobiles Terminal") ist schon angelaufen<sup>478</sup>. Die Koppelung der Erfassung von Fahrgastzahlen mit der Auswahl der Preisstufen ließe sich – nach einer gewissen Anlaufphase – über Softwareprogramme automatisch herstellen. Das heißt: Ist ein Zug nachhaltig überfüllt oder besonders schlecht ausgelastet, führt dies automatisch zu einer entsprechenden Änderung der Farbe im nächsten Fahrplan.

Der Nachteil eines solchen zeitlich differenzierten Tarifsystems ist, daß eine spontane Änderung des Reiseterrains oder eine Unterbrechung der Reise zu einem veränderten Fahrpreis führt. Die Flexibilität des Reisenden bleibt gewahrt, indem ein neues Fahrkartensystem auf der Basis von Plastikkarten eingeführt wird: Der Schaffner bucht über das Mobile Terminal<sup>479</sup> den Differenzbetrag auf die Plastikkarte bzw. bucht von der Plastikkarte ab. Die Deutsche Bahn AG plant ohnehin, die BahnCard-Plastikkarte in Zukunft mit solchen Funktionen auszustatten<sup>480</sup>. Für die gelegentlich fahrenden Bahnkunden ohne Plastikkarte könnte für das Nachzahlen bzw. für die Herausgabe von Geld durch den Schaffner eine Bearbeitungsgebühr von 1 DM berechnet werden.

Die dreifarbige Darstellung des Fahrplans ist für den Kunden gegenüber reinen Loko-Tarifen transparenter und erscheint ihm "gerechter", während Loko-Tarife dem Kunden wie eine "Black Box" vorgesetzt werden, deren Zustandekommen er nicht nachvollziehen kann. Bedenkt man noch, daß Loko-Tarife keine zeitliche Differenzierung ermöglichen und daß die zeitliche Differenzierung die zielführendste Eigenschaft eines Tarifes im Schienenpersonenfernverkehr ist, dürfte das hier vorgestellte Tarifsystem wesentlich zweckmäßiger sein.

Ergänzt werden könnte ein solches zeitlich und räumlich fein differenzierendes Tarifsystem durch weitere Tarifelemente. Da Mitbenutzertarife nur wenig zielführend sind, sollten sie aus Gründen der Praktikabilität des Tarifsystems eventuell ganz aufgegeben werden. Die BahnCard kann eine sinnvolle Ergänzung dieses Tarifsystems sein, wobei sich der Fahrpreis jeder Preisstufe halbiert. Ein Preis von 6 statt 12 Pfennigen pro Personenkilometer ist bei "grünen Zügen" einzelwirtschaftlich noch interessant.

Es ist gut vorstellbar, daß ein solches Tarifsystem nach mehreren Iterationsschritten von jeweils einem Jahr eine durchschnittliche Auslastung der Züge von 75% bis 80% ermöglicht, ohne daß die Anzahl überfüllter Züge zunimmt. Gegenüber der heutigen durchschnittlichen Auslastung von 40% bis 60% wäre das eine quantitativ herausragende Effizienzstei-

---

479) vgl. Breidenstein, a.a.O.

480) vgl. Schörcher, a.a.O., S. 375

481) vgl. Wiese, Josef / Menebröcker, Berthold, Ein Jahr InterCityExpress, in: Die Deutsche Bahn 5/1992, S. 495, Abb. 9

gerung des Schienenpersonenfernverkehrs, zumal eine erhöhte Auslastung die Werte aller denkbaren Effizienzkriterien verbessert.

Die Übertragung eines solchen Tarifsystems auf den Nahverkehr ist nicht sinnvoll, da nur eine Minderheit von Fahrgästen im Nahverkehr bei der Wahl des Zeitpunkts der Fahrt flexibel ist und so eine zeitliche Differenzierung weitgehend wirkungslos wäre. Im übrigen ist es kaum vorstellbar, im Kursbuch sämtliche Fahrplantabellen für fünf verschiedene Tage pro Woche auszudrucken.

### 4.3 Komfort

Neben den Angebotsmerkmalen Reisezeit und Fahrpreis als wichtigsten Einflußgrößen der Verkehrsmittelwahl bestehen noch einige weitere qualitative Angebotsmerkmale (vgl. Abb. 4, Input- und Outputgrößen), wobei in diesem Kapitel nur das erste qualitative Merkmal behandelt wird:

- Komfort incl. Vermeiden von Überfüllung,
- Anschlußgestaltung,
- Erreichbarkeit des Fernverkehrszuges bzw. des Bahnhofs,
- Erreichbarkeit/Einfachheit der Information,
- Takt,
- Pünktlichkeit.

Die *Erreichbarkeit des Fernverkehrszuges* wurde schon in Kapitel 3.3.3.3 unter dem Thema "Reisezeitverkürzung" behandelt, ebenso die *Anschlußgestaltung* zwischen den Fernverkehrszügen. Wie in Kapitel 2.3.4.2 beschrieben, lassen sich die Maßnahmen zur Verbesserung von *Takt und Pünktlichkeit* durch die Messung der Streckenleistungsfähigkeit bewerten. *Komfort* incl. dem Vermeiden von Überfüllung soll in diesem Kapitel behandelt werden. Das nächste Kapitel wird sich dann mit der *Information* des Fahrgastes vor dem Reiseantritt beschäftigen.

Komfort kann nicht nur als Fahrkomfort, sondern auch als Komfort innerhalb der gesamten Zeitspanne der Reise von Haus zu Haus gesehen werden. Da der Komfort öffentlicher Nahverkehrsmittel nicht behandelt werden soll, verbleibt

- der Komfort im Fernverkehrszug,
- der Komfort in den Bahnhöfen.

Hinzu kommt noch ein Aspekt, der für den Komfort der gesamten Reise von Haus zu Haus von Bedeutung ist: die Gepäckbeförderung.

### 4.3.1 Komfort im Fernverkehrszug

Bestimmende Faktoren für den Komfort im Fernverkehrszug sind

- Raum pro Sitzplatz, Gestaltung des Sitzplatzes,
- Auslastung bzw. Grad der Überfüllung,
- Verpflegung,
- Sauberkeit,
- Beleuchtung,
- Klimatisierung,
- Höflichkeit des Personals,
- Gepäckaufbewahrung.

Bei den letzten fünf Punkten sind Verbesserungen nicht dringend erforderlich, da hier in den letzten Jahren schon Fortschritte erzielt wurden. So sind inzwischen sämtliche IC-Linien mit modernen, klimatisierten Wagen ausgestattet. Die Ausbildung des Personals wurde verbessert. In Umfragen der Bahn<sup>481</sup> bewerten die Fahrgäste die fünf letztgenannten Punkte im Durchschnitt als "gut".

#### *Raum pro Sitzplatz*

Dem Raum pro Sitzplatz muß besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, da einerseits mehr Sitzplätze pro Wagen die Kosten pro Sitzplatz drastisch senken, andererseits mit einer engen Bestuhlung wie etwa in Bussen oder Flugzeugen ein wichtiger Vorteil der Bahnreise verloren ginge.

Bei der erwähnten Umfrage stellte sich heraus, daß die Beinfreiheit im ICE gegenüber dem IC in beiden Wagenklassen etwas schlechter bewertet wird, obwohl im ICE pro Sitzplatz wesentlich mehr Raum zur Verfügung steht als im IC. Das heißt: Im ICE ist es "gelungen", die verfügbaren 30%<sup>482</sup> zusätzlichen Raum pro Sitzplatz so zu verwenden, daß der Fahrgast daraus kaum einen Nutzen ziehen kann und die effektive Beinfreiheit sogar teilweise geringer ist als in Nahverkehrszügen (vgl. vis-a-vis-Bestuhlung, Kapitel 3.2.2.1). Dies zeigt, daß die Größe des Raumes pro Sitzplatz keinen unmittelbaren Einfluß auf den Komfort hat. Betrachtet man die konkurrierenden Verkehrsmittel Auto und Flugzeug, die über wesentlich weniger Raum pro Sitzplatz verfügen, so wird klar, daß die Bahn keine hohe Nachfrageelastizität hinsichtlich des Raumangebots erwarten kann. Das im herkömmlichen IC erreichte Platzangebot dürfte gegenüber Auto und Flugzeug ohnehin schon "konkurrenzlos" großzügig sein. Es gilt daher, diesen Raum pro Sitzplatz künftig konstant zu halten und gleichzeitig möglichst intelligent zu nutzen.

---

482) 20 cm größere Wagenbreite, 66 statt 80 Sitzplätze pro Wagen

483) Im dänischen IC3 sind LCD-Anzeigen an jedem Sitz schon realisiert. LCD-Anzeigen sind kostengünstig in der Herstellung und benötigen nur sehr wenig Energie; sie werden in Digitaluhren und Taschenrechnern verwendet.

## *Reservierung*

Wie im Kapitel zur Preisdifferenzierung schon erwähnt, sollten Zuschläge, die die Kurzstreckenfahrer vom Fernverkehrszug abhalten sollen, abgeschafft werden und stattdessen mit der Reservierung den Langstreckenreisenden ein Sitzplatz garantiert werden können. Es stellt sich die Frage der organisatorisch-technischen Realisierung eines effizienten Reservierungssystems sowie die der Reservierungspflicht.

Gegen eine Reservierungspflicht kann das Argument vorgebracht werden, daß dadurch die Möglichkeit zum spontanen Fahrtantritt – wie beim Konkurrenten Auto – verloren geht. Die Garantie für einen Sitzplatz kann jedoch nur mit Reservierung gewährt werden. Es spricht daher einiges dafür, die *freiwillige* Reservierung weiter auszubauen. Dies kann erreicht werden, indem wie beim TGV bis 5 Minuten vor Abfahrt des Zuges, oder noch besser, bis zur Abfahrt des Zuges, eine Reservierung möglich ist. Hierfür sind als Ergänzung zu den bisherigen Möglichkeiten der Reservierung am Bahnsteig Automaten aufzustellen, und zwar am besten gleichmäßig verteilt über die gesamte Länge des Bahnsteigs. Der Zentralrechner sollte einen Sitzplatz buchen, der sich möglichst nahe am Standort des Reservierungsautomaten befindet. Die Reservierungskärtchen an den Sitzen sind zu ersetzen durch LCD-Anzeigen<sup>483</sup>, so daß innerhalb von wenigen Sekunden eine Buchung am Bahnsteig zu einer Meldung am Sitzplatz führt. Dabei sollte die LCD-Anzeige vom Sitz aus einsehbar sein. Um den Fahrgästen die Arbeit der Reservierung nur zuzumuten, wenn dies auch wirklich sinnvoll ist, sollte dort, wo die Fahrgäste den Bahnsteig erreichen, eine gut sichtbare große Leuchtanzeige angebracht werden mit den folgenden Texten:

- "Reservierung empfohlen"
- "Reservierung empfohlen ab . . . (Name eines Haltebahnhofes)"
- "Reservierung nicht nötig".

Die Bemühungen, eine Reservierung kurz vor Abfahrt des Zuges zu ermöglichen, sollten eine verstärkte Kombination aus Fahrkartenkauf und Reservierung keinesfalls ersetzen. Dies ist immer noch eine für den Reisenden besonders bequeme Art der Reservierung.

## *Verpflegung*

Die Möglichkeit, während der Fahrt eine warme Mahlzeit einnehmen zu können, ist ein wesentliches Attraktivitätsmerkmal der Bahn gegenüber dem Auto. Allerdings werden durch den Speisewagen die Kosten des Schienenpersonenfernverkehrs um 7% bis 10%<sup>484</sup> erhöht.

Die Deutsche Bahn erwägt, den herkömmlichen Restaurationsbetrieb in ICE-Zügen aufzugeben und den Speisewagen als Lounge zu verwenden.<sup>485</sup> Reisende der ersten Klasse

---

484) 1 Wagen von 10 bis 13 Personenwagen

485) o. V., Essen im Abteil statt im Speisewagen – Die Deutsche Service-Gesellschaft der Bahn muß sparen, in: Süddeutsche Zeitung vom 8.7.1993, S. 23

486) Bei einer Reservierung des Sitzplatzes der ersten Klasse mit einem Menü sollte der Reservierungscomputer dem Fahrgast einen Sitzplatz nahe der Bordküche zuordnen, um die Laufwege des Personals zu minimieren.

sollen künftig einen Tag vorher warme Mahlzeiten bestellen können, die ihnen an ihren Platz gebracht werden. Hungrige Reisende der zweiten Klasse müssen mit dem Bistro-Cafe vorlieb nehmen. Diese Konzeption erscheint jedoch wenig durchdacht. Den größten Bestandteil an kalkulatorischen Kosten stellt der Wagen selbst dar und nicht ein mögliches Defizit des Restaurationsbetriebes. Solange ein solcher Wagen mitgeführt wird, werden nur geringe Kosten gespart.

Problematisch ist ein Restaurationsbetrieb vor allem deshalb, weil der Reisende, der im Speisewagen sitzt, seinen bisherigen Sitzplatz im Zug meist weiterhin besetzt hält und daher keinem anderen Fahrgast seinen Platz freimacht. Die entscheidende Einflußgröße der Effizienz eines Speisewagens ist daher die Verweildauer des einzelnen Reisenden im Speisewagen: Die Zeit, in der für einen Reisenden zwei Sitzplätze belegt sind, sollte möglichst kurz sein. Daher sollten im Speisewagen Menüs mit nur einem Gang serviert werden (z. B. Eintöpfe). Es ist außerdem ratsam, die Unterscheidung im ICE-Speisewagen zwischen "Restaurant" und "Bistro-Cafe" aufzuheben, um die durchschnittliche Auslastung im Speisewagen zu verbessern. Parallel dazu könnten aufwendigere Menüs in der ersten Klasse am Sitzplatz reserviert werden<sup>486</sup>. Es ist vorstellbar, ein mehrgängiges Menü in einem verschlossenen Plastikgefäß zu verpacken. Der Fahrgast der zweiten Klasse könnte an der Theke ein Essen abholen und es an seinem eigenen Sitzplatz verzehren, ohne in dieser Zeit einen zweiten Sitzplatz zu belegen. Die Plastikgefäße könnten nach Beendigung der Zugfahrt eingesammelt und wiederverwendet werden.

Da es sich beim Restaurationsbetrieb um ein wichtiges Attraktivitätsmerkmal des Schienenpersonenfernverkehrs handelt, ist eine völlige Kostendeckung nicht erforderlich. Es sollten Maßnahmen ergriffen werden, eine möglichst hohe Kostendeckung zu erreichen. So könnten die einzelnen Speisewagen an den meistbietenden privaten Gastronom bzw. an eine Restaurationskette versteigert werden. Dabei muß jedoch ein gewisses Niveau gewahrt bleiben, um auch weniger anspruchsvolle Reisende adäquat bewirten zu können.

### 4.3.2 Komfort im Bahnhof

Neben dem Komfort im Fernverkehrszug ist auch der gebotene Komfort im Bahnhof von Bedeutung. Hier herrscht ohne Zweifel ein großer Nachholbedarf, wenn auch durch einige Bahnhofsumbauten schon wesentliche punktuelle Verbesserungen erzielt wurden.

#### *Quantifizierung des Nutzens von Maßnahmen zur Gestaltung von Bahnhöfen*

Nicht nur die Fahrzeit im Zug, sondern auch die Wartezeit sollte der Fahrgast möglichst angenehm verbringen können. Wie schon erwähnt<sup>487</sup>, hat eine Umfrage der englischen Eisenbahn ergeben, daß die Fahrgäste im Durchschnitt eine durch Verspätungen hervor-

487) siehe Kapitel 3.3.3.2 Reduzierung der Umsteigezeit innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs

488)  $20.000 \text{ Reisende} / 11.000 \text{ Reisende pro IC-Linie} = \text{Linienzahl } 1,82$   
 $20 \text{ Minuten} \cdot 1,82 = 36 \text{ Linienminuten}$

rufene Minute Wartezeit genauso negativ werten wie 2,5 Minuten längere Fahrzeit im Zug. Es ist gut vorstellbar, daß der Faktor 2,5 auch für die Umsteigezeit in einer wenig ansprechenden Umgebung gilt. Wenn das Warten auf den Zug fast so angenehm wie das Sitzen im Zug ist, dann reduziert sich dieser Vergleichsfaktor "Fahrzeit im Zug zu Wartezeit" von 2,5 auf etwa 1,5. Die Differenz der beiden Vergleichsfaktoren in Höhe von 1,0 stellt den quantifizierten Komfortgewinn dar. Da die Differenz zwischen 2,5 und 1,5 der Faktor 1,0 ist, kann folgende Aussage getroffen werden: Eine Maßnahme, die eine Minute Wartezeit wesentlich angenehmer macht, ist etwa genauso effektiv wie eine Maßnahme, die die Fahrzeit um eine Minute reduziert. Durch diese Näherung können mit Hilfe des Effizienzkriteriums

#### Kosten

---

Minute angenehmere Wartezeit im Bahnhof · IC-Linienzahl

ermittelte Ergebnisse direkt mit denen aus Kapitel 3.3 (Verkürzung der Reisezeiten) in der Einheit "Kosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung" verglichen werden. Die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität liegt auch hier bei jährlichen Kosten von ca. 690.000 DM pro Linienminute.

Am Münchner Hauptbahnhof steigen täglich etwa 20.000 Reisende zwischen den Bahnsteiggleisen des Kopfbahnhofs um (siehe Wegeminimierung, Kapitel 3.3.3.2). Da die meisten Züge stündlich verkehren und nur wenige Anschlüsse zeitlich aufeinander abgestimmt sind, wird die durchschnittliche Umsteigezeit bei 25 Minuten liegen. Bei einem Fußweg von 5 Minuten verbleibt eine durchschnittliche Wartezeit pro Reisenden von 20 Minuten. Eine wesentlich angenehmere Wartezeit hat nach den dargelegten Zusammenhängen die gleiche Wirkung wie eine Fahrzeitverkürzung von 20 Minuten für 20.000 Reisende, was 36 Linienminuten entspricht<sup>488</sup>. Es ergibt sich ein einzelwirtschaftlicher Nutzen dieser Maßnahme von 25 Mio. DM pro Jahr<sup>489</sup> oder – umgerechnet auf eine einmalige, über 30 Jahre abzuschreibende Investitionssumme<sup>490</sup> – von knapp 400 Mio. DM. Da diese Zahl nur Umsteiger berücksichtigt, sind die Einsteiger im Fernverkehr noch gar nicht mitgerechnet. Außerdem kann in der Effizienzbetrachtung statt der *Wartezeit* auch die gesamte *Aufenthaltsdauer* im Bahnhof angesetzt werden. Es ist daher anzunehmen, daß Investitionen in den Münchner Hauptbahnhof in der Größenordnung von sogar annähernd 1 Mrd. DM einzelwirtschaftlich zu rechtfertigen sind.

Jene Umbaumaßnahmen, die über Mieten der Geschäfte finanziert werden, können unberücksichtigt bleiben; es sind in dieser Betrachtung nur Maßnahmen zu berücksichtigen, die aus den zusätzlichen Fahrkartenerlösen zu finanzieren sind. Da der Komfort im Münchner Hauptbahnhof schon mit wesentlich kleineren Geldbeträgen deutlich verbessert werden kann, läßt dieses bemerkenswerte Ergebnis vermuten, daß Maßnahmen zur Modernisierung von Bahnhöfen ähnlich effizient sind wie der Einsatz von Neigezügen. Dabei binden Bahnhofsumbauten nicht einmal Streckenkapazität.

---

489) 36 Linienminuten · 690.000 DM pro Linienminute

490) Umrechnungsfaktor für kalkulatorische Kosten 0,064

491) derzeit in München alle drei bis vier Stunden

Zur Gestaltung von Bahnhöfen können drei verschiedene Arten von Maßnahmen unterschieden werden:

- Verbesserung der Fußwege für die Reisenden,
- Verbesserung des Umfeldes für den wartenden Fahrgast,
- Verbesserung des subjektiven Erscheinungsbildes der Bahnhöfe.

#### *Verbesserung der Fußwege für die Reisenden*

Der Fahrgast sollte bei der Anreise zum Fernverkehrsbahnhof möglichst frühzeitig über die genaue Abfahrt seines Zuges und eventuelle Verspätungen informiert werden. Zu überlegen wären elektronische Anzeigen im Eingangsbereich des Bahnhofes oder im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs. Dies ermöglicht die Information des Fahrgastes noch vor dem Fahrkartenkauf.

Fußgängerunterführungen sollten aus fahrgastpsychologischen Gründen möglichst vermieden werden. Wesentlich freundlicher und erlebnisreicher sind verglaste Überführungen. Im übrigen ist wegen der inzwischen üblichen hohen Bahnsteige mit einer Überführung keine größere Höhendifferenz mehr gegeben als mit einer Unterführung.

Ein völlig rationalisierter Bahnbetrieb ohne für den Reisenden sichtbares Bahnhofspersonal sollte nicht angestrebt werden. Personen, die sonst vielleicht eine Scheu vor einer Bahnreise haben, sollten jederzeit einen an der Kleidung erkennbaren Bahnangestellten um Auskunft bitten können. Bei Personalentscheidungen ist zu berücksichtigen, daß ein großer Personalüberhang – zumindest von der Reichsbahn – abgebaut werden muß und so die entscheidungsrelevanten Grenzkosten eines Arbeitsplatzes niedriger sind als die Vollkosten. Grundsätzlich sollten kundennahe Arbeitsplätze im Zweifelsfall nicht "wegrationalisiert" werden. Das gilt auch für das Personal am Fahrkarten- und Auskunftsschalter, das trotz dem künftig verstärkten Einsatz von Automaten nicht reduziert werden sollte.

Rolltreppen und Lifte sollten in Bahnhöfen nicht fehlen. Im Vergleich zum aufwendigen Streckenbau dürften Verbesserungen, mit denen der Fahrgast direkt in Berührung kommt, eine hohe Nachfrageelastizität aufweisen.

#### *Verbesserung des Umfeldes für den wartenden Fahrgast*

Geheizte, saubere und *verglaste Wartehäuschen auf dem Bahnsteig* können den Reisenden Schutz vor Kälte und Wind bieten. In diese Häuschen sollte eine gepflegte *Toilette* integriert sein. Stationäre Toiletten sind im übrigen wartungsfreundlicher als Toiletten im Zug. Solche stationären Anlagen können dazu beitragen, daß künftig weniger Toiletten pro Fahrgastwagen erforderlich sind. In die Wartehäuschen können *Telefon*-Muscheln eingebaut werden. Die Anzahl der Telefone am Bahnsteig sollte großzügig bemessen sein. Wenn die Telekom sich nicht dazu bereit erklärt, sollte die Bahn hierfür Zuschüsse zahlen, um Warteschlangen vor den Telefonen zur Hauptverkehrszeit zu reduzieren.

Neue Fußgänger-Überführungen (vgl. auch Kapitel 3.3.3.2) könnten nicht nur als Verbindungsweg, sondern auch als windgeschützter Warteraum mit großem Erlebniswert gestaltet werden.

Wenn die Ansiedlung wichtiger Dienstleistungsbetriebe, die die Wartezeit angenehmer machen, Probleme bereitet, sollten die Verkaufsflächen im Grenzfall unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere sollten ansprechende *Restaurants* mit gutem Preis/Leistungsverhältnis vorhanden sein, möglichst noch mit Blick auf die Züge.

*Für Reisende* sowohl der ersten Klasse als auch der zweiten Klasse sollte jeweils ein in sich geschlossener, besonders gepflegter, überwachter und ausreichend großer *Warteraum* vorhanden sein. Dabei sollten häufiger als bisher Fahrkartenkontrollen durchgeführt werden<sup>491</sup>. In größeren schwedischen Bahnhöfen sind spezielle Warteräume für die Reisenden der ersten Klasse vorhanden. Die Räume können nur mit einer Magnetkarte – auf deutsche Verhältnisse übertragen z. B. mit einer "BahnCard First" – betreten werden und sind mit Personal besetzt. Den Geschäftsreisenden stehen u. a. ein Fotokopierer (5 Kopien unentgeltlich), ein Fax-Gerät und ein PC zur Verfügung, mit dem eine Verbindung zum Netzwerk verschiedener Unternehmen hergestellt werden kann.

#### *Verbesserung des subjektiven Erscheinungsbildes der Bahnhöfe*

Was städtebaulich für viele Städte im Mittelalter die Kathedrale war, wurde mit dem Aufkommen der Eisenbahn der palastartige Bahnhof. Inzwischen haben die Flughäfen diese Rolle übernommen, wobei in der Regel der Steuerzahler für dieses Repräsentationsbedürfnis der Städte, Regionen und ihrer Regierungen aufkommt. Es stellt sich die Frage, ob es gerechtfertigt ist, daß sich die Städte an der Defizitabdeckung von Flughäfen beteiligen, nicht aber an der Finanzierung von Bahnhöfen.

Um ein ansprechendes architektonisches Erscheinungsbild zu schaffen, sind schon seit Jahren in vielen Bahnhöfen Umbaumaßnahmen im Gange. Außerdem sollen künftig große Bahnhöfe aus dem Betrieb Bundesbahn ausgeliebert und zusammen mit einer Handelskette die Verkaufsflächen besser als bisher vermarktet werden.<sup>492</sup> Ziel dieser organisatorischen Maßnahme der Bahn ist es unter anderem, ihr "nach dem Krieg erworbenes Schmuddelimage abzulegen"<sup>493</sup>. Zahlreiche Umbaumaßnahmen lassen sich so über Mieten finanzieren, ohne daß Fahrkartenerlöse für die Deckung der Umbaukosten verwendet werden.

Das Erscheinungsbild großer Bahnhöfe wird subjektiv stark durch die Helligkeit geprägt. Für den Kopfbahnhof München wäre beispielsweise ein vollständig verglastes Dach für den Querbahnsteig diskutabel.

---

492) vgl. Maderner, Stephan, Erlebniswelt mit Gleisanschluß, in: Rheinischer Merkur vom 30.7.1993, S. 12

493) Maderner, a.a.O.

494) Hier müßten vor allem die städtischen Verwaltungen aktiv werden. Ein Vertreiben der Wohnungslosen allein verschiebt das Problem lediglich in Bahnhöfe des öffentlichen Nahverkehrs oder in andere Bereiche des öffentlichen Lebens. Erforderlich wäre vermutlich eine erhebliche Aufstockung von Kapazitäten der niedrigschwelligen Häuser (keine hohen Aufnahmevoraussetzungen, wenig Kontrolle, keine Pflicht hinsichtlich Therapie, kein Aufnahmegespräch) für Wohnungslose, in einem zweiten Schritt dann die verstärkte Therapie zur Resozialisierung.

Damit Rucksacktouristen nicht in den Gängen der großen Bahnhöfe schlafen, könnten Räume mit Pritschen geschaffen werden. Solche Schlafstellen sollten nur gegen Vorlage einer gültigen Fahrkarte benutzt werden können. Die *Wohnungslosen* (Nichtseßhafte, Obdachlose) beeinflussen das Erscheinungsbild des Bahnhofs. Das gesellschaftspolitische Problem der Wohnungslosen kann die Bahn nicht lösen. Aus der Perspektive der *öffentlichen Hand* dürften Maßnahmen, die die Anzahl der Wohnungslosen in Bahnhöfen reduzieren, relativ effizient sein – bedenkt man die errechneten hohen Geldbeträge, die zur Verbesserung des subjektiven Erscheinungsbildes der Bahnhöfe selbst einzelwirtschaftlich lohnend sind.<sup>494</sup> Die Kosten der Bereitstellung einer einfachen Unterkunft (ohne Betreuung) für einen Wohnungslosen betragen schätzungsweise 10.000 DM pro Jahr<sup>495</sup>. Für 1% des Betrages, der bei der Investition in ein ansprechendes Erscheinungsbild des Münchner Hauptbahnhofes gerade noch einzelwirtschaftlich rentabel ist, können etwa 64 Unterkunftsplätze<sup>496</sup> für Wohnungslose finanziert werden.

### 4.3.3 Gepäckbeförderung

Im Schienenpersonenfernverkehr kann Gepäckbeförderung prinzipiell auf viererlei Weise geschehen:

- von Haus zu Haus,
- von Gepäckschalter zu Gepäckschalter,
- von Fernverkehrsbahnsteig zu Fernverkehrsbahnsteig und
- durch den Reisenden selbst.

#### *Gepäckbeförderung von Haus zu Haus*

Nur wenig bekannt und benutzt ist der Service der DB und anderer europäischer Bahnen, Gepäck von Haus zu Haus zu transportieren. Reisende können die Koffer schon vor Antritt der Reise aufgeben und finden den Koffer dann am Zielort vor. Dieser Beförderungsdienst sollte wesentlich ausgebaut werden. Dafür ist mehr Werbung erforderlich. Ein Preis unterhalb der Selbstkosten ist gerechtfertigt; eine solche Quersubvention schafft ein besseres Angebot und somit zusätzliche Reisende. Dabei sollte eine Obergrenze, z. B. zwei Gepäckstücke pro Person, gesetzt werden, damit dieser Service nicht mißbraucht wird. Außerdem sollte eine Gepäck-Reisezeit garantiert werden, z. B. maximal 24 Stunden länger als die Reisezeit des Fahrgastes.

495)  $10\text{m}^2 \cdot 40\text{ DM/m}^2 \cdot 12\text{ Monate} + 25\% \text{ sonstige Kosten}$

Personalkosten für 100 Wohnungslose: 5 Personen je 75.000 DM

496)  $1\text{ Mrd. DM} \cdot 0,064 = 64\text{ Mio. DM pro Jahr; davon } 1\% = 640.000\text{ DM}$   
 $640.000\text{ DM} / 10.000\text{ DM} = 64$

497) Die Summe der drei Kantenlängen (Länge + Höhe + Breite) eines Gepäckstücks darf 110 cm nicht überschreiten.

### *Gepäckbeförderung von Gepäckschalter zu Gepäckschalter*

Ob Gepäckschalter am Bahnhof vom Fahrgast in Anspruch genommen werden, hängt stark davon ab, ob der Koffertransport genauso schnell durchgeführt werden kann wie die Beförderung des Fahrgastes. Im Flugverkehr ist diese Vorgehensweise Standard. Allerdings muß der Koffer etwa eine halbe Stunde vor Abflug aufgegeben werden, was für viele Bahnreisende nicht akzeptabel wäre.

### *Gepäckbeförderung von Fernverkehrsbahnsteig zu Fernverkehrsbahnsteig*

Im Flugverkehr dürfen Gepäckstücke ab einer bestimmten Größe<sup>497</sup> nicht in den Passagier-raum mitgenommen werden; diese Gepäckstücke werden in einem separaten Bereich des Flugzeugs transportiert. Analog dazu ist ein Gepäcktransport bei der Bahn vorstellbar, und zwar von Fernverkehrsbahnsteig zu Fernverkehrsbahnsteig. Voraussetzung für ein solches System ist die Wiedereinführung von Gepäckwagen, jedoch mit einer rationellen Organisation über kleine Container. Am Anfang des Kopfbahnsteigs bzw. im Bereich der Fahrgastzugänge zum Bahnsteig nimmt ein Angestellter gegen einen abtrennbaren Teil der Bahnfahrkarte den so markierten Koffer entgegen und verstaut ihn im entsprechenden Container. Fährt der IC-Zug beispielsweise von München über Hannover nach Hamburg und ist das Fahrtziel des Reisenden aber Bremen, so wird mit Hilfe eines Gabelstaplers während des bahnsteiggleichen Anschlusses in Hannover der mit "Bremen" markierte Container in den Anschlußzug nach Bremen umgeladen. Gegebenenfalls muß durch einen Angestellten im Zug der Inhalt der Container während der Fahrt von Hand sortiert und in einen anderen Container verpackt werden. Beim Verlassen des Zuges erhält der Fahrgast mit Vorzeigen seiner Fahrkarte (mit einer Nummer, die der auf dem Streifen am Koffer entspricht) seinen Koffer wieder ausgehändigt.

Falls durch den Koffertransport der Gepäckwagen nicht voll ausgelastet sein sollte, könnte er auch für den Transport eiliger Güter in kleinen Containern (z. B. für Kuriergut und den Brieftransport der Post) genutzt werden. Bei konsequentem Einsatz der Doppelstockwagen vom Typ C (siehe Kapitel 3.2.2.3) ist ein separater Gepäcktransport besonders sinnvoll; denn er entschärft den Engpaß "Mittelgang".

### *Gepäckbeförderung durch den Reisenden selbst*

Mit den erläuterten Maßnahmen kann die Notwendigkeit, Gepäck selbst im Bereich der Bahnhöfe zu transportieren, deutlich verringert werden. Unabhängig davon kann aber auch der Gepäcktransport im Bahnhof verbessert werden. Gegen Vorbestellung können heute für 5 DM pro Gepäckstück *Kofferträger* zur Verfügung gestellt werden. Dies sollte ohne Vorbestellung möglich sein. Gleichzeitig könnten solche Personen Auskünfte erteilen. *Kofferkulis* sollten möglichst lokal und nicht zentral zur Verfügung stehen. Damit die Fahrgäste im Bahnhof mit rollbaren Koffern und Kofferkulis möglichst mobil sind, sollten

---

498) Rampen finden sich heute schon beispielsweise in Fulda Hbf., Basel Badischer Bahnhof und im Bahnhofsneubau Kassel-Wilhelmshöhe.

verstärkt *Lifte und Rampen*<sup>498</sup> in die Bahnhöfe eingebaut werden. So gesehen, sind Lifte wichtiger als Rolltreppen. Eine möglichst ebene und stufenfreie Gestaltung der Bahnhöfe sollte ohnehin selbstverständlich sein.

## 4.4 Vertriebsorganisation, Werbung und Information

In der betriebswirtschaftlichen Literatur wird die Information über das Produkt als Teil der Werbung angesehen.<sup>499</sup> Doch im Schienenpersonenverkehr ist der Informationsbedarf wesentlich größer als beispielsweise bei dem Produkt Milch. Deshalb wird hier die Information separat von Vertriebsorganisation und Werbung betrachtet.

### 4.4.1 Vertriebsorganisation und Werbung

Fahrkarten des Fernverkehrs werden über folgende Wege vertrieben:

- Eigenverkauf
  - im Bahnhof (Fahrkartenschalter, Automaten)<sup>500</sup>,
  - im Zug (künftig mit Mobil Terminalen)<sup>501</sup>;
- Verkauf durch Dritte
  - über Reisebüros.

Zum Thema "Vertriebsorganisation" ist weniger von Interesse, wie und wo die niedrigsten Kosten beim Ausstellen von Fahrkarten anfallen. Von großer Bedeutung ist vielmehr die Möglichkeit, über neue Absatzwege neue Kunden zu gewinnen. Da eine zusätzliche Fernverkehrsreise einen Deckungsbeitrag in Höhe von durchschnittlich 46 DM<sup>502</sup> schafft, sollten vor allem solche Vertriebswege diskutiert werden, bei denen die Zugangsschwelle der potentiellen Reisenden zur Bahn abgebaut wird und so neue Reisende gewonnen werden können. Ein attraktiverer Fahrkartenverkauf innerhalb von Bahnhöfen oder gar in Zügen ist in dieser Hinsicht wirkungslos. Denn der Reisende hat sich schließlich im Bahnhof oder im Zug schon für die Fahrt mit der Bahn entschieden und kann nicht mehr als Bahnkunde neu gewonnen werden.

Erforderlich ist eine *Präsenz der Bahn im Bereich des täglichen Lebens*, eine räumliche Nähe zum Wohnort des potentiellen Reisenden. Ein sicherlich richtiger Weg ist die

---

499) vgl. hierzu das absatzpolitische Instrumentarium von Gutenberg: Absatzmethoden (= Vertriebsorganisation), Produktgestaltung, Werbung, Preispolitik

500) vgl. Sauer, Wolfgang, DB-Eigenverkauf Personenverkehr, in: Die Deutsche Bahn 8/1992, S. 833 ff.

501) vgl. Breidenstein, Erich / Fehrmann, Rainer, Verkaufselektronik im mobilen Einsatz, in: Die Deutsche Bahn 8/1992, S. 829 ff.

502) Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität 8 Pfennige pro Personenkilometer (ohne Berücksichtigung der Kosten für die Bereitstellung zusätzlicher Streckenkapazität) · 287 km durchschnittliche Reiseweite · 2 Richtungen; Preisstand 1988. Vgl. Einleitung zu Kapitel 4

503) Ein PC mit Modem und Matrixdrucker kostet derzeit (1993) 2500 DM, die Nutzungsdauer beträgt etwa 5 Jahre.

verstärkte Nutzung von Reisebüros. Doch Reisebüros werden nur sporadisch aufgesucht. Deshalb ist es eine sehr diskussionswürdige Überlegung, *Schreibwarengeschäfte* für den Fahrkartenverkauf und für Auskünfte zu nutzen. Die Bahn müßte den Schreibwarengeschäften lediglich einen einfachen PC mit Telefonmodem unentgeltlich zur Verfügung stellen<sup>503</sup>, den die Inhaber dann auch für eigene Zwecke benutzen können. Dabei sollte auf einem solchen PC die heute schon verfügbare Fahrplan-Software nicht fehlen, außerdem müssen Reservierungen möglich sein. Das Schreibwarengeschäft erhält eine Provision für jede verkaufte Fahrkarte. Da sich Schreibwarengeschäfte häufig am Rande der wirtschaftlichen Existenz bewegen, kann ein solches Zusatzgeschäft für die Inhaber unter dem Aspekt der Grenzkosten sehr interessant sein. Der Münchner Verkehrsverbund praktiziert diesen Vertriebsweg und läßt über private Geschäfte zum Teil auch abseits der S- und U-Bahnhöfe Streifen- und Monatskarten verkaufen. Der Verkauf von Fernfahrkarten über Schreibwarengeschäfte ist hinsichtlich der Gewinnung von neuen Reisenden dann einzelwirtschaftlich rentabel, wenn jeden Monat<sup>504</sup> pro Schreibwarengeschäft ein zusätzlicher Reisender für eine Hin- und Rückfahrt mit der Bahn gewonnen wird. Dies dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit erreicht werden.

Die klassische Werbung über Radio, Fernsehen und Presse ist geeignet, Botschaften wie Exklusivität, also die Vermittlung einer Neupositionierung im Preis-Leistungs-Portfolio, zu überbringen. Doch ob dies zu zusätzlichen Reisenden führt, bleibt fraglich. Es besteht die Gefahr, daß Reisende den ICE von vornherein als "unerschwinglich teuer" einstufen, ohne sich am Fahrkartenschalter über den Fahrpreis des ICE zu erkundigen. Dagegen dürften Angebote für breite Käuferschichten, insbesondere die BahnCard, von einer Werbekampagne in den Medien profitieren. Bisher konnten mit der BahnCard weitgehend nur Fahrgäste mit höherem Bildungsstand gewonnen werden<sup>505</sup>, was die Notwendigkeit von Werbung über Radio, Fernsehen und Presse unterstreicht.

#### 4.4.2 Information

Die Informationstechnik unterliegt einer schnellen Fortentwicklung. Die Bedeutung der verschiedenen Medien, mit denen Informationen überbracht werden, wird sich in den nächsten Jahren deutlich verändern. Gegenüber dem Kursbuch, weiteren gedruckten Informationen (z. B. Städteverbindungen), der Telefonauskunft und der Auskunft am Fahrkartenschalter werden Softwareprogramme für Personalcomputer und Btx-Dienste an Bedeutung gewinnen.

Das *Kursbuch* enthält umfassende Informationen zu allen Angeboten des Betriebs Bahn, außer Buslinien. Das Kursbuch ist folgendermaßen aufgebaut:

---

504)  $600 \text{ DM (jährliche kalkulatorische Kosten des PC)} / 46 \text{ DM (Deckungsbeitrag zusätzlicher Reisender Hin- und Rückfahrt)} = 12 \text{ Reisen pro Jahr}$

505) Über 70% der BahnCard-Nutzer haben Abitur bzw. Hochschulbildung. Vgl. Schörcher, Friedrich, Fast alle wollen der BahnCard treu bleiben, in: Internationales Verkehrswesen 6/1993, S. 374

506) Im Jahre 1996 soll die Anzahl der BahnCard-Besitzer 5 Mio. betragen. Vgl. Schörcher, a.a.O., S. 374

- Informationen über die Benutzung der Bahn, incl. Tarife,
- Verzeichnis aller Bahnhöfe und Haltestellen (ca. 50.000, incl. Bushaltestellen),
- Verzeichnis aller Reisebüros mit Fahrkartenverkauf,
- Fahrpläne der Fernverbindungen ins Ausland,
- Fahrpläne der Fernverbindungen in Deutschland (13 Relationen: ICE, IC),
- Fahrpläne der Fernverbindungen in Deutschland (41 Relationen: ICE, IC, IR, wichtige Eilzüge),
- Fahrpläne der Schifflinien,
- Fahrpläne sämtlicher Kursbuchstrecken mit allen Zügen des Personenverkehrs außer Sonderzügen.

Die zuletzt erwähnten Fahrpläne sämtlicher Kursbuchstrecken füllen 73% der Seiten des Kursbuches.

Die Auflage des Kursbuches 1993/94 beträgt 310.000 Exemplare. Ein nennenswerter Teil dieser Kursbücher wird nicht verkauft, sondern für die Mitarbeiter der Bahn verwendet. Die Schaffner sowohl im Personennahverkehr als auch im Personenfernverkehr sind damit ausgestattet. Direkt an Reisende werden demnach nur gut 200.000 Exemplare verkauft. Bedenkt man, daß die Zahl der Stammkunden im Personenfernverkehr bei 5 Mio. liegt<sup>506</sup>, so verfügt nur jeder fünfundzwanzigste regelmäßig mit der Bahn reisende Fahrgast über ein Kursbuch. Das heißt: Zumindest in der heutigen Form ist das Kursbuch nicht das geeignete Medium, Informationen an den heutigen Reisenden und erst recht an den potentiellen Reisenden zu übermitteln.

Die "Städteverbindungen" dürften vermutlich eine etwas höhere Auflage haben. Da hier jedoch nur größere Städte aufgeführt sind, kann diese Darstellungsform dem Erfordernis der Information der Reisenden ebenfalls nicht voll gerecht werden.

Die gedruckte Information in Form von Kursbüchern kann durch eine Vereinfachung von Fahrplänen oder durch ein "kleines Kursbuch" an den Reisenden herangetragen werden.

Die Vereinfachung von Fahrplänen bedeutet in erster Linie eine Reduzierung von Fußnoten. Die Einführung einer zeitlichen Preisdifferenzierung (Kapitel 4.2) ermöglicht eine größere zeitliche Kontinuität im Angebot. Einschränkungen wie "nur werktags" sind dann nicht mehr im bisherigen Umfang erforderlich.

---

507) Die Verwendung von Zugnamen in der Umgangssprache ist völlig unüblich: "Nehmen Sie morgen früh den Marie Luise Kaschnitz oder doch schon den Paula Modersohn-Becker?"

<ul style="list-style-type: none"> <li>Ⓐ = X außer ④</li> <li>Ⓑ = täglich außer ④</li> <li>Ⓒ = ④ und †</li> <li>① = X außer ④ bis 24. IX., nicht 10. VI., vom 27. IX. bis 26. III. 94 X., nicht 1. XI., 24., 31. XII., ab 28. III. 94, X außer ④</li> <li>② = ④, nicht 10. VI., 12. V.</li> <li>③ = X außer ④ und außer nach †, nicht 10. VI., 1. XI., 24., 31. XII.</li> <li>Ⓞ = ④, auch 23. XII., 31. III., 11. V., nicht 24., 31. XII., 1. IV., 13. V.</li> <li>Ⓟ = täglich außer ④, auch 24., 31. XII., 1. IV., 13. V., nicht 23. XII., 31. III., 11. V.</li> </ul> <p>Zug mit Gepäckabteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ⓐ-3) = X außer ④</li> <li>Ⓐ-6) = ④</li> <li>Ⓐ-7) = ④, ④ und †</li> <li>Ⓐ-8) = ④ und †</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) = nicht 10. VI., 1. XI.</li> <li>2) = auch 10. VI., 1. XI.</li> <li>3) = nicht 24., 31. XII.</li> <li>4) = auch 24., 31. XII., nicht 25. XII., 1. I.</li> <li>5) = nicht 10. VI., 1. XI., 24., 31. XII.</li> <li>6) = auch 10. VI., 1. XI., nicht 25. XII., 1. I.</li> <li>7) = nicht 25. XII., 1. I.</li> <li>8) = auch 10. VI.</li> <li>9) = auch 25. XII., 1. I., nicht 24., 31. XII.</li> <li>10) = nicht 24./25. XII., 31. XII./1. I.</li> <li>11) = auch 24., 31. XII., nicht 25. XII., 1. I.</li> <li>12) = verkehrt bis 25. IX., nicht 10. VI.</li> <li>13) = nicht 24., 25., 31. XII., 1. I.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>14) = ④, † und nach †, auch 10., 11. VI., 1., 2. XI., 24., 31. XII. nach Rheine</li> <li>15) = von Mönchengladbach, bis Dortmund als RSB</li> <li>16) = X außer ④ bis 28. V., 7. VI. bis 16. VII., 11. X. bis 22. XII., 10. II. bis 11. II. und ab 11. IV. ab Dortmund weiter als ④-Bahn nach Do-Mengede</li> <li>17) = nach Mönchengladbach, ab Dortmund als RSB</li> <li>18) = von Rheine, bis Münster als 7202</li> <li>19) = X außer ④ nach Duisburg, ab Dortmund als 8744 nicht 18. VI., 24., 31. XII.</li> <li>20) = X außer ④, nicht 10. VI., 1. XI., 24., 31. XII. nach Münster, ab Münster als E 3359 nach Bremen</li> <li>21) = an † von Mönchengladbach, bis Dortmund als RSB</li> <li>22) = X außer ④, nicht 10. VI., 1. XI., 24., 31. XII. als 8741 von Castrop-Rauxel</li> </ul>
--	--	---

Fahrplanangaben haben nur Gültigkeit bis 25. IX., Änderungen ab 26. IX. werden im Fahrplan-Mitteilungsblatt bekanntgegeben.

Abb. 27: Fußnoten auf einer Seite des Kursbuches 1993/94

Es ist bei einem Taktfahrplan nicht akzeptabel, daß im Takt verkehrende Züge wenige Tage im Jahr nicht fahren oder einzelne Zugpaare an bestimmten Wochentagen ausfallen. Solche Ausnahmen sollten grundsätzlich vermieden werden. Im Taktverkehr ist es unnötig, einzelne Züge mit einem Namen zu versehen. Dies erhöht nur das Informationsvolumen, ohne daß dabei irgendein Zweck verfolgt wird. Zur Identifikation bestimmter Züge wird von den Reisenden die Abfahrtszeit verwendet und nicht der Name.<sup>507</sup>

In der Kette der Zuggattungen IC/ICE – IR – Eilzug – Personenzug – Bus nimmt die Fülle der Information exponentiell zu. So gibt es fast zehnmal so viele Bushalte wie Halte von Personenzügen. Ein *Kleines Kursbuch* könnte die vielen Reisenden informieren, denen ein großes Kursbuch zu umfangreich ist. Drückt man nur den Fahrplan von IC- und IR-Zügen, dann reduziert sich der Umfang des Kursbuches etwa auf ein Zehntel. Ein solch kleines Kursbuch existiert unter dem Namen "Fernfahrplan" und ist für 7 DM erhältlich. Das kleine Kursbuch sollte nur den Teil "B Fernverbindungen (20-90) in Deutschland" des großen Kursbuches enthalten, ergänzt um die wichtigsten Auslandsverbindungen. Gelingt es, Fußnoten sowie unbedruckte Spalten wesentlich zu reduzieren, so entsteht ein relativ dünnes Heft. Diesem Heft könnte dann je nach Region ein weiteres kleines Heft – z. B. "Regionale Verbindungen Chiemgau-Berchtesgadener Land" – beigelegt werden. Die bisherigen "Taschenfahrpläne" bestehen für 9 relativ große Regionen der westlichen Bundesrepublik, beispielsweise für Südbayern. Zur Ergänzung dieses "kleinen Kursbuches" wäre das ein zu großer Bereich. Der Preis für ein solches "kleines Kursbuch" könnte in der Größenordnung von 1 bis 2 DM liegen und über Schreibwarengeschäfte und Buchhandlungen flächendeckend vertrieben werden. Mit einem solchen Vertriebsweg würden auch Personen angesprochen werden, die bisher keinen Zugang zur Bahn haben. Auch hier gilt, daß Preise, die unter den Selbstkosten liegen, durchaus sinnvoll sein können.

Dem kleinen und großen Kursbuch könnte zur Übersicht eine farbige Streckenkarte beiliegen, aus der die Bedienungshäufigkeit einer Strecke<sup>508</sup> und die Minuten-Abfahrtszeit der vertakteten Zugverbindungen für jeden wichtigeren Bahnhof ersichtlich ist.

Der Ausbau der *telefonischen Auskunft* dürfte hinsichtlich der Reduzierung von Reisezeit (im weiteren Sinne) vergleichbar effizient sein wie die Schaffung neuer Fahrkartenschalter (Fahrkartenverkauf, Kapitel 3.3.3.3). Die Wahrscheinlichkeit des Wartens auf die Auskunft sollte nicht über 10% liegen. "Zwar kommen täglich 100.000 Fahrgäste durch, doch es

könnten, so steht es in einem DB-Papier, 'etwa 40.000 mehr sein, die heute noch am Besetzzeichen scheitern – und aus diesem Grund oftmals auf die Bahnreise verzichten'.<sup>509</sup> Die Bemühungen der DB, mit der einheitlichen Telefonnummer 19419 eine leistungsfähige Auskunft aufzubauen<sup>510</sup>, sind sehr zu begrüßen. Künftig sollte die Auskunft rund um die Uhr sowie die Platzreservierung ermöglicht werden.

---

508) Dies wurde bei der schwedischen Staatsbahn Anfang der achtziger Jahre praktiziert.

509) o. V., WirtschaftsWoche vom 12.2.1993, S. 54

510) vgl. hierzu Sauer, Wolfgang, DB-Eigenverkauf Personenverkehr, in: Die Deutsche Bahn 8/1992, S. 834

511) 1 Megabyte = ca. 1 Million Buchstaben bzw. Zahlen von 0 bis 255

## *Einsatz neuer Medien*

In den letzten Jahren entstanden zwei neue Medien, die sich die Bahn inzwischen zunutze macht: Bildschirmtext (Btx) und Personalcomputer.

Über *Bildschirmtext (Btx)* kann der Reisende von zuhause Verbindungen incl. Fahrpreise heraussuchen lassen, Fahrscheine und Reservierungen buchen und sonstige Informationen abrufen. Dabei dient ein PC oder ein spezieller Btx-Dekoder für den Fernseher als Terminal. Die eigentliche Rechenarbeit und der Datenzugriff geschehen in einem Zentralcomputer für ganz Deutschland. Ende 1994 waren 700.000 Btx-Anschlüsse registriert. Diese relativ geringe Zahl an Btx-Nutzern stellt ein Problem dar. Das hat die Deutsche Bahn AG erkannt und werben für diesen Service in einem Faltblatt, das dem Kursbuch beiliegt. Die Bahn sollte besser auf entsprechende Anbieter hinweisen und nicht selbst ein Modem verkaufen: Mehrere Computerhändler bieten Modems bereits für unter 100 DM an, während für das Modem der Bundesbahn 299 DM verlangt wird. Eine Werbebeilage im Kursbuch ist nur wenig sinnvoll; denn dieses Publikum verfügt schon über Informationen durch das Kursbuch.

Verfügt ein PC-Benutzer über ein Modem, so gibt es noch zwei Zugangshindernisse für den Btx-Betrieb:

- die Gebühren (50 DM einmalig, 8 DM monatlich)
- und den ersten Zugang mit Erlernen der Btx-Kommandos.

In einem "Gastzugang" kann der neue Benutzer einige Btx-Dienste ausprobieren, ohne schon Gebühren zahlen zu müssen. Tag für Tag werden dabei andere Dienste abwechselnd freigegeben, die meisten Dienste sind aber gesperrt. So kann ein nicht registrierter Benutzer nur hin und wieder den Auskunftcomputer der Bahn nutzen. Regelmäßig Gebühren zu bezahlen, um hin und wieder die Fahrplanauskunft benutzen zu können, wäre, pro Auskunft gerechnet, sehr teuer. Es ist daher sinnvoll, mit der Telekom zu vereinbaren, diesen Service grundsätzlich auf die nicht registrierten Benutzer auszudehnen. Als Entschädigung sollte die Bahn der Telekom entsprechende Mehrkosten erstatten; falls die Telekom dies nicht akzeptieren sollte, könnte die Bahn auch unabhängig von Btx ein eigenes Informationssystem aufbauen. Ein solches elektronisches Informationssystem ist weitaus effizienter als die fernmündliche Auskunft, für die schließlich Personal bereitgestellt werden muß. Ein entsprechend propagierter Zugang für nicht registrierte Btx-Benutzer bzw. ein eigenes, unentgeltliches Informationssystem ist sicherlich eine sehr effiziente Möglichkeit der Gewinnung zusätzlicher Reisender.

Mit *Softwareprogrammen für Personalcomputer* wird eine große Breitenwirkung erreicht. Personalcomputer sind wesentlich weiter verbreitet als Btx-Dienste, die – vom Zusatzgerät für Fernseher einmal absehen – ohnehin einen Personalcomputer voraussetzen. Grundsätzlich ist der Zugriff auf interne Programme des Personalcomputers mit einer psychologisch bedingt geringeren Zugangsschwelle verbunden als die Verbindung mit einem externen Großrechner.

Die PC-Software "Elektronische Städteverbindungen" ist erhältlich für 29,80 DM auf 3 Disketten (Datenmenge 7 MB<sup>511</sup>) und in der aufwendigeren Version "Elektronisches Kursbuch" für 498 DM auf CD-ROM<sup>512</sup> (Datenmenge 25 MB). Diese Preispolitik ist in keiner Weise zielkonform. Zielführende Preise wären 8 bis maximal 10 DM für die Version auf drei Disketten<sup>513</sup>. Im Handel werden CD-ROM schon für 5,90 DM mit 600 MB an Computerprogrammen angeboten. Für 25 MB 498 DM zu verlangen, entbehrt somit jeder Grundlage. Ein sinnvoller Kaufpreis für die CD-ROM wäre 5 bis 8 DM<sup>514</sup>.

Beim Verkauf von Software sollten die heute verfügbaren Vertriebskanäle konsequent genutzt werden, insbesondere um *neue Kunden zu gewinnen, die bisher keinen Zugang zur Bahn fanden*. Die Fahrplan-Software sollte daher in keinem Computerladen fehlen. Außerdem sollte sie als Freeware<sup>515</sup> deklariert werden. Im Lieferprogramm von Shareware/Freeware-Versendern sollte diese Software ohne Preisvorgabe zu finden sein. Mit den Großhändlern von CD-ROM-Laufwerken sollte vereinbart werden, daß eine im Lieferumfang enthaltene Beispiels-CD mit diversen Shareware- und Freeware-Programmen auch das elektronische Kursbuch enthält. Computerhersteller sollten dazu animiert werden, auf neuen Personalcomputern unentgeltlich das Softwareprogramm "Elektronische Städteverbindungen" vorzuinstallieren<sup>516</sup>. Dies wären jeweils sehr effiziente Möglichkeiten der Gewinnung zusätzlicher Reisender: Es wird eine große Breitenwirkung erreicht, ohne daß der Bahn Kosten entstehen.

- 
- 512) Eine CD-ROM ist vergleichbar mit einer Musik-CD, hat aber Daten statt Musik gespeichert, und zwar bis zu 600 MB – also 400 bis 500 mal so viel Daten wie auf einer Diskette. CD-ROM-Laufwerke zum Einbau in den Personalcomputer kosten derzeit (1994) 250 bis 700 DM.
- 513) Eine Diskette kostet 1 DM bis 2,50 DM. Der zielführende Preis ist möglichst niedrig, aber höher als der Preis von Leerdisketten, um Mißbrauch vorzubeugen.
- 514) Die Herstellungskosten einer CD-ROM betragen 1,50 DM. Aufwendig ist an einem Fahrplan auf CD-ROM die einmalige Beschaffung der Daten. Diese von der Stückzahl unabhängigen Kosten dürfen keinesfalls über den Verkaufspreis gedeckt werden.
- 515) Freeware: Software, die unentgeltlich weiterkopiert werden darf und bei deren Benutzung keine weitere Verbindlichkeit eingegangen wird; Shareware: Software, die zwar unentgeltlich weiterkopiert werden darf, aber bei intensiver Benutzung lizenziert werden soll.
- 516) Das Vorinstallieren von Software auf neuen Personalcomputern (sogenannte Hardware-Software-"Bundles") ist weitverbreitet. Dabei wird direkt im Werk die Festplatte mit entsprechenden Software-Programmen bespielt, ohne Disketten zu benötigen. Der Kunde erhält die Original-Disketten nur gegen Aufpreis. Die Produktionskosten dieser Vorinstallation sind vernachlässigbar, da auf eine Festplatte Daten mit einer Geschwindigkeit von 1 MB pro Sekunde gespielt werden können. Ist der Käufer des Computers an der Software nicht interessiert, kann er sie jederzeit nachträglich löschen.
- 517) Einzige Ausnahme ist in Deutschland die Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt, die an ihrem jeweiligen Ende in bestehende, besonders hoch belastete und nur zweigleisige Bahnstrecken einmünden soll und daher keine zusätzlichen Kapazitäten schafft.

## 5. Anwendung staatspolitischer Effizienzkriterien

Im Kapitel 3.1 wurden Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs unter dem Aspekt "Streckenleistungsfähigkeit" und im Kapitel 3.3 unter dem Aspekt "Reisezeitverkürzung" betrachtet. Um Neu- und Ausbaustrecken umfassend bewerten zu können, müssen diese beiden produktionstechnischen Outputgrößen "auf einen gemeinsamen Nenner" gebracht werden. Wie aus Abb. 4 (Input- und Outputgrößen) hervorgeht, sind hierfür marktliche Effizienzkriterien nicht in der Lage, weil Neu- und Ausbaustrecken in der Regel zwei verschiedene marktliche Outputgrößen schaffen, nämlich die abgesetzte Verkehrsleistung

- innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs (Personenkilometer)
- und außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs (Fahrplantrassenkilometer, die von Güter- oder Personennahverkehrszügen genutzt werden).

Es stellt sich die Frage, welche der drei staatspolitischen Outputgrößen

- Entlastung des Staatshaushalts,
- Verminderung des Straßen- und Luftverkehrs
- und induzierter Verkehr (Neuverkehr)

am besten geeignet ist, die zwei Outputgrößen der marktlichen Ebene gemeinsam zu betrachten, um somit eine umfassende Bewertung von Neu- und Ausbaustrecken zu ermöglichen.

Die *Entlastung des Staatshaushalts* stellt ein universelles einzelwirtschaftliches Bewertungskriterium dar, das vergleichsweise einfach quantifizierbar ist. Denn die Quantifizierung der anderen beiden staatspolitischen Outputgrößen ist weitaus schwieriger (vgl. Kapitel 2.3.2.3 und 2.3.3). Wie in Kapitel 2.4.2 erläutert, reicht zur Bewertung von Entscheidungsalternativen meist die einzelwirtschaftliche Betrachtungsweise aus: Wenn eine Maßnahme des Schienenpersonenfernverkehrs einzelwirtschaftlich deutlich günstiger bewertet wird als eine andere Maßnahme, dann ist dieser Vorsprung in der Regel auch bei einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung zu erwarten.

Die Outputgröße "Entlastung des Staatshaushalts" wird ins Verhältnis gesetzt zu den Kosten:

$$\frac{\text{Entlastung des Staatshaushalts}}{\text{Kosten}}.$$

Dieser Sachverhalt kann auch wie folgt formuliert werden:

Entlastung des Staatshaushalts (in Prozent der Herstellungskosten).

Bei diesem Kriterium besitzt der Nutzen für die Gesellschaft einen hohen Konkretisierungsgrad (vgl. Kapitel 2.2.3), jedoch ist die Herleitung dieses Bewertungsverfahrens nicht mehr so einfach wie die Herleitung produktionstechnischer Effizienzkriterien.

Das hier vorgestellte Effizienzkriterium ist letztlich *das universelle Bewertungsverfahren für Maßnahmen des Schienenpersonenfernverkehrs*. Jede nur denkbare Maßnahme läßt

sich auf diese Weise bewerten. Zwei Aspekte sprechen jedoch dafür, daß dieses Bewertungsverfahren doch nur *speziell für Neu- und Ausbaustrecken* angewendet werden sollte:

- Entscheidungsalternativen sollen mit dem Effizienzkriterium bewertet werden, das für einen Vergleich den ersten gemeinsamen Nenner schafft und dabei einen möglichst geringen Konkretisierungsgrad des Nutzens besitzt. Schaffen die zu vergleichenden Maßnahmen allein Streckenkapazitäten oder allein Reisezeitverkürzungen, ist die Anwendung des Effizienzkriteriums "Entlastung des Staatshaushalts" weder nötig noch sinnvoll, da mit dem erhöhten Rechenaufwand eine geringere Transparenz des Rechenweges verbunden ist, die Gefahr von Fehlern erhöht wird und größere Ermessensspielräume geschaffen werden.
- Die "Entlastung des Staatshaushalts" wird in dieser Arbeit in Prozent des einmalig investierten Kapitals (der Herstellungskosten) angegeben. Die jährlichen Kosten von Maßnahmen des laufenden Betriebs (z. B. erhöhte Energiekosten) müßten daher erst in eine kapitalisierte Größe umgerechnet werden.

## **5.1 Entwicklung und Anwendung des Effizienzkriteriums "Entlastung des Staatshaushalts" zur Bewertung von Neu- und Ausbaustrecken**

Neubaustrecken schaffen in der Regel<sup>517</sup> sowohl Streckenkapazitäten als auch Fahrzeitverkürzungen. Es liegt daher eine Kuppelproduktion im betriebswirtschaftlichen Sinne vor. Zwar bietet die betriebswirtschaftliche Standardliteratur<sup>518</sup> einige Modelle zur Kostenrechnung bei Kuppelproduktion an, doch wird herausgestellt, daß es keine exakte Zuordnung von Kosten zu Leistung geben kann. Beim vorliegenden Sachverhalt kommt hinzu, daß die "Produkte" Streckenkapazität und Fahrzeitverkürzung nur Zwischengrößen auf dem gedanklichen Weg zu den "Endprodukten" Personenkilometer und Tonnenkilometer sind.

Im folgenden Unterkapitel wird die Effizienz der Schaffung von Streckenkapazitäten und Reisezeitverkürzungen in einer gemeinsamen Graphik dargestellt, was nur bei Neubaustrecken einen Sinn ergibt. Erst in Kapitel 5.1.3 wird das komplexere Bewertungsverfahren "Entlastung des Staatshaushalts" entwickelt, das für jede die Reisezeit und/oder die Streckenkapazität betreffende Maßnahme innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs angewendet werden kann und einen "gemeinsamen Nenner" für die Bewertung von Reisezeit- und Kapazitätseffekten herstellt. Dieses Verfahren ermöglicht nicht nur die Bewertung von Maßnahmen, die Reisezeitverkürzungen und Streckenkapazitäten schaffen, sondern auch von Maßnahmen, bei denen sich ein Konkurrenzverhältnis zwischen Streckenleistungsfähigkeit und Fahrzeitverkürzung ergibt. Dies ist dann der Fall, wenn für die Anhebung der Geschwindigkeit der IC/ICE-Züge auf Fahrplantrassen verzichtet werden muß.

---

518) vgl. Wöhe, Günter, Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 16. Auflage München 1986, S. 1183 ff.

519)  $700 \text{ Sitzplätze pro Zug} \cdot 0,50 \text{ Auslastung} \cdot (12 \text{ Pfennig Fahrkartenerlös} - 4 \text{ Pfennige Betriebskosten}) = 28 \text{ DM}$

### 5.1.1 Einfache Darstellung von Maßnahmen mit Kapazitäts- und Reisezeiteffekten in einem Koordinatensystem

Beschränkt man sich auf die Maßnahmen, bei denen Streckenleistungsfähigkeit nicht reduziert wird, so lassen sich die verschiedenen Projekte in ein Koordinatensystem eintragen. Die Achsenbezeichnungen sind die in den Kapiteln 3.1 und 3.3 verwendeten Effizienzkriterien "Kosten pro Fahrplantrassenkilometer" und "jährliche Kosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung".

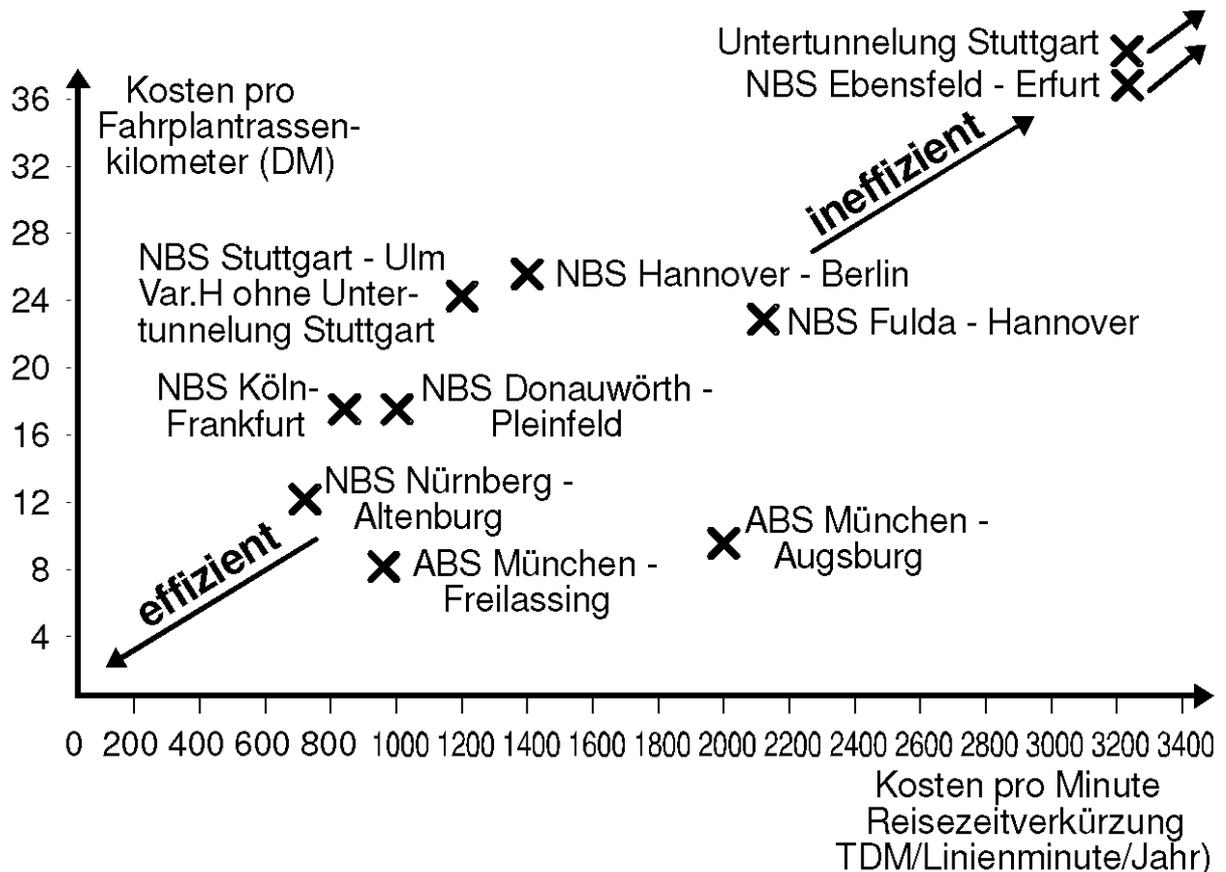


Abb. 28: Darstellung von Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit und zur Fahrzeitverkürzung in einem Koordinatensystem

Grundsätzlich gilt, daß ein Projekt um so effizienter ist, je näher es am Ursprung des Koordinatensystems liegt. Gerade für Politiker als Entscheidungsträger kann eine solche Übersicht eine Entscheidungshilfe bieten. Dennoch sind dem Aussagewert dieses Schaubilds Grenzen gesetzt, wie im folgenden erläutert wird.

Jeder Wirtschaftswissenschaftler überlegt beim Anblick einer solchen Darstellung, wie die Indifferenzkurven und besonders die Indifferenzkurve der "einzelwirtschaftlichen Rentabilität" verlaufen wird – also die Kurve, die die einzelwirtschaftlich sinnvollen von den einzelwirtschaftlich abzulehnenden Projekten trennt. Grundsätzlich muß diese Kurve von links oben nach rechts unten verlaufen. Bei der Festlegung des Kurvenverlaufs stößt man

auf ein Problem: Zwar läßt sich die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität der Reisezeitverkürzung ermitteln, doch kann man nicht sagen, die Minute Reisezeitverkürzung sei genauso viel "wert" wie eine bestimmte Anzahl Fahrplantrassenkilometer; denn dies hängt ab von der Art der Nutzung des Fahrplantrassenkilometers. Somit kann das Schaubild (Abb. 28) Tendenzen und Richtungen aufzeigen, das Problem des fehlenden gemeinsamen Nenners bleibt jedoch weiter bestehen.

Eine weitere Einschränkung dieses Schaubildes liegt darin, daß es nur für den Fall der Schaffung zusätzlicher Streckenkapazität anwendbar ist. Werden Fahrplantrassen nicht geschaffen, sondern vernichtet, versagt diese Darstellung, weil das Effizienzkriterium "Kosten pro Fahrplantrassenkilometer" negativ würde und somit nicht mehr verwendbar wäre, weil negative Preise ökonomisch keinen Sinn ergeben. Die Einführung weiterer Quadranten des Koordinatensystems würde deshalb nicht weiterhelfen.

### **5.1.2 Geldwert der marktlichen Outputgrößen Fahrplantrassenkilometer und Linienminute Reisezeitverkürzung**

Bevor das Effizienzkriterium "Entlastung des Staatshaushalts" verwendet werden kann, müssen die marktlichen Outputgrößen Personenkilometer und Fahrplantrassenkilometer monetär bewertet werden. Der Geldwert des Fahrplantrassenkilometers bzw. der Linienminute Reisezeitverkürzung entspricht der "Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität".

#### **5.1.2.1 Geldwert eines Fahrplantrassenkilometers**

Ein exakter DM-Betrag für den Wert eines Fahrplantrassenkilometers kann nicht bestimmt werden. Trotzdem ist es möglich, eine Bandbreite abzustecken, indem mögliche Kosten und mögliche Erlöse eines Fahrplantrassenkilometers betrachtet werden. Wie im Kapitel 3.1.6 zusammengefaßt, liegen die Kosten der Schaffung eines zusätzlichen Fahrplantrassenkilometers zwischen 40 Pfennigen und 80 DM.

Aufschlußreicher sind die Erlöse, die einem Fahrplantrassenkilometer gegenüberstehen können, da deren Beträge nicht so weit gestreut sind. Ein täglich verkehrender IC-Zug mit 700 Sitzplätzen und einer Auslastung von 50% erwirtschaftet einen Deckungsbeitrag für den Fahrweg in Höhe von 28 DM pro Fahrplantrassenkilometer<sup>519</sup>. Damit dieser hohe Geldbetrag zur Verfügung steht, dürfen jedoch keine Kosten für die Gewinnung zusätzlicher Reisender anfallen. Das heißt, die Fahrgastzunahme ergibt sich nicht durch die Attraktivitätssteigerung des Schienenpersonenfernverkehrs, sondern durch das allgemeine Verkehrswachstum. Im Güterverkehr gelangt man zu einer ähnlichen Größenordnung: Ein schwerer Güterzug erwirtschaftet einen Deckungsbeitrag für den Fahrweg in Höhe von

---

520)  $1800 \text{ Tonnen} \cdot 0,67 \text{ Verhältnis Netto/Brutto} \cdot 0,50 \text{ Auslastung} \cdot (8 \text{ Pfennige durchschnittlicher Preis pro Tonnenkilometer} - 2,5 \text{ Pfennige Betriebskosten}) = 33 \text{ DM}$

rund 33 DM<sup>520</sup>, ein relativ kurzer Personen-Nahverkehrszug nur einen von etwa 10 DM pro Fahrplantrassenkilometer<sup>521</sup>.

Von diesen Deckungsbeiträgen müssen noch laufende Betriebskosten für stationäres Personal und Streckenunterhaltung abgezogen werden. Zur Finanzierung der Investition bleiben daher die genannten Deckungsbeiträge abzüglich laufender Fahrwegkosten von 4 DM<sup>522</sup> pro Fahrplantrassenkilometer übrig. Der erzielbare Deckungsbeitrag für die kalkulatorischen Wegekosten beträgt demnach *6 bis 29 DM* pro Fahrplantrassenkilometer. Voraussetzung hierfür ist, daß die zusätzlichen Fahrplantrassen auch wirklich benötigt werden. Das ist nur dann der Fall, *wenn ohne die zusätzliche Streckenkapazität die Bahn entweder gar nicht in der Lage wäre, den Verkehr zu bewältigen, oder dies nur mit einer eindeutig schlechteren Betriebsqualität zu erreichen wäre.*

Im übrigen ist genau die letztgenannte Einschränkung ein zentrales Problem der diskutierten Trennung des Betriebs Bahn in eine Fahrweg-AG, eine Betriebs-AG für Personenverkehr und eine Betriebs-AG für Güterverkehr. Bei einer solchen Trennung sollen Marktpreise für die Benutzung von Fahrplantrassen die Schnittstelle zwischen Fahrweg-Gesellschaft und Betriebs-Gesellschaften bilden. Nur wenn Knappheit an Fahrplantrassen herrscht und somit die erwähnte Einschränkung eintritt, haben zusätzliche Fahrplantrassen einen "Wert", bildet sich also ein Marktpreis. Herrscht keine Knappheit, so beträgt der Marktpreis des Fahrplantrassenkilometers 0 DM.

Festzuhalten ist, daß *der "Wert"* bzw. bei der Bahnreform in der zweiten Stufe der "Preis" *eines Fahrplantrassenkilometers 0 bis 29 DM* beträgt, und zwar abhängig von der zeitlich und räumlich unterschiedlichen Knappheit an Streckenkapazität und von den erwirtschafteten Deckungsbeiträgen der Züge (kurzer Nahverkehrszug gegenüber schwerem Güterzug).

#### 5.1.2.2 Geldwert der Linienminute Reisezeitverkürzung

Wie schon dargestellt wurde<sup>523</sup>, beträgt für Maßnahmen zur Gewinnung zusätzlicher Reisender die Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität 8 Pfennige pro Personenkilometer. Multipliziert man diese 8 Pfennige mit dem Faktor 8,61 Mio.<sup>524</sup> zur Umrechnung von Personenkilometern in Linienminuten, so ergibt sich ein Geldwert und somit die

---

521)  $(14 \text{ Pfennige Fahrkartenerlös Nahverkehr (Preisstand 1988)} - 6 \text{ Pfennige Betriebskosten Nahverkehr}) \cdot 320 \text{ Sitzplätze (Silberling-Zug mit 4 Wagen)} \cdot 0,40 \text{ Auslastung} = 10 \text{ DM}$

522)  $0,33 \text{ Arbeitsplätze pro Kilometer Strecke} \cdot 4 \text{ Angestellte pro Arbeitsplatz} \cdot 75.000 \text{ DM pro Angestelltem} / 365 \text{ Tage} = 2,70 \text{ DM pro Fahrplantrassenkilometer}$ ; 7 Mio. DM Anteil kurzer Nutzungsdauer bei Neubaustrecken (4 Mio. DM bei Ausbaustrecken), davon 2% jährliche Unterhaltskosten / 365 Tage / 200 Züge pro Tag = 1,90 (1,10) DM pro Fahrplantrassenkilometer

523) siehe Einleitung zu Kapitel 4, Zwischenüberschrift "Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität bei der Bezugsgröße Personenkilometer"

524) siehe ebenfalls Einleitung zu Kapitel 4, Zwischenüberschrift "Umrechnung von Linienminuten in Personenkilometer"

525)  $8 \text{ Mio. DM Kosten Lok} + 11 \cdot 1,8 \text{ Mio. DM Kosten Reisezugwagen} = 27,8 \text{ Mio. DM} \cdot 0,064 \text{ Umrechnung in kalkulatorische Kosten} / 30 = 60.000 \text{ DM}$

*Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität in Höhe von 690.000 DM pro Linienminute.*

Werden die Umläufe der Züge beschleunigt, so stellt sich darüber hinaus noch ein Nutzen durch eingesparte Betriebskosten ein. Dieser weitere Nutzen errechnet sich pro Linienminute wie folgt: Mit einer Linienminute kann in jeder Richtung 1/60 Fahrzeug incl. Personal eingespart werden, also 1/30 Fahrzeug in beiden Richtungen. Bei einem IC-Zug ergeben sich eingesparte kalkulatorische Fahrzeugkosten von 60.000 DM pro Jahr und Linienminute<sup>525</sup>. Beim teureren ICE 3. Generation ergibt sich ein entsprechend höherer Betrag von 90.000 DM<sup>526</sup>. Hinzu kommt jeweils noch ein Zuschlag von 30% für eingesparte Wartungskosten<sup>527</sup>. Da man annehmen kann, daß mit einem IC/ICE-Zug 4 bis 5 Arbeitsplätze<sup>528</sup> verbunden sind und mit 2 Schichten, krankheitsbedingten Ausfällen sowie Urlaub 4 Arbeitnehmer pro Arbeitsplatz erforderlich sind, ergibt sich bei Lohnkosten für den Arbeitgeber in Höhe von 75.000 DM pro Person eine Einsparung pro Linienminute von 45.000 DM an Personalkosten<sup>529</sup>. Je nach Kosten des Zugmaterials beträgt demnach der betriebliche Nutzen der eingesparten Linienminute 125.000 DM bis 155.000 DM.

Die vorangegangenen Überlegungen bedeuten, daß Maßnahmen, die 690.000 + ca. 140.000 = 830.000 DM (pro Linienminute Reisezeitverkürzung) an jährlichen Kosten verursachen, den Staatshaushalt nicht belasten, sondern sich durch die Mehrerlöse und Betriebskosteneinsparungen abdecken lassen. Maßnahmen, deren Kosten unter 830.000 DM pro Linienminute Reisezeitverkürzung liegen, sollten vom DB-Vorstand ohne politische Absicherung durchgeführt werden können, da sie den Staatshaushalt entlasten. Hierbei muß selbstverständlich das eingesetzte Kapital in wirtschaftswissenschaftlich korrekter Art und Weise (vgl. Kapitel 2.1.7.1) durch Zinsen und Abschreibungen in jährliche kalkulatorische Kosten umgerechnet werden. Da nach der derzeitigen Verrechnungspraxis zwischen Staats- und Bahnhushalt die Bahn für größere Verkehrswegeinvestitionen keine Zinsen zahlen muß, verbessern Maßnahmen, deren jährliche Kosten deutlich über 830.000 DM pro Linienminute liegen, ebenfalls das offiziell ausgewiesene Wirtschaftsergebnis der Deutschen Bahn. Doch wird über den Zinsendienst der öffentlichen Hand der Staatshaushalt ebenso belastet, wie dies bei einer entsprechenden Verschlechterung des Wirtschaftsergebnisses der DB und einer dann notwendigen Verlustabdeckung durch den Eigentümer Bund der Fall wäre.

Der Betrag von 830.000 DM pro Linienminute und Jahr deckt sich nicht voll mit der Faustregel von Breimeier, nach der der Nutzen durch schnellere Umläufe unmittelbar den mit

---

526)  $(2 \times 8 + 11 \times 2,4) \text{ Mio. DM} \cdot 0,064 / 30 = 90.000 \text{ DM}$

527) Dieser pauschale Zuschlag enthält je zur Hälfte die kalkulatorischen Kosten des Betriebswerks und die laufenden Kosten der Wartung in einem solchen Werk. Für den Schienenverkehr gilt die Faustregel, daß die Herstellungskosten des Betriebswerks 15% der Anschaffungskosten der Fahrzeuge betragen und das Betriebswerk etwa in der gleichen Zeit abgeschrieben wird.

528) Im IC fahren 3 bis 4, im ICE immer 4 Zugbegleiter mit; hinzu kommt noch ein Lokführer.

529)  $4,5 \cdot 4 \cdot 75.000 \text{ DM} / 30 = 45.000 \text{ DM}$

530) vgl. Breimeier, Rudolf, Wirtschaftliche Aspekte des Schienenschnellverkehrs, in: Die Deutsche Bahn 3/1993, S. 243 f.

den zusätzlichen Reisenden verbundenen Kosten des Zugbetriebs entspricht<sup>530</sup>. Nach der Berechnungsweise von Breimeier würde der einzelwirtschaftliche Nutzen der Reisezeitverkürzung den 12,5 Pfennigen Fahrkartenerlös entsprechen, so daß sich ein zu hoher einzelwirtschaftlicher Nutzen pro eingesparter Linienminute in Höhe von 1.080.000 DM<sup>531</sup> ergäbe.

### 5.1.3 Entwicklung des Effizienzkriteriums "Entlastung des Staatshaushalts"

Im folgenden wird ein universelles Darstellungs- und Bewertungsverfahren für Maßnahmen mit Kapazitäts- und Reisezeiteffekten entwickelt. Dieses Verfahren beschreibt als erste Bewertungsmethode anschaulich die Abhängigkeiten zwischen Kapazitäts- und Reisezeiteffekten und erscheint aufgrund der Einfachheit und Transparenz als die geeignete Methode zur Bewertung von Aus- und Neubaustrecken. Es kann in Zukunft zur geeigneten Entscheidungshilfe für die Verkehrs- und Finanzpolitik werden und die bisherigen, wesentlich komplizierteren, aber keinesfalls genaueren Verfahren zur Bewertung ersetzen, insbesondere die bundesbahninternen einzelwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsrechnungen sowie die davon unabhängige gesamtwirtschaftliche "Standardisierte Bewertung"<sup>532</sup>.

#### 5.1.3.1 Das Konkurrenzverhältnis Streckenleistungsfähigkeit – Fahrzeitverkürzung

Bei Maßnahmen an Ausbaustrecken, die die Fahrzeit von IC/ICE-Zügen reduzieren, besteht eine Konkurrenzbeziehung zwischen Streckenleistungsfähigkeit und Fahrzeitverkürzung. In solchen Fällen stehen auf der Input-Seite des Bruchstrichs nicht nur die Kosten der Investition, sondern auch der mit der Geschwindigkeitsanhebung verbundene bewertete Verlust an Streckenleistungsfähigkeit, der sich aufgrund der Bindung von Streckenkapazität durch die stärkere Mischung der Zuggeschwindigkeiten ergibt. Hierbei handelt es sich keineswegs um einen vernachlässigbar kleinen unerwünschten Nebeneffekt. Vielmehr "entstehen im Mischverkehr mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bedeutende Zeitverluste aus der Differenz der Zugfolgezeiten"<sup>533</sup>. Aus den Erfahrungen des Verfassers mit Betriebssimulationen am Computer zeigt sich, daß für einen zweigleisigen Mischverkehrsabschnitt im Taktverkehr bei einer Fahrzeitverkürzung bei den schnellsten Zügen in Höhe des fahrplanmäßigen minimalen Zugfolgeabstandes genau eine Fahrplantrasse pro Stunde und Richtung verloren geht. Bei einem mit CIR erreichbaren fahrplanmäßigen minimalen Zugfolgeab-

531) 0,125 DM (Preisstand 1988) · 287 km Reiseweite · 30.000 Reisende pro Linienminute

532) Heimerl, Gerd, u.a., Standardisierte Bewertung, a.a.O.

533) Runge, Wolf-Rüdiger, Streckenkapazität – Einflußparameter und ihre Bedeutung, in: ETR 1-2/1993, S. 77

534) Oettle, Karl, Koordinierung von Raumordnung und Verkehrspolitik – Koordinierungsdefizite und -möglichkeiten am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland, in: Koordination von Raumordnung und Strukturpolitiken, Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) 95 Hannover 1985, S. 74

stand von 3 Minuten genügen daher schon 3 Minuten Fahrzeitverkürzung, um pro Stunde und Richtung eine Fahrplantrasse zu verlieren. Wenn sich die schnellen Züge mit den langsamen Zügen nicht nur einmal pro Stunde, sondern zweimal pro Stunde abwechseln – d. h. die IC/ICE-Züge verkehren im Halbstundentakt – dann gehen doppelt so viele Fahrplantrassen verloren.

#### 5.1.3.2 Der Ausstrahlungseffekt zusätzlicher Kapazitäten

Kapazitätsgewinne stellen sich nicht nur an dem Ort ein, wo sie konkret realisiert werden. Vielmehr kann bei der Eisenbahn mit ihrem systematischen, geplanten Betriebsablauf von einem "Ausstrahlungseffekt" zusätzlicher Kapazitäten in zwei Dimensionen gesprochen werden: horizontal und vertikal.

Da parallel zu Neubaustrecken meist Altstrecken verlaufen, kann bei einer Entmischung des Verkehrs bzw. bei der Verlagerung bestimmter Züge auf die Neubaustrecke Streckenleistungsfähigkeit auf der Altstrecke gewonnen werden. Es ergibt keinen Sinn, eine Neubaustrecke rechnerisch mit unrealistisch hohen Zugzahlen zu belegen, um eine hohe Wirtschaftlichkeit des Projektes vorzuweisen, aber diese zusätzlichen Züge von parallel verlaufenden Altstrecken abzuziehen, die höhere Zugzahlen ohne Einschränkung der Betriebsqualität zulassen. Insbesondere "muß gefragt werden, ob für den Güterverkehr nicht bisherige, von einem großen Teil schnellen Personenverkehrs entlastete Hauptstrecken qualitativ und quantitativ ausreichen würden."<sup>534</sup> Notwendig ist daher ein "Denken nicht nur in einzelnen Strecken, sondern in Korridoren, in denen mehrere Strecken zusammen in ihrer Nutzung optimiert werden"<sup>535</sup>. Man kann dies als einen *horizontalen Ausstrahlungseffekt* bezeichnen. Aufgrund dieses Ausstrahlungseffekts können die zusätzlich gewonnenen Fahrplantrassen durch sämtliche Zuggattungen genutzt werden, selbst wenn die "ausstrahlende" Neubaustrecke allein von Zügen des Schienenpersonenfernverkehrs befahren wird. Beispielsweise entlasten TGV-Strecken, auf deren Gleisen nur die TGV-Züge verkehren, die Altstrecken, auf denen mehr Güterverkehr und mehr Personennahverkehr mit einer insgesamt verbesserten Betriebsqualität stattfinden kann.

Aber nicht nur Nahverkehrszüge und Güterzüge auf der Altstrecke profitieren von der Kapazitätsausweitung. Wenn eine neue Fahrplantrasse nicht genutzt wird und die Betriebsqualität zu wünschen übrig läßt, dann steigt die Betriebsqualität, da im Störfall die Fahrplantrasse als Puffer zur Verfügung steht, so daß sich eine Verspätung nicht im sonst üblichen Maß auf den nachfolgenden Zug überträgt.

---

535) Heimerl, Gerhard, Verkehrsinfrastruktur und deutsche Verkehrsunion, in: ETR 12/1990, S. 790

536) auch als "ungeregelter Mischverkehr" bezeichnet; d. h. die Fahrplanabteilungen legen die Abfahrtszeiten der Züge vollkommen willkürlich fest

Etwas schwieriger ist der *vertikale Ausstrahlungseffekt* zu veranschaulichen. Im Straßen- dieser Effekt nicht auf, während er vor allem beim inzwischen weit verbreiteten Taktfahrplan eine große Wirkung zeigt. Gemeint ist die Kapazitätssteigerung auf einer Strecke, bei der die kapazitätssteigernde Maßnahme nur auf einem Teilstück durchgeführt wurde. Wenn beispielsweise auf der Route A – B – C – D eine stark belastete, zweigleisige Bahnstrecke verläuft, dann wird durch zwei zusätzliche Gleise allein zwischen B und C eine wesentliche Kapazitätssteigerung im gesamten Abschnitt zwischen A und D erzielt. Dies liegt daran, daß die nach gewissen Abständen erforderlichen Zugüberholungen beim Entwerfen des Fahrplans von vornherein in den viergleisigen Abschnitt gelegt werden können. Werden die Übergangsstellen zwischen den zwei- und viergleisigen Abschnitten so ausgelegt, daß die Züge das Gegengleis nicht kreuzen müssen, so können über kürzere zweigleisige Abschnitte (20 bis 30 km Länge) bei guter Betriebsqualität Zugzahlen erreicht werden, die fast denen einer durchgängig viergleisigen Strecke entsprechen oder zumindest weit über den Zugzahlen einer reinen zweigleisigen Strecke liegen. Der Viergleisabschnitt zwischen B und C strahlt also auf die Abschnitte A – B und C – D aus.<sup>537</sup> Grenzen der Ausstrahlung sind meist in größeren Knoten erreicht oder ergeben sich aufgrund der Abstände der Zugüberholungen. Der vertikale Ausstrahlungseffekt schwächt sich erfahrungsgemäß nach 20 Kilometern ab und dürfte nach über 50 Kilometern ganz verschwunden sein. Die Kapazitätserweiterung nimmt auf der Gesamtstrecke etwa im Verhältnis der gesamten Streckenlänge (A – D) zur Länge der zwei zusätzlichen Gleise (B – C) zu. Betragen die Abstände zwischen A, B, C und D beispielsweise jeweils 1/3 der gesamten Länge (A – D), so nimmt die Streckenkapazität beim Neubau zwischen B und C auf der Gesamtrelation A – D um 1/3 zu. Wie groß die Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit im konkreten Anwendungsfall ist, hängt auch davon ab, wie intelligent die Fahrplan-Fachleute sich den viergleisigen Abschnitt zunutze machen.

### 5.1.3.3 Bindung von Streckenkapazitäten durch Reisezeitverkürzungen

Werden zusätzliche Reisenden gewonnen, so ergibt sich ein Differenzbetrag aus den Fahrkartenerlösen und den unmittelbar mit dem zusätzlichen Reisenden verbundenen Betriebskosten. Wird dieser Differenzbetrag vollständig für die Finanzierung der Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung verwendet, wie dies im Kapitel 3.3 und auch in der Literatur<sup>538</sup> getan wurde, können schon erste Aussagen zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität von Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung getroffen werden. Im Rahmen einer umfassenden

537) Auf das Vorhandensein dieses vertikalen Ausstrahlungseffekts ("Kettenreaktion") wird in der Literatur hingewiesen: "Die erwähnte Kettenreaktion zeigt, daß eine weitere Stärkung bereits starker Kettenglieder auch die schwächeren stärken wird." Vgl. Wegel, Helmut, Der Hochleistungsblock mit linienförmeriger Zugbeeinflussung (HBL), in: Die Deutsche Bahn 7/1992, S. 737

538) vgl. Breimeier, Rudolf, Zeit ist Geld – auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S. 883 ff.

539) Gebundene Fahrplantrassenkilometer pro Linienminute:  
 30.000 zusätzliche Reisende pro Linienminute  
 / 365 Tage / durchschnittlich 350 Reisende pro IC/ICE-Zug  
 · 287 km durchschnittliche Reiseweite des Fahrgastes.

Betrachtung ist diese Vorgehensweise jedoch eine unzulässige Vereinfachung – vielmehr müssen für die zusätzlichen Reisenden entsprechende Streckenkapazitäten bereitgestellt werden. Da die durchschnittliche Anzahl von Fahrgästen pro Personenfernverkehrszug ebenso bekannt ist wie die durchschnittliche Reiseweite des Fahrgastes, kann leicht berechnet werden, daß bei IC/ICE-Zügen für eine Linienminute Reisezeitverkürzung etwa 67 Fahrplantrassenkilometer bereitzustellen sind<sup>539</sup>. Bei Zügen mit größerer Sitzplatzkapazität (z. B. Doppelstockzüge) werden entsprechend weniger, bei kleineren Zügen (z. B. InterRegio) entsprechend mehr Fahrplantrassenkilometer durch die zusätzlichen Reisenden gebunden. Es handelt sich grundsätzlich um eine Betrachtung des Gesamtnetzes: Einerseits wird gefragt, welchen Beitrag an zusätzlichen Fahrplantrassenkilometern die Maßnahme für das Gesamtnetz leistet, und andererseits, wieviel Fahrplantrassenkilometer durch die zusätzlichen Reisenden im Gesamtnetz in Anspruch genommen werden.

Nachdem von den insgesamt geschaffenen Fahrplantrassenkilometern der Teil abgezogen ist, der für die zusätzlichen Reisenden im Schienenpersonenfernverkehr bereitgestellt werden muß, kann der Rest an Streckenkapazitäten für Güter- und Personennahverkehr oder für eine Verbesserung der Betriebsqualität genutzt werden.

#### 5.1.3.4 Überlegungen zur Berücksichtigung von Transportzeiteffekten des Güterverkehrs

Das hier vorgestellte Bewertungsverfahren für Aus- und Neubaustrecken berücksichtigt Transportzeitverkürzungen im Güterverkehr nur insoweit, als dieser Verkehr neu geschaffene Fahrplantrassen nutzt und somit die in die Bewertung mit einfließende "Anzahl der nutzbaren Fahrplantrassenkilometer außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs" erhöht. Prinzipiell könnten Transportzeitverkürzungen in ähnlicher Weise wie Reisezeitverkürzungen beim Personenverkehr berücksichtigt werden, indem unterstellt wird, daß die Minute Fahrzeitverkürzung zu einem bestimmten zusätzlichen Güterverkehrsaufkommen führt. Aus mehreren Gründen kann dieser Effekt jedoch als vernachlässigbar bezeichnet werden:

- Nur 13% der Verkehrsleistung des Schienengüterfernverkehrs<sup>540</sup> soll künftig durch 160 km/h schnelle Güterzüge erbracht werden. Die zahlreichen 80 bis 120 km/h schnellen Güterzüge erzielen auf Neubaustrecken keinen Geschwindigkeitsvorteil.<sup>541</sup>
- Der Zeitgewinn von Personenzügen auf Neubaustrecken mit 250 km/h Höchstgeschwindigkeit ist zwangsläufig erheblich größer als der von Güterzügen mit "nur" 160 km/h.
- Fahrzeitverkürzungen im Schienengüterverkehr beeinflussen die für den Kunden entscheidungsrelevante gesamte Transportzeit nicht so stark wie Fahrzeitverkürzungen

---

540) berechnet aus Gewicht und Anzahl der geplanten Güterzüge für den Korridor Stuttgart – Ulm (Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 11/258, a.a.O.)

541) Bei 12,5<sup>0</sup>/oo-Steigungsrampen sinkt die Geschwindigkeit schwerer Güterzüge nach 150 Höhenmetern auf 40 km/h ab, während die parallele Altstrecke häufig ein günstigeres Höhenprofil aufweist. Ein Beispiel hierfür ist die gesamte Strecke Fulda – Hannover.

542) Werte der Konstanten P, Q und R siehe Einleitung Kapitel 4; V und W siehe Kapitel 2.1.7.1; X siehe Einleitung Kapitel 3.3; Y siehe Kapitel 5.1.2.2.

im Personenverkehr die Reisezeit (von Haus zu Haus), da selbst beim schnellen Punkt-zu-Punkt-Verkehr ohne Rangieren die Verlade- und Umladezeit sowie die Transportzeit vom Versender zum Bahnhof bzw. vom Bahnhof zum Empfänger immer noch einen großen Anteil an der gesamten Transportzeit hat.

- Da das hier vorgestellte Bewertungsverfahren dazu dienen soll, Aus- und Neubauprojekte miteinander *vergleichen* zu können, können Vereinfachungen, die alle Maßnahmen gleichermaßen geringfügig benachteiligen, toleriert werden.

#### 5.1.3.5 Mathematische Beschreibung der erläuterten Zusammenhänge

Im folgenden Berechnungsmodell werden die bisher erläuterten Zusammenhänge in mathematischer Form ausgedrückt. Für die Bewertung sind lediglich sechs Variablen erforderlich sowie einige Konstanten, die für jedes Eisenbahnprojekt identisch sind. Speziell für Linienverbesserungen bei Ausbaustrecken kommen noch vier weitere Variablen hinzu.

##### *A Herstellungskosten (Mio. DM)*

Bei den Herstellungskosten muß der gleiche Preisstand gewählt werden wie bei den Deckungsbeiträgen der Fahrkartenerlöse (Konstante R, siehe weiter unten).

##### *B Anteil kurzer Nutzungsdauer (%)*

Da bei der Umrechnung in jährliche kalkulatorische Kosten berücksichtigt werden muß, welcher Teil der Investition in 30 Jahren (Oberbau, Signale usw.) und welcher in 100 Jahren (Dämme, Tunnels usw.) abgeschrieben wird, ist der Anteil kurzer Nutzungsdauer anzugeben. Er beträgt bei extrem kunstbautenreichen Neubaustrecken nur 20%, bei kunstbautenarmen Neubaustrecken annähernd 50% und bei Ausbaustrecken bis zu 65%. Da sich die Umrechnungsfaktoren für kurze und lange Nutzungsdauer (Konstanten V und W) nicht stark unterscheiden, ist die Sensitivität dieser Einflußgröße vergleichsweise gering.

##### *C Streckenlänge der kapazitätsrelevanten Maßnahme (in km)*

Unter der Streckenlänge der kapazitätsrelevanten Maßnahme wird die Streckenlänge verstanden, auf der die Kapazität bzw. Streckenleistungsfähigkeit unmittelbar beeinflußt wird, ohne Ansatz des vertikalen Ausstrahlungseffektes. Bei Neubaustrecken ist die Länge der Neubaustrecke anzusetzen. Im Fall von Ausbaustrecken, die zusätzliche Kapazitäten schaffen, ist die Länge des zusätzlichen Gleises bzw. Gleispaars zu verwenden. Wird im Rahmen von Ausbaustrecken die Streckenleistungsfähigkeit reduziert, ist die Länge des Abschnittes anzugeben, auf dem die Geschwindigkeit der IC/ICE-Züge angehoben wird.

#### D *Minuten Reisezeitverkürzung (in Minuten)*

Die Reisezeitverkürzung wird durch Pauschalierungen bzw. durch konkrete Fahrsimulationen ermittelt. Der Fahrzeitzuschlag ist enthalten.

#### E *IC-Linienzahl*

Die IC-Linienzahl gibt das Personenfernverkehrsaufkommen an, umgerechnet auf IC-Linien mit stündlich verkehrenden Zügen, die mit durchschnittlich 350 Fahrgästen besetzt sind. Eine Linienzahl von 1,0 entspricht 4 Mio. Reisenden pro Jahr. Einzusetzen ist hier die Linienzahl bzw. das Verkehrsaufkommen *nach* Realisierung der Maßnahme; der für die Effizienzbetrachtung relevante Mittelwert aus der Linienzahl vor und nach Realisierung der Maßnahme wird erst mit den später aufgeführten Formeln ermittelt.

#### F *Nutzbare zusätzliche Fahrplantrassen*

Die Anzahl der nutzbaren zusätzlichen Fahrplantrassen dürfte die einzige Größe sein, die einem gewissen individuellen Bewertungsspielraum unterliegt. Um diese Zahl zu ermitteln, müssen zuerst Prognosen über das Verkehrsaufkommen der Zukunft getroffen werden, und zwar nicht nur für den Schienenpersonenfernverkehr, sondern für alle Zuggattungen. Werden durch die zu betrachtende Maßnahme *Kapazitäten geschaffen*, so muß über die Erstellung von Bildfahrplänen ausgerechnet werden, wie viele der neu geschaffenen Fahrplantrassen genutzt werden müssen, um beim unterstellten zukünftigen Verkehrsaufkommen eine gute Betriebsqualität im betrachteten Korridor erreichen zu können. Ein Entleeren der Altstrecken zugunsten einer Neubaustrecke, also ein willkürliches Verschieben von Fahrplantrassen, ist nicht zulässig. Bei der Ermittlung der Anzahl der nutzbaren zusätzlichen Fahrplantrassen sind auch die Fahrplantrassen zu berücksichtigen, die im betrachteten Neu- bzw. Ausbauabschnitt für die durch die Reisezeitverkürzung gewonnenen zusätzlichen Reisenden bereitgestellt werden sollten.

Werden durch die zur Diskussion stehende Maßnahme *Kapazitäten gebunden*, so muß entweder über die Faustregel für Engpaßabschnitte "drei Minuten Fahrzeitverkürzung = eine zu opfernde Fahrplantrasse" die Anzahl der vernichteten Fahrplantrassen abgeschätzt oder durch konkrete Betriebssimulationen mittels Bildfahrplänen ermittelt werden. Der Betrag der "nutzbaren zusätzlichen Fahrplantrassen" ist dann negativ.

Liegt ein vertikaler Ausstrahlungseffekt vor, so werden die zusätzlichen nutzbaren Fahrplantrassen der Gesamtstrecke auf die zu betrachtende Teilstrecke kalkulatorisch umgelegt: Entstehen durch den Neubau B – C auf der Gesamtstrecke A – B – C – D 30 zusätzliche nutzbare Fahrplantrassen und beträgt die Länge der Teilstrecke  $\frac{1}{3}$  der Gesamtstrecke, so ergeben sich für die zu betrachtende Teilstrecke 90 "nutzbare zusätzliche Fahrplantrassen".

## G, H, I, J *Berücksichtigung von Linienverbesserungen*

Entsprechend den Überlegungen aus Kapitel 3.3.1.1.1, dürfen im Fall von Linienverbesserungen bei Ausbaustrecken die kalkulatorischen Kosten nicht in der sonst üblichen Höhe angesetzt werden: Der Bau einer Linienverbesserung bedeutet in diesem Abschnitt eine vollständige Sanierung der Strecke, so daß eine künftige Sanierung nicht mehr erforderlich ist bzw. der Zeitpunkt einer künftigen Sanierung in die Zukunft verschoben wird. Dieser Sachverhalt wird dadurch beschrieben, daß sich die Variablen (A) und (B) nur auf die Kosten beziehen, die in voller Höhe zu berücksichtigen sind. Die nicht in der sonst üblichen Höhe anzusetzenden Herstellungskosten der Linienverbesserungen werden mit (G), der prozentuale Anteil dieser Herstellungskosten mit kurzer Nutzungsdauer als (H) bezeichnet. Die Faktoren, die den Sanierungszustand der aufzulassenden Altstrecke beschreiben, lauten (I) für Anteile langer und (J) für Anteile kurzer Nutzungsdauer. Dabei gelten entsprechend den Überlegungen des erwähnten Kapitels die Durchschnittswerte  $I=0,75$  und  $J=0,5$ ; diese Werte können im Einzelfall präzisiert werden, wenn der konkrete Sanierungszustand der aufzulassenden Altstrecke bekannt ist.

### P bis Y: *Konstanten*

Die Konstanten müssen entsprechend der Inflation und neueren empirisch ermittelten Daten sukzessive angepaßt werden. Sie haben nach derzeitigem Kenntnisstand und dem in dieser Arbeit gewählten Preisstand die folgenden Werte:<sup>542</sup>

P = 30000	zusätzliche Reisende pro Linienminute und Jahr
Q = 287 km	durchschnittliche Reiseweite des Fernverkehrsreisenden
R = 0,08 DM	Fahrkartenerlös abzüglich laufende Betriebskosten <sup>543</sup>
U = 365	Tage pro Jahr
V = 0,064	Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten (Abschreibung und Zins) bei kurzer Nutzungsdauer
W = 0,049	Umrechnungsfaktor kalkulatorische Kosten (Abschreibung und Zins) bei langer Nutzungsdauer
X = 350	Fahrgäste pro IC/ICE-Zug bezogen auf Linienzahl 1,0
Y = 140000DM	jährlicher betrieblicher Nutzen einer Linienminute Reisezeitverkürzung aufgrund beschleunigter Zugumläufe.

Entsprechend den erläuterten Zusammenhängen ergeben sich die mathematischen *Formeln* .

---

543) Die dem zusätzlichen Fahrgast direkt zurechenbaren Betriebskosten in Höhe von 4,5 Pfennigen bestehen aus: kalkulatorische Kosten für den Zug incl. Wartungskosten, Kosten für fahrendes Personal sowie Energiekosten (vgl. "Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität bei der Bezugsgröße Personenkilometer" aus der Einleitung von Kapitel 4).

544) vgl. Abb. 4: Schaubild der Input- und Outputgrößen

Zeichenerklärung für die Formeln (Computerschreibweise):

\* mal  
/ geteilt durch  
= erhält den Wert

$$\text{JahrKost} = A * 10.000 * ( (100-B)*W + B*V )$$

Die kalkulatorischen Kosten pro Jahr (JahrKost) enthalten Abschreibungen und Zinsen der Herstellungskosten, wobei zwischen Anlageteilen kurzer und langer Nutzungsdauer unterschieden wird.

$$\text{JahrKostLinverb} = G * 10.000 * ( (100-H)*W*I + H*V*J )$$

Im Falle von Linienverbesserungen ( $G > 0$ ) müssen neben den kalkulatorischen Kosten (JahrKost) noch die Kosten von Linienverbesserungen (JahrKostLinverb) berücksichtigt werden, wobei hier die Variablen (I) und (J) die in Zukunft ohnehin erforderliche *Sanierung* der aufzulassenden Altstrecke berücksichtigen, was die kalkulatorischen Kosten der Linienverbesserung entsprechend senkt.

$$\text{Reisefak} = 1 + P/4.000.000$$

Der Erhöhungsfaktor für die Reisendenzahl bei einer Minute Reisezeitverkürzung (Reisefak) wird nur über Konstanten ermittelt und beträgt bei den oben erwähnten Werten 1,0075. Das bedeutet, eine Minute Reisezeitverkürzung erbringt 0,75% zusätzliche Reisende.

$$\text{LinienzahlMittel} = E * ( 1 - (1 - 1 / \text{Reisefak}^D) ) / 2)$$

Das für eine Effizienzbetrachtung relevante Verkehrsaufkommen (LinienzahlMittel) ergibt sich aus dem Mittelwert der Linienzahl vor und nach Realisierung der Maßnahme.

$$\text{KostenProMinFzvk} = (\text{JahrKost} + \text{JahrKostLinverb}) / D / \text{LinienzahlMittel}$$

$$\text{KostenProFpltrkm} = (\text{JahrKost} + \text{JahrKostLinverb}) / F / C$$

Der Vollständigkeit halber sind in dieser Formelschreibweise die beiden bekannten produktionstechnischen Effizienzkriterien aus Kapitel 3 genannt:

- jährliche Kosten pro Linienminute Fahrzeitverkürzung (KostenProMinFzvk),
- Kosten pro Fahrplantrassenkilometer (KostenProFpltrkm).

$$\text{FplTrkmN} = C * F$$

Die Netto-Anzahl der Fahrplantrassenkilometer (FplTrkmN), die eine Maßnahme schafft bzw. vernichtet, ergibt sich direkt aus der Anzahl der Fahrplantrassen und der Streckenlänge der kapazitätsrelevanten Maßnahme.

$$FplTrkmR = LinienzahlMittel * D * P/U/X * Q$$

Die durch die Reisezeitverkürzung gewonnenen zusätzlichen Reisenden erfordern die Bereitstellung einer bestimmten Streckenkapazität (FplTrkmR) im Gesamtnetz.

$$FplTrkmS = FplTrkmN - FplTrkmR$$

$$KapazBindungR = FplTrkmR / FplTrkmN * 100$$

Wieviele Kapazitäten im Gesamtnetz als Saldo für Güterverkehr, Personennahverkehr und zur Verbesserung der Betriebsqualität übrigbleiben (FplTrkmS), ergibt sich aus der Höhe der durch die Maßnahme geschaffenen Kapazitäten abzüglich der Kapazitäten, die durch die zusätzlichen Reisenden aufgefüllt werden. Wieviel Prozent der geschaffenen Kapazitäten im Gesamtnetz von den zusätzlichen Reisenden in Anspruch genommen werden (KapazBindungR), ergibt sich aus dem Verhältnis der für die zusätzlichen Reisenden bereitzustellenden Kapazitäten zu den insgesamt geschaffenen Kapazitäten. Bei den in dieser Arbeit bewerteten Neubaustrecken liegt dieser Prozentsatz (KapazBindungR) meist in einer Größenordnung von 40% bis 60%, d. h. 40% bis 60% der geschaffenen Kapazitäten werden in einer Betrachtung des Gesamtnetzes sofort für die zusätzlichen Reisenden benötigt, der Rest steht für zusätzlichen Personennahverkehr, Güterverkehr und zur Verbesserung der Betriebsqualität zur Verfügung.

Wenn durch die Maßnahme Kapazitäten nicht geschaffen, sondern gebunden werden, dann ergibt der Saldo der Kapazitäten ebenfalls einen Sinn: Da der Wert (FplTrkmN) dann negativ ist, summieren sich zwei negative Werte: Es muß nicht nur die durch die Geschwindigkeitsanhebung gebundene Streckenkapazität berücksichtigt werden, sondern auch noch die Kapazität, die für die zusätzlichen Reisenden bereitgestellt werden muß. Der Prozentsatz (KapazBindungR) ergibt in diesem Fall jedoch keine sinnvolle Aussage.

$$Entlast1 = ((P*Q*R + Y) * LinienzahlMittel * D - (Jahrkost + JahrkostLinverb)) / (A+G) / 10.000$$

$$Entlast2 = Entlast1 + (FplTrkmS * 30) / (A+G) / 10.000$$

(Entlast1) gibt die Entlastung des Staatshaushalts in Prozent der Herstellungskosten (A+G) beim Wert eines Fahrplantrassenkilometers von 0 DM an. (Entlast2) gibt die Entlastung des Staatshaushalts im Falle des Wertes eines Fahrplantrassenkilometers von 30 DM an.

Die beiden letzten Ergebnisse (Entlast1) und (Entlast2) können in ein Koordinatensystem übertragen und durch eine Gerade verbunden werden. Dadurch ergibt sich die graphische Darstellung der Funktion:

Entlastung des Staatshaushalts =

f (Wert eines Fahrplantrassenkilometers außerhalb des SPFV).

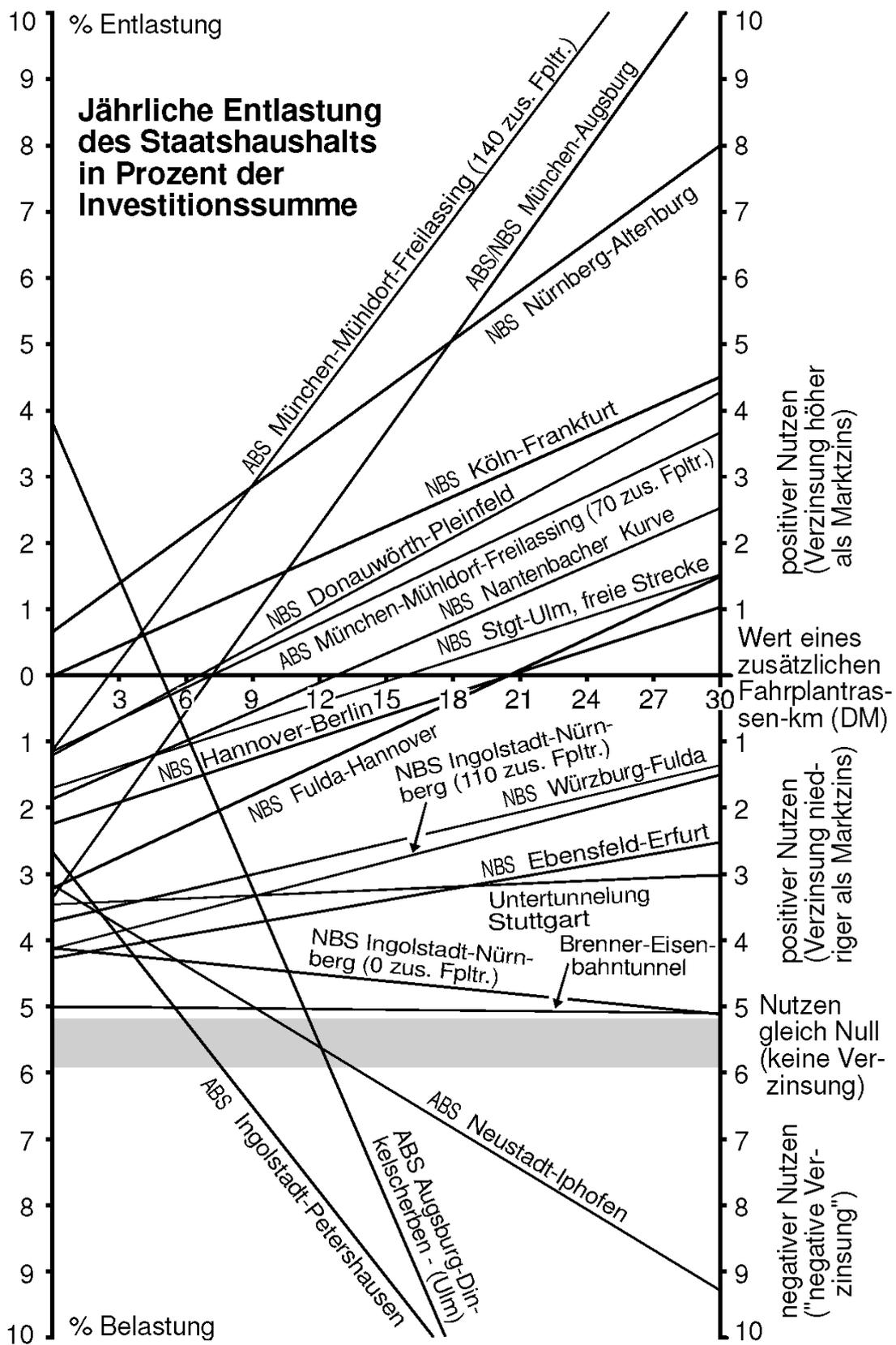


Abb. 29: Darstellung der Effizienz von Neu- und Ausbauprojekten nach dem Kriterium "Entlastung des Staatshaushalts", abhängig vom Wert eines Fahrplantrassenkilometers

#### 5.1.4 Interpretation des Schaubildes "Entlastung des Staatshaushalts"

Die Darstellung der Entlastung des Staatshaushalts (Abb. 29) zeigt die Kosten der Erreichung staatspolitischer Ziele des Betriebs von Schienenpersonenfernverkehr (u. a. Verkehrsverlagerung, Umweltschutz<sup>544</sup>). Liegt eine Entlastung des Staatshaushalts vor, d. h. verläuft die Gerade in der oberen Hälfte des Schaubildes (Bereich der Eigenwirtschaftlichkeit), so kostet die Maßnahme zur Erreichung gesamtwirtschaftlicher Ziele den Steuerzahler gar nichts, vielmehr trägt die Maßnahme zur Reduzierung des "Haushaltsrisikos Bahn" bei. Verläuft die Gerade in der unteren Hälfte des Diagrammes, so können die Kosten abgelesen werden, die mit der gesamtwirtschaftlich eventuell gewünschten Maßnahme auf den Staatshaushalt zukommen.

Neben der Trennungslinie zwischen dem Bereich der Ent- und Belastung des Staatshaushalts (Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität) gibt es noch eine weitere Trennungslinie. Sie verläuft bei etwa 5% bis 6% Belastung des Staatshaushalts, je nachdem, ob die Maßnahme weitgehend in 100 Jahren abgeschrieben wird (kalkulatorische Kosten von 4,9% der Herstellungskosten, z. B. Brenner-Basistunnel) oder in 30 Jahren (kalkulatorische Kosten 6,4%, z. B. Investitionen in Oberbau, Signaltechnik). Bewegt sich die Gerade in diesem Bereich, so ist der Nutzen der Maßnahme gleich Null oder nahezu Null, wie dies beispielsweise beim Brenner-Basistunnel der Fall ist. Verläuft der relevante Bereich der Geraden unter dieser Linie, so liegt ein negativer Nutzen vor. Das ist bei Ausbaustrecken der Fall, wenn ohne Betrachtung der Kosten allein die durch die Geschwindigkeitsanhebung zerstörten Fahrplantrassen schwerer wiegen als der Nutzen der Reisezeitverkürzung. Das Geld an Dritte zu verschenken, wäre einzel- und gesamtwirtschaftlich effizienter, weil dann der Nutzen des investierten Geldes zwar gleich Null, aber wenigstens nicht negativ ist.

Betrachtet man den Punkt der Geraden beim Wert der Fahrplantrasse von 0 DM, zeigt sich die finanzielle Auswirkung der reinen Reisezeiteffekte. Die Steigung der Geraden wird dagegen allein beeinflusst durch die Kosten der geschaffenen Kapazitäten (steil = billig, flach = teuer). Werden durch die Maßnahme nicht Fahrplantrassen geschaffen, sondern vernichtet, so erhält die Gerade eine negative Steigung: Dann wird die Belastung des Staatshaushalts um so größer, je wertvoller der zerstörte Fahrplantrassenkilometer ist.

Um über die einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Effizienz einer Maßnahme Aussagen treffen zu können und um zu entscheiden, welcher Bereich der Geraden für ein

---

545) Nach Ansicht des Verfassers wird die Ostöffnung hohe Wachstumsraten insbesondere im Güterverkehr bringen, und es werden außerdem in der hier relevanten Korridorbetrachtung für den Verkehr München – Rosenheim (– Innsbruck) neue Fahrplantrassen dringend erforderlich sein, so daß die angenommene höhere Streckenbelastung wahrscheinlicher ist.

Projekt relevant ist, muß je nach grundsätzlichem Verlauf der Geraden wie folgt verfahren werden:

*Entlastung des Staatshaushalts bei Wert des Fahrplantrassenkilometers 0 DM,*

*Entlastung auch bei 30 DM*

Durch ein Abschätzen der wirtschaftlichen Tragfähigkeit der von den neuen Fahrplantrassen profitierenden Züge (vgl. Kapitel 5.1.2.1 Geldwert eines Fahrplantrassenkilometers) – z. B. etwa 15 DM pro Fahrplantrassenkilometer bei einer typischen Aufteilung der zusätzlichen Kapazitäten in Personennahverkehr, Güterverkehr und Betriebsqualität – gelangt man zu einem konkreten Zahlenwert der Entlastung des Staatshaushalts. Wenn man hinsichtlich der erforderlichen Streckenkapazität vermutet, daß die im Geradenverlauf berücksichtigte Anzahl benötigter Fahrplantrassen doch zu hoch liegt, dann kann man einen niedrigeren Geldwert des Fahrplantrassenkilometers ansetzen und so zu einem neuen Wert der Entlastung des Staatshaushalts gelangen. Aus der Steigung der Geraden wird deutlich, wie sensibel das Ergebnis "Entlastung des Staatshaushalts" auf die Höhe des Bedarfs an zusätzlicher Streckenkapazität reagiert.

*Belastung bei 0 DM, Belastung bei 30 DM*

Durch eine Abschätzung des Wertes des zusätzlichen bzw. zerstörten Fahrplantrassenkilometers kann abgelesen werden, wie stark der Staatshaushalt durch die Maßnahme belastet wird.

*Belastung bei 0 DM, Entlastung bei 30 DM*

Wird der Schnittpunkt der Geraden mit der Trennungslinie Entlastung/Belastung betrachtet, so kann beispielsweise für das Neubauprojekt Stuttgart – Ulm ausgesagt werden, daß beim Wert eines Fahrplantrassenkilometers von 15 DM weder eine Ent- noch eine Belastung des Staatshaushalts eintritt.

*Entlastung bei 0 DM, Belastung bei 30 DM*

Ist die Steigung der Geraden negativ, so besteht ein Konkurrenzverhältnis zwischen Reisezeit- und Kapazitätseffekten. Wenn *keine Kapazitätsengpässe* vorliegen, kann der Wert der Fahrplantrasse mit 0 DM festgelegt werden. Denn ein Geldwert (bzw. ein positiver Marktpreis) stellt sich erst dann ein, wenn Knappheit vorliegt. Hätte beispielsweise vor der Ostöffnung die Strecke Paderborn – Kassel als eine damals auch längerfristig nicht ausgelastete Strecke Linienverbesserungen erhalten, so hätte der Wert der Fahrplantrasse 0 DM betragen. Liegen *mittelschwere Kapazitätsengpässe* vor, so kann überlegt werden, wie teuer es wäre, den Verlust an Streckenleistungsfähigkeit wieder zu kompensieren. Dazu stehen die konkreten Ergebnisse des Kapitels 3.1 "Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit" zur Verfügung. Lassen sich die erforderlichen Kapazitäten eindeutig mit der Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen und mit CIR schaffen, dann betragen die Kosten der Rückgewinnung eines Fahrplantrassenkilometers und somit der Wert der zerstörten Fahrplantrassenkilometer 0,40 bis 5 DM. Sind zusätzliche Gleise erforderlich, liegt der Wert des zerstörten Fahrplantrassenkilometers bei 7 bis 11 DM. Betrachtet man Ausbaustrecken, bei denen die Geschwindigkeit der IC/ICE-Züge angehoben wird, so kann davon ausgegangen werden, daß beim Vorhandensein von *schweren Kapazitätseng-*

*pässen* Linienverbesserungen grundsätzlich abzulehnen sind. Mit hoher Wahrscheinlichkeit stiften sie sogar einen negativen Nutzen, wie z. B. im Abschnitt Neustadt – Iphofen der Ausbaustrecke Würzburg – Nürnberg oder bei der Ausbaustrecke Ingolstadt – Petershausen. Bedenkt man, daß diese beiden Projekte selbst bei Außerachtlassung der negativen Kapazitätseffekte (d. h. Wert des Fahrplantrassenkilometers = 0 DM) den Staatshaushalt schon mit rund 3 bis 4% der Herstellungskosten jährlich belasten und bei einem Wert des Fahrplantrassenkilometers von 13 DM bzw. 5 DM die zweite Trennungslinie gekreuzt wird, so daß der Bereich des absolut negativen Nutzens erreicht wird, sind solche Projekte weitaus ineffizienter als die ineffizientesten aller Neubaustrecken.

#### *Weitere graphische Darstellungen zum vorgestellten Schaubild*

Um die Sensitivität von Einflußgrößen zu veranschaulichen, kann eine Maßnahme als *Fläche zwischen zwei Begrenzungsgeraden* dargestellt werden. Die Fläche zwischen den beiden Geraden stellt den möglichen Bewertungsbereich dar. So ist im Schaubild (Abb. 29) speziell für die Ausbaustrecke München – Mühldorf – Freilassing zweimal eine Gerade eingezeichnet: Das erste Mal mit einem Verkehrsaufkommen von 2,0 IC-Linien nach Ausbau und 140 sinnvoll nutzbaren zusätzlichen Fahrplantrassen. Das zweite Mal wird die IC-Linienzahl sowie die Anzahl der nutzbaren Fahrplantrassen halbiert. Dabei stellt sich heraus, daß selbst bei der Halbierung der Verkehrsmengen<sup>545</sup> das Projekt noch nicht eindeutig einzelwirtschaftlich unrentabel ist. Werden durch das Neubauprojekt Nürnberg – Ingolstadt nicht nur wie vom Verfasser geschätzt 0 Fahrplantrassen geschaffen<sup>546</sup>, sondern (willkürliche) 110 nutzbare Fahrplantrassen, so verläuft die Gerade etwa wie die des Projektes Fulda – Würzburg. Betrachtet man die Fläche zwischen diesen beiden Geraden, kann man schließen, daß selbst eine wesentliche Veränderung der Ausgangsdaten diesem Projekt nicht zur Eigenwirtschaftlichkeit verhelfen kann.

*Reine Kapazitätsmaßnahmen* können sehr einfach ohne die Heranziehung der Formeln in das Schaubild (Abb. 29) eingetragen werden: Die Gerade beginnt (Wert Fahrplantrasse = 0) je nach den Anteilen kurzer und langer Nutzungsdauer bei 6,4% Belastung (kurze Nutzungsdauer) bzw. bei 5,8% im Fall von typischen Ausbaustrecken (60% kurze, 40% lange Nutzungsdauer). Der Schnittpunkt mit der Trennlinie Belastung/Entlastung entspricht dem Wert des Effizienzkriteriums "Kosten pro Fahrplantrassenkilometer". Die effizienteste Maßnahme, nämlich die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen, beginnt bei 6,4% Belastung, steigt sehr steil an und kreuzt die Trennlinie Belastung/Entlastung schon bei 0,40 DM. Andere, weniger effiziente Maßnahmen verlaufen flacher und kreuzen die Trennlinie entsprechend später.

---

546) Der neu zu bauende Streckenabschnitt entlastet die Strecke Ingolstadt – Treuchtlingen – Nürnberg, die im Streckennetz keinen Kapazitätsengpaß darstellt, zumal südlich Nürnberg ohnehin zusätzliche Gleise für die S-Bahn gelegt werden sollen. Die Neubaustrecke mündet in die Ausbaustrecke Nürnberg – Würzburg sowie in die Ausbaustrecke Ingolstadt – Petershausen, die beide künftig einen Kapazitätsengpaß darstellen werden.

547) Kosten pro Linienminute Reisezeitverkürzung weniger als 830.000 DM pro Jahr bzw. weniger als 690.000 DM, wenn kein betrieblicher Nutzen durch beschleunigte Umläufe der Züge vorliegt

*Reine Reisezeitmaßnahmen*, die weder Streckenkapazität schaffen noch zerstören, verlaufen gegenüber dem Wert der Fahrplantrassen unelastisch und somit im Schaubild horizontal. Bei einer einzelwirtschaftlich rentablen Maßnahme<sup>547</sup> verläuft die horizontale Gerade oberhalb und bei einer einzelwirtschaftlich ineffizienten Maßnahme unterhalb der Trennlinie Belastung/Entlastung. Die effizienteste Reisezeitmaßnahme (vgl. Kapitel 3.3.3.2.), nämlich eine neue Fußgängerbrücke am Münchner Hauptbahnhof, verläuft als horizontale Gerade auf der Höhe "Entlastung 52%".

## 5.2 Gestaltung effizienter Neubaustrecken

Betrachtet man im Schaubild "Entlastung des Staatshaushalts..." (Abb. 29) die realisierten und von den Verkehrspolitikern favorisierten Projekte, so zeigen sich einzelwirtschaftlich sehr bedenkliche Ergebnisse. Die Mehrzahl der Aus- und Neubaustrecken der Deutschen Bahn sind einzelwirtschaftlich ineffizient. Die Belastung des Staatshaushalts wächst

- mit jedem Ausbauprojekt, das beim Vorhandensein von Kapazitätsengpässen die Anhebung der Geschwindigkeit von IC/ICE-Zügen vorsieht, und
- mit jedem Neubauprojekt, das sich bewegter Topographie nicht anpaßt und/oder eine nur geringe Streckenbelegung vorweisen kann.

Gelingt es in Zukunft nicht, durchweg effiziente Neubaustrecken zu konzipieren, so muß eine Verkehrspolitik, die auf Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene sowie auf großes Wachstum im Schienenpersonenfernverkehr setzt, insgesamt in Frage gestellt werden. Aus Sicht des Steuerzahlers wird es dann mit großer Wahrscheinlichkeit außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs effizientere Maßnahmen zur Erreichung der gleichen gesamtwirtschaftlichen Ziele geben.<sup>548</sup>

### 5.2.1 Einflußgrößen der Effizienz von Neubaustrecken

#### *Kosten von Neubaustrecken*

Die Kosten von Neubaustrecken setzen sich wie folgt zusammen:<sup>549</sup>

---

548) Genannt sei hier insbesondere die Förderung des SPNV in der Fläche sowie staatliche Aktivitäten im Bereich der Energiewirtschaft. Was die mangelnde Kostendeckung bzw. die Belastung des Staatshaushalts betrifft, sind stilllegungsbedrohte Nebenbahnen vergleichbar mit ineffizienten Neubaustrecken wie Nürnberg – Erfurt und Nürnberg – Ingolstadt. Der strukturpolitische Nutzen des SPNV ist aber zweifellos größer als der des SPFV (vgl. auch die Ausführungen zur Strukturpolitik in Kapitel 2.3.2.3).

549) Ermittelt aus Erfahrungs- und Schätzwerten von Neubauprojekten der DB sowie aus einem Datenblatt der DB, nach dem die DB selbst die Kosten künftiger Neubaustrecken abschätzt, so etwa die Kosten der Strecke Ebensfeld – Erfurt (Erläuterungsbericht dieser Neubaustrecke vom Dezember 1991, S. 257 ff.)

550) vgl. Heimerl, Gerhard, u. a., Studie über die Bündelungseffekte zwischen Schiene und Straße mit beispielhafter Betrachtung der NBS Köln – Rhein/Main, Juni 1988, diverse Querschnittszeichnungen in der Anlage

Rohbau Brücke fix	16,0 Mio.DM/km
pro überbautem Höhenmeter	0,6 Mio.DM/km
Rohbau Tunnel	29,0 Mio.DM/km
Oberbau und Ausrüstung	8,1 Mio.DM/km
durchschnittlicher	
Zuschlag für kreuzende Wege	2,0 Mio.DM/km
Erdbewegung	12-16 DM/m <sup>3</sup>
Grunderwerb	30-50 DM/qm

Hinzu kommen noch Zuschläge für Planung und Unvorhergesehenes in Höhe von 15 %, um zu dem in dieser Arbeit verwendeten Preisstand 1987-1989 zu gelangen. Der Oberbau besteht aus Schotter, Schwellen und Gleisen, die Ausrüstung aus Oberleitung, Bahnstromversorgung, Signal- und Fernmeldeanlagen.

Die Kosten für Erdbewegung und Grunderwerb sowie die Kosten einer Brücke pro überbautem Höhenmeter (sozusagen die Kosten der Pfeiler) sind abhängig von der Höhendifferenz zwischen Gleistrasse und natürlichem Geländeniveau. Die für den Grunderwerb relevante Breite setzt sich wie folgt zusammen.<sup>550</sup>

- insgesamt 8 Meter durchschnittliche Breite für Begleitwege,
- 2 · Böschung 1 : 1,5, d. h. Böschungsbreite = 3 · Geländeabweichung,
- 2 · 1,60 Meter Wassergraben bei Einschnitt,
- 13,70 Meter Gleisplanum incl. Sockel für Oberleitung und Kabelkanäle.

Die Erdbewegungen pro Meter ergeben sich aufgrund der leicht nachvollziehbaren geometrischen Zusammenhänge:

Erdbewegung pro laufendem Meter Strecke in Kubikmetern =  
 Geländeabweichung · (13,70 + 2 · 1,60 falls Einschnitt + 1,5 · Geländeabweichung).

Demnach nehmen die Erdbewegungen *im Quadrat der Abweichung vom Gelände* zu. Ob 12 oder 16 DM pro Kubikmeter für Erdbewegungen berechnet werden müssen, hängt davon ab, ob die Erdmassen eines Einschnittes in einem nahegelegenen Damm verbaut werden können oder abseits der Strecke deponiert werden müssen.

Berücksichtigt man bei Tunnels mögliche Mehrkosten aufgrund schwieriger geologischer Verhältnisse von bis zu 40% sowie bei Brücken von bis zu 20% gegenüber den üblichen Preisen, so ergibt sich die folgende graphische Darstellung der Kosten, abhängig von der Höhenlage.

551) beispielsweise an der Strecke Ingolstadt – Treuchtlingen Höhe Eichstätt oder Treuchtlingen – Ansbach 5 km vor Ansbach

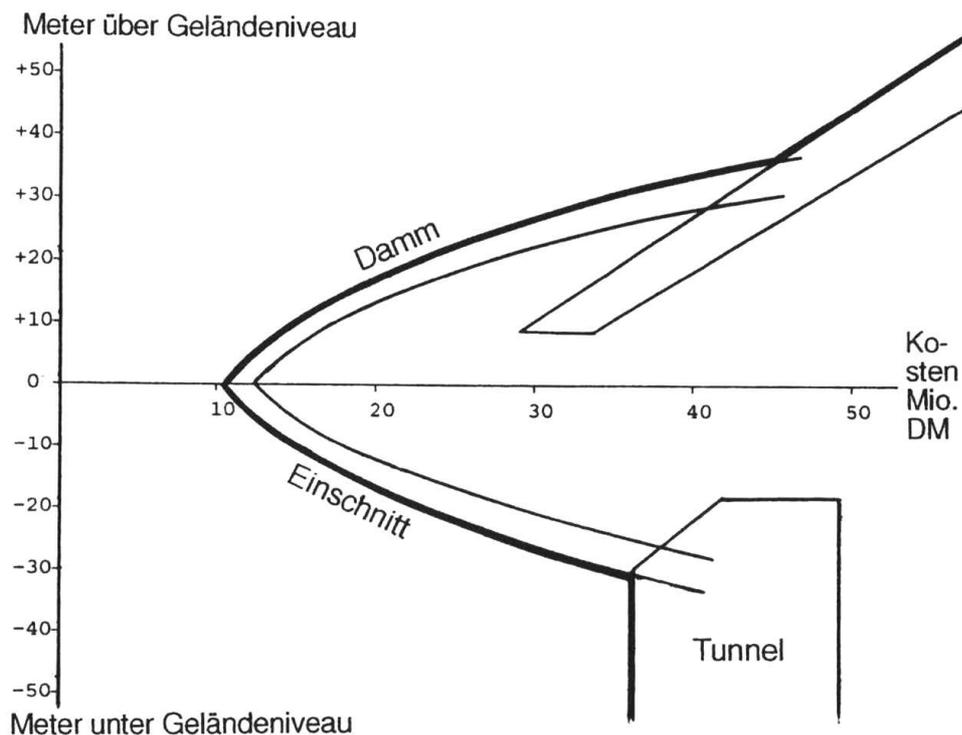


Abb. 30: Herstellungskosten von Neubaustrecken, abhängig von der Abweichung vom natürlichen Geländeverlauf

Aus dem Diagramm läßt sich ablesen, daß Neubaustrecken mit nur wenigen Prozent Kunstbauten und guter Anpassung an die Landschaft (Einschnitte und Dämme mit Geländeabweichungen von maximal rund 10 Metern) für 15 Mio. DM pro Kilometer zu realisieren sind. "Klassische" Neubaustrecken, die in weiten Teilen aus einer Aneinanderreihung von Tunnelstrecken, Talbrücken, tiefen Einschnitten und hohen Dämmen bestehen, erfordern mehr als 30 Mio. DM pro Kilometer, was z. B. für die bisherigen Projekte Mannheim – Stuttgart und Würzburg – Hannover zutrifft.

Aus dem gesamtwirtschaftlichen Blickwinkel heraus kann festgestellt werden, daß die nicht-monetarisierbaren Landschaftseingriffe ähnlich wie die einzelwirtschaftlichen Kosten mit größer werdender Abweichung vom Gelände zunehmen. Aus einzelwirtschaftlicher Sicht ist der Bau von Brücken statt Dämmen erst bei 30 Meter Abweichung vom Gelände sinnvoll. Bei alten Bahntrassen sind solch hohe Dämme anzutreffen<sup>551</sup>, bei Neubaustrecken dagegen kaum. Hier sind einzelwirtschaftliche Erwägungen Aspekten des Landschaftschutzes und des Kleinklimas unterzuordnen, so daß Brücken schon ab 10 bis 15 Meter Höhe gerechtfertigt werden können.

Inwieweit sich eine Neubaustrecke gut der Landschaft anpassen kann (*Landschaftsanpassung*), hängt von drei Faktoren ab:

- (1) von großräumigen topographischen Verhältnissen,
- (2) von kleinräumigen topographischen Verhältnissen, d. h. von der intelligenten Ausnutzung der Spielräume, die sich innerhalb der großräumig festgelegten Streckenführung ergeben,
- (3) von den Trassierungsparametern, insbesondere den zulässigen Steigungen.

Der Faktor (2) ist vom Planer direkt beeinflussbar. Die Faktoren (1) und (3) sind Randbedingungen einer Planung, die im Zuge einer Gesamtoptimierung des Projektes ebenfalls zur Disposition stehen sollten. Der Planer "sollte daher *nicht* ohne weiteres alle Randbedingungen akzeptieren, obwohl dies zu Auseinandersetzungen mit dem Auftraggeber führen kann."<sup>552</sup> So ist es beispielsweise keineswegs unvermeidlich, sondern von Interessengruppen gewollt, daß die geplante Neubaustrecke von Nürnberg nach Leipzig unter Inkaufnahme eines Umweges von rund 80 Kilometern gegenüber der Luftlinie ausgerechnet durch das in diesem Korridor topographisch denkbar schwierigste Gelände, nämlich den Thüringer Wald und die Finne-Unstrut-Region (nördlich Naumburg) verlaufen soll. Es sollte vermieden werden, daß Interessenvertreter von Tunnel- und Brückenbaufirmen maßgeblich daran beteiligt werden, die Trassenführung von Neubaustrecken zu bestimmen, wie dies zwischen Nürnberg und Leipzig der Fall ist. Denn es ist zu befürchten, daß diese Inte-

---

552) Hanssmann, Friedrich, Einführung in die Systemforschung, 3. Auflage München 1987, S. 69

553) Auf der Neubaustrecke Hannover – Würzburg verkehren Güterzüge nur zwischen 24 und 3 Uhr nachts; zwischen 3 und 6 Uhr nachts verkehren fast keine Züge; vgl. Hartkopf, Roland, Probleme des Mischverkehrs auf Neubaustrecken, in: Die Bundesbahn 11/1989, S. 983

ressengruppe Tunnel- und Brückenbauwerke nicht mit der erforderlichen Sorgfalt vermeiden.

#### *Nutzbare Kapazitäten und IC-Linienzahl von Neubaustrecken*

Der Nutzen von Neubaustrecken setzt sich aus Kapazitäts- und Reisezeiteffekten zusammen. Das *Verkehrsaufkommen* spielt für beide Effekte eine Rolle: Nicht nur die nutzbare Streckenkapazität, sondern auch die in den Reisezeiteffekt mit einfließende Linienzahl ist vom Verkehrsaufkommen abhängig. Das Verkehrsaufkommen einer Neubaustrecke kann dadurch maximiert werden, daß mehrere Korridore, bei denen jeder einzelne keine effiziente Neubaustrecke zuläßt, durch Inkaufnahme geringfügiger Umwege gemeinsam geführt werden (*Korridorbündelung*, siehe Abb. 31).

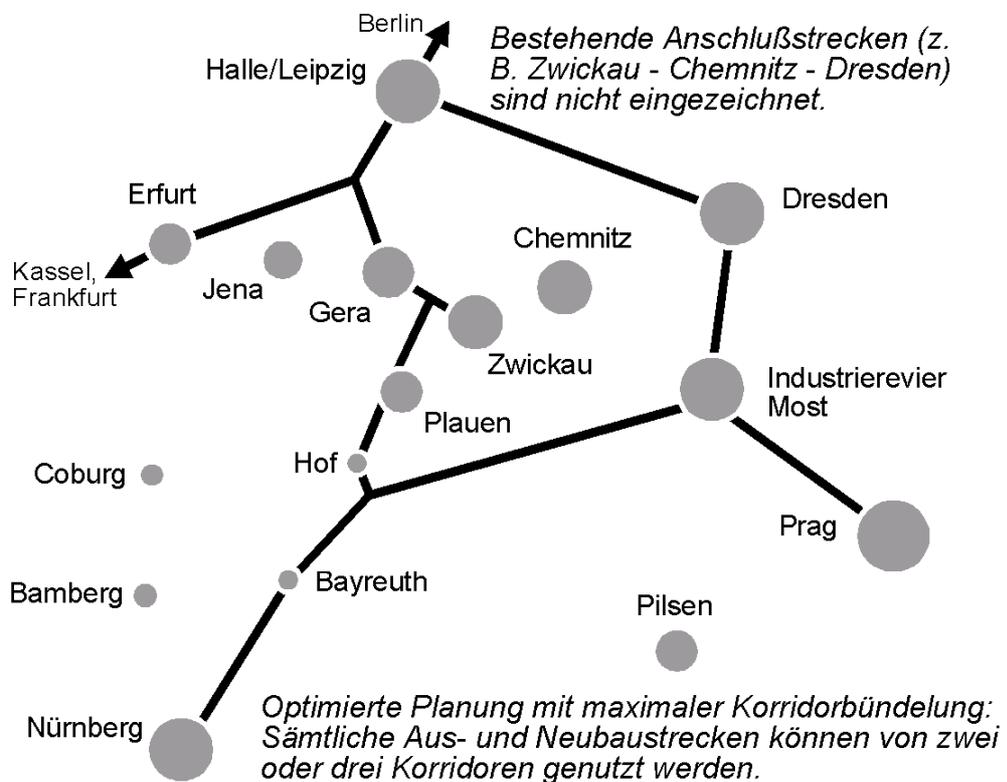
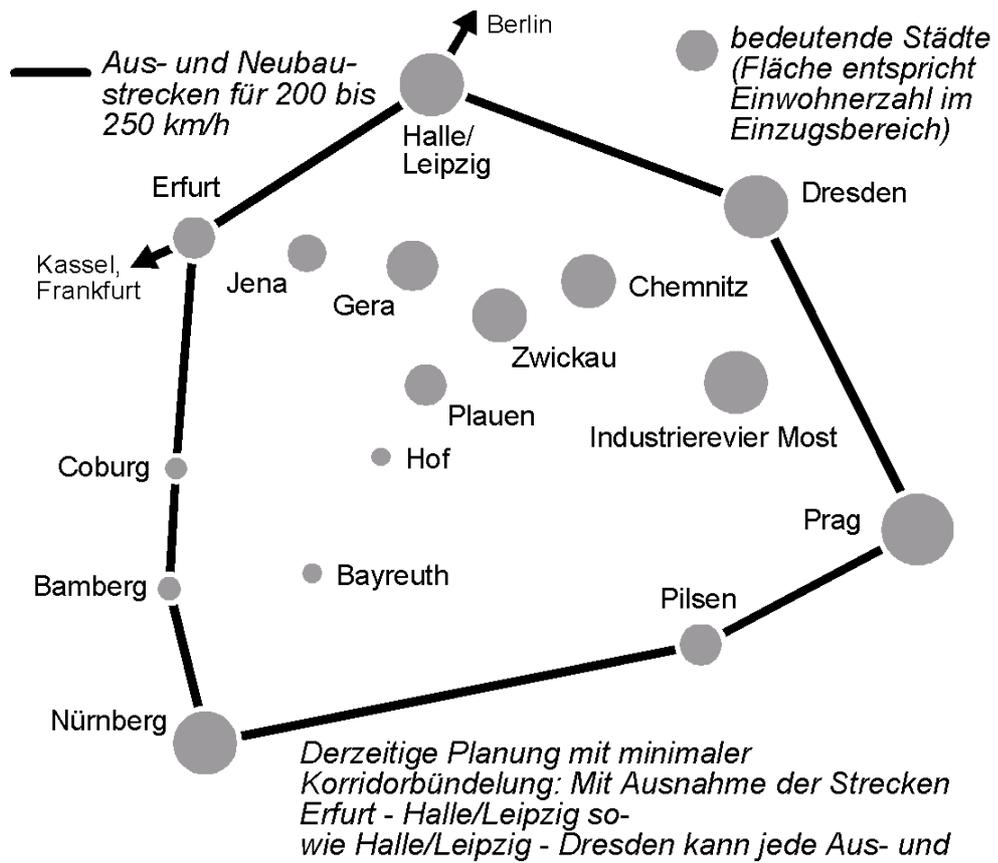


Abb. 31: Minimale und maximale Korridorbündelung am Beispiel des Raumes Nordbayern – Thüringen – Sachsen – Tschechei

### *Güterzugtauglichkeit von Neubaustrecken*

Neben der Bündelung von Korridoren kann die Heranziehung von *Güterzügen* zur besseren Auslastung einer Neubaustrecke führen. Ein Nutzen ist jedoch nur dann vorhanden, wenn sich durch den Verkehr von Güterzügen auf der Neubaustrecke die Betriebsqualität im betrachteten Korridor (d. h. Neu- plus Altstrecke) verbessert oder bestimmte Güterzugfahrten überhaupt erst möglich werden. Das ist *tagsüber* nicht bzw. nur in seltenen, örtlich begrenzten Ausnahmefällen der Fall, da die beste Betriebsqualität und höchste Leistungsfähigkeit in der Regel dann gegeben ist, wenn auf der Neubaustrecke nur die schnellen Personenfernzüge und auf der entlasteten Altstrecke um so mehr langsame Güter- und Personennahverkehrszüge verkehren.

In einigen *Nachtstunden* dürfte im Korridor Fulda – Hannover die Führung langsamer Güterzüge sowohl über die Altstrecke als auch über die Neubaustrecke zu einer verbesserten Betriebsqualität führen. Bei der Planung dieser Neubaustrecke hätte man demnach den Nutzen der Güterzugtauglichkeit in den Nachtstunden mit den Mehrkosten der flacheren Trassierung gegenüber einer steileren Trassierung vergleichen müssen. Da in schwieriger Topographie von einer Verdoppelung der Baukosten auszugehen ist, muß für eine Rechtfertigung der güterzugtauglichen Trassenführung der betriebliche und verkehrliche Nutzen von 3 nächtlichen Stunden<sup>553</sup> genauso hoch sein wie in den 18 Stunden des Tages. Demnach kann gefolgert werden, daß eine voll güterzugtaugliche Neubaustrecke nur dann zu empfehlen ist, wenn aufgrund der topographischen Verhältnisse die Mehrkosten höchstens rund 30%<sup>554</sup> betragen. Praktisch keine Mehrkosten entstehen für die volle Güterzugtauglichkeit beispielsweise bei der Neubaustrecke Hannover – Berlin, da sie im Flachland verläuft. Eine ähnliche Situation ergibt sich bei der Neubaustrecke Hof – Altenburg, die sich die sehr flachen Hochebenen des Vogtlandes zunutze macht; hier kann schon mit 1,1% Steigung dem natürlichen Geländeverlauf weitgehend gefolgt werden.

Im übrigen muß eine steil trassierte Neubaustrecke nicht völlig untauglich für jede Art von Güterzügen sein. Leichte, schnelle Güterzüge können darauf ohnehin verkehren. Schwerere Züge müssen jedoch mit einer zweiten Lok versehen werden. Vergleicht man die außerordentlich hohen Kosten der Tunnelbauwerke einer güterzugtauglichen Neubaustrecke mit den Kosten des Schiebetriebes, so dürfte sowohl aus einzel- als auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht der Vorspann- bzw. Schiebetrieb im Zweifelsfall effizienter sein als eine tunnelreiche Neubaustrecke, zumal auch der hohe Energieverbrauch beim Bau von Tunnel-

---

554) Geht man davon aus, daß in den drei Nachtstunden pro Stunde doppelt so viele Güterzüge verkehren wie tagsüber pro Stunde an Personenzügen, ergibt sich ein Zuwachs an Zügen durch die nächtlichen Güterzüge in Höhe von 33%:

18 h (Personenzüge tagsüber) im Verhältnis zu 3 h · 2

555) siehe Kapitel 2.3.4.1

strecken<sup>555</sup> bedacht werden muß<sup>556</sup>. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist jedoch eine nachts optimal für Schwergüterverkehr nutzbare Neubaustrecke vorteilhaft, da sie die meist dicht besiedelte Region entlang der Altstrecke vom Schienenverkehrslärm entlastet. Das Ziel der Lärminderung dürfte jedoch kostengünstiger erreicht werden durch aktiven Lärmschutz an den Güterwagen<sup>557</sup> sowie durch eine Ausweitung der Gültigkeit von Lärmgrenzwerten des Bundesimmissionsschutzgesetzes auf Altstrecken.<sup>558</sup>

### *Reisezeiteffekte von Neubaustrecken*

Die Einflußgrößen der *Reisezeiteffekte* sind zum einen das durch die Planung beeinflussbare Geschwindigkeitsniveau der Neubaustrecke und zum anderen das gegebene Geschwindigkeitsniveau der Altstrecke.

In die Fahrzeit auf Neubaustrecken gehen zahlreiche Einflußgrößen ein. Um diese Zusammenhänge darstellen zu können, wurden Fahrsimulationen mit einem ICE Baujahr 1991 (13 Mittelwagen) auf kürzlich in Betrieb genommenen Neubaustrecken durchgeführt. Die Streckendaten wurden variiert, um etwa die Fahrzeit ohne Steigungen oder die Fahrzeit ohne Langsamfahrstellen zu ermitteln. Berechnet wurden die Verbindungen mit den folgenden Luftliniengeschwindigkeiten (immer nur für eine Richtung ermittelt):

- Mannheim – Stuttgart                    140 km/h,
- Hannover – Göttingen                    175 km/h,
- Göttingen – Kassel                        133 km/h.

Durch die Auflösung der Fahrzeit in die einzelnen Einflußgrößen wird deutlich, wie der große Unterschied zwischen der Höchstgeschwindigkeit (250 km/h) und der Luftliniengeschwindigkeit zustande kommt.

Die im Fahrplan ausgewiesene Gesamtfahrzeit kann auf die folgenden Einflußgrößen zurückgeführt werden:

Fahrzeit-	Fahrzeitzuschläge zum Ausgleich von Verspätungen in
zuschlag	Höhe von 15 % der reinen Fahrzeit
Höchstgeschw.	Fahrzeit, die der Zug theoretisch mit Höchstgeschwindigkeit auf der Luftlinie benötigen würde

---

556) Eine ähnliche Schlußfolgerung zieht auch Dünbier: Es müssen "die Energieeinsparungen im Betrieb dem Mehrverbrauch durch den Bau, der sich aus der Mischnutzung ergibt, gegenübergestellt werden." Im weiteren Verlauf seiner Arbeit kommt er zum Schluß: "Es ist (...) nicht nötig, die Trassierung so auszulegen, daß auch schwere Güterzüge, die zumeist nicht besonders eilbedürftige Güter befördern, auf der Neubaustrecke fahren können." Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 75 und 212

557) Es sollten insbesondere keine Güterwagen mehr mit Klotzbremsen produziert werden, sondern nur noch mit Scheibenbremsen, da diese die Laufflächen der Räder nicht aufrauen.

558) Das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) verpflichtet den Träger einer baulichen Maßnahme auf Einhaltung von 49 dB nachts und 53 dB tagsüber. Demnach muß die Bahn nur dort, wo sie bauliche Veränderungen an Altstrecken vornimmt (zusätzliche Gleise, Linienverbesserungen), diese strengen Lärmgrenzwerte einhalten.

559) vgl. hierzu auch Dünbier, Ludwig, a.a.O., S. 29 und 106

Beschleunigung	Fahrzeit, die zusätzlich für das Beschleunigen und Bremsen gegenüber einer konstanten Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit benötigt wird
Umweg	Fahrzeit, die der Zug für die zusätzliche Wegstrecke gegenüber der Luftlinie mit Höchstgeschwindigkeit benötigt
Kopfbahnhof	Fahrzeitverlust, der durch die Geschwindigkeitsbegrenzung 30 km/h beim Einfahren in einen Kopfbahnhof entsteht
Langsamfahrstelle	Fahrzeitverlust, der durch Langsamfahrstellen insbesondere im Großstadtbereich entsteht; bei der Strecke Mannheim – Stuttgart ist insbesondere der Abschnitt Kornwestheim – Stuttgart zu nennen, wo die ICE-Züge auf den bisherigen Gleisen mit nur 90 bis 130 km/h verkehren
Steigungen	Fahrzeitverlust, der durch Steigungen gegenüber einer gedachten, im Grundriß identischen, aber ebenen Trassenführung entsteht
Tunnelwiderstand	Fahrzeitverlust, der durch den erhöhten Luftwiderstand im Tunnel entsteht.

Im folgenden (Tab. 17) ist für drei beispielhafte Streckenabschnitte in Betrieb befindlicher Neubaustrecken der Anteil der einzelnen Einflußgrößen an der Gesamtfahrzeit aufgeführt.

*Tab. 17: Einflußgrößen der ICE-Gesamtfahrzeit*

	Mannheim-Stuttgart	Hannover-Göttingen	Göttingen-Kassel
Fahrzeitzuschlag	13,1 %	13,1 %	13,1 %
Höchstgeschwindigkeit	58,4 %	69,8 %	53,1 %
Beschleunigung	8,2 %	9,8 %	16,4 %
Umweg	8,1 %	4,7 %	3,2 %
Kopfbahnhof	1,4 %	–	–
Langsamfahrstellen	9,5 %	1,5 %	9,5 %
Steigungen	0,8 %	0,9 %	3,8 %
Tunnelwiderstand	0,5 %	0,2 %	0,9 %
Gesamtfahrzeit	100 %	100 %	100 %

Folgende Ergebnisse können festgehalten werden:

- Umwege sind im Hochgeschwindigkeits-Personenfernverkehr nicht so einflußreich, wie dies vielleicht auf einer Übersichtskarte den Anschein hat.
- Ungünstige Steignungsverhältnisse (Steigung ohne flache Anlaufstrecke) können einen ähnlich starken Einfluß auf die Fahrzeit ausüben wie Umwege.
- Langsamfahrstellen in Städten können einen nennenswerten Teil der Fahrzeitverkürzung der freien Strecke wieder zunichte machen<sup>559</sup>.

<sup>560)</sup> Die Ergebnisse der "Standardisierten Bewertung", dem verbreiteten gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahren, werden ebenfalls als Quotient "Nutzen/Kosten" dargestellt.

Die wichtigste Erkenntnis ist jedoch, daß die Einflußgrößen Fahrzeitzuschlag, Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung, die durch eine andere Konzeption von Neubaustrecken nicht beeinflußt werden können, 80 bis 90% der Fahrzeit bestimmen. Die entscheidendste Einflußgröße des Fahrzeitgewinns ist demnach das *Geschwindigkeitsniveau der Altstrecke*. Hier muß jeder konkrete Anwendungsfall einzeln betrachtet werden. Beispielsweise muß die Strecke Köln – Frankfurt Effizienzseinbußen hinnehmen, da die Altstrecke auf etwa der Hälfte der Streckenlänge heute schon 160 km/h zuläßt. Dieser Effekt macht sich drastisch bei der Neubaustrecke Hannover – Berlin bemerkbar: Aufgrund des hohen Geschwindigkeitsniveaus der Altstrecke mit weitgehend 160 km/h befindet sich diese Neubaustrecke unter der Grenze zur einzelwirtschaftlichen Rentabilität.

### 5.2.2 Auswirkung der Einflußgrößen auf den Verlauf der Geraden im Schaubild "Entlastung des Staatshaushalts"

Um die Auswirkung diverser Einflußgrößen auf den Verlauf der Geraden im Schaubild "Entlastung des Staatshaushalts" (Abb. 29) anschaulich darstellen zu können, ist ein modifiziertes Schaubild vorteilhaft, das eine andere Achsenbezeichnung für "Entlastung des Staatshaushalts" verwendet. Die schon erwähnte zweite Trennlinie verläuft horizontal bei -5,1% bis -5,7%, je nachdem, ob die Neubaustrecke hohe oder geringe Kunstbautenanteile hat. Der Punkt (Wert Fahrplantrasse 0 DM, Entlastung ca. -5,4%) stellt den Ursprung des Diagrammes im mathematischen Sinne dar. An diesem Punkt befindet man sich, wenn die Neubaustrecke keinen Reisezeitnutzen stiftet und gleichzeitig der Wert der geschaffenen Fahrplantrassen Null beträgt.

Die Skala "jährliche Entlastung des Staatshaushalts in Prozent der Herstellungskosten" wird nun ersetzt durch die Bezeichnung "Verhältnis Nutzen zu Kosten", wobei weiterhin eine einzelwirtschaftliche Betrachtungsweise<sup>560</sup> vorliegt. An die Stelle der bisherigen Prozentsätze der Be- und Entlastung des Staatshaushalts tritt der Quotient von Nutzen und Kosten:

Tab. 18: Umrechnung von "Entlastung Staatshaushalt" in Nutzen/Kosten (BBI)

Entlastung Staatshaushalt	<u>Nutzen</u> <u>Kosten</u>
10,8 %	3,0
5,4 %	2,0
0,0 %	1,0
-5,4 %	0,0
-10,8 %	-1,0

561) Deutsche Bundesbahn, Merkblatt über betriebswirtschaftliche Grundbegriffe für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, DS 213/1/I, gültig vom 1. Juli 1983 an, S. 6

Diese Darstellung des Verhältnisses einzelwirtschaftlicher Nutzen zu Kosten entspricht der bahninternen Kennzahl "Betriebswirtschaftlicher Beurteilungsindikator BBI"<sup>561</sup>.

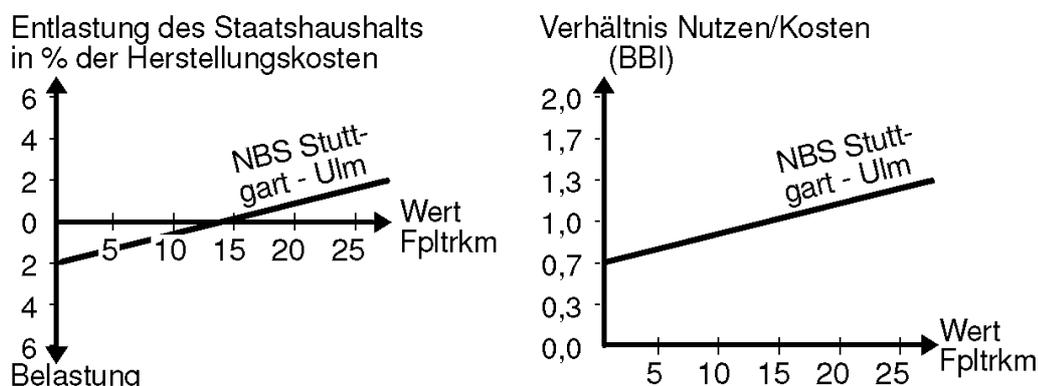


Abb. 32: Umwandlung der Darstellung "Entlastung des Staatshaushalts" in die Darstellung "Nutzen/Kosten" (entspricht der bahninternen Kennzahl "BBI")

Die Wirkung geänderter Einflußgrößen kann jetzt leicht anhand des Quotienten "Nutzen/Kosten" theoretisch hergeleitet werden. Werden die *Kosten* halbiert, so verdoppelt sich der Quotient Nutzen/Kosten. Der Wert des Ausgangspunktes der Geraden beim Wert der Fahrplantrasse von Null verdoppelt sich genauso wie die Steigung der Geraden. Die Gerade wird also insgesamt nach oben gestreckt. Die gleiche Wirkung hat eine Verdoppelung des *Nutzens*, wenn beispielsweise eine Neubaustrecke für zwei Korridore statt nur für einen genutzt werden kann. Erhöht sich der Teilnutzen *Verkehrsaufkommen im Personenfernverkehr* (Linienzahl), so ergibt sich nahezu<sup>562</sup> eine Parallelverschiebung der Geraden nach oben. Erhöht sich dagegen die Zahl der *nutzbaren Fahrplantrassen*, ohne daß das Verkehrsaufkommen im Personenfernverkehr zunimmt, beginnt die Gerade beim Wert der Fahrplantrasse von Null weiterhin an der gleichen Stelle, steigt aber dann steiler an.

### 5.2.3 Beispiele großräumiger Gestaltung effizienter Neubaustrecken

Betrachtet man noch einmal die Einflußgrößen der Effizienz von Neubaustrecken, so stellt man fest, daß bei der Planung einer Neubaustrecke in erster Linie zwei Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung vorhanden sind:

- hohes Verkehrsaufkommen (Linienzahl, Fahrplantrassen) aufgrund der *Korridorbündelung*,
- niedrige Baukosten aufgrund guter *Landschaftsanpassung* .

562) Strenggenommen wird die Steigung der Geraden geringer, da größere Anteile der geschaffenen Kapazitäten durch die zusätzlichen Reisenden gebunden werden.

563) vgl. Landesplanerische Beurteilung des Freistaates Bayern von 1991 zu dieser Neubaustrecke

Das Geschwindigkeitsniveau der Altstrecke ist nicht beeinflussbar, die Auswirkung des Geschwindigkeitsniveaus der Neubaustrecke auf die Effizienz ist vergleichsweise gering.

Durch die Kombination der beiden Einflußgrößen *Korridorbündelung* und *Landschaftsanpassung* ergibt sich eine Hebelwirkung hinsichtlich der Effizienz von Neubaustrecken. Vergleicht man eine Neubaustrecke, die nur einem Korridor dient und gleichzeitig durch schwierige Topographie verläuft, mit einer Strecke, die zwei oder gar drei Korridore bündelt und weder nennenswerte Kunstbauten noch große Einschnitte und Dämme vorsieht, so kann die Effizienz um den Faktor 5 und mehr differieren.

Bei der großräumigen Festlegung der Streckenführung ist in erster Linie zwischen den zwei Aspekten "Korridorbündelung" und "Landschaftsanpassung" abzuwägen. Glücklicherweise kam ein Abwägungsfall in Deutschland bisher nie vor: Er wäre dann gegeben, wenn die eine Variante zwar durch schwierige Topographie verlief, dafür aber eine Korridorbündelung zuließe, während die andere Variante durch günstige Topographie führte, dafür aber nur von einem Korridor genutzt werden könnte.

#### *Aus- und Neubaustrecke München – Nürnberg*

Die DB-Planung sieht auf der 80 Kilometer langen Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt (vgl. Abb. 29, Schaubild "Entlastung des Staatshaushalts...") 30 Kilometer Tunnelstrecken vor.<sup>563</sup> Da mit der Linienführung über Ansbach heute schon eine ähnlich schnelle Verbindung von München nach Würzburg besteht, nutzt das Projekt in erster Linie dem Verkehr in die neuen Bundesländer. Bestandteil des Projektes ist auch die besonders ineffiziente Ausbaustrecke Petershausen – Ingolstadt (vgl. Abb. 29), bei der, durch die leicht bewegte Landschaft bedingt, die Altstrecke zahlreiche Kurven aufweist, die heute 160 km/h zulassen und für 200 km/h neu trassiert werden sollen. Die alternative Streckenführung, die vom Verfasser mit entwickelt wurde, nutzt die ohnehin für den Ausbau auf 250 km/h vorgesehene, sehr großzügig trassierte Strecke München – Augsburg sowie die heute mit 200 km/h und künftig mit 230 km/h befahrbare Strecke Augsburg – Donauwörth. *Von Donauwörth bis Pleinfeld* ist eine 55 km lange Neubaustrecke vorgesehen (vgl. Abb. 29), die nur 1 km Tunnelstrecke erfordert und keine Einschnitte oder Dämme von mehr als 10 Meter Abweichung vom natürlichen Geländeverlauf aufweist. Durch die Korridorbündelung mit der Relation Würzburg – München profitieren mehr Züge von dieser Neubaustrecke als bei einer Trasse von Nürnberg über Ingolstadt nach München. Von Pleinfeld nach Roth sieht der alternative Vorschlag geringfügige Linienverbesserungen und von Roth nach Nürnberg einen viergleisigen Ausbau mit Linienverbesserungen vor.

Daß die sehr gute Anpassung der Neubaustrecke Donauwörth – Pleinfeld an die Landschaft und die daraus folgenden sehr niedrigen Baukosten in Höhe von knapp 15 Mio. DM pro Kilometer zur Erlangung der Eigenwirtschaftlichkeit dringend erforderlich sind, zeigt der Verlauf der Geraden im Schaubild (Abb. 29). Wenn keine Kapazitätsengpässe vorliegen,

---

564) Die ursprüngliche Planung sah eine Strecke über Plauen (Vogtland) vor. So findet sich in frühen Broschüren der PBDE und der UIC eine Trassenführung über Plauen, während die Strecke Nürnberg – Erfurt fehlt. (vgl. auch Fußnote ÚQFbPlauen)

belastet diese Strecke aufgrund der nur mittelmäßigen Linienbelegung von 3 IC-Linien den Staatshaushalt immer noch mit jährlich 1% der Herstellungskosten. Das heißt, allein durch Reisezeitgewinne kann der Bau dieser Neubaustrecke noch nicht einzelwirtschaftlich begründet werden. Die Grenze zur Entlastung des Staatshaushalts wird allerdings schon bei einem Wert des zusätzlich gewonnenen Fahrplantrassenkilometers in Höhe von 6 DM erreicht.

### *Korridor Nürnberg – Leipzig*

Der ehemalige Verkehrsminister Günther Krause nahm eine Aus- und Neubaustrecke von Nürnberg nach Erfurt gegen den Vorschlag der Bundesbahn und Reichsbahn<sup>564</sup> in die "Verkehrsprojekte Deutsche Einheit" auf. Nach DB-internen Berechnungen liegt der "Betriebswirtschaftliche Beurteilungsindikator BBI" bei 0,4, was sich mit den Ergebnissen in dieser Arbeit deckt<sup>565</sup>. Nach den Richtlinien der Bundesregierung<sup>566</sup> dürfte diese Strecke gar nicht gebaut werden. Die alternative, mit Beteiligung des Verfassers entwickelte Streckenführung, die sogenannte "Vogtlandstrecke" Nürnberg – Leipzig, ist, wie aus Abb. 29 ersichtlich, zweifelsfrei günstiger einzustufen als das offizielle "Filetstück" der deutschen Neubaustrecken, die Strecke Köln – Frankfurt. Die Entlastung des Staatshaushalts beträgt beim Wert des Fahrplantrassenkilometers von 15 DM 4,5%. Der betriebswirtschaftliche Beurteilungsindikator der DB wird demnach bei der Vogtlandstrecke 1,8 betragen. Damit wird fast ein Faktor 5 gegenüber der Streckenplanung der "Verkehrsprojekte Deutsche Einheit" Ebensfeld – Erfurt erreicht.

Die außergewöhnlich gute Bewertung der Vogtlandstrecke ergibt sich aus dem Zusammenwirken mehrerer günstiger Sachverhalte.

- Die alte Bahnstrecke über Marktredwitz – Plauen hat auf der gesamten Länge ein ungewöhnlich niedriges Geschwindigkeitsniveau von ca. 90 bis 120 km/h.
- Die topographischen Verhältnisse sind bei der gewählten Trassenführung der Neubaustrecke sehr günstig. So beeinflussen 9 km Tunnelstrecken und 4 Talbrücken auf 230 km Streckenlänge die Effizienz nicht nennenswert. Tiefe Einschnitte und hohe Dämme mit mehr als 10 Meter Abweichung vom natürlichen Geländeverlauf sind für diese Neubaustrecke kaum erforderlich.
- Zwar ist das erschlossene Gebiet bei dieser Neubaustrecke nicht ganz so dicht besiedelt wie etwa der Raum Rhein-Main – Rhein-Ruhr, dafür ergibt sich eine für die Bundesrepublik einzigartige Linienbündelung von drei verschiedenen Relationen (von Nürnberg nach Leipzig – Berlin, nach Dresden und nach Prag), ohne daß große Umwege gefahren werden müssen. Die Strecke nach Prag ist zwar bisher recht unbedeutend. Dies dürfte sich aber in den nächsten Jahren aufgrund des voraussichtlichen wirtschaftlichen Aufstiegs Tschechiens drastisch ändern. Rechnet man die unterstellte Linienzahl um auf

565) vgl. Abb. 29, Strecke Ebensfeld – Erfurt, Wert des Fahrplantrassenkilometers 18 DM

566) Deutscher Bundestag, Leitlinien zur Konsolidierung der DB, Beschluß des Bundeskabinetts, in: Bundestagsdrucksache 10/672 vom 24.11.1983, S. 13 f.

567) 4 IC-Linien · 4 Mio. Reisende pro IC-Linie

Mio. Reisende pro Jahr, ergibt sich eine Belastung mit 16 Mio. Reisenden<sup>567</sup>. Statt den beim Projekt Nürnberg – Erfurt prognostizierten 6 Mio. Reisenden im Korridor nach Leipzig – Berlin ergeben sich bei der Trasse über das Vogtland durch weiter verkürzte Fahrzeiten gut 8 Mio. Reisenden pro Jahr; hinzu kommen die beiden Schienenkorridore nach Zwickau – Chemnitz – Dresden und nach Prag, die zusammen sicherlich ein vergleichbares Verkehrsaufkommen aufweisen können wie in Richtung Leipzig – Berlin, zumal allein die Region Zwickau/Chemnitz mit rund 2 Mio. Einwohnern der größte Ballungsraum der neuen Bundesländer ist. Im übrigen ist bei der Autobahnplanung ein teilweise achtspuriger (!) Aus- und Neubau der A9 München – Hof vorgesehen, was zeigt, daß diese Verkehrsrelation sehr bedeutend ist, obwohl der Verkehr nach Prag gar nicht über die A9 verläuft.

### *Neubaustrecke Hannover – Berlin*

Ein überraschendes Ergebnis der Berechnungen in dieser Arbeit ist die Feststellung, daß die Neubaustrecke Hannover – Berlin trotz der sehr einfachen topographischen Verhältnisse nicht einzelwirtschaftlich rentabel ist. Dies ist auf das hohe Geschwindigkeitsniveau der parallel verlaufenden Altstrecke über Magdeburg zurückzuführen. Hinzu kommt die relativ geringe Streckenbelegung.

Da künftig Bahnstrecken in West-Ost-Richtung nach Berlin in völlig ausreichender Zahl bestehen werden<sup>568</sup>, dürfen nur die Fahrplantrassen der hochrangigen IC-/ICE-Züge (3 Linien mit je 30 Zügen) in die Bewertung mit einfließen. Das Neubaustreckenprojekt sieht vor, die derzeit eingleisige Bahntrasse westlich Stendal zu einer dreigleisigen und östlich Stendal sogar zu einer viergleisigen Bahnstrecke auszubauen. So erhalten die ICE-Züge auf der gesamten Strecke völlig separate Gleise, was vermutlich auf die Planung dieser Strecke vor dem Jahr 1989 zurückzuführen ist, als man noch einen völlig getrennten Betrieb auf zwei DB-Gleisen und einem DR-Gleis vorsah. Heute ist diese Separierung des ICE-Verkehrs nicht mehr begründbar. Die wenigen IR- und RSB-Züge, die das dünn besiedelte Gebiet zwischen Oebisfelde und Berlin erschließen, könnten problemlos zwischen den drei ICE-Zügen pro Stunde auf demselben Gleis verkehren<sup>569</sup>, so daß auf der gesamten Länge ein Gleis eingespart werden könnte. Lediglich bei der Beschaffung von Grundstücken und beim Bau von Überführungen könnte das dritte bzw. vierte Gleis weiterhin berücksichtigt werden.

---

568) bestehende Strecke Oebisfelde – Stendal – Berlin (ein- bis zweigleisig)  
Braunschweig – Magdeburg – Güterglück (zweigleisig, elektrifiziert)  
Wolfsburg – Oebisfelde – Magdeburg – Brandenburg (überwiegend zweigleisig)  
Hildesheim – Vienenburg – Stapelburg – Halberstadt – Güterglück (zum Teil zweigleisig)  
Uelzen – Salzwedel – Wittenberge (eingleisig, Verbindungskurve erforderlich)

569) Eigene Berechnungen mittels Bildfahrplan ergaben, daß der Nahverkehrszug auf der gesamten Strecke zweimal von ICE-Zügen überholt werden muß, wenn diese in halbstündlichen Zugpulks verkehren. Die Zugüberholung kann geschehen bei einem längeren Aufenthalt des Nahverkehrszuges oder durch den abschnittweisen Bau eines dritten Gleises.

570) vgl. Breimeier, Rudolf, Die Einsatzmöglichkeiten der Magnetschwebbahn Transrapid, in: Internationales Verkehrswesen 4/1993, S. 186

Neben der Vermeidung großer Überkapazitäten ist eine wesentliche Verbesserung der Effizienz dieser Strecke dadurch zu erzielen, daß der Personenfernverkehr Hamburg – Berlin von Stendal bis Berlin diese Strecke mitbenutzt. Derzeit konkurriert mit dieser Planung noch ein Ausbau der etwa gleich langen "klassischen" Verbindung über Büchen – Wittenberge für 200 km/h Höchstgeschwindigkeit, wobei sogar ein Neubauabschnitt im Gespräch ist<sup>570</sup>. Bei diesem Ausbau sind die gleichen Bedenken anzumelden wie bei der Ausbaustrecke Hamburg – Münster (siehe Kapitel 3.3.1.1.3), die repräsentativ für Strecken in der Norddeutschen Tiefebene steht. Es ist daher dringend geboten, die IC-/ICE-Züge Hamburg – Berlin über Uelzen und Stendal zu leiten, um zwei Korridore auf der Strecke Stendal – Berlin zu bündeln. Dafür ist die bestehende, eingleisige Bahnstrecke Uelzen – Stendal<sup>571</sup>, die ohnehin überwiegend geradlinig verläuft, für 250 km/h Höchstgeschwindigkeit auszubauen und abschnittsweise neu zu trassieren. Mögliche weitere Ausbauten im Bereich Hamburg – Lüneburg – Uelzen kommen dann ebenfalls zwei Korridoren zugute<sup>572</sup>, so daß diese Maßnahmen wiederum eine hohe Effizienz erwarten lassen.

#### 5.2.4 Regeln für die kleinräumige Gestaltung effizienter Neubaustrecken

Bei der detaillierteren Planung einer Neubaustrecke sollten zur Erreichung einer möglichst hohen Effizienz des Projekts die folgenden Regeln angewandt werden.

##### *Fahrdynamische Trassierung*

Um die Relevanz fahrdynamischer Überlegungen zu verdeutlichen, werden zwei Modellstrecken mit verschiedenen Höhenprofilen miteinander verglichen. Beide Strecken sind 60 km lang und haben am Anfang und am Ende einen Haltepunkt. Bei der ersten Modellstrecke schließt sich eine 4%-Steigung über 200 Höhenmeter direkt an den Haltepunkt an. Unmittelbar vor dem Endhaltepunkt befindet sich ein 4%-Gefälle über 200 Höhenmeter. Bei der zweiten Strecke liegen die gleichen Höhenunterschiede vor, doch besteht vor der Steigung eine 20 km lange Beschleunigungsstrecke und nach dem Gefälle eine 20 km lange Ausrollstrecke. Deutlich wird, daß für niedrigen Energieverbrauch, geringen Verschleiß an den Bremsen und niedrige Fahrzeiten 20 km Beschleunigungsstrecke zwischen Startbahnhof und Steigung bzw. 20 km Ausrollstrecke bis zum Haltebahnhof sehr sinnvoll sind. Bei der ersten Modellstrecke mit schlechter Fahrdynamik benötigt der ICE gegenüber der zweiten Strecke um 43% mehr Energie (!) und gleichzeitig um 8% mehr Fahrzeit. Das Gesetz der Schwungfahrt beruht auf dem physikalischen Effekt der Umwandlung von kinetischer Energie (Schwung) in Höhenenergie.<sup>573</sup> Dieser Effekt ist

---

571) In den "Verkehrsprojekten Deutsche Einheit" ist diese Strecke als Projekt Nr. 3 mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h aufgeführt. Der derzeitige Planungsstand sieht in einer ersten Stufe den eingleisigen Dieselbetrieb mit 100 bis 120 km/h Höchstgeschwindigkeit vor. Bis zum Jahr 2017 soll die Strecke dann zu einer zweigleisigen, elektrifizierten Bahnstrecke für bis zu 160 km/h ausgebaut sein.

572) Hamburg – Hannover, Hamburg – Berlin

573) vgl. Vieregge, Martin / Rößler, Karlheinz, Untersuchung der Notwendigkeit von Ausbau-/Neubaumaßnahmen im Eisenbahnverkehr zwischen Bayern und Thüringen/Sachsen, S. 56

574) Heimerl, Gerhard, Verkehrsinfrastruktur und deutsche Verkehrsunion, in: ETR 12/1990, S. 791

unabhängig von der Masse des Zuges. So fährt der ICE im zweiten Beispiel mit 260 km/h in die Steigungsrampe hinein und verläßt sie nach 200 Höhenmetern mit immer noch 180 km/h. Ohne Schwung kann er in einer solchen Steigung nur auf 80 km/h beschleunigen, wie das erste Beispiel zeigt.

Überlegungen zur fahrdynamischen Trassierung sind insbesondere bei der Neubaustrecke Hannover – Würzburg in mehreren Fällen mißachtet worden. Es hätten sich sehr wohl alternative Trassenführungen angeboten. So hätte beispielsweise die fahrdynamisch ungünstige Steigung südlich Göttingen mit einem Kilometer Umweg vermieden werden können. Dabei wäre sogar eine positiv zu wertende Bündelung mit der Autobahn entstanden, die während der Bauzeit der Bahnstrecke ohnehin sechsspurig ausgebaut wurde.

Liegt die Trassenführung einschließlich der Steigungen in etwa fest, kann durch Fahrsimulationen ermittelt werden, wie schnell die Züge maximal an jeder Stelle der Neubaustrecken fahren können. Entsprechend diesen physikalisch bedingten Begrenzungen können die Kurvenradien vor Ort gegebenenfalls reduziert werden, was die Landschaftsanpassung erhöht. Heimerl spricht in diesem Zusammenhang von "flexibler Anwendung von Entwurfsparametern"<sup>574</sup>. Leider werden bei den DB-Planungen in der Praxis immer noch ökonomisch falsche, physikalisch unnötige, einheitliche Kurvenradien starr für die gesamte Strecke angewendet.

---

575) vgl. Glatzel, Leo / Schrewe, Friedrich, Linienführung, Trassierungselemente und Querschnittsabmessungen, in: Wege in die Zukunft, Darmstadt 1987, S. 49 ff.

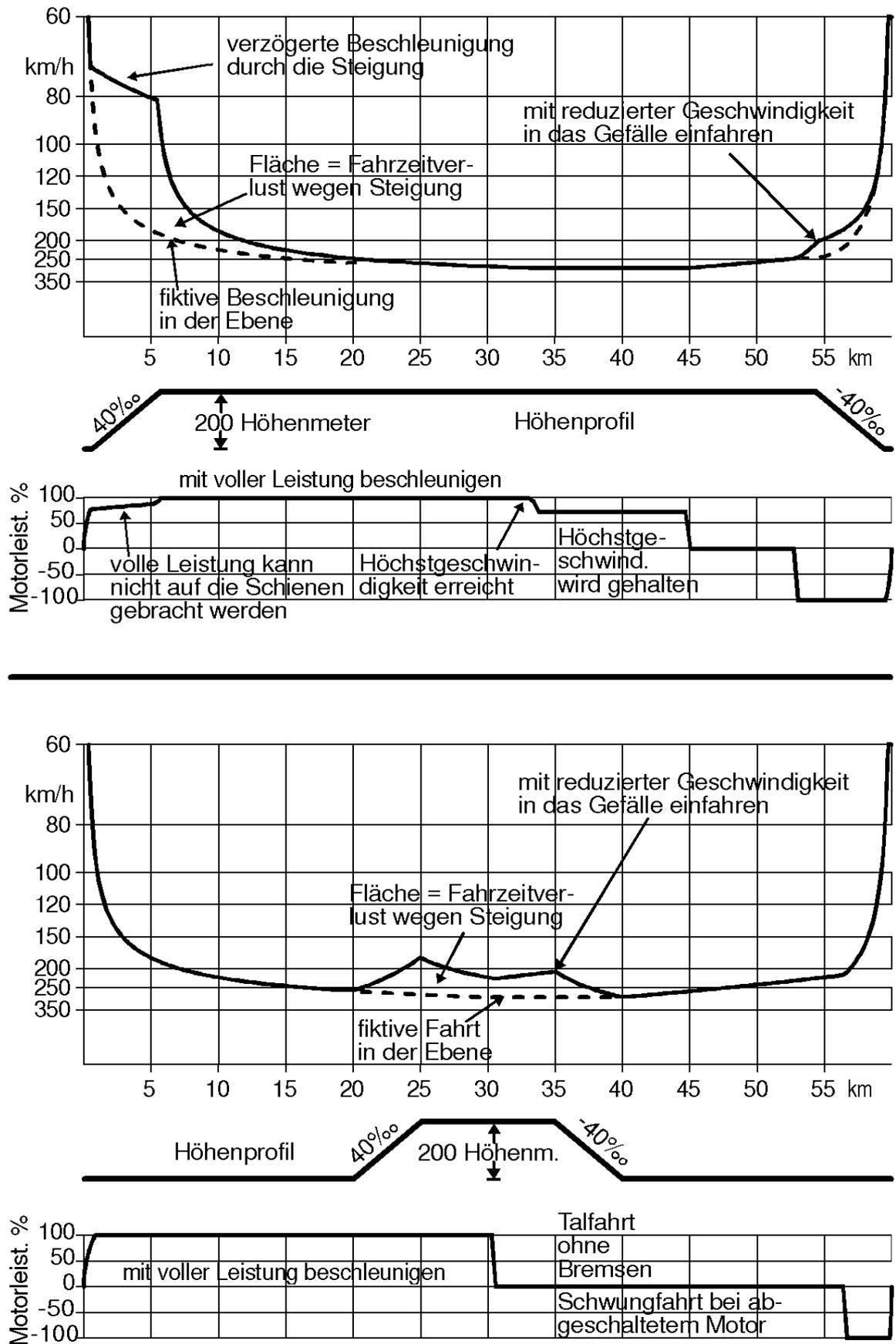


Abb. 33: Vergleich einer fahrdynamisch ungünstigen Modellstrecke (oben) mit einer günstigen Modellstrecke (unten)

### *Wahl der Kurvenradien*

Die geringe Effizienz der 1991 eröffneten Neubaustrecken beruht auf dem großen Anteil von Brücken und Tunnels. Dieser ist zum Teil auf die sehr großen Kurvenradien von 5 bis 7 Kilometer zurückzuführen, was zu einer sehr schlechten Anpassung an die Landschaft führt. Die DB begründet diese Radien damit, daß durch die Mischung von langsamen Güterzügen mit schnellen Personenzügen nur geringe Überhöhungen der Gleise zulässig seien, da bei großen Überhöhungen die Güterzüge die in der Kurve liegende Schiene zu stark abnutzen würden.<sup>575</sup> Dies ist aber nur ein Scheinargument, um im nachhinein Radien zu rechtfertigen, die aus der Zeit der Magnetbahnplanung (500 km/h) stammen (vgl. Einleitung von Kapitel 1). Tatsächlich gelten bei Neubaustrecken die gleichen physikalischen Gesetze wie bei Ausbaustrecken. Die Kurvenradien der drei Linienverbesserungen an der Ausbaustrecke Augsburg – Dinkelscherben betragen jeweils 1628 Meter<sup>576</sup>. Dieser Streckenabschnitt wird mit 200 km/h befahren. Umgerechnet auf eine Geschwindigkeit von 250 km/h ergibt sich ein Radius von 2544 Metern. Wenn auf der Neubaustrecke nur schnelle Züge fahren, dann kann die Gleisüberhöhung sogar noch weiter vergrößert werden, so daß sich ein Radius von 2108 Metern<sup>577</sup> ergibt. Die Unterhaltskosten steigen zwar mit größeren Überhöhungen an, aber im Vergleich zu möglichen Kosteneinsparungen aufgrund der flexiblen Trassenführung sind diese Mehrkosten vernachlässigbar.

Bedenkt man, daß die Effizienz einer Geschwindigkeit von über 300 km/h aufgrund des abnehmenden Grenznutzens und der steigenden Grenzkosten sehr gering ist, sollten bei zukünftigen Neubaustrecken im Zweifelsfall engere Kurvenradien angewendet werden. Das heißt jedoch nicht, daß solche engen Radien grundsätzlich zu verwenden sind. Vielmehr sind an jedem Ort aus den topographischen Gegebenheiten effiziente Kurvenradien abzuleiten, wobei gleichzeitig eine Abstimmung mit den Aspekten der Fahrdynamik erforderlich ist.

### *Ausrundungen in Form von Sinuskurven*

Bei steilen Neubaustrecken wird die Ausrundung, das ist der Übergang von Steigung in Gefälle (Kuppe) bzw. von Gefälle in Steigung (Wanne), zum wichtigsten limitierenden Faktor der Landschaftsanpassung. Bisher werden diese Ausrundungen in Form von Kreisbögen konstruiert. Das bedeutet, daß der Fahrgast schlagartig bis zu 5 kg<sup>578</sup> leichter bzw. schwerer wird, was Übelkeit auslösen kann. Es ist daher sinnvoll, den Übergang zwischen

---

576) 160mm eingebaute Überhöhung, 130mm unausgeglichene Überhöhung; zur Berechnung der Geschwindigkeit in Kurven siehe Fußnote ÜQFb11,8

577) 200mm eingebaute Überhöhung, 150mm unausgeglichene Überhöhung; diese Überhöhungen liegen der Planung der Neubaustrecke Köln – Frankfurt zugrunde.

578) Bei einem Radius der Ausrundung von 14.000 Metern und 300 km/h Geschwindigkeit ergibt sich eine Beschleunigung von  $0,5\text{m/s}^2$ , bei 25.000 Metern und 250 km/h von  $0,2\text{m/s}^2$ .

579) Das bedeutet, die Sinuskurve ist nicht nur eine normale Ausrundung, sondern beinhaltet auch eine Ausrundung der Ausrundung sowie eine Ausrundung der Ausrundung der Ausrundung usw.

konstantem Gefälle bzw. konstanter Steigung und der Ausrundung stufenlos zu gestalten. Die ideale Form eines solchen Übergangsbogens ist die Sinuskurve, weil die Ableitung der Sinuskurve ebenfalls eine Sinuskurve ist.<sup>579</sup> Da mit sinusförmigen Ausrundungen häufigere und engere Ausrundungen für den Fahrgast zumutbar werden, erhöht sich der mögliche Grad der Landschaftsanpassung.

### *Regionale Erschließung*

Verläuft eine Neubaustrecke weit abseits bestehender Fernverkehrswege, so sollte die neue Trasse zur regionalen Erschließung genutzt werden. Bisher "begegnet der Bau von Hochgeschwindigkeitsbahnen ähnlichem gesellschaftlichen Widerstand wie der von Autobahnen und Flughäfen"<sup>580</sup>, was daran liegt, daß die Projekte den Belasteten vor Ort keine Vorteile bieten können und oft sogar zeitgleich der Schienennahverkehr in der Fläche eingestellt wird. Den prestigeträchtigen ICE vermehrt in der Fläche halten zu lassen, wie dies manche Politiker sich vorstellen, kann nicht der richtige Weg sein (vgl. Einsparung von Haltezeit durch Streichen von Zwischenhalten, Kapitel 3.3.3.1). Vielmehr sollten IR- und RSB-Linien zwischen den ICE-Zügen auf der Neubaustrecke verkehren und mit stilllegungsbedrohten oder derzeit stillgelegten, zu reaktivierenden Nebenbahnen im Stundentakt verknüpft werden. Die Bedienung eines regionalen Verkehrsaufkommens mit niederrangigeren Zügen auf einer Neubaustrecke ist eigenwirtschaftlich möglich, da solche Züge in einer Grenzbetrachtung keine Deckungsbeiträge für den Fahrweg erwirtschaften müssen; im übrigen ergibt sich für den Betrieb solcher Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von z. B. 200 km/h aufgrund der schnelleren Zugumläufe ein deutlich höherer Kostendeckungsgrad als bei einem Betrieb auf kurvenreichen Altstrecken.

Diese Verfahrensweise ist ein marktwirtschaftlicher Lösungsbeitrag zum Problem der regionalen Durchsetzung von Neubaustrecken.<sup>581</sup> Im Gegensatz hierzu sind die Bestrebungen in der Verkehrspolitik zu sehen, mit dem Verkehrswegeplanungsbeschleunigungs- und Investitionsmaßnahmengesetz die verbliebenen Elemente marktwirtschaftlicher Steuerung aus dem Bereich der Infrastrukturerstellung zu eliminieren, was aus wohlfahrtstheoretischen Erwägungen heraus abzulehnen ist, da dies zu Fehlallokationen zugunsten des Verkehrssektors führt.

### **5.2.5 Beispiel für die kleinräumige Gestaltung effizienter Neubaustrecken**

Bei den vom Verfasser entwickelten Neubaustrecken kann prinzipiell jeder Abschnitt repräsentativ für eine optimierte kleinräumige Anpassung an die Landschaft vorgestellt werden. Besonders aufschlußreich sind solche Projekte, die einen Neubau in relativ geringer Entfernung zur bestehenden Bahntrasse vorsehen, was einen Vergleich der Landschaftsan-

580) Oettle, Karl, Umriss einer ökologisch orientierten Verkehrspolitik (1993), a.a.O.

581) Mehr zum Thema Markt oder Staat im Bereich der Infrastrukturerstellung findet sich in: Kandler, Markt und Staat im Verkehr, a.a.O.

582) eigene Berechnungen per EDV-Programm

passung von Alt- und Neubaustrecke ermöglicht. Die Neubaustrecke Donauwörth – Pleinfeld verläuft, wenn es die Topographie zuläßt, direkt neben der Altstrecke und teilweise auch in bis zu sechs Kilometer Entfernung. Der 11 km lange, nördlichste Abschnitt der Neubaustrecke (Höhe Weißenburg bis Pleinfeld) soll im folgenden als Beispiel dienen.



Abb. 34: Neubaustrecke Donauwörth - Pleinfeld, nördlichster Abschnitt Grundriß von alter und neuer Strecke (Aufriß siehe Abb. 35)

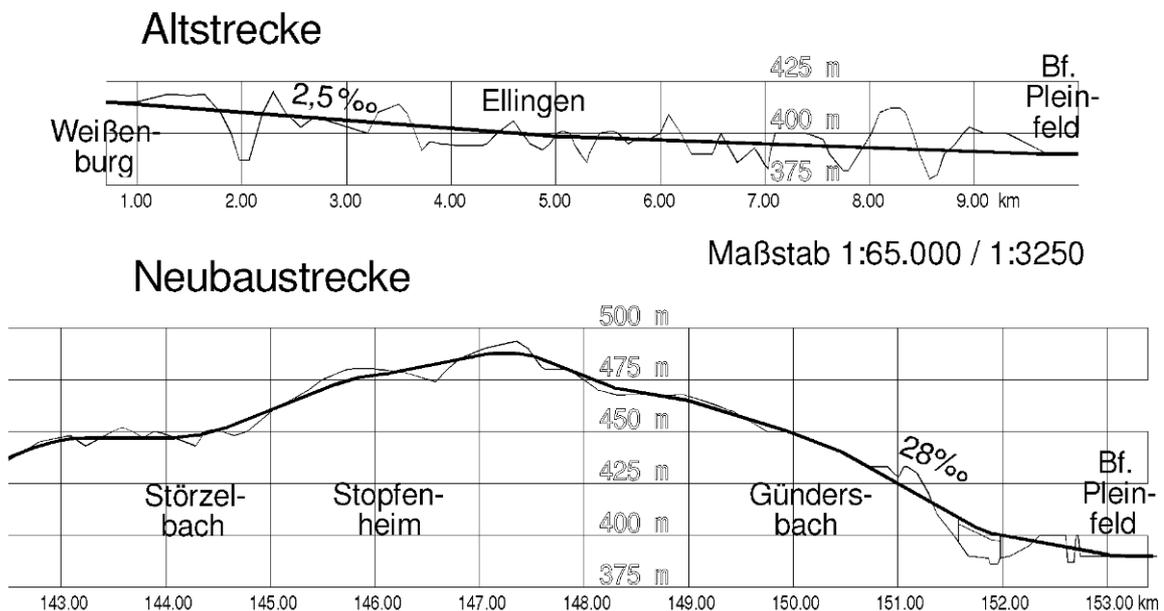


Abb. 35: Neubaustrecke Donauwörth - Pleinfeld, nördlichster Abschnitt  
 Aufriß von alter und neuer Strecke (Grundriß siehe Abb. 35)  
 Für den Bau der Neubaustrecke ist im gezeigten Abschnitt nur rund 1/3 der Erdbewegungen erforderlich, die damals für den Bau der alten Strecke nötig waren.

Die Neubaustrecke beschreibt in diesem Bereich bewußt einen Umweg von 800 Metern, um optimal dem Geländeverlauf zu folgen. Da die bestehende Strecke Steigungen von nur 0,75% aufweist, stellt die gewählte Maximalsteigung dieses Abschnittes der Neubaustrecke von 2,8% keinen wesentlichen Nachteil dar: Leichte, schnelle Güterzüge können auf einer solchen Strecke verkehren und für die langsamen, schweren Güterzüge steht weiterhin die Altstrecke zur Verfügung. Für den Bau dieser Neubaustrecke sind in dem hier dargestellten Abschnitt pro Meter Strecke durchschnittlich nur 63 Kubikmeter Erdbewegungen erforderlich. Die im letzten Jahrhundert errichtete Strecke erforderte im dargestellten, parallel verlaufenden Abschnitt 197 Kubikmeter Erdbewegung pro laufenden Meter<sup>582</sup>. Die Kritik von Seiten der Vertreter des Naturschutzes, Hochgeschwindigkeitsstrecken ließen sich nicht der Landschaft anpassen, basiert auf den Erfahrungen mit den bisher realisierten Neubaustrecken und hat keine allgemeine Gültigkeit. Gerade das nur bei hohen Geschwindigkeiten auftretende Phänomen der Schwungfahrt läßt große Steigungen zu, die erst diesen hohen Grad an Landschaftsanpassung ermöglichen.

583) zusätzliches Verkehrsaufkommen, das ohne Verbesserung der qualitativen Angebotsmerkmale im Schienenpersonenfernverkehr entsteht

## 6. Unternehmenspolitischer und verkehrspolitischer Handlungsbedarf

Eine grundlegende Effizienzsteigerung im Schienenpersonenfernverkehr ist nur dann möglich, wenn drei Bedingungen erfüllt werden:

- Zur Bewertung von Entscheidungsalternativen im Schienenpersonenfernverkehr müssen zielführende, aber trotzdem einfache Bewertungsverfahren angewendet werden. Für diese Aufgabe sind geeignete Effizienzkriterien zu entwickeln.
- Besonders effiziente Maßnahmen, die anhand der Effizienzkriterien identifizierbar werden, sollten realisiert werden. Auf besonders ineffiziente Maßnahmen sollte verzichtet werden, selbst wenn diese bereits Gegenstand langjähriger Planungen und politischer Diskussionen sein sollten. Neben den ohnehin diskutierten Möglichkeiten der Effizienzsteigerung sind auch neue Ideen und Maßnahmen erforderlich.
- Es ist darauf zu achten, daß die künftige Organisationsstruktur des Betriebs Bahn die zielführende Auswahl effizienter Maßnahmen zuläßt.

Im folgenden sollen diese drei Aspekte näher behandelt werden. Während die ersten beiden Punkte die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammenfassen, werden im letzten Punkt Schlußfolgerungen für die Bahnreform gezogen.

### 6.1 Die Anwendung von Effizienzkriterien im Schienenpersonenfernverkehr

Bevor eine Bewertung möglich ist, müssen *Ziele* definiert werden. Eine Analyse der von den Entscheidungsträgern (Politikern und Vertretern der Bahn) formulierten Ziele für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr läßt erkennen, daß im Unterschied zu erwerbswirtschaftlichen Betrieben bedarfswirtschaftliche Ziele im Vordergrund stehen. Parallel dazu besteht ein staatspolitisches Interesse, daß die Bahn diese bedarfswirtschaftlichen Ziele möglichst wirtschaftlich erfüllt, d. h. mit möglichst geringer Belastung des Staatshaushalts. Daraus folgt, daß die Bahn auch nach einer Bahnreform zumindest mittelfristig ein bedarfswirtschaftlicher und kein erwerbswirtschaftlicher Betrieb sein wird.

Die Rentabilität, das zentrale Bewertungskriterium des erwerbswirtschaftlichen Betriebes, deckt für den bedarfswirtschaftlichen Betrieb Bahn nur einen Teil der Ziele ab. Das zentrale Bewertungskriterium des bedarfswirtschaftlichen Betriebes Bahn ist die Effizienz. Effizienzkriterien stellen immer den Input ins Verhältnis zum Output. Dabei handelt es sich meist um relative Aussagen gegenüber dem "Ohne-Fall":

$$\frac{\text{zusätzlicher Input}}{\text{zusätzlicher Output}}$$

Im Unterschied zu Wirtschaftlichkeitskriterien erfordern Effizienzkriterien nicht, daß Input und Output zwangsläufig in monetären Größen dargestellt werden müssen.

Der Nutzen kann in unterschiedlichen Graden konkretisiert werden. Für den Betrieb Bahn und für die Gesellschaft am wenigsten konkret, aber dafür sehr genau ermittelbar sind *produktionstechnische* Outputgrößen bzw. Effizienzkriterien:

$$\frac{\text{Kosten}}{\text{Minute Reisezeitverkürzung pro InterCity-Linie}}$$

$$\frac{\text{Kosten}}{\text{Fahrplantrassen-km}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\text{Kosten}}{\text{Sitzplatz-km}}$$

Produktionstechnische Outputgrößen erfordern zwar zum Teil Prognosen des allgemeinen Verkehrsaufkommens<sup>583</sup> der Zukunft. Doch die mit Unwägbarkeiten verbundene Ermittlung der Nachfrageelastizitäten ist hierfür noch nicht erforderlich. Insbesondere auf die Beantwortung der Frage, wieviel zusätzliche Reisende durch eine Minute Reisezeitverkürzung gewonnen werden können, kann hier verzichtet werden.

Soll beispielsweise die Effizienz einer Maßnahme zur Reisezeitverkürzung mit der einer Fahrpreissenkung verglichen werden, so muß sowohl die Reisezeitelastizität der Nachfrage als auch die Preiselastizität der Nachfrage berücksichtigt werden. Das geeignete *marktliche* Effizienzkriterium lautet:

$$\frac{\text{Kosten}}{\text{Personen-km}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\text{Kosten}}{\text{zusätzlicher Personen-km}}$$

Die Bewertung von Aus- und Neubaustrecken erfordert die gleichzeitige Berücksichtigung von Effekten hinsichtlich Reisezeitverkürzung *und* Streckenkapazität. Bei Aus- und Neubaustrecken werden die geschaffenen Streckenkapazitäten nicht nur durch den Schienenpersonenfernverkehr genutzt, sondern auch durch den Güterverkehr und den Personennahverkehr. Selbst wenn auf einer Neubaustrecke nur Personenfernverkehrszüge verkehren, wird die alte Strecke entlastet, was Verbesserungen im Güterverkehr und im Personennahverkehr zuläßt. Zusätzlich zur Outputgröße "zusätzliche Personenkilometer innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs" muß noch eine weitere Outputgröße "Fahrplantrassenkilometer, die außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzt werden" eingeführt werden. Um diese beiden Größen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, lassen sich die beiden Größen einzelwirtschaftlich monetär bewerten und das Ergebnis in Form des *staatspolitischen Effizienzkriteriums* "Entlastung des Staatshaushalts in Prozent der Herstellungskosten" darstellen. Dem schwierigen Problem der monetären Bewertung des außerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs genutzten Fahrplantrassenkilometers kann aus dem Weg gegangen werden, indem die Entlastung des Staatshaushalts als Funktion, abhängig vom Wert des Fahrplantrassenkilometers, dargestellt wird. Das staatspolitische Effizienzkriterium "Entlastung des Staatshaushalts" ist dem bahninternen Bewertungskrite-

584) bei einem unterstellten Wert des täglich zusätzlich geschaffenen Fahrplantrassenkilometers für Güter- und Personennahverkehr von 15 DM

rium "Betriebswirtschaftlicher Beurteilungsindikator (BBI)" sehr ähnlich, jedoch wesentlich transparenter und einfacher anwendbar.

Bisher nicht behandelte Outputgrößen, die für die Gesellschaft einen konkreten, unmittelbaren Nutzen darstellen, wie beispielsweise die "Reduzierung von Unfällen", können direkt vom "Personenkilometer" abgeleitet werden. Denn jeder zusätzliche Personenkilometer schafft die gleiche Reduzierung von Unfällen, gleichgültig durch welches Mittel dieser zusätzliche Personenkilometer gewonnen wurde. Das Ziel, zusätzliche Reisende für den Schienenpersonenfernverkehr zu gewinnen, steht somit stellvertretend für die staatspolitischen Ziele (z. B. Verkehrssicherheit, Umweltschutz). Von wenigen Ausnahmen abgesehen, muß daher die Frage, wieviel Umweltschutz durch einen zusätzlichen Reisenden erreicht wird, gar nicht beantwortet werden, solange es um die Effizienzsteigerung *innerhalb* des Schienenpersonenfernverkehrs geht. Die Verwendung der in dieser Arbeit vorgestellten Effizienzkriterien kann daher die sehr komplizierte und methodisch problematische Kosten-Nutzen-Analyse ("Standardisierte Bewertung") für Fragen innerhalb des Schienenpersonenfernverkehrs ersetzen.

Wenn die Beträge einzelwirtschaftlicher Kosten nicht der gesellschaftlichen Wertvorstellung entsprechen und eigentlich eine Internalisierung geboten wäre, dann sind die hier vorgestellten einzelwirtschaftlichen Effizienzkriterien nicht zielführend. Dies trifft nur für wenige, eigens zu behandelnde Spezialfälle zu, im wesentlichen bei der Flächeninanspruchnahme von Biotopen sowie beim Energieverbrauch, dessen Marktpreis derzeit noch nicht die gesellschaftlichen Kosten enthält.

## **6.2 Zusammenfassung der besonders effizienten Maßnahmen im Schienenpersonenfernverkehr**

Die Anwendung geeigneter Effizienzkriterien ermöglicht sowohl die Bestimmung effizienter Maßnahmen, die ohnehin schon diskutiert werden, als auch die Bewertung von Ideen, die in dieser Arbeit erstmalig vorgestellt werden.

Die effizienteste Maßnahme zur *Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit* ist eine Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen durch Einsatz neuer Triebzüge mit hohem Beschleunigungsvermögen. An zweiter Stelle ist die Verbesserung der Signaltechnik zu nennen (CIR Computer Integrated Railroading). Diese beiden Maßnahmen sind deutlich effizienter als zusätzliche Gleise entlang bestehender Bahntrassen oder als Neubaustrecken.

Die mit Abstand effizienteste Maßnahme zur *Fahrzeitverkürzung* ist der Einsatz von Neigezügen. Besonders ineffizient sind Ausbaustrecken, bei denen, ausgehend von einem schon hohen Geschwindigkeitsniveau (160 km/h), Linienverbesserungen vorgenommen werden, um etwas höhere Geschwindigkeiten (200 km/h) zu erreichen. Die *Reisezeit* von Haus zu Haus kann zusätzlich beispielsweise durch Verbesserungen in den Bahnhöfen verkürzt werden. Hier bieten sich zusätzliche Bahnsteigüberführungen sowie zusätzliche

Fahrkartenschalter an. Der Einsatz des zweiten Triebkopfes bei ICE-Zügen ist noch effizient, nicht aber der eines dritten oder gar vierten. Vollkommen ineffizient ist die Verwendung von Linearmotoren als Zusatzantrieb oder gar als alleiniger Antrieb im Schienenpersonenfernverkehr. Eine Anhebung der Geschwindigkeit von ICE-Zügen derzeitiger Bauart über 250 km/h hinaus ist nicht effizient. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht bzw. bei einer Internalisierung externer Kosten sind selbst 250 km/h aufgrund des hohen Energiebedarfs schon bedenklich. Jedoch kann mit einer künftigen, leichteren und aerodynamisch günstigeren ICE-Version mit mehr Sitzplätzen pro Wagen der Hochgeschwindigkeitsverkehr auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht befürwortet werden.

Die größeren einzelwirtschaftlich rentablen Neu- und Ausbaustrecken sind die folgenden (mit Angabe der jährlichen Entlastung des Staatshaushalts in Prozent der Herstellungskosten)<sup>584</sup>:

- Neubaustrecke Köln – Frankfurt (Entlastung des Staatshaushalts: 2,5%),
- Neubaustrecke Nürnberg – Hof – Altenburg (Entlastung des Staatshaushalts: 4,5%),
- Ausbaustrecke München – Freilassing (Entlastung des Staatshaushalts: 5,5%).

Die Effizienz von Neubaustrecken wird im wesentlichen durch drei Einflußgrößen bestimmt:

- Eine wichtige Einflußgröße ist die Streckenbelastung. Allein durch *Bündelung von verschiedenen Korridoren* (z. B. beim Neubau Nürnberg – Hof die Verbindungen nach Leipzig, Dresden und Prag) auf nur einer Strecke kann ein hohes Verkehrsaufkommen erzielt werden.
- Von großer Bedeutung ist ebenfalls der Grad der *Landschaftsanpassung*. Neubaustrecken, die einer bewegten Landschaft nicht folgen können und daher zahlreiche Tunnels und Talbrücken, tiefe Einschnitte und hohe Dämme erfordern, sind selbst bei einer hohen Streckenbelegung einzelwirtschaftlich nicht rentabel.
- Die dritte wichtige Einflußgröße ist das *Geschwindigkeitsniveau der Altstrecke*, das beispielsweise beim einzelwirtschaftlich gerade nicht mehr rentablen Neubau Hannover – Berlin sehr hoch<sup>585</sup> und bei der Streckenführung über Hof besonders niedrig ist<sup>586</sup>.

Sind zwei oder gar drei Einflußgrößen ungünstig zu bewerten, so führt das zu ineffizienten Neubaustrecken. Dies sind insbesondere die Neubaustrecken Ingolstadt – Nürnberg und (Nürnberg –) Ebensfeld – Erfurt. Der Brenner-Basistunnel ist ein außergewöhnlich ineffizientes Projekt, da er noch weit ineffizienter ist als die erwähnten ineffizientesten deutschen Neubauprojekte. Mit der Neubaustrecke Köln – Frankfurt wird für eine investierte

---

585) Auf der parallelen Bahnstrecke Hannover – Magdeburg – Berlin wird nach Beendigung der Sanierungsarbeiten, mit Ausnahme eines 25 km langen Abschnittes bei Helmstedt sowie des Stadtbereichs von Magdeburg, durchgehend eine Geschwindigkeit von 160 km/h möglich.

586) Die bestehende Bahnstrecke Nürnberg – Hof – Werdau läßt nur Geschwindigkeiten von ca. 90 bis 120 km/h zu.

587) Je größer die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten und dem schnellsten Zug auf einer Strecke ist, desto weniger Züge können darauf verkehren. D. h. die Anhebung der Geschwindigkeit der schnellen IC-Züge reduziert die Streckenleistungsfähigkeit, umgekehrt schafft die Anhebung der Geschwindigkeit der langsamen Nahverkehrszüge zusätzliche Streckenleistungsfähigkeit.

DM gegenüber dem Brenner-Basistunnel ein 46-facher Nutzen in Form von zusätzlichen Reisenden erzielt.

Linienverbesserungen an stark belasteten Hauptstrecken sind zwar zum Teil hinsichtlich der Fahrzeitverkürzung effizient, wie beispielsweise an der Strecke Augsburg – Dinkelscherben (– Ulm). Da jedoch durch die Geschwindigkeitsanhebung der IC-Züge Streckenkapazitäten verbraucht werden<sup>587</sup>, sind Ausbaustrecken meist dann nicht mehr effizient, wenn Kapazitätsengpässe auftreten und so eine Konkurrenzbeziehung zwischen Streckenleistungsfähigkeit und Fahrzeitverkürzungen vorliegt.

Der Einsatz von Doppelstockzügen ist eine sehr geeignete Maßnahme zur *fahrzeugseitigen Erhöhung der Sitzplatzkapazität*. Die bisherigen Konstruktionen sind jedoch nur rund 30% effizienter als herkömmliche Züge, während eine in dieser Arbeit vorgestellte neue Konstruktion eine Effizienzsteigerung in Höhe von 80% ermöglicht.

Die *Erhöhung von Fahrpreisen* ist in keiner Weise mit den Zielen für den Betrieb von Schienenpersonenfernverkehr vereinbar. Um die Eigenwirtschaftlichkeit des Schienenpersonenfernverkehrs zu gewährleisten, sollten die Fahrpreise erst dann wesentlich gesenkt werden, wenn Maßnahmen zur Senkung der Kosten pro Sitzplatzkilometer durchgeführt wurden, etwa durch den Einsatz von Doppelstockzügen, die Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen oder die Verbesserung der Signaltechnik. Die derzeitige Angebotspolitik im ICE-Verkehr, mehr Leistungsqualität (mehr Komfort, kürzere Fahrzeiten) bei höheren Preisen zu bieten, ist in keiner Weise mit dem Ziel der Gewinnung zusätzlicher Reisender vereinbar. Vielmehr muß die Erhöhung der Leistung einhergehen mit gleichbleibenden oder sogar gesenkten Fahrpreisen. Eine effiziente *Preisdifferenzierung* muß die zeitliche Differenzierung in den Mittelpunkt stellen, um so eine bessere durchschnittliche Auslastung der Züge zu ermöglichen, ohne die Wahrscheinlichkeit der Überfüllung zu erhöhen. Ein vorstellbarer Lösungsweg ist die Einführung drei verschiedener Kilometerpreise; die Kursbücher sind entsprechend den drei verschiedenen Preisstufen dreifarbig zu drucken.

Für die *Vertriebsorganisation und Werbung* ist das wichtigste Ziel das Erreichen neuer Kundengruppen, die bisher keinen Zugang zur Bahn hatten. Hier muß die Bahn räumlich in den Bereich des täglichen Lebens vordringen und somit ihre fast ghettohafte Begrenzung auf die Bahnhöfe aufgeben. So könnten beispielsweise Schreibwarengeschäfte Bahnfahrkarten vertreiben, Reservierungen entgegennehmen und Auskünfte erteilen. *Informationen* über Angebote und Fahrpläne müssen gegebenenfalls unter den Selbstkosten weiterverbreitet werden. Unabhängig vom überwiegend betriebsinternen Informationsmedium "Kursbuch" sollte ein besonders leicht zu handhabendes "kleines Kursbuch" eine möglichst große Verbreitung finden. Die für die Bahn besonders effiziente Nutzung von Bildschirmtext und Software für Personalcomputer darf nicht durch hohe Preise eingeschränkt werden; über die Verkaufspreise sollten nur die Kosten für den Vertrieb, nicht aber die einmaligen Entwicklungskosten gedeckt werden.

---

588) Richtlinie 91/440 EWG, vgl. Internationales Verkehrswesen 10/1991, S. 411

### 6.3 Schlußfolgerungen für die Bahnreform

Im Rahmen dieser Arbeit kann die Bahnreform nicht umfassend diskutiert werden. Die folgenden Betrachtungen sollen vielmehr die Varianten der Bahnreform dahingehend überprüfen, ob sie den Entscheidungsträgern des Unternehmens die effiziente Auswahl von Entscheidungsalternativen überhaupt ermöglichen.

Die Eisenbahnrichtlinie des EG-Verkehrsmisterrates von 1991<sup>588</sup> enthält drei Forderungen:

- *Rechnerische Trennung* zwischen Netz und Betrieb,
- Unabhängigkeit vom Staat,
- Entschuldung der Bahn.

Als Konsequenz aus dieser EG-Richtlinie, aufgrund der rapide steigenden Verschuldung der Bahn und der Notwendigkeit, Reichsbahn und Bundesbahn zu vereinigen, wurde von der Bundesregierung eine "Regierungskommission Bundesbahn" eingerichtet. Das Ergebnis der Untersuchungen dieser Kommission war der Vorschlag zur Realisierung einer "Deutschen Eisenbahn-AG", die über die Forderung der EG nach einer rechnerischen Trennung hinaus auch noch eine *organisatorische Trennung* in die Sparten Fahrweg, Personenverkehr und Güterverkehr vorsieht.

Nach Veröffentlichung der Ergebnisse entfachte sich ein Streit über die Frage, ob nicht nur die rechnerische und organisatorische, sondern auch die *institutionelle Trennung* angestrebt werden sollte, d. h. eine Umwandlung der drei Sparten in separate Aktiengesellschaften. Ein wesentliches Kennzeichen der institutionellen Trennung ist die separate Rechnungslegung. Das heißt, es bestehen *nebeneinander drei voneinander unabhängige Rechnungswesensysteme* und es werden somit drei Bilanzen, drei Gewinn- und Verlustrechnungen aufgestellt und drei verschiedene Kosten- und Investitionsrechnungssysteme verwendet. Als Begründung hierfür wird angeführt, daß nur so eine völlige Diskriminierungsfreiheit Dritter bei der Nutzung des Fahrweges gewährleistet sei. Favorisiert wird der Vorschlag, in einem ersten Schritt die organisatorische Trennung vorzusehen und längerfristig die institutionelle Trennung anzustreben.

Inzwischen ist die These aufgestellt worden, daß bei einer institutionellen Trennung die "Fahrweg-AG" bedarfswirtschaftlich handeln muß; ein gleichzeitiges erwerbswirtschaftliches Handeln von Fahrweg-AG und Betreiber-AG's ist ausgeschlossen; dies wird begründet durch das Vorhandensein eines Angebotsmonopols der Fahrweg-AG.<sup>589</sup> Das bedeutet, daß die Preise zwischen der bedarfswirtschaftlichen Fahrweg-AG und den erwerbswirtschaftlichen Betreiber-Gesellschaften nur politische Preise sein können und keine Marktpreise. Weiter wird vorgeschlagen, die staatliche Einflußnahme im wesentlichen auf den Fahrweg-

---

589) vgl. Aberle, Gerd / Hedderich, Alexander, Diskriminierungsfreier Netzzugang bei den Eisenbahnen, in: Internationales Verkehrswesen 1/1993, S. 26

590) vgl. Aberle, a.a.O.

bereich zu konzentrieren und auch Subventionen des Gesamtsystems Eisenbahn nur über Wie im folgenden erläutert wird, ist es sehr fraglich, *ob eine solche institutionelle Trennung die Auswahl effizienter Entscheidungsalternativen zuläßt*. Die Idee einer institutionellen Trennung beruht auf der Vorstellung, daß ein bestimmtes Ziel entweder nur durch streckenseitige Maßnahmen oder ausschließlich durch fahrzeugseitige Maßnahmen realisiert werden kann. Dies ist jedoch ein Irrtum. Wie die vorliegende Arbeit beweist, können die zentralen produktionstechnischen Outputgrößen bzw. Ziele "Schaffung von Kapazitäten" und "Schaffung von Reisezeitverkürzungen" fast immer alternativ durch streckenseitige oder durch fahrzeugseitige Maßnahmen realisiert werden.

Es können zahlreiche Entscheidungsalternativen aufgeführt werden, deren effiziente Auswahl nur mit Hilfe einer gemeinsamen und einheitlichen Investitionsrechnung getroffen werden kann. Die Liste der Beispiele ließe sich fast beliebig erweitern:

*Streckenseitige kontra fahrzeugseitige Maßnahmen mit gemeinsamen Zielen*

- Linienverbesserungen kontra Einsatz von Neigezügen (gemeinsames Ziel: Fahrzeitverkürzung),
- flachere Neubaustrecken mit Einfachtraktion bei Güterzügen kontra steilere Neubaustrecken mit zusätzlichen Loks (gemeinsames Ziel: mehr Streckenkapazitäten im Güterverkehr),
- zusätzliche Gleise kontra Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen (gemeinsames Ziel: mehr Streckenkapazitäten),
- CIR kontra Anhebung der Durchschnittsgeschwindigkeit von Nahverkehrszügen (gemeinsames Ziel: mehr Streckenkapazitäten),
- streckenseitige Maßnahmen zur Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit kontra Doppelstockzüge (gemeinsames Ziel: mehr angebotene Verkehrsleistung),
- streckenseitige Maßnahmen zur Reisezeitverkürzung kontra Fahrpreisreduzierung (gemeinsames Ziel: zusätzliche Reisende),
- streckenseitige Maßnahmen zur Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit kontra Fahrpreisdifferenzierung (gemeinsames Ziel: mehr abgesetzte Verkehrsleistung).

Bei einer separaten Rechnungslegung für Fahrweg und Betrieb wäre nahezu allen in dieser Arbeit behandelten Fragestellungen die Grundlage der Beurteilung entzogen. Effiziente Entscheidungen wären dann hinsichtlich einer *Gesamtoptimierung unmöglich*. Es wäre nur noch möglich, Teiloptimierungen im Fahrweg- oder im Betriebsbereich durchzuführen.

Wesentlich sinnvoller als die geplante institutionelle Trennung von Fahrweg und Betrieb erscheint es, daß die politischen Entscheidungsträger *einem* einheitlichen Unternehmen Ziele vorgeben und dieses dann mit Hilfe seiner innerbetrieblichen Investitionsrechnung prüft, welche Maßnahme am effizientesten ist, um das politisch erwünschte Ziel zu errei-

---

591) "Für Fahrweginvestitionen tritt der Bund ein, die Fahrwegsparte muß die Abschreibungen erwirtschaften." Siehe Saßmannshausen, Günther / Aberle, Gerd u. a., Bericht der Regierungskommission Bundesbahn, Dezember 1991, S. 19. Alle offiziell diskutierten Varianten der Bahnreform sehen dies vor.