

## ICE und Transrapid im sich wandelnden Verkehrsmarkt - Hat Schienenpersonenfernverkehr noch eine Zukunft?

VON MARTIN VIEREGG, MÜNCHEN

### 1. Ziele der Verkehrspolitik und aktuelle Entwicklungen im Personen-Fernverkehrsmarkt klaffen auseinander

Nach der Betonung des Straßenverkehrs in der Verkehrspolitik der sechziger und siebziger Jahre wird seit den achtziger Jahren eine Akzentverschiebung versucht: "Statt einer Trendfortschreibung sollen die umweltfreundlicheren Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße stärkeren Anteil am Verkehrswachstum haben."<sup>1</sup> Häufig wird als politisches Ziel sogar die Verlagerung des gesamten Verkehrswachstums auf die Schiene erklärt.

Die neuesten Zahlen aus dem Hause DB AG entsprechen gar nicht der politisch gewünschten Trendwende, trotz hoher Investitionen in die Eisenbahn-Infrastruktur. So mußte die DB AG im Personenfernverkehr 1997 einen Einbruch der Fahrgastzahlen hinnehmen, obwohl der Verkehrsmarkt insgesamt größer wurde. Der Rückgang der Verkehrsleistung im Personenverkehr lag bei zwei Prozent und wurde jedoch in erster Linie vom Fernverkehr und nicht vom Nahverkehr verursacht<sup>2</sup>, so daß der Rückgang im Fernverkehr sogar mehr als 2% betrug. Im gleichen Zeitraum legte der innerdeutsche Flugverkehr um 6% zu. Gleichzeitig steigt jedoch mit den laufenden Investitionen die Kapitalbindung der DB AG von Jahr zu Jahr drastisch an. Dies zeigt sich in zusätzlichen Abschreibungen pro Jahr von 1,4 Mrd. DM<sup>3</sup>, wobei ein wesentlicher Teil auf den Personenfernverkehr entfällt. Es zeichnet sich offensichtlich eine Entwicklung ab, die den Schienenpersonenfernverkehr in der Zukunft grundsätzlich in Frage zu stellen droht: Kosten steigen, Leistung bzw. Erlös sinkt.

Es stellt sich nun die Frage nach der Ursache des beobachteten Trends "weg von der Schiene". Im außereuropäischen Ausland lautet die Frage: Wieso verkaufen sich TGV, ICE und Transrapid so schwer?

#### Anschrift des Verfassers:

Dr. Martin Vieregk  
VIEREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH Innovative Verkehrsberatung  
Sendlinger Str. 46  
D-80331 München  
E-Mail: vrb@compuserve.com

<sup>1</sup> Krause, Günter, im Vorwort zum BVWP'92.

<sup>2</sup> o.V., Auch die Bahn spürt die schwierige Wirtschaftslage, FAZ vom 6.3.1998.

<sup>3</sup> Hennemann, Gerhard, „Wo kein Druck ist, da passiert auch nichts“, Interview von Johannes Ludewig in der SZ vom 18.3.1998.

### 2. Der Schienenpersonenfernverkehr krankt an der hohen Kapitalintensität des Fahrwegs

Neben der Fahrzeit ist der Fahrpreis die wichtigste Einflußgröße für den Marktanteil eines Verkehrsmittels. Die jüngste Verlagerung weg von der Schiene und hin zum innerdeutschen Luftverkehr ist klar durch den Preis bestimmt, denn die Flugzeuge wurden im innerdeutschen Luftverkehr in den letzten Jahren nicht signifikant schneller und die ICE-Züge nicht langsamer. Der Preis wird wiederum in erster Linie von den Kosten eines Verkehrsmittels bestimmt und die Kosten sind schließlich abhängig von der Kostenstruktur, insbesondere vom Verhältnis Fahrwegkosten zu Fahrzeugkosten.

#### 2.1 Kapitalintensität des Fahrwegs verschiedener Verkehrsmittel

In der folgenden Betrachtung soll das Augenmerk auf den Anteil des Fahrwegs an den Gesamtinvestitionen Fahrweg + Fahrzeug gelenkt werden. Die Betriebskosten bleiben in dieser Betrachtung unberücksichtigt, ebenso die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten von Fahrweg und Fahrzeug.

Für einige Verkehrsmittel soll nun der prozentuale Anteil des Fahrwegs an den Gesamtinvestitionen Fahrweg + Fahrzeug exemplarisch dargestellt werden:

- Eisenbahn-Neubaustrecke Köln - Rhein/Main (hohe Auslastung mit 5 ICE-Zügen pro Stunde und Richtung): Fahrweganteil 95%<sup>4</sup>
- Eisenbahn-Aus- und Neubaustrecke Nürnberg - Erfurt (niedrige Auslastung mit 1,5 ICE/IR-Zügen pro Stunde und Richtung): Fahrweganteil 98,5%.<sup>5</sup>

Diese beiden Beispiele zeigen, daß 95 bzw. 98,5% des im Schienenpersonenfernverkehr gebundenen Kapitals im Fahrweg und nur 5 bzw. 1,5% in den Fahrzeugen steckt.

- Typische Autobahn: Fahrweganteil 65-75%<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Investitionskosten 7,75 Mrd. DM; auf 170 km Länge verkehren 5 ICE-Züge pro Stunde und Richtung mit 200 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit, jeder Zug im Wert von durchschnittlich 50 Mio. DM; somit befinden sich durchschnittlich 8,5 Züge gleichzeitig auf der Neubaustrecke.  $8,5 \times 50 = 425$  Mio. DM.  $7750 / (7750 + 425) = 0,948$

<sup>5</sup> Investitionskosten 8 Mrd. DM, auf 190 km Länge verkehrt pro Richtung ein ICE pro h (50 Mio. DM pro Stück) und alle 2 h ein InterRegio (25 Mio. DM pro Stück).  $8000 / (8000 + 50 + 50 + 25) = 0,985$

<sup>6</sup> Investitionskosten Fahrweg 10 Mio. DM pro km, alle 3 sec pro Fahrspur ein Kfz, 1/10 Lkw-Anteil, Investitionskosten PKW 35.000 DM, LKW 500.000 DM; Durchschnittswert aller Fahrzeuge  $(35.000 \times 9 + 500.000 \times 1) / 10 = 81.500$  DM. Geschwindigkeit der Fahrzeuge: 100 km/h = 28 m/s. Abstand der Fahrzeuge:  $28 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 84 \text{ m}$ . Anzahl der Fahrzeuge auf einem 1 km langen Abschnitt der Autobahn: 4 Fahrspuren \*  $1000 \text{ m} / 84 \text{ m} = 48$ . Wert von 48 Fahrzeugen:  $48 \times 81.500 = 3,9$  Mio. DM.  $10 / (10 + 3,9) = 0,719$

- Flugverkehr: Fahrweganteil rund 25%<sup>7</sup>

Die Eisenbahn benötigt somit im Fernverkehr sehr viel an "unproduktivem" Fahrweg, d.h. die Kapitalproduktivität ist sehr gering. Selbst im Straßenverkehr ist mehr Kapital im Fahrweg als in den Fahrzeugen gebunden. Im Flugverkehr stellen die Fahrwegkosten dagegen nur eine Marginalie dar, da die Luft kostenlos ist und lediglich Kapital in den Start- und Landebahnen, im Vorfeld sowie in der Flugsicherung gebunden ist.

Im Schienennahverkehr ist der Anteil des Fahrwegs an den Gesamtinvestitionen Fahrzeug + Fahrweg deutlich niedriger: Er ist vergleichbar mit dem Straßenverkehr. Dies liegt daran, daß im Nahverkehr aufgrund des dichten Zeittaktes und der geringen Durchschnittsgeschwindigkeit der räumliche Abstand der Züge zueinander viel geringer ist.

- S-Bahn im 5-Minuten-Takt: 65% Fahrweganteil<sup>8</sup>
- Straßenbahn im 5-Minuten-Takt: 70% Fahrweganteil<sup>9</sup>

Im Fernverkehr muß die Eisenbahn somit gegen Verkehrsträger antreten, die um Größenordnungen geringere Fahrwegkosten und somit eine höhere Kapitalproduktivität haben; im Nahverkehr weist das Rad-Schiene-System hingegen ähnliche Kostenstrukturen wie sein Konkurrent Straßenverkehr auf.

Es ist zu vermuten, daß die hohe Kapitalintensität des Fahrwegs von ICE, TGV und Transrapid im marktwirtschaftlich orientierten Ausland (z. B. USA) die entscheidende Hürde zur Einführung dieses Verkehrsträgers darstellt.

<sup>7</sup> Im innereuropäischen Flugverkehr betragen die Flugsicherungs- und Landegebühren 24% an den Gesamtkosten (Neumeister Karl-Heinz, Secretary General of the Association of European Airlines AEA. Vortrag im Rahmen der Tagung "Zukunft der Airport- und Airline-Industrie" am 12.03.1998 in München). Zur selben Größenordnung gelangt man, wenn man das gebundene Kapital im "Fahrweg" eines Flughafens (Start-Landebahn incl. Grundstücksfläche, Vorfeld, Tower, aber keine Passagierabfertigung und keine Wartungshallen) mit den Beschaffungskosten der entsprechenden Anzahl von Flugzeugen (zu Spitzenzeiten am Flughafen abgestellte Flugzeuge) ins Verhältnis setzt. Hierbei wurde der Flughafen München exemplarisch herangezogen: 80 Flugzeuge (maximale Kapazität am Boden: 90 Flugzeuge); Durchschnittlicher Preis pro Flugzeug (nur Linienjets gerechnet): 50 Mio. DM. Investitionskosten in Start- und Landebahnen, Vorfeld und Flugsicherung: rund 1,3 Mrd. DM.  $1300 / (1300 + 80 \cdot 50) = 0,245$

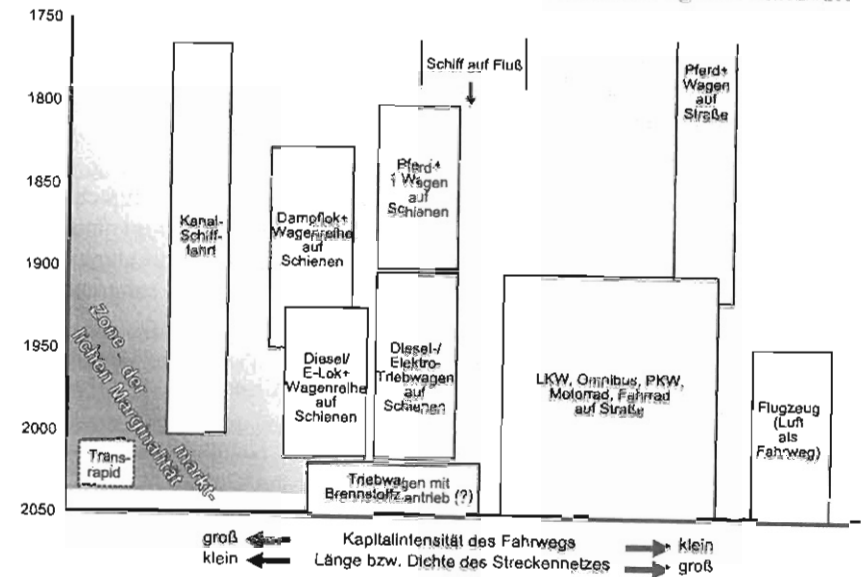
<sup>8</sup> Investitionskosten für zweigleisige oberirdische S-Bahn-Strecke: 12 Mio. DM pro Kilometer; Kosten pro Fahrzeug (zwei Einheiten ET 423) 12 Mio. DM; Durchschnittsgeschwindigkeit 45 km/h. Auf 45 km Länge 12 Züge pro Richtung, auf einem Kilometer Strecke  $12/45 \cdot 2 = 0,533$  Züge. Investitionskosten Fahrzeuge pro Kilometer Strecke:  $0,533 \cdot 12 = 6,4$  Mio. DM.  $12 / (12 + 6,4) = 0,652$

<sup>9</sup> 20 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit, 2,5 Mio. DM pro Fahrzeug, 7 Mio. DM pro km zweigleisige Strecke; auf 20 km Länge 12 Züge pro Richtung, auf einem Kilometer Strecke  $12/20 \cdot 2 = 1,2$  Züge. Investitionskosten Fahrzeuge pro Kilometer Strecke:  $1,2 \cdot 2,5 = 3$  Mio. DM.  $7 / (7 + 3) = 0,70$

2.2 Historische Entwicklung des Landverkehrs unter dem Aspekt der Kapitalintensität des Fahrweges

Die Abbildung stellt die zeitliche Entwicklung von Landverkehrsmitteln (Personen- und Gütertransport) vom 18. bis zum 21. Jahrhundert dar.

Zeitliche Entwicklung der Kapitalintensität des Fahrwegs im Landverkehr



Da die Gesellschaft vor dem 18. Jahrhundert kaum über Kapital verfügte, mußte der Fahrweg der damaligen Verkehrsträger zwangsläufig wenig kapitalintensiv sein. Doch mit der Kanalschiffahrt im ausgehenden 18. Jahrhundert existierte das erste kapitalintensive Verkehrsmittel, das jedoch mit Einführung der Eisenbahn relativ schnell wieder an Bedeutung verlor: Die Eisenbahn begnügte sich bei gleicher oder gesteigerter Leistungsfähigkeit mit einem einfacheren Fahrweg, der insbesondere in topographisch schwierigem Gelände dank der besseren Steigfähigkeit zu niedrigeren Infrastrukturkosten führte und kürzere Fahrzeiten bot, was zum einen zu einer höheren Attraktivität und zum anderen zu einer produktiveren Nutzung der Fahrzeuge führte. Die größere Geschwindigkeit ermöglichte im Gegensatz zur Kanalschiffahrt auch eine Verwendung der Eisenbahn für den Personentransport. Mit dem Pkw, dem Omnibus und dem Lastkraftwagen wird dieser Trend weg von fahwegintensiven Verkehrsmitteln fortgesetzt: Dank seiner systembedingten Eigenschaften (große Steigfähigkeit, keine Weichen, im Überlandverkehr keine "Signaltechnik", Haus-zu-Haus-Transport)

konnte der Straßenverkehr im 20. Jahrhundert den Eisenbahn-Fernverkehr in eine Nischenposition verdrängen.

Beim Luftverkehr ist der Fahrweg besonders kostengünstig, was diesem Verkehrsmittel im Fernverkehr sehr günstige Startbedingungen für den Wettbewerb sichert.

Nach der Verstaatlichung des Eisenbahnsektors um 1900 zeigt sich Ende des 20. Jahrhunderts mit dem Trend zur Privatisierung eine Zurück-Entwicklung hin zur Marktwirtschaft im Verkehrsbereich, von dem die kapitalintensiven Verkehrsmittel Auto und Flugzeug profitieren: Der Wettbewerb wird schärfer, es entsteht eine "Zone der marktlichen Marginalität" für kapitalintensive Verkehrsmittel, d.h. diese Verkehrsmittel können am Verkehrsmarkt nicht bestehen und verschwinden mit der Zeit wieder oder sie werden als "technisches Denkmal" bzw. als Nischenanwendung weiter erhalten. Mit der Weiterentwicklung von Auto und Flugzeug sowie der weiter fortschreitenden Privatisierung beschleunigt sich dieser Trend: Für den kapitalintensiven Schienenfernverkehr wird das Marktsegment immer enger. Die einzige Überlebensstrategie für den Schienenfernverkehr ist die Entwicklung hin zum weniger kapitalintensiven Fahrweg, in der Abbildung also eine Verschiebung nach rechts, weg von der "Zone der marktlichen Marginalität".

### 2.3 Ein historischer "Unglücksfall" bei der Erfindung der Eisenbahn

In topographisch bewegtem Gelände ist bekanntlich die Kapitalbindung beim Eisenbahn-Fahrweg wesentlich höher als bei der Straße, da Bahnstrecken mit nur sehr geringen Steigungen trassiert sind, was zu Dämmen, Einschnitten, Brücken und Tunnels führt. Dies ist nicht auf das System Rad-Schiene und dessen vermeintlich mangelnder Steigfähigkeit zurückzuführen, sondern auf das Prinzip "Lok + antriebslose Wagenreihe". Dieses Prinzip hat seine Ursache im physikalischen Zusammenhang bei Dampfmaschinen, der besagt, daß mit zunehmender Größe einer Dampfmaschine deren Wirkungsgrad steigt. Würde in jeden Wagen eine kleine Dampfmaschine eingebaut, so wäre der Wirkungsgrad noch schlechter als bei herkömmlichen Dampflokomotiven. Deshalb war Anfang des 19. Jahrhunderts nur das Prinzip "1 Dampfmaschine + Wagenreihe" sinnvoll. Beim inzwischen dominierenden Diesel- und Elektroantrieb wird jedoch ein hoher Wirkungsgrad nicht mehr nur bei großen Motoren erreicht, im Gegenteil: Um einen leistungsfähigen Dieselmotor zu erhalten, müssen viele kleine Einzelmotoren (Zylinder) in Serie geschaltet werden. Das Prinzip "Lok + antriebslose Wagenreihe" ist somit im Zeitalter des Diesel- und Elektroantriebes nur noch ein historisches Relikt. Hätte der Diesel- oder Elektroantrieb schon zu Beginn des Eisenbahn-Zeitalters zur Verfügung gestanden, so wären Eisenbahnzüge wohl von Anfang an als Triebwagen gebaut worden. Aufgrund des guten Steigvermögens von Triebwagen hätten kapitalarme Fahrwege errichtet werden können und die Eisenbahn hätte beim späteren Konkurrenzkampf mit der Straße über bessere Startbedingungen verfügt.

### 2.4 Überlebensstrategie für den Schienenfernverkehr: hin zum kapitalarmen Fahrweg

Der aktuelle Preiskampf mit dem Luftverkehr zeigt: Die Bahn muß billiger werden. Für eine dauerhafte Existenzberechtigung ist es nicht nur nötig, günstige Fahrpreise anzubieten, sondern auch die Kosten zu senken - der Preis, den die Gesellschaft für Schienenpersonenfernverkehr zu zahlen hat, wird sonst zu hoch, was auf Dauer die gesellschaftliche Akzeptanz in Frage stellen wird. Wie oben dargelegt, heißt "Kosten senken" im Schienenpersonenfernverkehr "Fahrwegkosten senken".

Für den Schienenpersonenfernverkehr gibt es drei technische Entwicklungstendenzen, die Fahrwegkosten zu reduzieren:

#### 2.4.1 Landschaftsangepaßte Neubaustrecken

Beim Bau neuer Strecken müssen die kostenintensiven Tunnels und Brücken, Dämme und Einschnitte auf ein Minimum reduziert werden. Dies kann erreicht werden durch

- den Verzicht auf die Tauglichkeit für schwere Güterzüge in Kombination mit dem Einsatz von Triebwagen, so daß Steigungen von 4% zulässig sind
- die konsequente Verwendung der Neigetechnik auch auf Neubaustrecken, was selbst für 300 km/h noch vergleichsweise enge Kurvenradien zuläßt
- ein verändertes Anreizsystem für die Planer, bei dem kostensparende Lösungen nicht bestraft, sondern belohnt werden, und bei dem im Planungsprozeß ein Wettbewerb um die sinnvollsten Lösungen stattfindet. Bislang werden die Honorare für Planung über die HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) berechnet, und zwar als Prozentsatz von der Bausumme.

Eigene Untersuchungen zu Neubaustrecken in bewegter Topographie zeigen, daß die bislang üblichen Kosten von 40 Mio. DM pro km um 25 Mio. DM auf 15 Mio. DM reduziert werden können.<sup>10</sup> Hierbei wurde unverändert eine Entwurfsgeschwindigkeit von bis zu 300 km/h unterstellt.

Bei den aktuellen Planungen für neue Strecken zeigt sich ein Innovationsrückstand von etwa 20 Jahren: Strecken, deren Bau jetzt begonnen wird und die ihren Betrieb im Jahr 2010 aufnehmen sollen, sind für Zug- und Betriebstechnik von 1990 konzipiert ("Lok"bespannte ICE-Züge, Mischverkehr, keine Neigetechnik) und schon vor dem "ersten Spatenstich" veraltet.

<sup>10</sup> Die konkreten Untersuchungen betrafen die Strecken Köln - Rhein/Main, Nürnberg - Hof -Leipzig, Donauwörth - Nürnberg sowie Ingolstadt - Nürnberg. Mehr Informationen hierzu unter <http://ourworld.compuserve.com/homepages/vrb/vrBDENK.HTM>

#### 2.4.2 Ersatz der fahrwegseitigen Signaltechnik durch Mobilfunk im Fahrzeug

Bei Neubaustrecken für den Fernverkehr werden Signal- und Fernmeldeanlagen mit 3,7 Mio. DM pro km angesetzt<sup>11</sup> - um den Faktor 2,5 mehr als die Kosten für den Oberbau (Schotter, Schwellen, Gleise, Weichenverbindungen).

Eine vielversprechende Entwicklung haben die Deutsche Bahn und andere europäische Bahnen mit der Einführung einer standardisierten Mobilfunktechnik begonnen. Diese ersetzt bislang acht verschiedene Funksysteme allein innerhalb der Deutschen Bahn und ermöglicht es, auch die Zugsteuerung über dieses System durchzuführen. Dieser "Funkbasierte Fahrbetrieb" (FFB) soll nun als (Software-) Anwendung des Mobilfunksystems getestet werden. "Beim FFB wird die gesamte herkömmliche Signaltechnik durch eine in die Lokomotive drahtlos eingespielte Führerstand-Signalisierung ersetzt."<sup>12</sup> Zusätzlich erlaubt die "Intelligenz im Fahrzeug" die Abschaffung herkömmlicher räumlicher Blockstellen und ermöglicht somit eine Steigerung der Leistungsfähigkeit des dann immer noch teuren Fahrwegs.

#### 2.4.3 Ersatz des Fahrdrachts durch Wasserstoff-Brennstoffzelle

Die Kosten für Oberleitung und Stromversorgung werden bei Eisenbahn-Neubaustrecken mit 4,8 Mio. DM pro km veranschlagt.<sup>13</sup> Dieser Betrag entspricht den Kosten für den Neubau einer kreuzungsfreien Schnellstraße in topographisch bewegtem Gelände.<sup>14</sup>

Während die Anpassung der Mobilfunktechnologie an die Bedürfnisse der Eisenbahn schon in vollem Gange ist, zeichnet sich eine zweite technische Entwicklung noch größerer Tragweite erst am Horizont ab: Kurz nach der Jahrtausendwende wird der autarke Elektroantrieb mit Wasserstoff-Brennstoffzelle voraussichtlich die Serienreife erlangen. Die großen Automobilhersteller arbeiten mit Hochdruck an dieser Technologie. Im Jahr 2003 bis 2005 sollen dann Straßenfahrzeuge mit dieser neuen Antriebstechnik in Serie gehen.<sup>15</sup> Diese Fahrzeuge werden statt Benzin Methanol tanken und dieser Stoff wird in einem Reformier in Wasserstoff umgewandelt, der im selben Augenblick in der Brennstoffzelle zu Strom "kalt verbrannt" wird und Elektromotoren speist. Das Problem des Speicherns von Wasserstoff wird so umgangen.

<sup>11</sup> Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn, Ausbau-/Neubaustrecke Nürnberg - Erfurt, Erläuterungsbericht, Nürnberg/Erfurt, Dezember 1991, S. 259

<sup>12</sup> o. V., DB AG beschafft neues Mobilfunknetz nach GSM-Standard, in: Eisenbahn-Revue International 6/1997, S. 263

<sup>13</sup> Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn, a.a.O.

<sup>14</sup> Die Investitionskosten der autobahnähnlich und kreuzungsfrei trassierten B 16 neu Bernhardswald - Nittenau (Bayerischer Wald) betragen rund 5 Mio. DM pro km

<sup>15</sup> Appel, Hermann u. a., Verbrauch und Schadstoff-Emissionen - wo sind die Grenzen beim Automobil? in: Internationales Verkehrswesen 2/1998, S. 15

Gegenüber dem Verbrennungsmotor wird ein Großteil der Verlustwärme (rund 2/3 der eingesetzten Energie) eingespart, die prinzipiell auch in jedem stationären Wärmekraftwerk anfällt. Während beim Pkw das Mitführen von Wasserstoff aus Platz-, Gewichts- und Sicherheitsgründen problematisch ist, dürfte für die Eisenbahn sowohl der Antrieb mit Methanol als auch direkt mit Wasserstoff in Frage kommen.

Diese Technologie wird vermutlich um 2005 für die Eisenbahn zur Verfügung stehen, wobei dann die Leistungsdichte der des reinen elektrischen Antriebs nicht unterlegen sein wird.<sup>16</sup> Während beim Auto die Umweltfreundlichkeit und der geringe Verbrauch im Vordergrund stehen wird, liegt der Vorteil für die Eisenbahn in der Senkung der Fahrwegkosten: Sie kann sich von etwa einem Drittel ihres im Fahrweg gebundenen Kapitals entledigen: vom Fahrdracht incl. seiner Stromversorgung.

#### 2.5 Kombination von Einsparungsmöglichkeiten führt zu konkurrenzfähigem Eisenbahn-Fahrweg

Von den ursprünglichen Kosten der Neubaustrecken in Höhe von 40 Mio. DM pro km können somit schon fast 2/3 durch eine optimierte Streckenführung eingespart werden, so daß nur noch 15 Mio. DM pro km verbleiben. Dieser Betrag kann mit dem Verzicht auf herkömmliche Signaltechnik und Stromversorgung um noch einmal gut die Hälfte reduziert werden, so daß nur noch mit rund 7 Mio. DM Investitionskosten pro km für eine zweigleisige Eisenbahn-Neubaustrecke zu rechnen ist.

Bei schwachem Verkehrsaufkommen kommt auch der Neubau von eingleisigen Neubaustrecken in Frage. Manche neue Strecken wie Würzburg - Fulda und Nürnberg - Erfurt mit nur wenig mehr als einem Zug pro Stunde und Richtung könnten ohne weiteres auch eingleisig betrieben werden. Die oben genannten Kosten von 7 Mio. DM für den Neubau eines innovativen Hochgeschwindigkeits-Doppelspurfahrweges können so nochmals um rund 1/3 reduziert werden. Gegenüber den bislang kalkulierten Kosten in Höhe von 40 Mio. DM pro km sind somit bei unverändertem Nutzen Einsparungen von bis zu Faktor 10 vorstellbar.

Wird jetzt mit der Planung neuer Eisenbahnstrecken begonnen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß bis zur vollständigen Inbetriebnahme schon kein Fahrdracht mehr benötigt wird. In einem Vorlaufbetrieb kann der neue Diesel-Triebzug ICT-D eingesetzt werden, der immerhin eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h erreicht, so daß auf die vorübergehende Elektrifizierung verzichtet werden kann.

<sup>16</sup> Beim derzeitigen Entwicklungsstand beträgt die Leistungsdichte des Brennstoffzellen-Elektroantriebes 6 kg/kW gegenüber 2,5 kg/kW beim durchschnittlichen Ottomotor (Appel, a.a.O.). Gegenüber dem dieselelektrischen Antrieb dürfte der Brennstoffzellen-Elektroantrieb heute schon eine vergleichbare Leistungsdichte aufweisen. Ein sofortiger Einsatz dürfte jedoch an den hohen Kosten scheitern, da bislang Brennstoffzellen noch nicht in großen Stückzahlen gefertigt werden.

In dünn besiedelten Räumen ist heute schon die Frage nach dem Sinn einer Elektrifizierung von Bahnstrecken zu stellen. So hätte die Strecke Hamburg - Berlin, die nur von einem schnellen Zug pro Stunde und Richtung mit 160 km/h elektrisch befahren wird, aus heutiger Sicht sinnvoller mit dem 200 km/h schnellen ICT-Diesel betrieben werden können, wobei ein Teil der eingesparten Kosten der entfallenden Elektrifizierung für Baumaßnahmen zur Anhebung der Streckengeschwindigkeit von 160 km/h auf 200 km/h hätte verwendet werden können.

Würde die Eisenbahn-Neubaustrecke Köln - Rhein/Main nach all den genannten Kriterien als zweigleisige, landschaftsangepaßte, fahrdraht- und signaltechniklose Strecke geplant, so betrüge der Anteil des Fahrwegs an den Gesamtinvestitionen Fahrweg + Fahrzeuge nicht mehr 95%, sondern nur noch 79%.<sup>17</sup> Der Fahrweganteil liegt selbst dann immer noch über dem des Straßenverkehrs und des Schienennahverkehrs. Dieser Anteil läßt sich nur dadurch weiter verringern, daß die Verkehrsleistung auf der neuen Strecke erhöht wird. Würden auf dieser Strecke nicht 5 ICE-Züge pro Stunde und Richtung, sondern 10 Züge verkehren, ergäbe sich ein Fahrweganteil von nur noch 65%. Somit läge der Schienenpersonenfernverkehr in der Größenordnung seines Hauptkonkurrenten Straßenverkehr. Mit einer entsprechenden Fahrpreisgestaltung ist eine derartige Erhöhung der Fahrgast- und Zugzahlen durchaus denkbar, da der Anteil des Schienenverkehrs am gesamten Personenverkehr nur 6% beträgt.

Die drei vorgestellten technischen Entwicklungsrichtungen können in einer Grund-Strategie zusammengefaßt werden: "Technik im Fahrzeug konzentrieren statt im Fahrweg verteilen". Die fahrzeugseitige Neigetechnik führt zu einer kostengünstigeren Streckenführung, der Mobilfunk im Fahrzeug löst die ortsfesten Signale ab und die Brennstoffzelle im Fahrzeug ersetzt die Oberleitung samt Stromversorgung. Werden jetzt die Weichen in Richtung kostengünstiger Infrastruktur bei der Eisenbahn gestellt, so wird dieser Verkehrsträger in der Zukunft einen deutlich größeren Marktanteil als heute erreichen können. Ein "Weiter so" wird dagegen in der Mitte des 21. Jahrhunderts, wenn größere Reinvestitionen erforderlich wären, zur Einstellung des zu kapitalintensiven Personenfernverkehrs führen. Für den großen fernöstlichen Markt wird das "Weiter so" zu zwei "Referenzstrecken" in Korea und Taiwan führen, die aufgrund dramatisch überzogener Fahrwegkosten<sup>18</sup> in einem finanziellen Desaster enden werden und so auch solche Projekte gefährden, die über günstige Fahrwegkosten und somit über gute wirtschaftliche Grundlagen verfügen.

<sup>17</sup> Investitionskosten 190 km x 7 Mio. DM/km + 20% für erschwerte lokale Verhältnisse; sonstige Berechnung wie oben

<sup>18</sup> In Taiwan sind 90 Mio. DM pro Kilometer Strecke im Gespräch; in Korea haben sich die ursprünglich vorgesehenen Fahrwegkosten verdoppelt.

### 3. Zur Rolle des Transrapid im zukünftigen Verkehrsmarkt

In welchem Zusammenhang steht nun der Transrapid bezüglich der genannten Grund-Strategie? Er stellt den oben erläuterten zwangsläufigen Entwicklungspfad "Technik im Fahrzeug konzentrieren statt im Fahrweg verteilen" genau auf den Kopf:

- Der aktive Teil des Motors wird aus dem Fahrzeug heraus in den Fahrweg verlagert.
- Die um ein mehrfaches aufwendigere Stromumformung<sup>19</sup> wird ebenfalls vom Fahrzeug in die streckenseitigen Unterwerke verlagert. So liegt gegenüber einem Eisenbahn-Unterwerk der schaltungstechnische Aufwand des Transrapid-Unterwerks um mehr als Faktor 10 über dem der Eisenbahn. Rechnet man noch den erhöhten Leistungsbedarf der Züge hinzu<sup>20</sup>, so liegt der schaltungstechnische Aufwand weit jenseits von Faktor 10.
- Die bauliche Form des Fahrweges ist deutlich aufwendiger als bei der klassischen Eisenbahn. Aufgrund des geringen Luftspaltes von nur 10 mm muß der Fahrweg praktisch ohne Toleranzen gefertigt und instandgehalten werden; der Transrapid-Fahrweg stellt selbst bei ebenerdiger Streckenführung bautechnisch ein Brückenbauwerk dar, das aufwendig gegründet werden muß.

Insgesamt ergibt sich nach den offiziellen Veröffentlichungen zur Transrapid-Strecke Hamburg - Berlin ein Preis von 27 Mio. DM für den Kilometer Transrapid-Fahrweg<sup>21</sup>, wobei hier sämtliche Kosten abzgl. Fahrzeuge und Gebäude angesetzt sind. Allerdings sind in dieser Quelle einige Kostenbestandteile realitätsfern niedrig kalkuliert, etwa die Kosten für elektrotechnische Anlagen: Diese wurden niedriger als bei einer vergleichbaren Eisenbahn-Neubaustrecke angesetzt, was bei einem um mehr als den Faktor 10 erhöhten schaltungstechnischen Aufwand völlig ausgeschlossen ist. Plausibel erscheint ein Anstieg der Fahrwegkosten um 40%<sup>22</sup>, was zu Fahrwegkosten von 37 Mio. DM pro km führt.

Aus den Kostentabellen der DB AG für Neubaustrecken<sup>23</sup> ist ersichtlich, daß die Gesamtkosten pro Kilometer Flachlandstrecke bei rund 12 Mio. DM liegen. Somit ist der Transrapid-Fahrweg etwa um den Faktor 3 teurer als eine vergleichbare Eisenbahnstrecke.

<sup>19</sup> Vgl. hierzu VIEREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH im Auftrag von Robin Wood, Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Transrapid-Vorhabens Hamburg - Berlin, München 1997, Seite 23 (Investitionskosten der Betriebsgesellschaft), siehe <http://ourworld.compuserve.com/home-pages/vrb/TRWTITEL.HTM>

<sup>20</sup> Ein Transrapid benötigt bis zu 30 MW an elektrischer Leistung, ein ICE3 mit gleichem Fassungsvermögen dagegen nur 8 MW

<sup>21</sup> Magnetschnellbahn-Planungsgesellschaft mbH: Magnetschnellbahn Berlin - Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Antragsunterlagen Raumordnungsverfahren, Erläuterungsbericht, Schwerin, Juni 1996

<sup>22</sup> o. V., Transrapid in Frage gestellt?, Eisenbahn-Revue International 1-2/1997

<sup>23</sup> Deutsche Bundesbahn/Deutsche Reichsbahn, Ausbau-/Neubaustrecke Nürnberg - Erfurt, a.a.O.

Es stellt sich die Frage, ob ein derart kapitalintensiver Fahrweg zu rechtfertigen ist.

### 3.1 Höhere Erlöse ?

Die Mehrkosten des Transrapid-Systems werden häufig mit dem größeren Nutzen gerechtfertigt, nämlich der größeren Geschwindigkeit und der daraus resultierenden Fahrzeitverkürzung. Zweifellos handelt es sich bei der erhöhten Geschwindigkeit um einen marktrelevanten Vorteil. Er kann in seiner Größenordnung leicht quantifiziert werden: Im allgemeinen resultiert aus einer Minute Fahrzeitverkürzung ein Reisedenzuwachs von 0,57%.<sup>24</sup> Wird als Alternative zum Transrapid die Bahnstrecke Uelzen - Stendal mit Investitionskosten von nur rund 1 Mrd. DM für 300 km/h ausgebaut, so kann der ICE unter Mitverwendung der bestehenden Schnellfahrabschnitte Hamburg - Uelzen und Stendal - Berlin eine Fahrzeit Hamburg - Berlin von 80 min erreichen.<sup>25</sup> Der Transrapid spart somit 20 Minuten Fahrzeit ein und kann mit 12% an zusätzlichen Fahrgästen gegenüber der ICE-Verbindung über Stendal rechnen.

Die Preiselastizität im Fernverkehr liegt bei etwa eins - das heißt ein Prozent Fahrpreiserhöhung führt zu 1% weniger Fahrgästen.<sup>26</sup> Wenn nun der Fahrpreis beim Transrapid fast doppelt so hoch sein wird wie beim ICE - im Gespräch sind 27 Pfennige pro km gegenüber dem heutigen Durchschnittspreis von gut 15 Pfennigen pro km<sup>27</sup> - dann würde, gleiche Fahrzeit vorausgesetzt, die Anzahl der Fahrgäste fast halbiert. Soll der Transrapid nicht weniger Fahrgäste befördern als bei einer vergleichbaren Eisenbahnverbindung, so darf nur in dem Maße der Fahrpreis angehoben werden, wie aufgrund der Fahrzeitverkürzung zusätzliche Fahrgäste zu gewinnen sind, und zwar um 12% oder knapp 2 Pfennige pro km.

### 3.2 Vorteile hinsichtlich Streckenkapazität ?

Ein sehr teurer Fahrweg kann nur dann gerechtfertigt werden, wenn die Züge in sehr dichter Folge verkehren.

Während bei der Eisenbahn die kleinste Zugfolgezeit 1 bis 2 Minuten beträgt, ist bei einer Auslegung der Transrapid-Strecke für einen 20-Minuten-Takt selbst im Ausnahmefall (Sonderfahrt, Verspätungsfall) keine wesentlich kleinere Zugfolge möglich. "Wie bei einer alten

<sup>24</sup> Vgl. Breimeier, Rudolf: Zeit ist Geld - auch im Personenverkehr der Eisenbahn, in: Die Bundesbahn 9/1991, S. 883 ff; Viereg, Martin: Effizienzsteigerung im Schienenpersonenfernverkehr, München 1995, S. 237 ff

<sup>25</sup> VIEREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH, Vergleich der Kosten, des Energieverbrauchs und der Exportchancen von ICE und Transrapid, München 1994, siehe <http://ourworld.compuserve.com/homepages/vrb/VRBTRRAP.HTM>

<sup>26</sup> Viereg, Martin: Effizienzsteigerung im Schienenpersonenfernverkehr, München 1995, S. 242

<sup>27</sup> VIEREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH in Auftrag von Robin Wood, a.a.O., S. 46 (Erlöse durch den Verkauf von Transrapid-Fahrkarten)

Modelleisenbahn-Anlage, bei der jeder Transformator mit einem bestimmten Streckenabschnitt verbunden ist, kann pro Trafo (= Unterwerk) immer nur eine Geschwindigkeit und somit prinzipiell nur ein Zug gesteuert werden. Um die Zugfolgezeit zu verkürzen, muß deshalb die Länge jedes einzelnen Steuerungsabschnittes entsprechend reduziert werden."<sup>28</sup> "Bei der Eisenbahn werden ja derzeit große Anstrengungen unternommen, das überholte und leistungshemmende Prinzip der Zugfolgesicherung durch das Fahren im festen Raumabstand durch neue funkbasierte Verfahren abzulösen (...)" Die Unterwerksabschnitte des Transrapid "haben betrieblich genau den gleichen Effekt wie die Blockabschnitte der Eisenbahn. Der Transrapid benutzt also zur Zugfolgesicherung das althergebrachte Verfahren der Eisenbahn, das wegen seiner vielen Nachteile bei der Bahn gerade abgeschafft wird."<sup>29</sup>

### 3.3 Größerer Sicherheitsstandard ?

Der vermeintlich hohe Sicherheitsstandard des Transrapid wird meist mit dem Hinweis begründet, daß der Transrapid seinen Fahrweg umgreift und somit eine Entgleisung technisch ausgeschlossen ist. Dabei werden jedoch zwei fatale Denkfehler begangen: Zum einen wird davon ausgegangen, daß der Fahrweg intakt und nicht unterbrochen ist und zum zweiten wird die Existenz von Transrapid-Weichen verschwiegen, die bei einer fahrplanmäßigen Zugfahrt im Schnitt alle 20 km bzw. alle drei Minuten passiert werden. Ist die Weiche auf "Abzweig" gestellt, so ist der Fahrweg für die Gegenrichtung in der Geradeausfahrt auf etwa 100 Meter unterbrochen. Passiert ein Zug mit 400 km/h diese Stelle, so kommt es zum "Magnetbahn-Super-Gau": Der Zug fällt auf 100 Meter Strecke entsprechend Erdanziehungskraft und Geschwindigkeit um etwa 4 Meter nach unten und schlägt seitlich gegen die einmündende Fahrbahn. Er fährt somit mit 400 km/h gegen eine feststehende Betonwand. Bei der Eisenbahn passiert in dieser Situation hingegen fast nichts, da lediglich die betroffene Weiche "aufgeschnitten" wird: Die beweglichen Weichenzungen werden vom Spurkranz der Räder in die richtige Position gebracht. Im Nahverkehr wird bei den sog. Rückfallweichen das Aufschneiden von Weichen sogar im Regelbetrieb praktiziert.

Hinzu kommt, daß in den aufgeständerten Abschnitten des Transrapid-Fahrweges seitliche Fluchtwege völlig fehlen. Bei der Eisenbahn ist selbst auf Brücken ein seitlicher Fluchtweg immer vorhanden.

### 3.4 Niedrigerer Energiebedarf ?

Prinzipiell sind die Eisenbahn und der Transrapid den selben physikalischen Gesetzen hinsichtlich Fahrwiderstand unterworfen:

<sup>28</sup> VIEREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH in Auftrag von Robin Wood, a.a.O., S. 55 (Fahrplantakt, Fahrzeuggröße)

<sup>29</sup> Pacht, Jörn, in: Schiene 1/98, S. 24



- der Luftwiderstand steigt im Quadrat mit der Geschwindigkeit an
- der Rollwiderstand ist im Vergleich zum Luftwiderstand unerheblich.

Wenn nun ein bodengebundenes Verkehrsmittel mit 430 km/h verkehren soll, so benötigt es gut doppelt so viel Energie wie bei 300 km/h.

Tendenziell erfordert der Transrapid jedoch selbst bei gleicher Geschwindigkeit mehr Energie als ein vergleichbares Eisenbahnfahrzeug. Dies ist zurückzuführen auf den deutlich schlechteren Wirkungsgrad des Linearmotors gegenüber einem herkömmlichen Elektromotor. Dieser Sachverhalt resultiert aus dem größeren Abstand zwischen den beiden Komponenten des Elektromotors ("Rotor", Stator) sowie aus der aufwendigen Schaltungstechnik. Hinzu kommt noch die Energie für das Schweben, mit der ein ICE schon eine Dauergeschwindigkeit von 120 km/h erreicht.<sup>30</sup>

Im Prinzip stellen die aufgeführten Nachteile des Transrapid gegenüber der Eisenbahn keine "K.O.-Kriterien" dar. Sie wären allerdings nur dann tragbar, wenn das Transrapid-System hinsichtlich des Fahrweges deutlich kostengünstiger wäre, was es jedoch nicht ist. Hinzu kommt schließlich noch der Nachteil jeder neuen Technologie gegenüber dem Althergebrachten: Nur gleich gut zu sein, reicht nicht. Beim Transrapid bedeutet dies, daß die Vorteile des Systems sehr schwer wiegen müssen, bevor ein "Netzbruch" mit all seinen Nachteilen vom Markt akzeptiert wird.

### 3.5 Ist der Transrapid innovativ ?

Es stellt sich nun die Frage, ob ein technisch höchst faszinierendes, jedoch ökonomisch unsinniges Verkehrsmittel überhaupt "innovativ" sein kann.

Innovation wird als "Nutzbarmachung des technischen Fortschritts" verstanden.<sup>31</sup> "Technischer Fortschritt" wird hierbei gleichgesetzt mit Effizienzsteigerung.<sup>32</sup> Bei gleichem Nutzen zeigt sich technischer Fortschritt in einer Reduzierung der Kosten. Auf den spurgebundenen Fernverkehr bezogen, bedeutet das im wesentlichen eine Verringerung der Fahrwegkosten:

Technischer Fortschritt = Senkung Fahrwegkosten = "innovativ".

<sup>30</sup> VIAREGG-RÖSSLER-BOHM GmbH im Auftrag von BUND, Analyse des Energiebedarfs im Personenverkehr des Korridors Hamburg - Berlin unter Berücksichtigung des Vergleichs zwischen Transrapid und ICE, München 1997, S. 17, siehe <http://ourworld.compuserve.com/homepages/vrb/TRETTTEL.HTM>

<sup>31</sup> Dichtl, Issing, Vahlens Wirtschaftslexikon, München 1986

<sup>32</sup> "Technischer Fortschritt äußert sich in einer Verschiebung der Input-Output-Relation derart, daß entweder bei gleichem Kapital- und/oder Arbeitseinsatz die produzierte Gütermenge steigt oder bei gleicher Gütermenge der Kapital- und/oder Arbeitseinsatz sinkt." (Dichtl, Issing, a.a.O.)

Die Magnetbahntwicklung stellt somit einen technischen Rückschritt dar und ist keine Innovation. Sie wäre nur dann eine Innovation, wenn der Fahrweg beim Transrapid signifikant kostengünstiger wäre als bei der Eisenbahn.

Es ist bemerkenswert, daß in Deutschland trotz der zunehmenden Rückbesinnung auf die Regeln der Marktwirtschaft eine solche völlig von den marktlichen Vorgaben "abgehobene" Entwicklung über 30 Jahre aufrechterhalten wurde.<sup>33</sup> Möglicherweise werden gerade hier Schwächen unseres gesellschaftlichen und politischen Systems sichtbar, die unmittelbar mit dem vielzitierten "Wirtschaftsstandort Deutschland" zusammenhängen und insbesondere im staatswirtschaftlichen Sektor ökonomische Denkansätze und Marktnähe vermissen lassen.

### Abstract

In 1997, German long-distance rail traffic lost passengers to the air-traffic. Simultaneously, the cost of the railway tracks increased. The reason for this critical development is the expensive railway tracks: 95% of the total amount of capital is needed for the tracks, and only 5% for the trains. Motorways have got a relationship of 70%/30% and air-traffic 25%/75%. It is necessary, and possible, to decrease the cost of new high-speed railway lines dramatically, otherwise high-speed trains will die out. In any case, the German magnetic levitation train "Transrapid" will lose the race because of its extremely expensive track - three times higher than a normal high speed railway which is too expensive anyway.

<sup>33</sup> Zur soziologischen Entwicklungsgeschichte siehe: Büllingen Franz, "Die Genese der Magnetbahn Transrapid", Wiesbaden 1997