

**Verkehrswissenschaftliche Forschungen**

---

**Herausgegeben von Fritz Voigt**

**Band 47**

**Möglichkeiten und Grenzen  
der Durchsetzung neuer Verkehrs-  
technologien**

**dargestellt am Beispiel des  
Magnetbahnsystems Transrapid**

**Von**

**Dr. Alexander Rath**



**Duncker & Humblot · Berlin**

**ALEXANDER RATH**

**Möglichkeiten und Grenzen  
der Durchsetzung neuer Verkehrstechnologien**

# **Verkehrswissenschaftliche Forschungen**

**Herausgegeben von Fritz Voigt**

**Band 47**

# **Möglichkeiten und Grenzen der Durchsetzung neuer Verkehrs- technologien**

**dargestellt am Beispiel des  
Magnetbahnsystems Transrapid**

**Von**

**Dr. Alexander Rath**



**Duncker & Humblot · Berlin**

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Rath, Alexander:**

Möglichkeiten und Grenzen der Durchsetzung neuer  
Verkehrstechnologien dargestellt am Beispiel des  
Magnetbahnsystems Transrapid / von Alexander Rath. –  
Berlin : Duncker und Humblot, 1993

(Verkehrswissenschaftliche Forschungen ; Bd. 47)

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 1989

ISBN 3-428-07727-X

NE: GT

Alle Rechte vorbehalten

© 1993 Duncker & Humblot GmbH, Berlin 41

Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin 61

Printed in Germany

ISSN 0506-7383

ISBN 3-428-07727-X

## Vorwort

Seit Fertigstellung dieser Arbeit sind nun mehr als drei Jahre vergangen. Auch nach der entscheidenden Veränderung der verkehrlichen Situation durch die deutsche Wiedervereinigung und der - trotz vereinzelter Rückschläge - zunehmenden Integration Europas gibt es auf dem Gebiet der Schnellbahnen wenig erkennbare Fortschritte in der Formulierung einer europäischen Verkehrspolitik. Weiterhin rangieren die Interessen nationaler Industriepolitik, die sich quasi in einem 'Eisenbahnnationalismus' manifestieren, weit vor einer internationalen Kooperation auf EG-Ebene, wie sie etwa in der Luft- und Raumfahrt praktiziert wird.

Da ist es auch nicht verwunderlich, feststellen zu müssen, daß - trotz sich periodisch wiederholender Erfolgsmeldungen in den Medien - der Durchsetzungsprozess der Magnetbahn Transrapid eher auf Sparflamme kocht. Daran ändert auch nicht, daß derzeit wieder einmal eine neue und sogar von ihrem Nachfragepotential her interessante Referenzstrecke, die Verbindung Hamburg - Berlin, gefunden worden ist. Dort wurden mit der Eisenbahn bereits in den 30er Jahren Geschwindigkeitsrekorde mit 230 km/h gefahren und der berühmte 'Fliegende Hamburger', den man heute noch im Verkehrsmuseum in Nürnberg bewundern kann, verkehrte hier fahrplanmäßig mit über 200 km/h. Deshalb kann man jetzt schon und ohne große wissenschaftliche Untersuchungen grob abschätzen, daß die Projektbewertung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung zum Ergebnis kommen wird, daß auf dieser Relation aufgrund der günstigen topographischen Bedingungen und der bereits vorhandenen Stadteinfahrten eine ICE-Verbindung schneller und zu niedrigeren Kosten realisiert werden kann.

Bewundernswert dagegen ist die Leistung der französischen Verkehrspolitik auf dem Gebiet der Durchsetzung ihrer Schnellbahn, dem TGV. Während 1983 Vertreter der deutschen Eisenbahnindustrie die überragenden theoretischen Eigenschaften und Leistungsdaten des ICE's lobten, ohne bei seiner Dimensionierung an die Lichtraumprofile der Nachbarländer zu denken, mit der Folge, daß der ICE von heute nicht auf internationalen Routen eingesetzt werden kann, weil er schlicht zu breit ist, eröffneten die Franzosen bereits die

Neubaustrecke Paris - Lyon und demonstrieren seitdem eindrucksvoll, wie man wirtschaftlich Schnellbahnen betreiben kann. Da spielt es wohl auch eine eher geringe Rolle, daß der TGV im letzten Jahr den Geschwindigkeitsweltrekord des ICE und auch die vorausberechnete Höchstgeschwindigkeit des Eisenbahnsystems durchbrochen hat.

So sehe ich denn zum jetzigen Zeitpunkt geringe Chancen auf eine absehbare Realisierung einer Referenzstrecke für die Magnetbahn Transrapid in Deutschland und somit auch für die Möglichkeit einer internationalen Vermarktung, obwohl ich weiterhin von einer langfristigen Durchsetzung der Magnetschwebetechnik im Verkehrswesen überzeugt bin.

Danken möchte ich allen, die mir bei der Fertigstellung dieser Arbeit geholfen haben. Dies gilt vor allem für die wertvollen Ratschläge und Hinweise von meinen Lehrern Prof. Drs. mult. Fritz Voigt und Prof.Dr. Manfred Zachcial, für die Schreibarbeiten Dorothee Roddermann, für das Korrekturlesen Dipl.Geogr. Jürgen Mundorf und den vielen anderen mehr, die hier ungenannt bleiben.

Besonderen Dank schulde ich auch dem früheren für die Magnetbahn zuständigen Abteilungsleiter im BMFT, Dr. Wolfgang Finke, der nach dem Erfinder der Magnetbahn, Hermann Kemper, derjenige war, der die technische Entwicklung der Magnetbahn über lange Jahre und gegen erhebliche Widerstände durchgesetzt hat.

Bonn, den 22. September 1992

Dr. Alexander Rath

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	1
1.1 Einführung in die Problematik .....	1
1.2 Ziel und Gang der Untersuchung .....	2
1.3 Bisherige Entwicklungsverläufe und ökonomische Besonderheiten der Magnetbahn.....	4
<b>2. Organisation der Magnetbahnentwicklung</b> .....	9
2.1 Beteiligte Gruppen und Institutionen .....	9
2.1.1 Das BMFT als Initiator der Magnetbahnentwicklung .....	11
2.1.2 Die Industrie als Entwickler.....	14
2.1.3 Die Projektbegleitung .....	17
2.1.4 Die Versuchs- und Planungsgesellschaft für Magnetbahnsysteme mbH (MVP).....	18
2.2 Die Organisation des Magnetbahntwicklungsprogramms .....	23
2.2.1 Die Programmstruktur .....	23
2.2.2 Der Projektbereich.....	26
2.2.3 Der Technologiebereich.....	27
2.2.4 Der Studienbereich .....	28
2.3 Beurteilung der Organisationsstruktur.....	30
<b>3. Das Angebotsprofil der Magnetbahn</b> .....	34
3.1 Technik.....	35
3.1.1 Überblick.....	35
3.1.2 Fortbewegung ohne mechanische Einwirkung und Verschleiss .....	38
3.1.2.1 Tragen und Führen .....	38
3.1.2.2 Berührungsfreies Antriebssystem.....	39
3.1.2.3 Steigfähigkeit.....	41
3.1.2.4 Aufgeständerte Fahrbahn .....	42



3.1.3	Potentiale für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit durch technische Weiterentwicklung .....	43
3.1.3.1	Fahrzeugtechnik.....	43
3.1.3.1.1	Sichere Magneträder .....	44
3.1.3.1.2	Bordnetz .....	45
3.1.3.2	Fahrwegtechnik .....	46
3.1.3.2.1	Antriebssystem .....	46
3.1.3.2.2	Fahrweg und Weichen.....	47
3.1.3.3	Bewertung der technischen Entwicklungspotentiale.....	49
3.2	Qualitätsprofil .....	50
3.2.1	Geschwindigkeit .....	51
3.2.2	Massenleistungsfähigkeit .....	57
3.2.3	Sicherheit.....	62
3.2.4	Berechenbarkeit .....	64
3.2.5	Bedienungshäufigkeit.....	67
3.2.6	Netzbildungsfähigkeit .....	68
3.2.7	Bequemlichkeit .....	73
3.3	Kosten .....	76
3.3.1	Interaktionen zwischen Kosten und Qualitätsstandards .....	78
3.3.2	Investitionskosten .....	80
3.3.2.1	Komponenten der Investitionskosten .....	83
3.3.2.2	Berechnungsmethodik.....	88
3.3.2.3	Entwicklung der Investitionskosten im Zeitablauf.....	91
3.3.3	Betriebskosten .....	93
3.3.3.1	Kapitalkosten .....	93
3.3.3.2	Wartungs- und Instandhaltungskosten .....	95
3.3.3.3	Personalkosten .....	96
3.3.3.4	Energiekosten .....	97
3.3.4	Kostenstrukturen .....	98
3.4	Die Position der Magnetbahn im zukünftigen Verkehrssystem ....	104
3.4.1	Magnetbahn und Eisenbahn .....	107
3.4.2	Magnetbahn und Individualverkehr .....	109
3.4.3	Magnetbahn und Luftverkehr .....	110
3.4.4	Gütertransport auf der Magnetbahn .....	111
3.5	Die Schnellbahnentwicklung in Japan .....	115
3.5.1	Das elektrodynamische Schwebeprinzip MLU .....	116
3.5.2	Die Elektromagnetbahn HSST der JAL .....	118
3.5.3	Feasibility-Studien in Japan.....	119
3.5.4	Bewertung der japanischen Magnetbahnentwicklung.....	121

3.5.5 Ersatzinvestitionen bei Schnellbahnsystemen.....	122
3.5.6 Die Realisierung der Stadteinführungen beim japanischen Rad/Schiene-System Shinkansen.....	123
<b>4. Umweltrelevante Auswirkungen aus dem Bau und Betrieb einer Magnetbahn .....</b>	<b>127</b>
4.1 Umweltrelevante Eigenschaften des Magnetbahnsystems .....	128
4.2 Auswirkungen während der Bauzeit .....	129
4.2.1 Landverbrauch.....	129
4.2.2 Erdbewegungen .....	133
4.2.3 Rekultivierungsmöglichkeiten .....	134
4.3 Auswirkungen durch den Fahrbetrieb.....	135
4.3.1 Lärmemissionen.....	135
4.3.2 Erschütterungen und Körperschall .....	137
4.3.3 Wasserwirtschaft.....	138
4.3.4 Klima .....	139
4.3.5 Zerschneidungseffekte .....	140
4.3.6 Schadstoffemissionen.....	142
4.4 Quantifizierung der ökologischen Effizienz von Verkehrsmitteln	143
<b>5. Schätzung der Nachfrage .....</b>	<b>146</b>
5.1 Allgemeine Verkehrsprognosen .....	146
5.1.1 Die Prognose der PROGNOSE AG (1985).....	146
5.1.1.1 Annahmen und Ergebnisse .....	146
5.1.1.2 Kritik an den Ergebnissen .....	150
5.1.2 Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage nach der Jahrtausendwende.....	151
5.1.2.1 Datenbasis und Methodik.....	151
5.1.2.2 Kritische Wertung der Ergebnisse.....	151
5.2 Überblick über Verkehrsprognosen von Schnellbahnsystemen.....	154
5.2.1 Prognosen bis Ende der 70er Jahre.....	154
5.2.2 Globalstudie .....	155
5.2.2.1 Annahmen und Ergebnisse .....	155
5.2.2.2 Kritik .....	157
5.2.3 DFVLR-Szenarien über ein europäisches Schnellbahnnetz..	157
5.2.3.1 Annahmen und Ergebnisse .....	157
5.2.3.2 Kritik .....	160

5.2.4	Das Verkehrsnachfrage-Modell der BVU .....	161
5.2.4.1	Schätzergebnisse .....	163
5.2.4.2	Kritik und Schlußfolgerungen .....	164
5.3	Feasibility-Studien .....	166
5.3.1	Frankfurt - Paris .....	167
5.3.1.1	Annahmen und Ergebnisse .....	167
5.3.1.2	Kritik .....	168
5.3.2	Verkehrsaufkommenschätzung der Voruntersuchung zur Anwendbarkeitsstudie einer Magnetbahn .....	169
5.3.2.1	Annahmen und Ergebnisse .....	169
5.3.2.2	Kritik .....	171
5.3.3	Missing Links .....	171
5.3.3.1	Annahmen und Ergebnisse .....	171
5.3.3.2	Kritik .....	174
5.3.4	Bilaterale Studie der Schnellbahnverbindung Paris- Brüssel-Köln (Phase 1).....	175
5.3.4.1	Annahmen und Ergebnisse .....	175
5.3.4.2	Kritik .....	177
5.3.5	Trilaterale Studie der Schnellbahnverbindung Paris- Brüssel-Köln/Amsterdam (Phase II) .....	179
5.3.5.1	Annahmen und Ergebnisse .....	179
5.3.5.2	Kritik .....	183
5.3.6	Alpentransversalen.....	186
5.3.6.1	Annahmen und Ergebnisse .....	187
5.3.6.2	Kritik .....	188
5.4	Der Modalsplit im Personenverkehr.....	188
5.4.1	Verfügbare Quellen und Schätzmethode.....	188
5.4.2	Das entfernungsabhängige Verkehrsaufkommen in der Bundesrepublik Deutschland .....	190
5.4.3	Der entfernungsabhängige Modal Split im internationalen Verkehr .....	194
5.5	Konsequenzen für den Einsatz einer Magnetbahn .....	196
<b>6.</b>	<b>Bewertung von Schnellbahnsystemen .....</b>	<b>201</b>
6.1	Zielsysteme und Indikatoren zur Bewertung neuer Verkehrs- technologien.....	201
6.2	Gängige Bewertungsverfahren.....	202
6.2.1	Kosten-Nutzen-Analyse (KNA).....	202
6.2.2	Nutzwertanalyse (NWA).....	202

6.2.3	Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA).....	203
6.3	Studie Paris-Brüssel-Köln/Amsterdam .....	204
6.3.1	Die angewandte Methodik.....	204
6.3.2	Grenzen der Aussagefähigkeit finanzmathematischer Methoden der Investitionsrechnung .....	207
6.3.3	Betriebswirtschaftliche Bewertungsergebnisse der Studie Paris-Brüssel-Köln/Amsterdam .....	209
6.3.4	Sensitivitätsanalysen.....	211
6.4	Das Bewertungsverfahren im Rahmen der Bundesverkehrswege- planung.....	216
6.4.1	Entwicklung der Bewertungskonzepte im Zeitablauf.....	216
6.4.2	Darstellung und Beurteilung der im BVWP enthaltenen Nutzen- und Kostenelemente.....	219
6.4.3	Berücksichtigung von Umweltkriterien im gesamtwirt- schaftlichen Bewertungsverfahren des BVWP.....	221
6.4.4	Bewertung von Magnetbahnsystemen nach den Richt- linien der BVWP.....	225
6.4.5	Weiterentwicklungen des Bewertungsverfahrens im BVWP .....	228
<b>7.</b>	<b>Finanzierung .....</b>	<b>235</b>
7.1	Staatliche Finanzierung.....	237
7.1.1	Finanzierung der Magnetbahn aus nationalstaatlichen Mitteln.....	237
7.1.2	Die Finanzierung grosser Infrastrukturvorhaben aus der Perspektive der Europäischen Gemeinschaft.....	240
7.2	Private Investitionsfinanzierung.....	245
7.2.1	Spezielle Modelle von Investitionsfinanzierungen in den USA .....	245
7.2.1.1	Projektfinanzierungen.....	245
7.2.1.2	Privatplazierungsmärkte .....	247
7.2.1.3	Vorzugsaktien .....	248
7.2.1.4	Finanzierungen durch Venture Capital .....	249
7.2.1.5	Steuerfreie Bonds .....	250
7.2.2	Langfristige Finanzierungsinstrumente auf dem Euro- Markt .....	252
7.2.2.1	Anleihen mit Optionsscheinen auf Anleihen.....	252
7.2.2.2	Partly-Paid-Anleihen.....	253

7.2.3	Möglichkeiten zur Reduzierung des Zinsänderungsrisikos..	253
7.2.3.1	Swaps.....	255
7.2.3.2	Caps.....	256
7.3	Praktizierte Finanzierungen von infrastrukturellen Grossprojekten .....	257
7.3.1	Finanzierung des Eisenbahnbaus im Deutschland des 19. Jahrhunderts .....	257
7.3.2	Die Finanzierung der Strasseninfrastruktur in der Bundesrepublik Deutschland .....	258
7.3.3	Fallbeispiele von in jüngster Zeit praktizierten Finanzierungskonzepten bei infrastrukturellen Grossprojekten .....	262
7.4	Ein privatwirtschaftliches Finanzierungskonzept für Magnetbahnprojekte.....	266
<b>8.</b>	<b>Planungs- und Genehmigungsverfahren.....</b>	<b>273</b>
8.1	Das Raumordnungsverfahren .....	273
8.1.1	Einleitung .....	275
8.1.2	Durchführung.....	275
8.1.3	Verfahrensabschluss .....	276
8.2	Das Planfeststellungsverfahren .....	276
8.2.1	Das Anhörungsverfahren .....	278
8.2.2	Der Planfeststellungsbeschluss.....	280
8.2.3	Rechtswirkungen der Planfeststellung .....	281
8.3	Rechtliche Aspekte des Grunderwerbs für Neubaustrecken.....	282
8.3.1	Flurbereinigungsverfahren .....	283
8.3.2	Enteignung.....	284
8.4	Erfahrungen bei der Planung von Magnetbahnsystemen in der Bundesrepublik Deutschland.....	284
8.4.1	Planung und Bau von Demonstrations- und Versuchsanlagen.....	284
8.4.2	Planungen von Magnetbahntrassen.....	287
8.5	Die Rolle der Bürgerinitiativen.....	290
8.6	Beurteilung der Planungs- und Genehmigungsverfahren in der Bundesrepublik.....	294

<b>9. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen</b> .....	299
9.1 Systemvorteile .....	300
9.2 Kompatibilität .....	301
9.3 Kosten .....	303
9.4 Umweltbeeinträchtigung.....	304
9.5 Nachfrage .....	305
9.6 Finanzierung .....	306
9.7 Planung und Genehmigung .....	307
9.8 Schlussfolgerungen.....	308
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	311
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	328

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	Organisation der Beteiligten .....	11
Tab. 3.1	Systemdaten der deutschen Schnellbahnen.....	37
Tab. 3.2	Steigfähigkeit verschiedener Schnellbahnsysteme .....	41
Tab. 3.3	Klassifizierung der reisezeitrelevanten Faktoren.....	52
Tab. 3.4	Einflußfaktoren auf die Reisegeschwindigkeit .....	53
Tab. 3.5	Auslegungskonzepte der Magnetbahn .....	69
Tab. 3.6	Aktuelle Reisezeiten innerhalb des europäischen Hochgeschwindigkeitsnetzes .....	72
Tab. 3.7	Zusammenstellung der Einheitspreise bei Magnetbahnsystemen.....	90
Tab. 3.8	Abschreibungszeitraum und Anteil an den Investitionskosten von Magnetbahnkomponenten .....	94
Tab. 3.9	Haltepunkte des Shinkansen im Vergleich zu bestehenden Bahnhöfen .....	125
Tab. 4.1	Schadstoffemission verschiedener Verkehrsmittel .....	142
Tab. 4.2	Reihung der Landverkehrsmittel nach ihrer Umweltgefährdung.....	145
Tab. 5.1	Geschätztes Verkehrsaufkommen für verschiedene Planfälle in der Bundesrepublik.....	166
Tab. 5.2	Umfang des Verkehrsaufkommens.....	170
Tab. 5.3	Wachstumsraten des Verkehrsaufkommens.....	176
Tab. 5.4	Ergebnisse der Regressionsanalyse .....	193
Tab. 5.5	Modal Split und Aufkommen der Bundesrepublik mit den Auslandsregionen im Personenverkehr .....	195
Tab. 6.1	Ergebnisse der Variantenvergleichsrechnung.....	209
Tab. 6.2	Ergebnisse der Kosten-Erlös-Vergleichsrechnung.....	210
Tab. 6.3	Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen .....	212
Tab. 6.4	Sensitivitätsanalyse nach absoluten Bilanzen .....	214
Tab. 6.5	Bewertungskriterien in der Verkehrsplanung und beteiligte Fachdisziplinen .....	218
Tab. 6.6	Kriterien zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung von Verkehrsinvestitionen .....	220

Tab. 6.7	Nutzen-Kosten-Verhältnisse von Magnetbahnstrecken nach der Bewertung des BVWP .....	227
Tab. 6.8	Zielsystem des standardisierten Bewertungsverfahrens .....	233
Tab. 6.9	Eigenschaften des Zielsystems.....	234
Tab. 7.1	Jährlich gewährte Darlehen in Mio. ECU .....	242
Tab. 7.2	Geschätzte Investitionskosten .....	264
Tab. 7.3	Praktizierte Finanzierungen von infrastrukturellen Großprojekten .....	266
Tab. 7.4	Struktur einer Magnetbahnfinanzierung in % des Kapitalbedarfs.....	270
Tab. 8.1	Ablauf des Genehmigungsverfahrens IVA-Bahn Hamburg ...	285
Tab. 8.2	Auflagen aus dem Raumordnungsverfahren .....	286



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Fördermittel des BMFT für den Schnellbahnbereich.....	12
Abb. 2.2	Einengung der Magnetbahnkonzepte durch den System- entscheid .....	25
Abb. 2.3	Streckenverlauf der Transrapid-Versuchsanlage Emsland .....	27
Abb. 3.1	Die Magnetbahn im Querschnitt .....	39
Abb. 3.2	Komponenten des Langstator-Linear motors .....	40
Abb. 3.3	Der Stahl- und Betonfahrweg der Magnetbahn Transrapid .....	48
Abb. 3.4	Funktionsprinzip der Stahlbiegeweiche .....	48
Abb. 3.5	Die Auswirkungen der Höchstgeschwindigkeit auf die Reisezeit.....	55
Abb. 3.6	Die Bedeutung der Höchstgeschwindigkeit für die Reise- zeit auf weiten Distanzen .....	56
Abb. 3.7	Transportkapazität verschiedener Zugkonfigurationen bei unterschiedlichem Fahrplankontakt .....	59
Abb. 3.8	Massenleistungsfähigkeit in Zügen/h und Richtung in Abhängigkeit von Höchstgeschwindigkeit und Haltepunkt- abständen bei einspurigem Verkehr.....	60
Abb. 3.9	Massenleistungsfähigkeit im MSB-Güterverkehr in Abhän- gigkeit des Anteils an Personenzügen .....	61
Abb. 3.10	Hypothetisches Schienennetz der europäischen Hochgeschwin- digkeitsbahnen .....	70
Abb. 3.11	Querschnitte der Fahrzeuge Transrapid 06 und 06 II .....	75
Abb. 3.12	Investitionskosten für die freie Strecke (Frankfurt- Paris) .....	81
Abb. 3.13	Länderspezifische Investitionskostenschätzung für die freie Strecke (Paris - Brüssel - Köln/Amsterdam) .....	82
Abb. 3.14	Sensitivitätsanalyse über Preise für Grundstücke und Erdbewegungen .....	85
Abb. 3.15	Investitionskostenkomponenten auf der Relation Frankfurt- Köln.....	87
Abb. 3.16	Aufschlüsselung der Investitionskosten für stationäre Anlagen .....	92

Abb.3.17	Energieverbrauch alternativer Bahnsysteme in Abhängigkeit der Geschwindigkeit .....	98
Abb.3.18	Energieverbrauch bei durchschnittlichen Haltepunktabständen von 80 km .....	99
Abb.3.19	Leistungsfähigkeit von Schnellbahnen.....	102
Abb.3.20	Konzeption des bivalenten Fahrweges.....	105
Abb.3.21	Güterfahrzeug des Transrapid .....	111
Abb. 4.1	Möglichkeit eines ebenerdigen Fahrweges.....	130
Abb. 4.2	Der aufgeständerte Fahrweg einer Magnetbahn im Querschnitt und von der Seitenansicht .....	131
Abb. 4.3	Flächenverbrauch und Erdbewegung beim Planungsfall Frankfurt-Köln .....	132
Abb. 4.4	Maximale Lärmemission deutscher Schnellbahnsysteme aus 25 m Entfernung .....	136
Abb. 5.1	Prognostizierte Personenverkehrsleistung für die Deutsche Bundesbahn .....	147
Abb. 5.2	Durchschnittliche Reiseweite im nationalen Fernverkehr nach Fahrtmodi .....	148
Abb. 5.3	Modal Split Personenverkehrsleistung im nationalen Fernverkehr.....	149
Abb. 5.4	Modal Split der Personenverkehrsleistung im nationalen Fernverkehr .....	150
Abb. 5.5	Prognostizierte Modalsplitentwicklung in der Bundesrepublik bis zum Jahr 2030 .....	152
Abb. 5.6	Entwicklung der Fahrzwecke in der Bundesrepublik bis zum Jahr 2030 .....	153
Abb. 5.7	Marktanteil des Schnellbahnverkehrs (500 km/h) am grenzüberschreitenden Gesamtverkehr .....	159
Abb. 5.8	Modale Veränderung bei Realisierung der Testfälle .....	162
Abb. 5.9	Verkehrsaufkommen auf Teilabschnitten der fiktiven Magnetbahnstrecke Hamburg - Köln .....	163
Abb.5.10	Verkehrsleistungen einer Magnetbahnstrecke .....	165
Abb.5.11	Verkehrsaufkommen und -leistung der Magnetbahn nach Verkehrsmärkten 1990.....	167
Abb.5.12	Auswirkungen von Geschwindigkeitssteigerungen auf den Modal Split.....	173
Abb.5.13	Verkehrsvolumen eines europäischen Schnellbahnnetzes im Jahr 2000.....	174
Abb.5.14	Prognoseergebnisse Paris-Brüssel-Köln.....	176
Abb.5.15	Prognostizierte Verkehrsleistungen für die Rad/Schiene-Variante 3 und die Magnetbahnvariante 4 .....	180

Abb.5.16	Internationaler Eisenbahnverkehr auf den wichtigsten Quelle-Ziel-Relationen.....	181
Abb.5.17	Vergleich des grenzüberschreitenden mit dem inländischen Verkehrsaufkommen .....	186
Abb.5.18	Entfernungsabhängiges Aufkommen im Personenverkehr zwischen zehn deutschen Ballungszentren .....	190
Abb.5.19	Anteil des Individualverkehrs am Modal Split in Abhängigkeit von der Entfernung.....	191
Abb.5.20	Anteil des Eisenbahnverkehrs am Modal Split in Abhängigkeit von der Entfernung.....	192
Abb.5.21	Anteil des Luftverkehrs am Modal Split in Abhängigkeit von der Entfernung.....	194
Abb.5.22	Entwicklung des TGV-Verkehrs auf den bedienten Strecken .....	199
Abb. 6.1	Struktur der Zahlungsströme .....	213
Abb. 6.2	Vorgehensweise zur Ermittlung der Wertrelationen und Gewichte .....	231
Abb. 7.1	Cash-Flow-Vergleich: Industrie- und Infrastrukturinvestitionen .....	235
Abb. 7.2	Unsicherheit und Kapitalbedarf in den verschiedenen Entwicklungsphasen einer Magnetbahnbetreibergesellschaft und eines konventionellen Unternehmens .....	236
Abb. 7.3	Auswirkung alternativer Zinssätze und Bauzeiten auf die Zinskosten bis zur Inbetriebnahme einer Schnellbahntrasse...	254
Abb. 7.4	Staatliche Ausgaben und Einnahmen im Straßenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland .....	261

## Abkürzungsverzeichnis

a.a.O.	- am angegebenen Ort
Abb.	- Abbildung
Abs.	- Absatz
AG	- Aktiengesellschaft
Bd.	- Band
Bill.	- Billion
BMFT	- Bundesminister für Forschung und Technologie
BMV	- Bundesminister für Verkehr
BVU	- Beratergesellschaft Verkehr und Umwelt
BVWP	- Bundesverkehrswegeplan
bzw.	- beziehungsweise
DB	- Deutsche Bundesbahn
dB/A	- Dezibel
DEUFRACO	- Deutsch-Französische-Kooperation
DFVLR	- Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt
DLH	- Deutsche Lufthansa
Dok.	- Dokument
ECU	- European Currency Unit
EDS	- Elektrodynamisches Schwebeprinzip
EIB	- Europäische Investitionsbank
EML	- Electro Magnetic Levitation
EMS	- Elektromagnetisches Schwebeprinzip
EMU	- Electric Multiple Unit
et.al.	- et aliter
ETR	- Eisenbahntechnische Rundschau
GG	- Grundgesetz
GmbH	- Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Gok	- Geländeoberkante
H.	- Heft
Hrsg.	- Herausgeber
HSB	- Hochleistungsschnellbahn
HSST	- High-Speed-Surface-Transport
IABG	- Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft
IC	- Intercity
ICE	- Intercity Express
incl.	- inclusive
IVA	- Internationale Verkehrsausstellung
IVG	- Industrie-Verwaltungsgesellschaft
JAL	- Japan Airlines

JNR	- Japan National Railways
Kfz	- Kraftfahrzeug
kHz	- Kilohertz
km	- Kilometer
km/h	- Kilometer pro Stunde
kN	- Kilonewton
KNA	- Kosten-Nutzen-Analyse
kW	- Kilowatt
KWA	- Kosten-Wirksamkeitsanalyse
Lkw	- Lastkraftwagen
m	- Meter
Maglev	- Magnetic Levitation
max.	- maximal
MBB	- Messerschmitt-Bölkow-Blohm
min.	- minimal
Mio.	- Million
Mrd.	- Milliarde
MLU	- Magnetic Levitation Unit
MOT	- Japanisches Verkehrsministerium
MSB	- Magnetschwebebahn
MVP	- Magnetbahn-Versuchs- und Planungsgesellschaft mbH
Nr.	- Nummer
NWA	- Nutzwertanalyse
o.J.	- ohne Jahr
o.O.	- ohne Ort
o.V.	- ohne Verfasser
PBK	- Paris - Brüssel - Köln
PBK/A	- Paris - Brüssel - Köln/Amsterdam
Pkm	- Personenkilometer
Pkw	- Personenkraftwagen
R <sup>2</sup>	- Korrelationskoeffizient
ROV	- Raumordnungsverfahren
R/S	- Rad/Schiene
RTRI	- Railway Technical Research Institute
RWE	- Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk
s.	- siehe
S.	- Seite
sec.	- Sekunde
SNCF	- Societé National de Chemin de Fer
t	- Tonne
Tab.	- Tabelle
TDM	- Tausend Deutsche Mark
TGV	- Train á Grande Vitesse
Tkm	- Tonnenkilometer
TR	- TRANSRAPID
TRI	- Transrapid International
TVE	- Transrapid-Versuchsanlage Emsland
u.a.	- unter anderem
USA	- United States of America

v.	- von
V	- Volt
vgl.	- vergleiche
Wh	- Wattstunden
W + I	- Wartung und Instandhaltung
z.B.	- zum Beispiel



# 1. Einleitung

## 1.1 Einführung in die Problematik

Neue Technologien halten in allen Lebensbereichen ihren Einzug und verändern in zunehmender Weise das Leben in unserer Welt. Nicht alle, langfristig einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen versprechenden technologischen Entwicklungen werden von der Industrie tatsächlich weiterverfolgt und auf den Markt gebracht. Wenn die Gewinnchancen im Vergleich zu den Entwicklungs- und Herstellkosten erhebliche Risiken beinhalten, bedarf die Entscheidung über die Einführung einer neuen Technologie einer umfassenden, besonders sorgfältigen Prüfung.

Die Entscheidungsfindung, welche Güter vor dem Hintergrund knapper Ressourcen mit welcher Technologie für welche Bedarfsträger produziert werden sollen, gehört zu den Grundproblemen der Volkswirtschaft.

Die Einführung neuer Verkehrssysteme wirft dabei noch einige zusätzliche Probleme auf, denn der Verkehr an sich ist nicht nur ein originäres oder abgeleitetes Konsumgut, sondern gleichzeitig auch eine Voraussetzung für den arbeitsteiligen Produktionsprozeß und die Bildung von Märkten, auf denen die produzierten Güter abgesetzt werden sollen. Hinzu kommt schließlich, daß das Verkehrssystem in nicht geringem Maße auch der räumlichen Durchsetzung staatlicher Macht dient.<sup>1</sup> In diesem Zusammenhang sei auf den Einfluß militärischer Überlegungen für den Auf- und Ausbau von Verkehrssystemen verwiesen.

Die Entscheidungen, in welchem Umfang neue Verkehrstechnologien produziert werden sollen oder müssen, um die Funktionsfähigkeit der Volkswirtschaft zu optimieren, hat daher eine herausragende Bedeutung, die keineswegs nur an relativ kurzfristigen Gewinnmaximierungskriterien gemessen werden darf.

---

<sup>1</sup> Zu den Funktionen des Verkehrs vgl. VOIGT, Fritz: Verkehr, Band I, Berlin 1973, S. 7 ff. Eine Fülle von Beispielen für den Zusammenhang zwischen Verkehrssystem und staatlicher Macht und wirtschaftlicher Entwicklung finden sich bei VOIGT, Fritz: Verkehr, Band II, Berlin 1965.



Die Eisenbahnen haben in vielen Teilen der Welt - mit Ausnahme der sozialistischen Länder, in denen der Zugang zum Straßenverkehr noch immer sehr eingeschränkt ist - ihre ursprüngliche Bedeutung als wichtigster Verkehrsträger an den Straßenverkehr verloren. Ihr Anteil am Personen- und Güterverkehr ging in den letzten Jahrzehnten trotz expandierender Verkehrsmärkte kontinuierlich zurück.

Nur dort, wo entscheidende Qualitätsverbesserungen - primär Geschwindigkeitserhöhungen - realisiert werden konnten, ist es möglich, dem Trend zum monostrukturierten, allein auf die Straße ausgerichteten Verkehrssystem mit all seinen Nachteilen erfolgreich zu begegnen.

Auf den zum größten Teil aus dem 19. Jahrhundert stammenden Eisenbahntrassen lassen sich Geschwindigkeitserhöhungen nur sehr begrenzt realisieren. Um eine Schnellbahn betreiben zu können, muß daher eine neue Infrastruktur geschaffen werden.

Die Notwendigkeit einer neuen, aufwendigen Infrastruktur wirft dabei die Frage auf, ob man dann nicht gleich auf eine neue Technologie übergehen sollte, die leistungsfähiger zu sein verspricht als das konventionelle Rad/Schiene-System.

## **1.2 Ziel und Gang der Untersuchung**

Die vorliegende Arbeit hat sich zur Aufgabe gestellt, die Möglichkeiten und Grenzen zur Durchsetzung neuer Verkehrstechnologien am Beispiel der Magnetschwebetechnik zu analysieren. Sie will darlegen, unter welchen Konstellationen die Einführung des Magnetbahnsystems dem Neubau von Trassen in Rad-Schiene-Technik gesamtwirtschaftlich überlegen ist. Die dahingehende Bewertung ist insofern problematisch, als alle wichtigen ökonomischen Einflußfaktoren, die in die Nutzen-Kosten-Analyse einfließen (Investitions- und Betriebskosten, Nachfrage etc.), lediglich auf Annahmen und nicht auf abgesichertem Wissen basieren, da diese Einflußfaktoren sich auf Zustände beziehen, die etwa 5 bis 20 Jahre in der Zukunft liegen.

Aus diesem Grund wurden, ausgehend von der 1980 erschienenen, vom Bundesminister für Verkehr in Auftrag gegebenen ABT-Studie, die sich mit den bis dahin erschienenen verkehrswissenschaftlichen Untersuchungen zur Schnellbahnforschung befaßt hat, alle verfügbaren Feasibility-Studien zu

möglichen Anwendungsfällen der Magnetbahn seit 1980<sup>2</sup> systematisch ausgewertet hinsichtlich

- des Angebotsprofils,
- der Nachfrageprognosen,
- der Kostenstrukturen,
- der Berücksichtigung ökologischer Kriterien
- der Bewertungskonzepte sowie
- der Finanzierung.

Darüberhinaus wurden die aus der für die Magnetbahnentwicklung gewählten Organisation und dem in der Bundesrepublik Deutschland besonders aufwendigen Planungs- und Genehmigungsverfahren resultierenden Probleme und Besonderheiten in die Analyse miteinbezogen.

Der nachstehende Abschnitt skizziert den bisherigen Verlauf der Magnetbahnentwicklung und stellt die ökonomischen Besonderheiten bei der Entwicklung und der Einführung dieser Verkehrstechnologie dar. Daran schließt sich in Kapitel 2 eine Analyse der Organisation der Magnetbahnentwicklung an.

Das Angebotsprofil der Magnetbahn, das aus dem Zusammenwirken von Fahrzeug, Fahrweg und Betriebsprogramm unter Abgabe leistungsabhängiger Kosten resultiert, ist Gegenstand von Kapitel 3. Dazu werden zunächst die technischen Eigenschaften des Magnetbahnsystems Transrapid analysiert, um daraus dessen verkehrspolitisch relevante Qualitäten (Verkehrswertigkeiten) abzuleiten. Diesen werden anschließend die geschätzten Investitions- und Betriebskosten gegenübergestellt und mit denen des Rad/Schiene-Systems verglichen. In einem weiteren Schritt wird die mögliche Position der Magnetbahn im zukünftigen Verkehrssystem abgegrenzt, wobei auch die Möglichkeiten des Gütertransportes auf Magnetbahntrassen analysiert wird. Daran knüpft ein Exkurs über die Schnellbahnentwicklung in Japan an.

Die Auswirkungen durch den Bau und Betrieb einer Magnetbahn auf die Umwelt behandelt Kapitel 4 und vergleicht diese mit dem Straßen- und Eisenbahnverkehr, um darzulegen, von welchem Verkehrsmitteln bei einem Neubau der Infrastruktur die geringsten Belastungen auf die Umwelt ausgehen.

---

<sup>2</sup> Für die Zeit vor 1980 wurde bereits eine Studie im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführt: ABT Associated Forschung (1980): Auswertung verkehrswissenschaftlicher Untersuchungen zur Magnetbahnforschung, Bonn 1980.