

Essay

DIE MAGNETSCHWEBEBAHN

UND IHR WEG IN UNSERE GESELLSCHAFT

Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Modul Technik- & Mobilitätsgeschichte FS15

Dozierende: Prof. Urs Grüter / Dr. This Oberhänsli

Autor:

Häusler Manuel

Mühlegasse 11, 6314 Unterägeri

manuel.haeusler@stud.hslu.ch

Studierender in Maschinentechnik

Inhalt

Abstract	3
1 Einleitung	4
2 Technik	5
2.1 EMS mit Langstator-Antrieb	5
2.2 EDS mit Langstator-Antrieb	6
2.3 Vor-/ Nachteile der Magnetschwebetechnik	7
3 Der Weg zum heutigen Transrapid-System	8
3.1 Erfindung der Magnetbahn	8
3.2 Komponenten- & Systementwicklung	8
3.3 Versuchsanlage Emsland	9
3.3.1 Technologieoptimierung / Nachweis technischer Einsatzreife	9
3.3.2 Anwendungsorientierte Optimierung	10
3.3.3 Typenzulassungs- & Weiterentwicklungsprogramm	10
3.4 Transrapid Shanghai	11
4 Ausblick in die Zukunft	11
4.1 Marktversagen in Europa	11
4.2 Asiatische Länder auf der Überholspur	13
4.3 Vielversprechende Magnetschnellbahn-Projekte	14
4.3.1 Chūō-Shinkansen (MLX-Maglev)	14
4.3.2 Swissmetro	14
4.3.3 Hyperloop	15
5 Fazit	16
6 Quellen und Abbildungen	17

Abstract

In vorliegendem Essay wird die Geschichte der Magnetschwebbahn, insbesondere dem Transrapid-Systems mit Hauptaugenmerk auf Europa und der deutschen Pionierleistung genauer betrachtet. Es werden mögliche Gründe ermittelt, weshalb sich dieses technisch hervorragende deutsche System niemals durchsetzen konnte und seit fünf Jahren fast komplett verschwunden ist. Dazu werden diverse Fachliteratur- und Internetquellen als Datenpool einbezogen. Für das Scheitern des Transrapid-Systems lässt sich kein eindeutiger Grund angeben, es ist vielmehr ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren, welche die Entscheidungen letztendlich gegen eine Magnetbahn ausfallen liessen. Trotzdem scheint sich weltweit ein Interesse an Magnetschwebbahnen abzuzeichnen. Dies verdeutlichen Projekte wie der Chūō-Shinkansen in Japan, das Rohrpostsystem für Menschen Hyperloop in Amerika oder das Schweizer Projekt Swissmetro, bei welchem Transrapid ähnliche Fahrzeuge im Teilvakuum verkehren sollen.

1 Einleitung

Im Rahmen des Modules Technik- und Mobilitätsgeschichte der Hochschule Luzern, Technik & Architektur, soll ein Essay verfasst werden. Dabei soll kritisch auf ein technisch-historisches Thema in knapper und anspruchsvoller Form eingegangen werden.

In vorliegendem Essay, wird ein junges, spurgeführtes Transportsystem, die Magnetschwebbahn betrachtet und untersucht. Die ganze Arbeit zielt auf die Leitfrage hin, weshalb sich diese hervorragende Technologie in der heutigen Gesellschaft noch nicht durchsetzen konnte. Dazu wird die Technik erläutert und die daraus resultierenden Vor- und Nachteile mit einer gebräuchlichen Konkurrenztechnologie, der Rad-Schiene Technik verglichen. Zudem, wird der Werdegang eines in Deutschland entwickelten Magnetschwebe-Systems betrachtet, um den geschichtlichen Aspekten auf die Spur zu kommen. Daraus resultieren die Hauptmotive, weshalb sich dieses System, mit Hauptaugenmerk auf Europa, bis heute nicht etablieren konnte. Zum Schluss noch ein kurzer Ausblick in die Zukunft...

2 Technik

Seit den 60er Jahren wurden vermehrt Anstrengungen unternommen, Techniken zu entwickeln, um im spurgebundenen Verkehr dem steigenden Verkehrsaufkommen gerecht zu werden. Dabei ging die Entwicklung in Richtung der berührungsfreien Trag-, Führ- und Antriebstechnik. Neben der Luftkissentechnik wurden für die Trag- und Führungsfunktionen Magnetschwebe-Systeme wie die elektromagnetische Schwebetechnik (EMS), die permanentmagnetische Schwebetechnik (PMS) oder die elektrodynamische Schwebetechnik (EDS) in Betracht gezogen. Als Antrieb wurde zu Beginn auf den bekannten Kurzstator-Linearmotor gesetzt, später jedoch ausnahmslos durch den viel effektiveren Langstator-Linearmotor ersetzt.

Aus diesen Techniken sind bis heute zwei Systemkombinationen den Magnetschwebbahnen erhalten geblieben: die elektromagnetische Schwebetechnik mit Langstator-Antrieb (Transrapid-System) und die elektrodynamische Schwebetechnik mit Langstator-Antrieb (Chūō-Shinkansen; MLX-System).

2.1 EMS mit Langstator-Antrieb

Das elektromagnetische Trag- und Führungssystem beruht auf dem Prinzip des elektromagnetischen Anziehens, welches in den 30er Jahren von Hermann Kemper patentiert wurde.

Trag- und Führsystem (EMS)

Würde man einen magnetischen Gegenstand unter einen ausgeschalteten Elektromagneten legen wollen, würde dieser aufgrund der Schwerkraft auf den Boden fallen. Schaltet man nun den Elektromagneten ein, würde der Gegenstand nach oben gezogen werden und am Elektromagneten haften bleiben. Das EMS ist ein Kompromiss der beiden Zustände. Der Elektromagnet wird getaktet ein- und ausgeschaltet. Das heisst für den Gegenstand, dass jedes Mal wenn er sich aufgrund der Anziehungskraft des aktiven Elektromagneten nach oben bewegt, wird der Elektromagnet ausgeschaltet und der Gegenstand zu fallen beginnt. Sobald diese Abwärtsbewegung beginnt, wird der Elektromagnet wieder eingeschaltet und der Gegenstand wieder nach oben gezogen. So nimmt der Gegenstand einen vibrierenden Schwebezustand knapp unterhalb des Elektromagneten ein. Je höher die Taktfrequenz des Elektromagneten, desto ruhiger und stabiler wird der Schwebezustand.

Übertragen auf die Magnetbahn wäre der Tragsmagnet im Fahrzeug der zuvor beschriebene Elektromagnet und der Stator im Fahrweg des beschriebenen Gegenstands. Das Fahrzeug fällt in Richtung Erde, wird vom Tragsmagneten aber sogleich wieder nach oben gezogen.

Die Führung wird ähnlich realisiert. Dort wirken zwischen Führungsmagneten und Führungsschiene getaktete Magnetkräfte, die in jedem Fall einen Spalt zwischen Fahrzeug und Fahrweg bewirken. (Transrapid International, 2005); (Götzke, 2002)

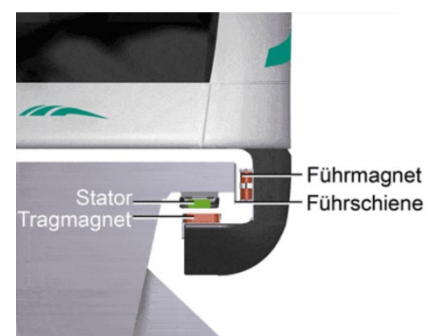


Abbildung 1: Trag-&Führsystem
Aus: Technik - Schwebesystem

Antrieb (Langstator)

Angetrieben wird das Ganze durch einen synchronen Langstator-Linearmotor, kurz Langstator. Dieser ist wie ein abgewickelter Elektromotor zu verstehen. Die Trag- und Stator-Magnete übernehmen also die Funktionen der Statoren und des Rotors eines Elektromotors. Bei Bewegung wird im Stator statt einem rotatorischen, ein lineares, magnetisches Wanderfeld erzeugt (in Abbildung 2 grün dargestellt), welches sich in Fahrrichtung bewegt. Das statische Magnetfeld in den Tragmagneten (Fahrzeug), wird nun von diesem Wanderfeld in der Fahrbahn mit kleinstem Aufwand „mitgezogen“.



Abbildung 2: magnetische Felder im Langstator
Aus: Technik - Antrieb

Dieses System, EMS mit Langstator, wird im Transrapid-System verwendet. Vorteile gegenüber dem EDS sind:

- schwächere Magnetfelder in und um den Zug
- kleinerer seitlicher Führungsaufwand
- der Schwebezustand vom Start weg realisierbar
- simplere Aufständerung, da Fahrweg als T-Träger realisiert
- geringerer Energiebedarf

2.2 EDS mit Langstator-Antrieb

Trag- und Führungssystem (EDS)

Beim elektrodynamischen Trag- und Führungssystem wird ausgenutzt, dass sich zwei gleich gepolte Elektromagnete gegenseitig abstossen. Im Detail werden im Fahrzeug supraleitende Elektromagnete angebracht und im Fahrweg passive Reaktionsspulen. Das elektromagnetische Feld der supraleitenden Elektromagnete bewirkt in den passiven

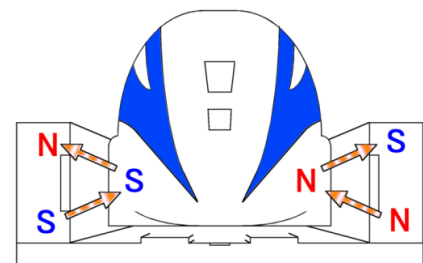


Abbildung 3: Trag-&Führungssystem MLX
Aus: Randelhoff, 2013

Reaktionsspulen im Fahrweg, bei genügend grosser Fahrgeschwindigkeit (über 100km/h), ein entgegen gerichtetes Magnetfeld. Das entstandene, gleichgepolte Magnetenpaar bewirkt von beiden Seiten her eine abstossende Kraft, welche das Fahrzeug anhebt. Nachteil dieser Kraft ist, dass sie nicht nur in die gewünschte Richtung wirkt. Das Fahrzeug kann seitlich abdriften. Um dem entgegen zu wirken, sind seitlich starke Führungen notwendig. Schräg oberhalb im Fahrweg angebrachte Magnete, drücken das Fahrzeug wieder auf seine Spur zurück. So muss auch die Fahrspur entsprechend gestaltet sein. Eine wannenförmige Fahrspur ist notwendig, um die seitlichen Kräfte aufzunehmen und die notwendige Platzierung der Magnete zu ermöglichen.

(Randelhoff, 2013); (Götzke, 2002); (Fragen: Unterschied deutsch - japanisch, kein Datum)

Dieses System wird im Chūō-Shinkansen (MLX-System) in Japan eingesetzt und ebenfalls mit einem Langstator-Linearmotor angetrieben. Vorteile gegenüber dem EMS-System sind:

- grösserer Abstand zwischen Fahrzeug und Fahrweg möglich (10cm statt 15mm)
- höhere Maximalgeschwindigkeiten
- weniger heikel auf Umwelteinflüsse (Erdbebensicher)

2.3 Vor-/ Nachteile der Magnetschwebetechnik

Tabelle 1: Vor-/ Nachteile

Vorteile	Nachteile
Geringe Wartungskosten (Verschleissfreiheit durch berührungslosen Betrieb)	Hohe Anschaffungskosten (Erstinvestition)
Hohe Sicherheit (kein Entgleisen und kippen, Kollision mit anderem Fahrzeug unmöglich)	Keine Schadensbegrenzung durch Entgleisen bei Kollision
Hoher Fahrkomfort (vibrations- und geräuscharm im Innern)	Hohe Sicherheitsvorkehrungen aufgrund hoher Geschwindigkeiten notwendig
Flexible Trassierung (enge Kurvenradien, hohe Steigfähigkeit)	Komplizierter und kostenträchtiger Fahrweg (Antrieb im Fahrweg, Weichenrealisierung)
Hohe Geschwindigkeiten realisierbar (~ 600km/h, nur durch Luftwiderstand begrenzt)	Lange Aufenthaltszeit am Perron aufgrund aufwendiger Andock-Manöver
Hohes Beschleunigungs- und Bremsvermögen	Inflexibilität der Zuggarnituren (im regelbetrieb untrennbare Garnituren)
Verdichtete Fahrpläne durch führerlosen Betrieb	Streckennetze müssen erst noch aufgebaut werden
Geringer spezifischer Energieverbrauch (bemerktbar über 250 km/h)	
Induktive, berührungsfreie Energieübertragung	
Leiser Fahrbetrieb, geringe Schallemissionen (keine Abrollgeräusche)	

Zusammengetragen aus:

(Breimeier, 2002); (Transrapid International, 2005); (Klühspies, 2012)

3 Der Weg zum heutigen Transrapid-System

Der Wunsch zur Mobilität, das heisst zur Überwindung von grossen Distanzen mit möglichst kleinem Aufwand und in möglichst kurzer Zeit, ist schon lange ein Wunsch der Menschen. Sei dies zum Transport von Gütern für den weltweiten Handel oder um neue Gebiete der Erde zu erkunden, um zu Reisen.

Die grössten Hindernisse dieses Wunsches sind die Erdanziehung, die daraus resultierende Reibung mit dem Untergrund und der Luftwiderstand. Lange Zeit war die einzige Möglichkeit diese zu überwinden, das Tragen oder Schleifen der Ware durch Nutzung von menschlichen oder tierischen Kräften. Der erste grosse Durchbruch war die Erfindung des Rades, mit welchem die Reibung und somit der Kraftaufwand erheblich verringert werden konnte. Ein weiterer bedeutender Fortschritt war die Erfindung der schienenengebundenen Fahrzeuge, mit deren Hilfe die Reibung bereits auf ein Minimum reduziert werden konnte. Diese Technik war und ist eine sehr effiziente Art der Mobilität auf dem Festland. Sie wurde in den letzten Jahren stark optimiert, so dass sie mit dem französischen TGV oder dem japanischen Shinkansen bereits eine effiziente Technik auf mittellangen Strecken darstellt und mit fahrplanmässigen Geschwindigkeiten von 300 km/h sich nicht vor anderen Technologien verstecken muss. (Götzke, 2002)

3.1 Erfindung der Magnetbahn

Ein völlig neues Prinzip zum Tragen, Bewegen und Führen eines Fahrzeuges wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Hermann Kemper erdacht. Er schaffte es in den 1930er Jahren mithilfe modernster Elektronik, eine Technik zu entwickeln, welche nach dem Prinzip des elektromagnetischen Anziehens einen Gegenstand zum Schweben bringen und reibungsfrei gleiten liess. Die Anmeldung des Patents 1934 und der Nachweis dieses Prinzips an einem Modell im Jahre 1935 war die Geburtsstunde der Magnetschwebebahn. Neben dem Grundsatzpatent der Schwebetechnik reichte Kempler auch ein Patent für eine Rohrbahn ein. Bei diesem schwebte dem Ingenieur eine Art Rohrpost für Menschen vor, welche sich in einer luftleeren Röhre, magnetisch angetrieben mit bis zu 3000 km/h bewegen sollten. Seine Ideen konnten jedoch mit der vorhandenen Technik damals schlicht noch nicht realisiert werden. Dennoch gilt Hermann Kempler als Urvater und Pionier der heutigen Magnetschwebebahn-Technik und Bezwingen der Reibung. Seine Technik erlaubt uns, die berührungsfreie, spurgebundene Fortbewegung auf dem Festland. (Götzke, 2002); (Transrapid-International)

3.2 Komponenten- & Systementwicklung

Mitte des 20. Jahrhunderts wurde der Ruf nach neuen, effizienteren Transportsystemen laut, mit welchen das prognostizierte Transportaufkommen zur Jahrtausendwende gelöst werden sollte. Aufgrund der Ergebnisse der angeordneten Hochleistungs-Schnellbahn-Studie (HLS-Studie), wurde der Auftakt zur Entwicklung von Magnetbahnsystemen in Deutschland gemacht. In den 70er Jahren wurden in Deutschland der Erforschung und Entwicklung von einem Magnetschwebebahn-System Gelder gesprochen und Kemplers Idee wurde wieder aufgegriffen. Nach zwei Jahren Grundlagenforschung

schwebte das erste, personenträgende Prinzip-Fahrzeug (TR-02: Transrapid Modell Nummer 2) über die 700 Meter lange Versuchsstrecke in München-Allach. Womit erstmals der Öffentlichkeit die Funktion einer Magnetbahn bewiesen werden konnte. Bis 1975 folgten weitere solcher kleiner Versuchsstrecken, auf welchen die Transrapid Fahrzeuge TR-02 bis TR-04 getestet und weiterentwickelt wurden. Mit diesen Fahrzeugen wurden verschiedenste Trag- und Führungstechniken ausprobiert und getestet. Der eingesetzte Kurzstator-Antrieb entpuppte sich schnell als Flaschenhals der neuen Bahntechnik, denn das grosse Volumen und Gewicht der Antriebseinheit und die Übertragung der grossen Leistungen über mechanische Stromabnehmer, wirkten der erwünschten Verschleissbeständigkeit und Temposteigerung der neuen Schwebetechnologie entgegen. So war 1974 die Langstator Antriebstechnik geboren, bei welcher der eigentliche Antrieb im Fahrweg untergebracht wird und im Fahrzeug nur noch Gegenpole verbaut werden (vgl. EMS mit Langstator-Antrieb S.5). Ein Jahr später wurde das erste Versuchsfahrzeug mit dieser neuen Langstatortechnik in Betrieb genommen.

(Transrapid-International, Die Transrapid Story); (Wahl & Kretzschmar, 2001)

Ende der 70er Jahre ordnete die Bundesregierung eine Systemscheidung an. Es sollte entschieden werden, welche Technik geeignet und weiterentwickelt werden soll. Der Entschied fiel zugunsten des EMS Systems mit Langstator-Antrieb aus. Mit dem TR-05 wurde an der IVA (internationale Verkehrs-Ausstellung) 1979 erstmals ein, für den öffentlichen Personenverkehr zugelassenes Transrapid Fahrzeug vorgestellt. Es diente als Transportmittel und beförderte mehr als 50'000 Passagiere zum Messegelände. Dieser erfolgreiche Einsatz legte die Weichen für den Bau einer gross ausgelegten Versuchsanlage, um die Technologie im anwendungsnahen Umfeld zu erproben und zur Serienreife entwickeln zu können. (Transrapid-International, Die Transrapid Story)

3.3 Versuchsanlage Emsland

3.3.1 Technologieoptimierung / Nachweis technischer Einsatzreife

1980 wurde im deutschen Emsland mit dem Bau der Versuchsstrecke begonnen. In drei Bauphasen sollte die Anlage als Erfahrungsquelle zum Bau von Unterbauten für zukünftige Transrapidstrecken dienen. Die gesamte Anlage wurde ausgelegt, um Erfahrungen an Fahrzeug und Fahrweg zu sammeln und fahrtechnische Parameter aufzunehmen und optimieren zu können.

1983 konnte die erste Fahrt eines TR-06 auf einem Teilstück erfolgen, 1987 war die gesamte 31.5 km lange Strecke mit zwei Wendeschleifen fertiggestellt. Sie war somit die grösste ihrer Art und ein Besuchermagnet für Interessierte, die eine Fahrt mit dem bis 400 km/h ausgelegten TR-06 erleben wollten. Das Fazit nach einer Fahrt vom damaligen Bundespräsident Richard von Weizsäcker lautete:

„Der Transrapid ist angenehmer als Strasse, Schiene oder Flugzeug“.

(Die Transrapid Story, Zeit: 8:20)

Mit diesem Transrapid Modell wurde am 11. Dezember 1987 eine Geschwindigkeit von 406 km/h erreicht.

Nach elf Jahren der Erprobung im praxisnahen Dauerbetrieb und intensiven Prüfungen und Bewertungen, wurde 1991 die technische Einsatzreife des Transrapid-Systems festgestellt. Kein anderes Bahnsystem wurde bis anhin so ausführlich begutachtet, wie der Transrapid. (Transrapid-International, Die Transrapid Story)

3.3.2 Anwendungsorientierte Optimierung

Mit dem TR-07 wurden ab 1988 über 10 Jahre Tests und Versuchsfahrten auf der Strecke in Emsland durchgeführt, um das System im praxisnahen Betrieb weiter zu optimieren und für einen Regelkonformen Einsatz vorzubereiten.

Am 17. Juni 1993 erreichte der TR-07 im normalen Betriebszustand die maximal zulässige Geschwindigkeit der Anlage von 450 km/h. (Transrapid-International, Die Transrapid Story)

3.3.3 Typenzulassungs- & Weiterentwicklungsprogramm

Aufgrund aller bisherigen Erkenntnisse und Erfahrungen wurde 1999 das Vorserienfahrzeug TR-08 als Prototyp der geplanten deutschen Magnetbahnverbindung Berlin-Hamburg entwickelt. Der für 500 km/h ausgelegte TR-08 beförderte während der Weltausstellung „EXPO 2000“ im fahrplanmässigen Betrieb Besucher aus aller Welt auf der Versuchsstrecke in Emsland.

Zwischen 2000 und 2004 wurde die Transrapidstrecke in Shanghai auf der Wissensbasis des TR-08 in Zusammenarbeit mit China realisiert. Daraufhin nahm im Frühjahr 2004 die erste kommerziell betriebene Magnetbahn ihren fahrplanmässigen Betrieb in China auf. (vgl. Transrapid Shanghai S.11)

2005 wurde die gesamte Versuchsanlage Emsland auf Automatikbetrieb aufgerüstet. Sämtliche Fahrten auf der Versuchsanlage konnten nun ohne Führerpersonal gefahren werden, was ein weiterer Vorteil des Transrapid-Systems gegenüber anderen Bahnsystemen war. Damit hat europaweit das erste Hochgeschwindigkeitsbahnsystem die Bewilligung zum automatischen Betrieb nach Fahrplan erhalten.

2006 stellte den Höhepunkt der deutschen Transrapidentwicklung dar. Die Technologie hatte gute Anwendungsperspektiven in Europa und die 19. Magnetbahn Konferenz in Deutschland war ein voller Erfolg. Zugleich war es jedoch das Jahr mit dem grössten Unfall auf der Versuchsanlage, was ein herber Rückschlag für das gesamte Transrapid-Konsortium darstellte. Trotz nicht Beendigung der täglichen Trasseninspektion mittels eines 60t schweren Arbeitsfahrzeuges auf der Versuchsstrecke, wurde die Fahrt aus unerklärlichen Gründen für den Transrapid freigegeben. Dessen Fahrt endete in einem Zusammenstoss mit dem Arbeitsfahrzeug und forderte 23 Tote. Es wird in allen Fachartikeln darauf hingewiesen, dass dieses Unglück völlig untypisch für diese Technologie und im regulären Betrieb absolut unmöglich gewesen wäre.

2007 hat das letzte und bis heute aktuellste Transrapid-Fahrzeug TR-09 den Betrieb in Emsland aufgenommen, um der Technik für den Einsatz in München den letzten Feinschliff zu geben. 2008, mit dem Stopp dieses letzten deutschen Magnetbahn-Projekts, ging dem Transrapid-Konsortium das Geld aus. Es wurden zwar noch bis 2009 Weiterentwicklungen für Regionalanwendungen durchgeführt, jedoch mit düsteren Aussichten auf eine erfolgreiche Umsetzung in Europa. Zwischen 2009 und 2011 fanden nur noch sehr wenige Aktivitäten auf der Versuchsstrecke Emsland statt, weshalb 2011 die Anlage offiziell

zum Rückbau freigegeben wurde.

Seither hörte man, ausser aus Shanghai, nichts mehr vom Transrapid und der deutschen Pionierleistung. (Transrapid-International, Die Transrapid Story); (Eckert & Witt, 2012)

3.4 Transrapid Shanghai

Im Jahre 2000 kommen das Transrapid-Konsortium und die Stadt Shanghai überein, eine Machbarkeitsstudie für eine Transrapidstrecke zwischen dem Zentrum von Shanghai und dem Flughafen „Pudong International“ zu erarbeiten. Nach einem Besuch des damaligen chinesischen Regierungschefs und einer Testfahrt im Transrapid in Emsland, wurden die entsprechenden Vereinbarungen unterzeichnet. Im Frühjahr 2001 wurde in Shanghai mit dem Fahrweg- und in Deutschland mit dem Fahrzeugbau begonnen. Bereits ein Jahr später konnte am Silvestertag 2002 die Jungfernfahrt der weltweit ersten kommerziellen Magnetschwebbahn gemacht werden. Anfang 2004 nimmt der Transrapid seinen fahrplanmässigen Betrieb auf. Von da an verkehren in Shanghai auf der rund 30km langen Verbindungsstrecke, drei Transrapid Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit von 430 km/h. (Transrapid-International, Die Transrapid Story)

Doch auch das Vorzeigeprojekt des Transrapid-Konsortiums scheint bei den Shanghaiern nicht richtig anzukommen. Die Technik funktioniert, ausser einem Batteriebrand in einem der Fahrzeuge, bis heute einwandfrei. Seit 2006 werden die Fahrzeuge jedoch nur noch mit 300 km/h betrieben, um Stromkosten zu sparen. Denn das Millionen-Projekt scheint bis heute nicht aus den roten Zahlen zu kommen. Ortskundige bevorzugen die U-Bahn, mit der man schneller und komfortabler vom Stadtzentrum zum Flughafen kommt, da der Endbahnhof des Transrapid viel zu weit vom Stadtzentrum entfernt gebaut wurde. (Kolonko, 2013)

4 Ausblick in die Zukunft

Obwohl mit dem Transrapid-System seit 25 Jahren eine überlegene und ausgereifte Technik zum spurgeführten Transportwesen existiert, wurde bisher nur eine Strecke weltweit realisiert. Trotz den überzeugenden Vorteilen des geringen Energieverbrauchs, der hohen Geschwindigkeit, des hohen Fahrkomforts und des geringen Wartungsaufwandes konnte bisher keine weitere Strecke eröffnet werden. Was ist der Grund des Marktversagens dieser Technik in Europa, welche scheinbar gute Vorteile gegenüber der Rad-Schiene-Technik bietet?

4.1 Marktversagen in Europa

Ausgangspunkt zur Lancierung und Erforschung neuer Hochgeschwindigkeits-Technologien war die Annahme, dass die aktuelle Rad-Schiene Technik mit dem steigenden Verkehrsaufkommen in der Zukunft nicht mehr zurechtkommen wird. Es wurde deshalb vom Staat eine Menge Geld in die Entwicklung der Magnetbahntechnik gesteckt, mit dem Ziel, damit schneller und effizienter eine grosse

Anzahl Personen von A nach B zu befördern. Dies wurde jedoch nur bedingt erreicht. Denn die Vorteile (vgl. Vor-/ Nachteile der Magnetschwebetechnik S.7) der neuen Technik wirken zwar gut, konnten jedoch in aktuellen Machbarkeitsstudien in Europa noch nicht überzeugen.

Die hohen Geschwindigkeiten von bis zu 500km/h sehen verlockend aus, in der Realität sind mit dieser Geschwindigkeitssteigerung auf europäischen Strecken im Vergleich zu einem ICE oder TGV (max. 300km/h) nur geringe Zeitersparnisse möglich. Die langen Aufenthaltszeiten an den Bahnhöfen, verursacht durch komplizierte Andockmanöver machen einen Teil der Zeiteinsparungen wieder zunichte. So kann dieser Vorteil erst mit Geschwindigkeiten über 450km/h, wenigen Haltestellen in grossen Abständen und langen Gesamtstrecken ausgeschöpft werden.

Der geringe Energieverbrauch kommt davon, dass die Technik keine Reibung überwinden muss und der Luftwiderstand durch geeignetere Aussenform der Fahrzeuge viel geringer ausfallen kann. Dem steht jedoch ein grosser Grundenergiebedarf für das Erzeugen des elektromagnetischen Schwebens gegenüber, weshalb dieser Vorteil erst bei hohen Fahrgeschwindigkeiten ins Gewicht fällt. Der grösste Energiefresser in hohen Geschwindigkeiten, ist auch bei dieser Technik der Luftwiderstand. Die technisch machbare Höchstgeschwindigkeit ist auch hier vorhanden, jedoch mit 650km/h wesentlich höher als bei der Rad-Schiene Technik.

Der geringe Wartungsaufwand steht in direktem Konflikt mit den hohen Anschaffungskosten. So wäre die Erstinvestition einer Magnetbahn zwar grösser, durch den verschleiss- und kontaktfreien Betrieb kann jedoch langfristig viel Geld eingespart werden. Zusätzlich kann durch den führerlosen Betrieb ein verdichteter Fahrplan und eine massive Betriebs- und Personalkostenreduktion erreicht werden. (Breimeier, 2002)

Hohe Erstinvestitionen, kombiniert mit dem Fakt, dass das Einführen neuer Hochtechnologien wie der Magnetschwebetechnik einen langwierigen und risikobehafteten Vorgang darstellt, führen in demokratischen Strukturen oft zu voreiligen Entschlüssen. Die Vergangenheit zeigt, dass die Durchsetzung solcher neuartigen Technologien visionärer und überzeugter Manager und Politiker bedarf, die solche Projekte mit Beharrlichkeit und Weitblick verfolgen und bereit sind, dafür auch die Risiken zu tragen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Realisierung der Transrapidstrecke in Shanghai, bei welchem durch Macht- und Entscheidungskonzentration einer überzeugten Person, in kürzester Zeit ein Projekt dieser Dimension, auf die Beine gestellt werden konnte. Nur ein kleiner Planungsfehler, den Endbahnhof zu weit vom Zentrum entfernt zu bauen, führte dort letzten Endes doch zu einem wirtschaftlichen Scheitern der Technik. Dies hat dem Ruf der Transrapid-Technik und somit deren Ausbreitung zusätzlich ausgebremst.

Ein anderer Punkt ist, dass der Individualverkehr in Europa sehr beliebt ist und spurgeführte Transportsysteme durch die vergleichbar hohen Preisen einiges an Attraktivität zugunsten des Strassen- und Luftverkehrs verloren haben. So ist das Verkehrsaufkommen in diesem Verkehrssektor weniger gross, als zu Beginn der Entwicklungsperiode erwartet und die Notwendigkeit eines schnellen und effizienten Systems hier in Europa noch nicht so dringend vorhanden.

Zudem scheinen die federführenden Unternehmen in Europa gar nicht gewillt, das neue Transrapid-System zu vermarkten. Hinter der Magnetschwebetechnik und der Rad-Schiene Technik stehen die

gleichen Unternehmen. Diese machen guten Gewinn mit der Instandhaltung der alten Technik, weshalb es nicht verwunderlich ist, dass diese Unternehmen eine neue wartungsfreie Technik als Gefahr ihres Gewinnes ansehen. In diesen Unternehmen scheint die Philosophie des Werner von Siemens immer noch Aktualität zu haben, welcher damals sagte:

*„Für den kurzfristigen Gewinn verschenke ich die Zukunft nicht“
(Klühspies, 2012, S.30)*

Als letzter Grund kann aufgeführt werden, dass innereuropäisch nahezu kein Wettbewerbsdruck in der Branche der spurgeführten Transportmittel existiert und diese Unternehmen deshalb etablierte Techniken so lange wie möglich vermarkten, um kein Geld in neue, risikoreiche Techniken investieren zu müssen. (Eckert & Witt, 2012); (Klühspies, 2012)

Kumuliert kann gesagt werden, dass die Vorteile der neuen Magnetschwebbahntechnik in Europa die Politik und Gesellschaft aufgrund mehrerer Faktoren noch nicht überzeugen konnte und die Unternehmen nicht gewillt sind dies in absehbarer Zukunft zu ändern.

4.2 Asiatische Länder auf der Überholspur

Ganz ähnlich sah das Bild bis vor kurzem für den Rest der Welt aus. Langsam aber sicher beginnt sich dies jedoch, vor allem in den urbanisierten Regionen, zu verändern. Ganz besonders in Asien. Dort gilt die Magnetbahn als eine Schlüsseltechnologie für die ökonomische Entwicklung der bereits überlasteten Mega-Citys. In Japan, China und Korea laufen diverse Forschungs- und Entwicklungsprojekte, um die neue Transporttechnik effizient vorwärts zu bringen. So wurde die Weiterentwicklung der in Deutschland erfundenen Transrapid-Technik, weitgehend nach China verlagert. Mit der Transrapid Strecke in Shanghai wurde bereits viel Wissen über das Transrapid-System nach China gebracht. Die inzwischen ausgelaufenen deutschen Patente liefern den Chinesen das restliche notwendige Know-how. Es ist gut möglich, dass die deutsche Magnetbahntechnik durch die Chinesen doch noch den Durchbruch schaffen wird. Beispiel für dieses Interesse der Asiaten sind die vielen laufenden Planungsaufträge in beinahe allen Mega-Citys Asiens (Singapur, Mumbai, Delhi, Soul, Peking, Shanghai, Hong-Kong, Tokyo) und die zum Teil bereits konkreten Realisierungspläne mit Magnetschwebbahn-Systemen.

Vorreiterrolle spielt jedoch nach wie vor Japan, welches mit seinen Shinkansen eine Tradition zur kontinuierlichen Weiterentwicklung ihrer Schnellbahnsysteme hat. Japan begann mit der Entwicklung seiner Magnetschwebetechnik zeitgleich mit Deutschland in den 30er Jahren. Anders als hierzulande, scheiterte dort die Technik nicht. Denn die Einführung der ersten kommerziellen Grossstrecke steht dort kurz bevor. Massgebend an dem Erfolg der Japaner ist die Tatsache, dass hinter dem Vorhaben nicht nur die Regierung und die Entwickler, sondern auch die Betreiber der japanischen Bahnen selber stehen, welche einen wesentlichen Beitrag zur kommerziellen Umsetzung beitragen und ein Interesse haben, möglichst schnell damit Geld verdienen zu können.

Über die Pläne und Entwicklungen der Koreaner ist bisher nicht viel bekannt.

(Eckert & Witt, 2012); (Klühspies, 2012); (Mattheis & Fritz, 2015)

4.3 Vielversprechende Magnetschnellbahn-Projekte

Trotz der vielen bereits gescheiterten Projekt-Pläne für Magnetschwebbahnstrecken, ist das Interesse an der berührungsfreien Technik nicht erloschen. Das serienreife und ausgetestete Transrapid-System, wie es in Shanghai bereits zum Einsatz kommt, steht zwar nirgends als System zur Diskussion, stattdessen liegen die Interessen eher in weiterentwickelten oder alternativen Systemvarianten.

4.3.1 Chūō-Shinkansen (MLX-Maglev)

Mit dem Chūō-Shinkansen existiert in Japan das erfolgversprechendste und das am weitesten fortgeschrittene Magnetschwebbahn-Projekt. Zwischen Tokyo und Osaka soll eine 450km lange Magnetschwebbahnstrecke entstehen. Das bestehende, insgesamt 2400 km lange Shinkansen (Rad-Schiene) Streckennetz, kommt mittlerweile an seine technologischen und kapazitiven Grenzen. Abhilfe soll eine Magnetschnellbahnstrecke schaffen. Auf dieser sollen ab 2049 im Minutentakt Personen innerhalb von 70 Minuten von Tokyo nach Osaka transportiert werden. Die angestrebte fahrplanmässige Geschwindigkeit beträgt rund 510km/h. Dieses enorme Projekt wird mit 70 Milliarden Dollar zu Buche schlagen und die weltweit erste Langstrecken-Magnetschwebbahnstrecke sein. Ein erster 43 km langer Testabschnitt ist seit Juni 2013 für interessierte Fahrgäste in Betrieb. Japan gedenkt eine Verlängerung dieses Abschnitts auf 50 km und eine erste grosspublike Vorstellung seiner Magnetschwebetechnik an den Olympischen Spielen 2020. Japan erhofft sich bei Erfolg, mit seinem System international Fuss fassen zu können und als erster ein erfolgreiches Magnetschwebbahn-System anbieten zu können. Gut möglich, dass sich das japanische Prinzip der Magnetschwebetechnik international durchsetzen wird. Dies zeichnet sich mit den Erfolgen, wie dem aktuellen Geschwindigkeitsrekord von 603 km/h auf der Teststrecke und dem enormen Presseinteresse, bereits ab.

(Randelhoff, 2013)

4.3.2 Swissmetro

Bereits seit den 80er Jahren existiert die Idee der Swissmetro in den Köpfen einiger visionärer Schweizer Ingenieure. Entworfen 10 Jahre davor von der SBB, aufgrund der Befürchtung einer massiven Zunahme im öffentlichen Transport. Intensive Forschung und eine Hauptstudie zum Streckennetz und dessen technischer Umsetzung zwischen 1990 und 2000, endete in einer Bescheinigung diverser Schweizer Universitäten und Ingenieurbüros zur Machbarkeit und in einem Vorschlag für die Streckenführung der Swissmetro. Es wurden zwei Hauptachsen vorgesehen: eine Nord-Süd-Achse (Basel-Bellinzona) und eine West-Ost-Achse (Genf-St.Gallen) mit Knotenpunkt in Zürich oder Luzern. Das Projekt wurde jedoch aufgrund der hohen Kosten (40 Milliarden Franken) und dem Entscheid zur Umsetzung des europäischen Schienentransport-Projekts, der NEAT, auf Eis gelegt.

Das Projekt Swissmetro wurde zwar nicht umgesetzt, ist aber noch lange nicht gestorben. Einer dieser Visionäre, Pierre Weiss meinte:

„Das grösste Problem der Swissmetro sind die Kosten. Ich glaube jedoch an diese Idee. Die Zeit der Swissmetro wird kommen. Nicht jetzt. Und auch nicht morgen. Swissmetro ist die Lösung für die Schweiz von übermorgen“
(Brand Eins, 2000, S.86)

In diesem Sinne existiert im Moment ein Verein (ProSwissmetro), der sich zum Ziel gesetzt hat, die Idee der Swissmetro weiterleben zu lassen, an die aktuellen Umstände fortlaufend anzupassen und im entscheidenden Moment wieder publik werden zu lassen. So könnte die Idee von einer 600 km/h schnellen Transrapid-Metro, welche 100 Meter unter der Erde in einem Teilvakuum-Röhrensystem die Schweizer Städte verbindet, in Zukunft durchaus Realität werden. Das bereits an seiner Grenze befindliche Schweizer Schienennetz und die stetig ansteigende Anzahl Pendler tragen ihren Teil zu einer erneuten Überdenkung des Projekts Swissmetro bei. (Haas, 2000)

4.3.3 Hyperloop

In Amerika scheint derzeit eine Idee Hermann Kemplers wieder aufgegriffen worden zu sein. Elon Musk, der Gründer der Erfolgsfirmen SpaceX, Tesla Motors und PayPal, hat im Sommer 2013 zusammen mit Unternehmern aus der ganzen Welt eine Ideenskizze für eine Rohrpost für Menschen veröffentlicht. Eine Schnellbahn, in der Gefährte im Minutentakt mit 1200km/h mithilfe der Magnetschwebetechnik durch ein Vakuum-Röhrensystem geschossen werden sollen und das alles auf energiearme Weise. Denn die dafür notwendige Kraft, eine Masse ohne Reibung und Luftwiderstand zu beschleunigen, ist sehr klein. Die Idee Musk's scheint in Amerika Anklang gefunden zu haben. So beschäftigen sich momentan eine Gruppe Top-Entwickler aus der Telekom- und Flugzeugindustrie sowie der Innovationsschmiede Silicon-Valley und Harvard mit diesem Projekt. Unterstützt werden die Denker von einer Handvoll Millionäre aus dem Technik-Mekka Silicon Valley. Einer davon, der milliardenschwere Shervin Pishewar, verkündete:

„Wenn wir dieses Transportkonzept realisieren, stehen wir am Beginn einer neuer Zivilisation.“ (WirtschaftsWoche, 2015, S.64)

Gerüchten zufolge soll bereits eine Teststrecke in Texas existieren, an der erste Prinzip-Studien betrieben werden. Zwischen Los Angeles und Las Vegas ist eine erste kommerzielle Hyperloop-Verbindung in Planung, um Güter zwischen Hafen und der Wüsten-Metropole in Rekordschnelle zu transportieren. (Mattheis & Fritz, 2015)

Mit diesem Ansatz, der in den 30er Jahren von Kempler erdacht wurde, sollte der Magnetschwebetechnik endgültig der Durchbruch gelingen und eine Ära des ökologischen Transportes begonnen werden können.

5 Fazit

Die Geburtsstunde der Magnetschwebetechnik wurde vor 80 Jahren von Hermann Kemper mit der Erfindung des elektromagnetischen Schwebens eingeläutet. In den darauf folgenden 70 Jahren wurde, ausgehend von der Annahme eines grossen Transportaufkommens zur Jahrtausendwende, in Deutschland und Japan individuell an einem Magnetschwebebahn-System gearbeitet. Die Entwicklung des Transrapid Systems in Deutschland wurde 2011 gestoppt, nachdem es in diversen Machbarkeitsstudien für verschiedene Strecken in Europa scheiterte. Obwohl es bereits über 25 Jahre in Emsland marktreif gemacht und optimiert wurde, hat man vom Transrapid, ausser der Strecke in Shanghai, seither nichts mehr gehört. Grund für das Scheitern dieses hervorragenden Systems ist wohl ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren:

- Die Vorteile des neuen Magnetschwebebahn-Systems sind bei genauerer Betrachtung in der Realität gegenüber der Rad-Schiene Technik nicht sonderlich gross.
- Das bei Beginn angenommene Transportaufkommen im Schienenverkehr ist nun doch nicht so gross. Die Preise bei diesen Transportmitteln sind im Vergleich zu hoch und somit unattraktiv.
- Bei einer politischen Entscheidung zwischen einem neuen oder einem bereits etablierten System wird oft zu Gunsten des bereits etablierten Systems entschieden, da das zu tragende Risiko eines Scheiterns bei einem neuen System zu hoch ist.
- Federführende Unternehmen des Transrapid-Systems scheinen nicht gewillt zu sein, das System zu vermarkten, da sie dadurch grosse Einkommenseinbussen erwarten, die aufgrund des wartungsarmen Betriebs von Magnetschwebe-Systemen entstehen würden. Zudem existiert kein Druck, neue Systeme einzuführen, solange sie mit dem aktuellen System viel Ertrag durch Wartung und Ersatzteile realisieren können.

Nichts desto trotz schreitet die Einführung von Magnetschwebebahn-Systemen weltweit voran, wenn auch nur sehr langsam. Dies zeigen gross ausgelegte Projekte in urbanen Weltgegenden, wie dem kürzlich in der Presse vertretenen Chūō-Shinkansen Projekt in Japan oder dem ambitionierten Hyperloop Projekt in den USA.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Magnetschwebebahntechnik kommen wird, nicht heute, vielleicht morgen, aber bestimmt in der Welt von übermorgen.

6 Quellen und Abbildungen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trag-&Führsystem	Aus: Technik - Schwebesystem	5
Abbildung 2: magnetische Felder im Langstator	Aus: Technik - Antrieb	6
Abbildung 3: Trag-&Führungssystem MLX	Aus: Randelhoff, 2013	6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor-/Nachteile	7
---------------------------	---

Literaturverzeichnis

- Breimeier, R. (2002). *Transrapid oder Eisenbahn*. Luzern: Minirex AG.
- Eckert, F., & Witt, M. (März 2012). Magnetbahnentwicklung - Historie und heutige Marktchancen. *Elektrische Bahnen, Elektrotechnik im Verkehrswesen*, S. 102-111.
- Fragen: Unterschied deutsch - japanisch. Von Transrapid GmbH: http://www.transrapid.de/cgi-tdb/de/basics.prg?session=d537b8ee5538ae72_146851&a_no=138&r_index=2 abgerufen 20.04.2015
- Götzke, D.-I. H. (2002). *Transrapid - Technik und Einsatz von Magnetschwebbahnen*. Stuttgart: Transpress Verlag.
- Haas, L. (April 2000). Swisstrom oder der teure Weg der Schweiz zur Metropole. *Brand Eins*, S. 85-89.
- Klühspies, J. (September 2012). Mobilität in der Schwebbahn. *Gesellschaft braucht Wissenschaft - Wissenschaft braucht Gesellschaft*, S. 19-31.
- Kolonko, P. (26. September 2013). *Transrapid in Schanghai: Der Zug endet hier*. Von Frankfurter Allgemeine: <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/transrapid-in-schanghai-der-zug-endet-hier-12591451.html> abgerufen 20.04.2015
- Mattheis, P., & Fritz, M. (2. März 2015). Ab durch die Röhre. *WirtschaftsWoche*, S. 64-66.
- Randelhoff, M. (6. Dezember 2013). *Chūō-Shinkansen*. Von Zukunft Mobilität: <http://www.zukunft-mobilitaet.net/2590/zukunft/chuo-shinkansen-maglev-japan-tokio-nagoya-osaka/> abgerufen 20.04.2015
- Technik. Von Transrapid International: http://www.transrapid.de/cgi-tdb/de/basics.prg?session=9358c87055375a08_386852&a_no=56 abgerufen 20.04.2015
- Transrapid International. (April 2005). *Hochtechnologie für den "Flug in Höhe 0"*. Von Transrapid GmbH: http://www.transrapid.de/pdf/tri_d.pdf abgerufen 20.04.2015
- Transrapid-International. *Die Transrapid Story* [Film].
- Transrapid-International. *Transrapid - Hochtechnologie* [Film].
- Wahl, G., & Kretschmar, R. (Januar 2001). Der Transrapid. *Angewandte Geographie*, S. 41-51.