

Rainer Schach · Peter Jehle · René Naumann

Transrapid und Rad-Schiene- Hochgeschwindigkeitsbahn

Ein gesamtheitlicher Systemvergleich

Mit 70 Abbildungen

 Springer

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen.....	XV
Formelzeichen	XIX
1 Einführung	1
2 Das Rad-Schiene-System.....	7
2.1 Das Rad-Schiene-Prinzip.....	8
2.2 Die Bedeutung der Eisenbahn in der Vergangenheit und Zukunft	10
2.3 Geschwindigkeit und Entfernung	17
2.4 Der ICE.....	19
2.4.1 Der ICE 1	21
2.4.2 Der ICE 2	22
2.4.3 Der ICE 3	24
2.4.4 Der ICE T	27
2.4.5 Weitere Züge.....	28
3 Das Magnetschnellbahn-System.....	31
3.1 Entwicklung der Magnetschnellbahn.....	31
3.2 Der Antrieb	34
3.2.1 Das Magnetische Feld.....	35
3.2.2 Schweben und Antrieb beim Transrapid.....	41
3.2.2.1 Der Antrieb im Fahrweg	42
3.2.2.2 Das Schweben.....	44
3.2.2.3 Energieversorgung	46
3.3 Die Transrapid-Fahrzeuge	50
3.4 Sonstige Maglev-Fahrzeuge.....	53
4 Die Transrapidprojekte.....	55
4.1 Die Versuchsanlage im Emsland	56
4.2 Das chinesische Transrapidprojekt in Shanghai	57
4.3 Aufgegebene Projekte.....	60
4.3.1 Die Strecke Berlin-Hamburg	60
4.3.2 Der Metrorapid in Nordrhein-Westfalen	61

4.4	Planung des Münchener Transrapidprojektes	63
4.5	Transrapidprojekte weltweit	65
5	Technischer Systemvergleich	69
5.1	Der Fahrweg	69
5.1.1	Die Trassierung	69
5.1.1.1	Trassierung im Lageplan beim Rad-Schiene-System	70
5.1.1.2	Die Trassierung im Höhenplan beim Rad-Schiene-System	77
5.1.1.3	Trassierung im Lageplan beim Transrapid	80
5.1.1.4	Trassierung im Höhenplan beim Transrapid	82
5.1.1.5	Trassierungsvergleich der beiden Verkehrssysteme	84
5.1.2	Lichtraumprofile und Fahrbahnquerschnitte	86
5.1.2.1	Lichtraumprofil und Fahrbahnquerschnitt beim Rad-Schiene-System	86
5.1.2.2	Lichtraumprofil und Fahrbahnquerschnitt beim Transrapid	90
5.1.2.3	Flächenbedarf	91
5.1.3	Die konstruktive Ausbildung des Fahrwegs	95
5.1.3.1	Regelausbildung des Fahrwegs beim Rad-Schiene-System	95
5.1.3.2	Regelausbildung des Fahrwegs beim Transrapid	100
5.1.3.3	Weichen	109
5.1.4	Sonderbauwerke	112
5.1.4.1	Dämme und Einschnitte	112
5.1.4.2	Brücken	115
5.1.4.3	Tunnel	124
5.1.4.4	Tröge und Stützkonstruktionen	131
5.1.4.5	Schallschutzkonstruktionen	132
5.1.5	Materialbedarf	134
5.1.6	Verschleiß und Instandhaltung beim Fahrweg	136
5.1.7	Energieversorgung	141
5.2	Fahrzeuge	143
5.2.1	Komfort	144
5.2.2	Transportkapazität	146
5.2.3	Spezifische Gewichte	148
5.2.3.1	Gewicht bezogen auf die Nutzfläche	149
5.2.3.2	Gewicht bezogen auf die Sitzplätze	150
5.3	Antriebsleistung, Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeiten	151
5.3.1	Spezifische Antriebsleistung und Reibungszahlen	151
5.3.1.1	Spezifische Antriebsleistung und Höchstgeschwindigkeiten	151
5.3.1.2	Reibungszahl	154
5.3.2	Beschleunigungsverhalten und Anfahrzeitzuschläge	155
5.3.3	Höchstgeschwindigkeiten	160

5.3.3.1 Rekord-Höchstgeschwindigkeiten	161
5.3.3.2 Erreichbare Höchstgeschwindigkeiten mit seriennahen Zügen ...	161
5.3.3.3 Betriebliche Höchstgeschwindigkeiten.....	161
5.3.3.4 Durchschnittliche Geschwindigkeiten und erreichbare Fahrzeiten.....	163
5.3.3.5 Anhaltezeiten	170
5.3.4 Strecken- und Fahrwiderstand	171
5.3.4.1 Grundwiderstand beim Rad-Schiene-System	172
5.3.4.2 Magnetisierungswiderstand beim Transrapid	175
5.3.4.3 Luftwiderstand	177
5.3.4.4 Induktiver Widerstand zur Bordenergieerzeugung	181
5.3.4.5 Beschleunigungswiderstand.....	185
5.3.4.6 Tunnelwiderstand.....	185
5.3.4.7 Steigungswiderstand	186
5.3.4.8 Bogen- und Weichenwiderstand	187
5.3.4.9 Sonstige Widerstände	187
5.3.4.10 Gesamtfahrwiderstand	187
5.3.5 Der Energieaufwand	191
5.3.5.1 Energieaufwand zum Fahren bei konstanter Geschwindigkeit....	191
5.3.5.2 Energieaufwand je Sitzplatzkilometer	194
5.3.5.3 Energieaufwand je Quadratmeter Nutzfläche und Kilometer	196
5.3.5.4 Energierück einspeisung	198
5.4 Betriebliche Aspekte.....	201
5.4.1 Netzbildung.....	202
5.4.2 Der Einfluss des Haltestellenabstands	204
5.4.3 Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage.....	206
5.4.4 Zugfolgen.....	209
5.4.5 Beförderungskapazität	210
5.4.6 Kuppelbarkeit von Zügen	211
5.4.6.1 Anzahl benötigter Züge	213
5.4.7 Verschleißverhalten	215
5.5 Ökologische Aspekte	216
5.5.1 Ressourcenverbräuche	216
5.5.2 Schallemissionen	218
5.5.2.1 Gesetzliche Regelungen zum Schallschutz.....	218
5.5.2.2 Physikalische Grundlagen zur Schallemission	220
5.5.2.3 Gemessene Schallemissionen im Vergleich	221
5.5.2.4 Beurteilungspegel	223
5.5.2.5 Beurteilung des Schallschutzes bei Transrapid und Rad-Schiene-System.....	229
5.5.3 Erschütterungen	231
5.5.4 Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder	234

5.6	Sicherheit	238
5.6.1	Kennzahlen zur Sicherheit	238
5.6.2	Beeinflussung der Sicherheit	240
5.6.3	Systembedingte Sicherheit.....	241
5.6.4	Konstruktiv-technische Sicherheit.....	243
5.6.5	Betriebliche und organisatorische Sicherheit.....	246
5.6.5.1	Linienzugbeeinflussung beim Rad-Schiene-System.....	246
5.6.5.2	Betriebsleittechnik beim Transrapid	248
6	Wirtschaftlicher Systemvergleich	251
6.1	Allgemeine Gedanken zum wirtschaftlichen Systemvergleich ...	251
6.2	Methoden der Investitionsrechnung.....	252
6.2.1	Statische Investitionsrechenverfahren	252
6.2.2	Dynamische Investitionsrechenverfahren.....	253
6.2.3	Kosten-Erlös- und Kosten-Nutzen-Rechnung	256
6.2.4	Lebenszykluskostenbetrachtungen	257
6.3	Stufen der Kostenermittlung	258
6.4	Kostenartengliederungen	260
6.5	Grobkennzahlen für die Investitionskosten der Infrastruktur	264
6.6	Streckenbezogene Kostenartengliederung	268
6.6.1	Streckenbezogene Kostenkennzahlen der zweiten Ebene für das Rad-Schiene-System.....	268
6.6.2	Streckenbezogene Kostenkennzahlen der zweiten Ebene für den Transrapid	269
6.7	Kostenkennzahlen für Grobelemente (Dritte Ebene).....	273
6.7.1	Grobelemente für die Kostenermittlung von baulichen Anlagen	274
6.7.1.1	Grobelemente für die Kostenermittlung von baulichen Anlagen für das Rad-Schiene-System.....	274
6.7.1.2	Grobelemente für die Kostenermittlung von baulichen Anlagen für den Transrapid.....	276
6.7.2	Kostenkennzahlen für die Grobelemente.....	277
6.7.2.1	Stochastische Kostenverteilungen des Fahrwegs für das Rad- Schiene-System.....	279
6.7.2.2	Stochastische Kostenverteilungen für den Fahrweg des Transrapid	283
6.8	Investitionskosten für Fahrzeuge	287
6.8.1	Investitionskosten für ICE-Züge.....	287
6.8.2	Investitionskosten für Transrapid-Züge.....	289
6.9	Betriebskosten.....	291
6.9.1	Betriebskosten beim Rad-Schiene-System	292
6.9.1.1	Pauschale Ansätze für die Instandhaltung beim Rad-Schiene- System.....	292

6.9.1.2	Wartung, Inspektion und Instandhaltung des Gleiskörpers	294
6.9.1.3	Wartung, Inspektion und Instandhaltung der Züge.....	295
6.9.2	Betriebskosten beim Transrapid	296
6.9.2.1	Pauschale Ansätze für die Instandhaltung beim Transrapid	296
6.9.2.2	Wartung, Inspektion und Instandhaltung der Transrapid-Züge ...	297
6.10	Erlöse	298
7	Verkehrspolitischer, volkswirtschaftlicher und industriepolitischer Systemvergleich	301
7.1	Verkehrspolitischer Systemvergleich	301
7.1.1	Mobilität und Verkehr	301
7.1.2	Verkehrspolitik	304
7.1.2.1	Anliegen, Ziele und Aufgaben der Verkehrspolitik.....	304
7.1.2.2	Varianten der Verkehrspolitik	305
7.1.2.3	Nationale und europäische Verkehrspolitik.....	306
7.1.3	Verkehrsentwicklung und Verkehrspolitik im Personenverkehr ..	308
7.1.3.1	Rückblick auf die Verkehrsentwicklung.....	308
7.1.3.2	Prognosen zur Verkehrsentwicklung	310
7.1.4	Verkehrspolitische Anforderungen an den Hochgeschwindigkeitsverkehr.....	312
7.1.4.1	Entwicklungen im Hochgeschwindigkeitsverkehr.....	312
7.1.4.2	Verkehrspolitische Anforderungen.....	313
7.2	Volkswirtschaftlicher Systemvergleich	316
7.2.1	Verkehrswirtschaft als Teil der Volkswirtschaft	316
7.2.2	Volkswirtschaftlicher Nutzen des Verkehrs	318
7.2.2.1	Beschäftigungswirkungen.....	318
7.2.2.2	Wirkungen auf die Raum- und Siedlungsstruktur	321
7.2.3	Volkswirtschaftliche Kosten des Verkehrs	324
7.3	Industriepolitischer Systemvergleich.....	327
7.3.1	Industriepolitische Wirkungen des Verkehrs.....	327
7.3.2	Innovationen und Entwicklungspotenziale im Hochgeschwindigkeitsverkehr.....	329
7.3.3	Exportchancen im Hochgeschwindigkeitsverkehr.....	330
7.3.4	Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Beschäftigung.....	333
8	Ein gesamtheitlicher Systemvergleich.....	337
8.1	Methodische Ansätze für Bewertungsverfahren	337
8.1.1	Planungs- und Entscheidungsprozesse in der Verkehrsplanung ..	337
8.1.2	Kosten-Erlös-Rechnung	340
8.1.3	Kosten-Nutzen-Analyse (KNA).....	340
8.1.4	Nutzwertanalyse (NWA)	343
8.1.5	Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA).....	346

8.2	Angewandte Bewertungsverfahren in der Verkehrswegeplanung	349
8.2.1	Gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik der Bundesverkehrswegeplanung 2003	349
8.2.2	Bewertungsverfahren nach Heimerl	355
8.2.3	Standardisiertes Bewertungsverfahren für den ÖPNV	359
8.3	Weitere Methoden für die Bewertungen.....	363
8.3.1	Bewertungsverfahren für eine nachhaltige Entwicklung	363
8.3.2	Sensitivitätsanalysen.....	365
8.4	Angewandte Bewertungsverfahren für Magnetschnellbahnen	366
8.4.1	Bewertung von Magnetbahnsystemen nach Richtlinien der BVWP.....	366
8.4.2	Szenarioanalyse nach Schellhase.....	368
8.4.3	Technikwirkungsanalyse nach Hübner et al.	370
8.4.4	Machbarkeitsstudie für Magnetschnellbahnstrecken in Bayern und Nordrhein-Westfalen	373
8.5	Entwicklung einer multikriteriellen Methode	376
8.5.1	Randbedingungen für den Systemvergleich	376
8.5.2	Methodische Vorgaben für den gesamtheitlichen Systemvergleich.....	378
8.5.3	Klassifikation und Eignung der vorgestellten Verfahren.....	380
8.5.4	Varianten von Nutzwertanalysen.....	382
8.5.5	Grundkonzept der multikriteriellen Methode für den gesamtheitlichen Systemvergleich.....	383
8.6	Ergebnis des gesamtheitlichen Systemvergleichs.....	385
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	393
	Literaturverzeichnis	399
	Schlagwortverzeichnis	417