



**Gutachterliche Stellungnahme zur
Sicherheit der Fahrgäste und Anlieger
der geplanten MSB-Strecke
München Hbf - Flughafen München**

Auftraggeber:

Anti-Transrapid-Einwendergemeinschaft (ATEG)
Berberitzenstr. 75 b
80935 München

München, im Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Ausgangssituation, Zielsetzung	3
2. Mögliche Gefahren durch den Transrapid-Betrieb	4
2.1 Fernsteuerung des Fahrzeugs aufgrund des Langstatormotors	4
2.2 Ausfall der Bremsen	6
2.3 Ausfall des magnetischen Schwebens	8
2.4 Kollisionen	10
2.5 Fahrzeugbrände	13
2.6 Anschläge auf MSB-Fahrzeuge, Strecke oder Bahnhöfe	14
2.7 Fragwürdiges Evakuierungs- und Rettungskonzept	15
2.8 Gefährdung von Anliegern	19
3. Maßnahmen zur Gefahrenvermeidung	20
4. Maßnahmen zur Verringerung der Schadenshöhe im Gefahrenfall	23
5. Unlösbares Sicherheitsproblem	26
6. Resümee	27
Quellennachweise	28
Anhang: Studien, Publikationen und Vorträge der VIEREGG-RÖSSLER GmbH zur Magnetbahn Transrapid	31

1. Ausgangssituation, Zielsetzung

Der Transrapid hatte bislang in der öffentlichen Meinung das Image, im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln besonders sicher zu sein. Doch seit dem Brand eines Transrapid-Zuges am 11.8.2006 in Shanghai und erst recht seit dem verheerenden Unfall auf der Transrapid-Versuchsanlage in Lathen am 22.9.2006 mehren sich die Zweifel am Sicherheitsstandard der Magnetschwebbahn im allgemeinen und speziell bezüglich der in München geplanten Strecke.

In der aktuellen politischen Diskussion wird das Thema "Sicherheit des Transrapids" allerdings weitgehend auf einen einzigen Aspekt reduziert, nämlich auf die reine streckenseitige Sicherungstechnik, also auf die Frage "Können Fahrzeuge auch auf der in München geplanten Magnetbahn-Strecke untereinander kollidieren, wie dies in Lathen passierte?"

Deshalb ist es notwendig, die Sicherheit des geplanten Transrapid-Betriebs zwischen München Hbf und Flughafen München grundlegend und umfassend zu untersuchen. Für alle erkennbaren Sicherheits-Defizite sind sodann Vorschläge zu machen, wie diese Mängel beseitigt werden können. Wenn sich daraus Modifikationen für die geplante Transrapid-Infrastruktur ergeben, so ist dies für das laufende Planfeststellungsverfahren von Belang.

Auf den Transrapid-Unfall, der letztes Jahr in Lathen passierte, wird hingegen nur am Rande eingegangen, weil dieser Vorfall bereits Gegenstand der staatsanwaltschaftlichen Ermittlungen sowie eines parlamentarischen Untersuchungsausschusses ist. In die Arbeit dieser Gremien will sich die vorliegende Studie bewußt nicht einschalten.

2. Mögliche Gefahren durch den Transrapid-Betrieb

Der Transrapid-Betrieb stellt sowohl für die Magnetbahn-Fahrgäste als auch für die Anlieger der Trasse ein vielfältiges Gefährdungspotential dar.

2.1 Fernsteuerung des Fahrzeugs aufgrund des Langstatormotors

Charakteristisch für die Magnetschwebbahn Transrapid ist der Langstatormotor. Doch gerade durch diese System-Komponente wird die Sicherheit dieses Verkehrsmittels stark beeinträchtigt. Denn der Langstatormotor hat zur Folge, daß alle aktiven Teile des Antriebs incl. dessen Steuerung zwangsläufig außerhalb des Fahrzeugs liegen, nämlich im Fahrweg und in den Unterwerken bzw. in der Betriebsleitstelle. Es findet also grundsätzlich eine Fernsteuerung des Fahrzeugs statt.¹ Damit die adäquate Energieversorgung des Langstatormotors ständig gewährleistet ist und insbesondere die Beschleunigungs- und Bremskräfte exakt dosiert werden können, ist die präzise Ortung des Fahrzeugs von entscheidender Bedeutung. Diese setzt eine permanente Datenübertragung per Richtfunk vom Fahrzeug zu den Unterwerken bzw. zur Betriebsleitstelle voraus.²

Wenn diese unverzichtbare Funkverbindung vom Fahrzeug zu den Fernsteuerungs-Einrichtungen durch einen Defekt an den Funkanlagen incl. festen Datenleitungen unterbrochen ist, wenn die Linearmotor-Stromversorgung gestört ist oder wenn die Fernsteuerung durch Hard- bzw. Software-Fehler oder gar Sabotage beeinträchtigt ist, können im Regelbetrieb und erst recht im Gefahrenfall notwendige Bremsvorgänge unterbleiben (siehe Kapitel 2.2).

Die Fernsteuerung des Fahrzeugs hat des weiteren zur Folge, daß allenfalls die in der Betriebsleitstelle anwesenden Personen in die sonst automatisch ablaufende Fahrzeugsteuerung eingreifen können, falls ein Fahrbahnhindernis, Fahrbahnschaden oder technischer Defekt am Fahrzeug identifiziert wird. Doch diese Aufsichtspersonen halten sich gerade nicht im Fahrzeug auf, sondern sitzen lediglich vor einem Bildschirm, und sind deshalb, anders als ein Mensch an der Fahrzeugspitze, keinen unmittelbaren Gefahren ausgesetzt, auf die sie sofort reagieren müßten. Somit fehlt ihnen die notwendige Motivation, Aufmerksamkeit und Reaktionsbereitschaft, um im Gefahrenfall unverzüglich Bremsvorgänge einzuleiten. Dies wurde beim Unfall in Lathen am 22.9.2006 sehr deutlich, bei dem das Personal in der Betriebsleitstelle angeblich den auf der Transrapid-Strecke stehenden Wartungswagen schlichtweg vergessen hatte.

Das prinzipielle Problem, das in dieser Fernsteuerung liegt, würde allerdings auch durch einen Fahrer an Bord des MSB-Fahrzeugs nicht beseitigt. Selbst wenn ein solcher Fahrer im Gefahrenfall eine Notbremsung seines Zuges einleiten würde, könnte diese Bremsung durch die Wirkung des Langstator-motors kompensiert werden, indem aufgrund eines Defekts der Datenübertragung zum Unterwerk oder durch Sabotage der Langstatormotor im Fahrweg weiterhin elektrische Energie zum Beschleunigen des Fahrzeugs erhält.

Bei allen anderen Hochgeschwindigkeits-Fahrzeugen (Eisenbahn-Zug und Verkehrsflugzeug) ist hingegen die Fernsteuerung des Antriebs undenkbar: Es ist immer ein Triebfahrzeugführer an der Zugspitze bzw. ein Pilot plus Copilot im Cockpit anwesend, um von hier aus das Fahrzeug zu steuern - ganz ohne Umweg über eine externe Steuerungs-Einrichtung.

Von Befürwortern der Magnetschwebebahn wird hingegen gerade der ferngesteuerte und somit fahrerlose Betrieb als herausragender Systemvorteil gepriesen, der das menschliche Versagen (eines Fahrers) als Gefahrenquelle angeblich ausschließt: "Die Magnetbahn fährt vollautomatisch. So ist eine Fehlhandlung durch Menschen ausgeschlossen. Denn die heutige Technik ist menschlichen Reaktionen deutlich überlegen."³

Doch gerade durch das Nicht-Vorhandensein des Fahrers können Fehler bzw. Defizite, die möglicherweise jahrelang unentdeckt in der Software der automatischen Betriebssteuerung schlummern, bei ihrem Auftreten gar nicht kompensiert werden. Vor allem kann die "heutige Technik", selbst die modernste Steuerung per Computer, im Notfall nur auf die Ereignisse reagieren, die im vorhandenen Programm berücksichtigt sind. Das heißt: Ein Computerprogramm "kennt" nur die Störfaktoren im Fahrbetrieb, welche sich die Programmierer und die Entwickler der Magnetbahn zuvor vorstellen konnten. Aber insbesondere die großen Unfälle im Verkehr zeichnen sich dadurch aus, daß gerade das bislang "Unvorstellbare" eintrat. Da ein Mensch nicht programmiert werden muß, ist er dem Computer in solchen Situationen überlegen, denn er kann seine bisherigen Erfahrungen auf ein vollkommen neuartiges Ereignis übertragen und wird nicht zwangsläufig mit einer völlig falschen Handlung, einem "Systemabsturz" oder einer Fehlermeldung reagieren, was beim Computer in diesem Fall jedoch geschieht.

2.2 Ausfall der Bremsen

Auch wenn Fahrbahnhindernisse oder -schäden sowie andere Fahrzeuge auf der Fahrspur als Gefahrenquellen (siehe Kapitel 2.4) rechtzeitig identifiziert werden, folgt daraus nicht zwangsläufig, daß der gefährdete MSB-Zug tatsächlich zum Halten kommt. Denn zum einen ist es denkbar, daß der notwendige Impuls zur Einleitung des Bremsvorgangs aufgrund von technischen Defekten bei der Datenleitung (Funkverbindung) gar nicht an die Bremsanlage übermittelt wird. Zum anderen kann der Bremsvorgang selbst unterbleiben, wenn die Steuerungssoftware der Bremsen Fehler aufweist oder die technischen Einrichtungen zum Bremsen schadhaft sind.

Der Transrapid verfügt über zwei voneinander unabhängige Bremssysteme, die beide jedoch nicht ausfallsicher sind, da sie auf elektrischen Strom angewiesen sind. Wenn dieser Strom unterbrochen ist, besitzt die betreffende Bremse keinerlei Bremskraft und versagt somit, was im folgenden näher zu erläutern ist:

- Langstatormotor als Generator (Generatorbremse)

Durch eine Umschaltung des Energieflusses wird aus dem Langstatormotor ein Generator, der das Fahrzeug bremst (Generatorbremse), indem die kinetische Energie in elektrische Energie umwandelt wird. Diese strömt dann durch relativ lange Elektrokabel zu den Bremswiderständen in der Nähe der Unterwerke, um hier regelrecht verheizt zu werden. Treten hierbei jedoch Schäden an den benötigten Stromleitungen und den Bremswiderständen auf, beispielsweise durch einen Blitzeinschlag, oder zeigen sich Hardwarefehler der Steuerungselektronik oder ist die Software der Steuerungselektronik fehlerhaft, so ist die Abführung der Bremsenergie gar nicht möglich und die Generatorbremse fällt aus.

- Wirbelstrom- und Magnetschienenbremse (Magnetische Bremse)

Bei der Magnetischen Bremse wird die Bremskraft auf elektromagnetischem Wege erzeugt. Dies setzt voraus, daß diese Bremse auch tatsächlich mit elektrischer Energie versorgt wird, welche von bordeigenen Batterien oder dem Lineargenerator des Fahrzeugs stammt. Doch diese Energieversorgung kann durch technische Defekte der Batterien bzw. des Lineargenerators oder der Strom-Zuleitungen sowie der Steuerungselektronik unterbrochen sein, so daß gar keine Bremskraft zur Verfügung steht. Ebenso kann die Übermittlung der erforderlichen Impulse zur Aktivierung der Bremse unterbleiben, und zwar aufgrund von Software- oder Hardware-Fehlern in der Betriebsleitzentrale sowie durch Störungen in der Datenübertragung zwischen dieser Zentrale und dem Fahrzeug. Insgesamt sind 7 mögliche Ursa-

chen für das Versagen der Magnetischen Bremse denkbar, wie aus Abb. 1 hervorgeht.

Trotz dieser Fehlermöglichkeiten, die zu einer mangelhaften Ausfall-Sicherheit führen, wird die Wirbelstrom- und Magnetschienenbremse von den Transrapid-Befürwortern als "sichere Bremse" bezeichnet.⁴

Im Gegensatz dazu zeichnet sich ein tatsächlich sicherer Bremsvorgang dadurch aus, daß er nach dem *Fail-safe-Prinzip* funktioniert. Das bedeutet: Beim Auftreten eines Fehlers erfolgt automatisch bzw. zwangsweise der Übergang in einen sicheren Zustand, insbesondere das Bremsen des Fahrzeuges. Dadurch wird die notwendige Ausfallsicherheit der Bremse erreicht.

Dieses Prinzip liegt beispielsweise der *Druckluftbremse* zugrunde, die zur Grundausstattung jedes Eisenbahn-Fahrzeuges gehört und auch im Straßenverkehr bei Bus und Lkw vorgeschrieben ist: Sämtliche Achsen eines Zuges, Omnibusses oder Lkws (incl. Anhänger) sind an ein einheitliches Bremssystem angeschlossen, dessen Bremsleitungen im ungebremsten Zustand mit Druckluft gefüllt sind. Der hohe Luftdruck wirkt entweder gegen einen ebenfalls mit Druckluft gefüllten Bremszylinder oder gegen starke Federn. Um die Bremsen zu betätigen, wird Druckluft abgelassen, so daß nun die Druckluft im Bremszylinder bzw. die Bremsfedern wirksam werden, um die Brems Scheiben gegeneinander bzw. die Bremsklötze gegen Radreifen zu pressen. Durch diese Funktionsweise der Bremsanlage kommt es auch bei einem Leck in den Druckluft-Leitungen oder beim Abreißen der Bremsschläuche nicht zum Ausfall der Bremswirkung. Vielmehr entweicht durch das Leck einfach ein Teil der Druckluft, was zur Folge hat, daß die Bremsen betätigt werden - ganz automatisch. Der betreffende Zug, Bus oder Lkw kommt dadurch zwar zum Stillstand, aber es wird gezielt jede Fahrt mit einem mangelhaften Bremssystem und die daraus möglicherweise resultierende Gefahr ausgeschlossen. Dieses Bremssystem nach dem Fail-Safe-Prinzip hat sich bei der Eisenbahn in über 130-jährigem Einsatz bewährt, seit es von George Westinghouse 1873 erstmals präsentiert worden war.⁵

Da beim Transrapid gerade kein Bremssystem nach dem Fail-safe-Prinzip vorgesehen ist, muß immer damit gerechnet werden, daß eines der beiden Bremssysteme oder sogar beide ausfallen. Somit bleibt im Worst Case allein der Fahrwiderstand (Luftwiderstand plus magnetische Widerstände) übrig, um das Fahrzeug abzubremsen.

Es sind insgesamt 4 Szenarien für den Ausfall der Transrapid-Bremsen denkbar, die unterschiedlich lange Bremswege ergeben. Durch eigene computergestützte Fahrsimulationen wurde die Länge des Bremswegs bei einer Geschwindigkeit von 350 km/h ermittelt:

- Szenario 1: Fahrwiderstand + Generatorbremse + Magnetische Bremse => alle Bremsen sind einsatzfähig => Länge des Bremswegs: 3.500 m
- Szenario 2: Fahrwiderstand + Magnetische Bremse => Generatorbremse fällt aus => Länge des Bremswegs: 4.800 m
- Szenario 3: Fahrwiderstand + Generatorbremse => Magnetische Bremse fällt aus => Länge des Bremswegs: 9.400 m
- Szenario 4: Fahrwiderstand => alle anderen Bremsen fallen aus => Länge des Bremswegs: 34.200 m

Es ist deshalb als "Supergau des Transrapids" vorstellbar, daß ein mit Höchstgeschwindigkeit fahrender MSB-Zug, bei dem sowohl die Generatorbremse als auch die magnetische Bremse versagen, mit nahezu voller Geschwindigkeit, nur durch den Fahrwiderstand etwas gebremst, in einen der beiden Endbahnhöfe einfährt und am Streckenende hinter dem jeweiligen Bahnhof zerschellt. Die Aufprallgeschwindigkeit, durch eigene computergestützte Fahrsimulationen ermittelt, würde am Flughafen bis zu 278 km/h und am Hauptbahnhof immerhin bis zu 191 km/h betragen. Im Fall des MSB-Bahnhofs Flughafen München läge der Unglücksort genau unter dem Zentrum des Terminals 2, wo die Sicherheitskontrollen der Flugreisenden stattfinden und sich eine Vielzahl von Check-In-Schaltern befindet, so daß eine unübersehbare Zahl von Nicht-Benutzern des Transrapids ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen würde und möglicherweise die Bausubstanz des Terminal-Zentralbereichs irreparabel beschädigt würde.

2.3 Ausfall des magnetischen Schwebens

Die Befürworter des Transrapids erwecken in der Öffentlichkeit den Eindruck, daß das MSB-Fahrzeug beim Ausfall des magnetischen Schwebens auch bei hoher Geschwindigkeit sicher auf seinen Kufen aufsetzen und bis zum Stillstand auf ihnen gleiten würde:

"Es sind keinerlei 'normale' Räder vorhanden, die Tragfunktion übernehmen in abgesetzten Fahrzeugruhezustand die sogenannten Tragkufen. Diese können auch bei Bedarf eine Nottragfunktion während der Fahrt übernehmen."⁶

Allerdings wird dieser Notfall alsbald auf den Geschwindigkeitsbereich von max. 10 km/h eingegrenzt:

"Wenn das Fahrzeug im Notfall oder bei Stromausfall auf Kufen absetzt, geschieht dies lediglich bei einer sehr geringen Geschwindigkeit (10 km/h). Das Fahrzeug gleitet dann - wie ein Schlitten - auf den Kufen bis zum Stillstand aus. (...)

Eine Gefahr, dass das Fahrzeug durch die beim Absetzen entstehende Reibungswärme in Brand geraten könnte, besteht nicht, weil (...) die Reibungswärme zu gering ist."⁷

Denn man ist eigentlich davon überzeugt, daß das magnetische Schweben niemals ausfallen könne, das deshalb sogar als "Sicheres Schweben" bezeichnet wird:

"Mit dem Begriff des 'Sicheren Schwebens' bezeichnet man die Unverlierbarkeit der Schwebefunktion im Störfalle eines ganzen Zuges. Die Trag- und Führungsfunktion eines herkömmlichen Rades übernehmen beim Transrapid die sogen. Magnetische Räder, also eine Kombination aus je einem Tragemagnet und einem Führungsmagnet. Das Sichere Schweben erreicht man durch eine funktionelle Redundanz dieser Magnetischen Räder, d.h. diese sind unabhängig voneinander im Betrieb und arbeiten jedes für sich autark. Jedem Rad sind eigene Sensorkreise (...), gepuffert über Batterien, zugeordnet. Bei Geschwindigkeiten über 100 km/h bekommt das Magnetische Rad über seinen eigenen Lineargenerator soviel Energie, das (sic!) es die Batterie nicht mehr benötigt. Die überschüssige Energie lädt die Batterie auf (...). Fällt nun ein Rad über eine singuläre Störung aus, übernimmt das Nachbarrad die Tragfunktion."⁸

Mit der Betonung der Redundanz der technischen Komponenten für das magnetische Schweben wird allerdings nur von der eigentlichen Problematik abgelenkt, welche darin besteht, daß im Worst Case auch alle mehrfach vorhandenen Magnete, Sensoren usw. zugleich ausfallen können, weil sie von einem bestimmten Fehler oder Schaden alle gleichermaßen betroffen sind, beispielsweise durch

- einen Defekt im Bordnetz des Fahrzeuges, so daß die Tragemagnete keine elektrische Energie mehr bekommen
- Hard- oder Softwarefehler bei der Regelung des elektromagnetischen Schwebens
- eine Zerstörung von Elektronik oder Sensoren durch Blitzschlag

- eine mechanische Zerstörung der Tragsmagnete bzw. ihrer Sensoren durch Gegenstände, die auf die Fahrbahn geraten sind (siehe Kapitel 2.4).

Es ist niemals völlig auszuschließen, daß dieser Ausfall des angeblich so sicheren Schwebens nicht nur bei Tempo 10 und weniger passiert, sondern gerade auch bei hoher Geschwindigkeit. In diesem Fall setzen zwar die Gleitkufen auf der Fahrbahn auf, aber hierbei entsteht eine sehr große Hitze durch mechanische Reibung:

Wenn die Fahrgeschwindigkeit beim Aufsetzen 350 km/h beträgt, heizen sich nach eigenen Berechnungen die Gleitschuhe bis zu einer Temperatur von rund 4.400 °C auf.⁹ Geschieht dieses Aufsetzen bei einer Geschwindigkeit von "lediglich" 250 km/h, die im Stadtgebiet München zulässige Höchstgeschwindigkeit, so erhitzen sich die Gleitschuhe immerhin noch auf 2.300 °C. Zum Vergleich: Die Hitzeschutzkacheln des Space Shuttle werden beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre lediglich 1.650 °C heiß.¹⁰

Angesichts der genannten hohen Temperaturen ist zu erwarten, daß die Kufen zerstört werden und der Transrapid-Zug eine "Bauchlandung" macht. Dadurch wird der gesamte Fahrzeugboden aufgerissen und die im Unterbodenbereich befindlichen Batterien werden vermutlich zu brennen beginnen und hierbei giftige Gase freisetzen.

Bei vergleichbaren Situationen im Flugverkehr, nämlich wenn sich das Fahrgerüst eines Flugzeugs vor der Landung nicht ausfahren läßt und somit eine "Bauchlandung" droht, wird die Landebahn kurzfristig mit einem feuerhemmenden Schaum dick besprüht und zahlreiche Feuerwehrautos stehen am Rand der Landebahn einsatzbereit.

2.4 Kollisionen

Nach den bisher genannten Gefahren des Transrapid-Betriebs, die durch die gewählte technische Konzeption des Gesamtsystems (ferngesteuerter Betrieb durch Langstatormotor, die von elektrischer Energie abhängigen Bremsanlagen, Schweben mittels Elektromagnete) verursacht werden können und somit systembedingte Sicherheitsprobleme darstellen, sind im folgenden die durch externe Ursachen hervorgerufenen Gefahren zu untersuchen, wobei zunächst das Thema "Kollisionen" zu behandeln ist.

Die möglichen Kollisionen des Transrapid-Zuges mit anderen Fahrzeugen der MSB-Strecke, mit auf der Fahrbahn liegenden Hindernissen und mit fallenden bzw. fliegenden Körpern haben aufgrund der geplanten hohen Geschwindigkeit ein extrem großes Zerstörungspotential. Für die Transra-

pid-Strecke München Hbf - Flughafen München ist bekanntlich eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h im Stadtgebiet München und von 350 km/h auf der freien Strecke vorgesehen.¹¹ Die kinetische Energie, die bei einem Unfall frei wird und dadurch eine zerstörerische Wirkung entfalten kann, steigt mit dem Quadrat der beim Unfall herrschenden Geschwindigkeit an. Das bedeutet: Verglichen mit einem 200 km/h schnellen ICE-Zug, der also mit der auf den Bahnstrecken München - Augsburg und München - Ingolstadt erlaubten Maximalgeschwindigkeit fährt, hat der Transrapid im Münchner Stadtgebiet bei Tempo 250 bereits eine um rund 50% höhere und auf der freien Strecke Oberschleißheim - Neufahrn bei Tempo 350 sogar eine dreimal so hohe kinetische Energie. Entsprechend höher ist das Zerstörungspotential, wenn diese Energie freigesetzt wird.

Kollisionen mit anderen MSB- und Wartungsfahrzeugen

Kollisionen mit anderen MSB- und mit Wartungsfahrzeugen, die sich auf der Transrapid-Fahrbahn befinden, vergleichbar dem Zusammenstoß am 22.9.2006 in Lathen, sind zwar prinzipiell denkbar, aber sie lassen sich unter Anwendung einer alle Fahrzeuge umfassenden Streckensicherungstechnik sicher vermeiden, zumindest so lange diese Technik voll funktionsfähig ist. Deshalb wird dieser Aspekt im folgenden nicht weiter erörtert.

Kollisionen mit Gegenständen auf der Fahrbahn und in der Luft

Massenreiche Gegenstände, insbesondere auch Straßenfahrzeuge oder Ladungsteile, können auf die MSB-Fahrbahn fallen oder bewußt auf diese geworfen bzw. gelenkt werden, insbesondere von den geplanten 25 Überführungen über die MSB-Strecke und von parallelen Straßen und Autobahnen aus. Hierzu gehört auch die Gefahr, daß Straßenfahrzeuge durch selbstmörderische bzw. terroristische Absicht ihrer Fahrer auf die Transrapid-Trasse geraten. Die geplanten Abkommenschutzwälle entlang der Autobahn A92¹² stellen keine ausreichende Schutzmaßnahme dar, da sie von Autos mit sehr großer Geschwindigkeit aufgrund der dann vorhandenen hohen kinetischen Energie und von Fahrzeugen mit Allachsantrieb überwunden werden können.

In solchen Fällen entstehen entweder auf der Fahrbahn gefährliche Hindernisse, gegen die das MSB-Fahrzeug stößt, oder die betreffenden Gegenstände fallen von oben direkt auf den fahrenden Transrapid-Zug bzw. fliegen frontal gegen diesen. Hierzu gehört auch die Gefahr durch "Vogelschlag", die beim Transrapid eventuell sogar größer ist als bei den startenden und landenden Flugzeugen des Münchner Airports.¹³ Die letztgenannte Gefahr ist vor allem durch die Nähe der Magnetbahn-Trasse zu Seen und Teichen (Olympiasee, Lerchenauer See, Regattaanlage Oberschleißheim, Unterschleißheimer See, Neufahrner Mühlseen, Seen nördlich und südlich

Achering) und zu Flüssen, Bächen und Kanälen gegeben, da diese Gewässer regelmäßig die Start- und Zielpunkte für die Flüge von Wasservögeln sind, die teilweise ein beträchtliches Gewicht erreichen, insbesondere Schwäne. Letztere können bei ständiger Fütterung durch Menschen bis zu 20 kg schwer werden, so daß beim Aufprall eines fliegenden Schwans auf einen mit Höchstgeschwindigkeit fahrenden MSB-Zug eine beträchtliche Zerstörungsenergie frei wird, die 6- bis 8-mal höher ist als die Penetrationsfestigkeit der Wagenkastenzelle, die nur für den Aufprall eines Normsteins von 1 kg Masse mit einer Auftreffgeschwindigkeit von 600 km/h ausgelegt ist.¹⁴

Kollisionen mit Gegenständen, die auf der Fahrbahn liegen oder die aus der Luft gegen das Fahrzeug prallen, stellen beim Transrapid aus zwei Gründen ein gravierendes Problem dar, das in dieser Ausprägung beim Eisenbahn- und Straßenverkehr nicht existiert: (1) wegen des extremen Leichtbaus des MSB-Fahrzeugs in Kombination mit der hohen kinetischen Energie bei einer Geschwindigkeit von bis zu 350 km/h, (2) wegen des sehr geringen Luftspalts von ca. 10 mm, die zwischen fahrweg- und fahrzeugseitigen Komponenten tolerierbar sind, nämlich zwischen Gleitkufen und Gleitschienen sowie zwischen Langstatorpaketen und Tragmagneten.

Nicht-Entgleisen bei Kollisionen

Während andere bodengebundene Fahrzeuge als Folge von Kollisionen entgleisen können (Eisenbahnzüge) bzw. von der Fahrbahn abkommen können (Autos) und somit einen Großteil ihrer kinetischen Energie freisetzen, indem sie neben ihrem Gleis bzw. neben ihrer Fahrspur fahren und hierbei allmählich gebremst werden, ist es geradezu ihr Markenzeichen, daß die MSB-Fahrzeuge ihren Fahrweg umgreifen und somit nicht aus ihrer Spur geraten können. Doch dieser angebliche Vorteil des Transrapids stellt in Wirklichkeit eine große Gefahr für die Fahrgäste dar, denn bei einem Zusammenprall entläßt sich die relativ hohe kinetische Energie vollständig an Ort und Stelle und in Sekundenbruchteilen. Erschwerend kommt hinzu, daß das MSB-Fahrzeug seine Fahrbahn nicht nur seitlich, sondern auch von unten umgreift, so daß auch kein "Entgleisen nach oben" möglich ist. Das Fahrzeug kann deshalb auch nicht über sein Hindernis hinweg fahren, sondern muß mit voller Wucht gegen dieses stoßen, wobei schlagartig die gesamte kinetische Energie frei wird und zu großen Zerstörungen führt, wie der Unfall in Lathen deutlich gezeigt hat.

2.5 Fahrzeugbrände

Eine weitere gravierende Gefährdung der Reisenden sind Brände in den Transrapid-Fahrzeugen, die durch zahlreiche und zugleich sehr unterschiedliche Ursachen ausgelöst werden können:

- Überhitzung der elektrischen Anlagen im Fahrzeug (Starkstromleitungen, Batterien etc.), was sich am 11.8.2006 auf der Transrapid-Strecke in Shanghai ereignete¹⁵
- Zündeln oder Brandstiftung durch spielende Kinder oder destruktive, betrunkene Jugendliche bzw. Erwachsene im fahrenden Zug (Vandalismus)
- Brand- bzw. Sprengstoffanschläge auf das Fahrzeug von innen oder außen (siehe Kapitel 2.6)
- Blitzeinschläge in das MSB-Fahrzeug
- Aufsetzen der Gleitkufen bei hoher Geschwindigkeit (siehe Kapitel 2.3).

Angesichts dieser Vielfalt der denkbaren Brandursachen und des Ausmaßes möglicher Brände kann das in den Planfeststellungsunterlagen beschriebene Brandszenario¹⁶ nicht als realitätsgerecht und keinesfalls als repräsentativ bezeichnet werden. Hierbei wird lediglich ein relativ kleiner Brand in einem MSB-Zug unterstellt, der in eine der beiden Endstationen einfährt.¹⁷ Besonders kritikwürdig ist, daß keine Brandsituationen berücksichtigt sind, bei denen sich ein brennendes Fahrzeug weg von einem Bahnhof in den Tunnel hinein bewegt, so daß es in der relativ engen und abschnittsweise extrem tief liegenden Tunnelröhre zum Halten kommt, was die Evakuierung der Fahrgäste sehr erschwert bzw. unmöglich macht (siehe Kapitel 2.7).

Bei Fahrzeugbränden im Tunnel stellen die geplanten Schächte für "Notausstiege" aus rund 40 m Tiefe zur Erdoberfläche eine eigene Gefahrenquelle dar, weil sie laut Einschätzung der Münchner Feuerwehr wie Kamine wirken, so daß durch die bei einem Brand nach oben strömenden heißen und giftigen Gase incl. Rauch auch das Leben der eingesetzten Feuerwehrleute und Sanitäter bedroht ist.¹⁸

2.6 Anschläge auf MSB-Fahrzeuge, Strecke oder Bahnhöfe

Obwohl in den vergangenen Jahren zahlreiche verheerende Brand- und Terroranschläge auf U- und S-Bahn-Züge in Ballungsräumen verübt wurden (2003 in Daegu, Südkorea, 125 Tote; 2004 in Barcelona, 191 Tote; 2005 in London, 37 Tote), kommen in den Planfeststellungsunterlagen zur geplanten MSB-Strecke in München die Begriffe "Anschlag" oder "Terror" überhaupt nicht vor. Dabei besitzt gerade der Standort München ein besonderes Gefährdungspotential, insbesondere durch fundamental-islamistische Terroristen, denen das Oktoberfest als größtes Schweinefleisch- und Alkoholfest der Welt besonders verdammenswert erscheint.

Hinzu kommt, daß sich in München allein wegen der großen Bevölkerungszahl auch relativ viele psychisch gestörte, aggressive Menschen aufhalten. Deshalb ist hier die Gefahr von Anschlägen durch diesen Personenkreis wesentlich größer als in kleinen Städten. Der bereits genannte Brandanschlag auf einen U-Bahn-Zug im Tunnel in Daegu, Südkorea, mit 125 Toten, durch einen psychisch kranken Menschen verursacht, macht deutlich, mit welcher einfachen Mitteln eine solche Katastrophe ausgelöst werden kann: Der Attentäter verwendete eine Milchtüte, gefüllt mit Benzin.¹⁹

Verschärft wird das beschriebene Risiko noch dadurch, daß der Transrapid durch seinen hohen Stellenwert in Politik und Medien ein ideales Objekt für Erpresser darstellt, die unter Umständen auch zum Äußersten entschlossen sind, wenn ihre Forderungen nicht erfüllt werden.

Diese Anschläge können vor allem auf zweierlei Weise verübt werden:

- auf das Fahrzeug von innen, wobei die Täter entweder die Behälter mit Sprengstoffen, Brandsätzen, Giftgasen vorher im Fahrgastraum deponierten (z.B. unter den Sitzen) und den Anschlag selbst per Fernzündung oder Zeitzünder auslösen oder sich als Selbstmordattentäter betätigen
- auf das Fahrzeug von außen während der Fahrt sowie auf den Fahrweg, und zwar durch Geschosse aus Waffen, durch herabgeworfene feste, schwere Gegenstände (Metallstücke, Betonbrocken, Betonrohre) oder durch Behälter mit Sprengstoff, wobei diese Körper von Straßenbrücken, von parallel zur MSB-Trasse verlaufenden Wegen und Straßen und von hohen Gebäuden am Streckenrand aus, insbesondere von Hochhäusern der Olympia-Pressestadt und am Lerchenauer See, abgefeuert bzw. geworfen werden können.

Alle bisher genannten Sicherheitsprobleme betreffen nicht nur die Transrapid-Fahrgäste, sondern können direkt oder indirekt auch zu einer Gefährdung von Anliegern der MSB-Trasse führen (siehe Kapitel 2.8).

2.7 Fragwürdiges Evakuierungs- und Rettungskonzept

Angesichts der vielfältigen und schweren Gefahren, von denen die Transrapid-Reisenden betroffen sein können, ist das Konzept zur **Selbstrettung der Fahrgäste aus Tunnels**, die in einer Tiefe von bis zu rund 40 m liegen und nur ungefähr alle 600 m einen sog. Notausstieg erhalten sollen,²⁰ besonders kritikwürdig. Dieser "Notausstieg" stellt in Wirklichkeit ein großes Treppenbauwerk dar, das z.T. die Höhe eines 15-stöckigen Hochhauses hat. Wenn ein Transrapid-Zug brennend direkt vor einem solchen Treppenbauwerk zum Halten kommt, so daß dieses wegen Verqualmung gar nicht benutzt werden kann, müssen die Fahrgäste zunächst rund 600 m auf einem schmalen Gehsteig durch den Tunnel laufen, bis sie die nächste Treppe nach oben erreichen. Handelt es sich in diesem Fall um einen vollbesetzten Transrapid-Zug (ca. 450 Fahrgäste), so dauert es rund 30 Minuten, bis alle Personen in Sicherheit sind.²¹ Falls zwei Züge gleichzeitig an derselben Stelle evakuiert werden müssen, vergeht insgesamt sogar eine ganze Stunde. Bei dieser Berechnung wird der Idealfall vorausgesetzt, daß ausschließlich Personen mit uneingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit flüchten und somit auf den engen Fluchtwegen und -treppen kein Hindernis für nachdrängende Menschen bilden, was sonst die Evakuierungszeit deutlich verlängern würde. Ebenfalls ist noch gar nicht berücksichtigt, daß die Treppenbauwerke zum Teil nur über längere Querstellen erreicht werden können, welche unter den Fahrbahn-Röhren hindurch verlaufen, da die "Notausstiege" immer nur auf einer Seite der beiden Haupttunnels angeordnet sind.

Ebenso ist auch das Konzept zur **Fremdrettung aus den Tunnels** nicht realitätsgerecht. Die Fahrgäste, die aus eigener Kraft den langen Fluchtweg durch den Tunnel bis zum nächsten Treppenbauwerk sowie den Aufstieg aus rund 40 m Tiefe gar nicht bewältigen können wie beispielsweise Kinder, Kranke, Behinderte und Alte, und solche Reisenden, die eine Rauchvergiftung erlitten haben oder die verletzt sind, müssen von Rettungskräften an die Erdoberfläche getragen werden,²² wobei die zum Einsatz kommenden Feuerwehrleute und Rettungssanitäter zunächst in den Tunnel hinabsteigen müssen, und zwar gegen den Strom der in den engen "Notausstiegen" nach oben drängenden gesunden Fahrgäste. De Facto werden sich die Fahrgäste bei ihrer Flucht und die Rettungskräfte auf ihrem Zugang zum Unfall- oder Brandort gegenseitig blockieren und somit die Katastrophe noch vergrößern. Ebenso ist es möglich, daß die Rettungskräfte selbst von Feuer, Rauch und Giftgasen bedroht werden oder zumindest den körperlichen Strapazen beim Abtransport von verletzten Reisenden über bis zu 600 Tunnel- plus 40 Höhenmeter nicht gewachsen sind, so daß sie indirekt auch noch zu Opfern des Transrapid-Unfalls werden. Hierzu meinte Peter Bachmeier, Branddirektor in der Abteilung Vorbeugender Brandschutz der Münchner Feuerwehr:

"Wir können unsere Leute da runterschicken, aber dann kommen nicht alle wieder hoch."²³

Aber auch die **Selbstrettung außerhalb der Tunnels** stellt eine Gefahrenquelle dar:

- Findet der Nothalt in einem aufgeständerten Streckenteilstück statt, so müssen die Fahrgäste einen in der Regel mittig zwischen den beiden Fahrspuren und weit unterhalb des Fahrzeugfußbodens verlaufenden, ebenfalls nur 80 cm breiten Begleitsteg²⁴ erreichen (siehe Abb. 2, rote Kennzeichnung).
- Bei einem Nothalt in einem ebenerdigen Trassenabschnitt abseits einer Evakuierungshaltestelle müssen die Fahrgäste vom Fahrzeugboden über "Ausstiegshilfen" "auf einen begehbaren, hindernisfreien Geländestreifen mit einer Mindestbreite von 0,8 m" ²⁵ hinabsteigen (siehe Abb. 2, rote Kennzeichnung)).

Der Fluchtweg im Bereich der Aufständigung ist alles andere als sicher, denn im Worst Case wird der Zugverkehr auf der Fahrspur der Gegenrichtung gerade nicht unterbrochen, so daß die aus dem havarierten, möglicherweise brennenden Zug geflüchteten Fahrgäste von einem - eventuell mit Höchstgeschwindigkeit - entgegenkommenden Zug getötet werden.²⁶ Als weitere Gefahrenquelle ist zu berücksichtigen, daß "die Begleitstegebene in Abhängigkeit von der Querneigung zwischen 2,0 und 3,0 m unterhalb des Fahrzeugbodens des abgesetzten Fahrzeugs liegt,"²⁷ so daß "hier ein Ausstieg über fahrzeugseitige Ausstiegshilfen"²⁸ erfolgt, was im folgenden näher behandelt wird.

Auch in ebenerdigen Abschnitten ist die Selbstrettung nur unter großen Gefahren möglich, denn "ebenerdig" heißt: "Die Fahrwegoberkante liegt bis zu 3,50 m über Geländeoberkante."²⁹ Berücksichtigt man, daß noch der Höhenunterschied von 93 cm zwischen Fahrwegtisch und Fußboden des Fahrzeugs hinzu kommt³⁰, so liegt der genannte Geländestreifen bis zu knapp 4,5 m unter dem Niveau des Fahrzeugfußbodens.

Wie im Erörterungsverfahren am 21.3.2007 deutlich wurde, handelt es sich bei den genannten **Ausstiegshilfen** lediglich um Leitern von 3,5 m Länge, die auf dem schmalen Begleitsteg oder Geländestreifen aufgestellt und sodann gegen das Fahrzeug gelehnt werden sollen, so daß sie zwangsläufig eine fast senkrechte Stellung einnehmen. Doch auf diese Weise läßt sich eine sichere Selbstrettung der Fahrgäste aus dem zum Halten gekommenen Fahrzeug nicht durchführen, vor allem wenn es sich um einen Fahrzeugbrand handelt, der sich schnell ausbreitet und hierbei eine große Hitze entwickelt, so daß größte Eile bei der Evakuierung geboten ist:

- Allein das Auffinden der im Fahrzeuginnern untergebrachten Leitern, ihr Transport nach außen durch die geöffneten Türen, ihr Aufstellen und ihre Befestigung am Fahrzeug erfordert bereits einen relativ langen - möglicherweise zu langen - Zeitraum. Deshalb werden zahlreiche Fahrgäste nach dem Öffnen der Türen einfach in die Tiefe springen.
- Auf den Leitern müssen die Fahrgäste einzeln nach unten klettern und hierbei zueinander soviel Abstand bewahren, daß die Person, die vorklettert, keine Tritte auf Hände, Kopf oder Schultern erhält. Im Falle einer Panik, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auftritt, ist die hierbei erforderliche Disziplin nicht gewährleistet.
- Kleine Kinder, alte Menschen, Personen mit Gleichgewichtsstörungen, Körperbehinderte und generell Personen, die unter Höhenangst leiden, werden nur sehr zögerlich den Abstieg über die fast senkrecht stehende Leiter nach unten beginnen oder sich sogar aus Angst ganz weigern, auf diese Weise in die für sie als Abgrund erscheinende Tiefe abzusteigen. In diesem Fall droht die Gefahr, daß sie von den nachdrängenden, höhenangst-armen bis -freien Fahrgästen nach unten gestoßen werden, da diese Personen selbst von Todesangst (vor dem drohenden Verbrennen) getrieben werden.
- Wegen des relativ großen Zeitbedarfs bis zum korrekten Aufstellen der Leitern werden zahlreiche Personen per Nothammer die Fensterscheiben zertrümmern, um durch die so entstandenen Öffnungen hinauszuklettern und nach unten zu springen. Da die Unterkante der Fenster rund 1 m höher verläuft als der Fahrzeugfußboden, erfolgt nun der Sprung in die Tiefe sogar aus einer Höhe, die bis zu 5,50 m betragen kann, so daß sich die flüchtenden Fahrgäste erst recht schwere Verletzungen zuziehen werden.
- Da das für München vorgesehene Transrapid-Fahrzeug (TR 09) auf jeder Seite fünf Ausstiegstüren hat³¹, aber nach dem bisherigen der Betriebskosten-Kalkulation zugrundeliegenden Konzept nur ein Zugbegleiter pro Fahrzeug vorgesehen ist,³² liegt das Auffinden, Transportieren, Aufstellen und Arretieren der Leitern überwiegend in den Händen der meist unkundigen und ungeübten Fahrgäste, so daß von einem ordnungsgemäßen Einsatz der Leitern keine Rede sein kann. In diesem Fall ist die oben beschriebene Gefahr, daß Fahrgäste in Panik in die Tiefe springen, noch weiter erhöht.
- Die Länge der Leitern von 3,5 m ist deutlich zu kurz für die Evakuierung in den Streckenabschnitten, in denen bereits die Fahrwegoberkante in der genannten Höhe von 3,50 m liegt. Deshalb müßte die Mindestlänge der Leitern 4,50 m betragen. Da man eine nach unten führende Leiter jedoch

nur dann sicher besteigen kann, wenn man sich vor Betreten der Leiter mit den Händen an der Leiter festhält, muß die Leiter oben rund 1 m über den Fahrzeugfußboden hinausragen, so daß sich eine Gesamtlänge der Leiter von 5,50 m ergibt.

- Wenn entlang eines havarierten MSB-Zuges mehrere Leitern zur Fahrgast-Selbstrettung aufgestellt werden - bei fünf Türen pro Seite kommen fünf Leitern zum Einsatz -, versperrt jede Leiter auf dem nur 80 cm breiten Geländestreifen den Fluchtweg für die Fahrgäste, die über die anderen Leitern absteigen.

Es kann somit gesagt werden: Die vorgesehenen Leitern als Ausstiegshilfen sind vollkommen ungeeignet, wenn eine sichere Selbstrettung der Transrapid-Fahrgäste im Gefahrenfall gewährleistet sein soll.

Nur an relativ wenigen Punkten der oberirdische MSB-Trasse ist überhaupt eine **Zufahrt für Feuerwehr und andere Rettungskräfte** möglich, und zwar lediglich über die Straßen zu den geplanten drei Evakuierungshalteplätzen, über Wege zu Unterwerken, Trafostationen und zu anderen Transrapid-Schalteneinrichtungen sowie über Landwirtschaftswege, die auf relativ kurzen Abschnitten unmittelbar entlang der Strecke verlaufen. Wenn ein Zug, der in Brand geraten oder in einen Unfall verwickelt ist, außerhalb der genannten Stellen liegen bleibt, müssen Feuerwehr- und Rettungsmannschaften von den nächstgelegenen Straßen oder Feldwegen aus umständlich zu Fuß über Wiesen, Äcker oder (eingezäunte) Gartengrundstücke an den Rand des Transrapid-Fahrwegs laufen und Löschwasserschläuche verlegen und auf diesen Fußwegen auch die Verletzten abtransportieren.

2.8 Gefährdung von Anliegern

Bei Anschlägen auf das Fahrzeug mit großen Sprengstoffmengen, bei Kollisionen des mit hoher Geschwindigkeit fahrenden Fahrzeuges sowie beim Einsatz der Gleitkufen im oberen Geschwindigkeitsbereich und der daraus resultierenden "Bauchlandung" (siehe Kapitel 2.3) ist angesichts der Explosionskraft bzw. der frei werdenden hohen kinetischen Energie zu befürchten, daß Fahrzeugtrümmer mit großer Wucht weit von der MSB-Fahrbahn weggeschleudert werden. Diese umherfliegenden Trümmer können zum einen auf Wegen und Straßen neben der MSB-Trasse, beispielsweise im Olympiapark oder auf der A92, niedergehen, wo sie dann Spaziergänger treffen bzw. für andere Fahrzeuge ein gefährliches Hindernis bilden oder direkt gegen fahrende Autos prallen, deren eigene kinetische Energie bereits sehr hoch ist, was bei den Pkw-Insassen starke Verletzungen und an den Fahrzeugen hohe Schäden verursachen kann. Zum anderen besteht durch mögliche Transrapid-Trümmer entlang der Trasse bei Tag und Nacht die Gefahr, daß die hier wohnenden Anlieger verletzt oder sogar getötet werden oder zumindest ihr Eigentum beschädigt wird. Erste überschlägige Berechnungen haben ergeben, daß bei einem MSB-Unfall die Fahrzeugtrümmer im Umkreis von rund 150 m einschlagen können. Einzelne leichtere Teile sind beim Transrapid-Unfall in Lathen sogar bis zu 500 m weit geschleudert worden.³³

3. Maßnahmen zur Gefahrenvermeidung

Um die genannten Gefahren auszuschließen und somit die aktive Sicherheit zu erhöhen, sind zahlreiche Maßnahmen möglich:

Tatsächlich sicheres Bremsen

Das Transrapid-Fahrzeug muß mit tatsächlich sicheren Bremsen ausgestattet werden, die also auch bei technischen Defekten funktionieren, d.h. gerade im Störfall den Bremsvorgang sicher einleiten. Hierzu ist es zwingend, daß diesen Bremsen das Fail-safe-Prinzip (siehe Kapitel 2.2) zugrunde liegt.

Es bietet sich in erster Linie an, die Transrapid-Fahrzeuge mit einer *Druckluftbremse* auszustatten, über die Rad-Schiene-Züge ebenso verfügen wie Omnibusse und Lkws. Doch als Alternative ist auch eine *elektromagnetische Federspeicherbremse* denkbar, bei der starke Federn die Bremsklötze oder Brems scheiben gegen eine im Fahrweg laufende Schiene pressen. Im ungebremsten Zustand werden die Bremsklötze bzw. -scheiben durch Elektromagnete so gehalten, daß sie die Schiene nicht berühren. Im Falle eines Defekts bei der Stromversorgung dieser Elektromagnete, vergleichbar einem Leck bei der Druckluftbremse, führen die Federn einfach den Bremsvorgang herbei - der MSB-Zug kommt also gerade bei einer technischen Störung seiner Bremse sicher zum Halten.

Hochgeschwindigkeits-taugliche Räder

Für den Fall, daß die Funktion des magnetischen Schwebens ausfällt, was bei hohen Geschwindigkeiten verheerende Folgen haben würde (siehe Kapitel 2.3), müssen die Transrapid-Fahrzeuge mit Rädern ausgestattet werden, damit sie mit möglichst geringer Reibung auf der Fahrbahn rollen können. Das bedeutet: Die Schweb-Züge benötigen entweder Räder wie Hochgeschwindigkeitszüge oder Räder wie Flugzeuge. Werden Eisenbahn-Räder verwendet, so muß die MSB-Fahrbahn auch die entsprechenden Schienen erhalten. Dagegen können Flugzeug-Räder auf dem ohnedies vorhandenen flachen Fahrbahntisch laufen, so daß möglicherweise gar keine Modifikation des Fahrwegs notwendig ist. Die Tauglichkeit der zum Einsatz kommenden Räder muß zuvor durch Fahrversuche in allen Geschwindigkeitsbereichen bis ungefähr 400 km/h nachgewiesen werden.

Anwesenheit eines Fahrers

Die Anwesenheit eines Fahrers im Transrapid-Fahrzeug, das folglich an seiner Spitze - wie jedes andere Hochgeschwindigkeits-Fahrzeug - ein Cockpit oder einen Führerstand benötigt, ist zwingend erforderlich. Von der Fahrzeugspitze aus kann der Fahrer die vor ihm liegende Strecke überblicken, wobei er aufgrund des sehr langen Bremsweges (max. 3.500 m bei funktionstüchtigen Bremsen) die Unterstützung durch Radaranlagen bzw. optischen Systemen benötigt (siehe unten). Im Gefahrenfall leitet dieser Fahrer unmittelbar den Bremsvorgang ein, ohne daß lange, störanfällige Leitungswege bzw. Funkverbindungen zur Informationsübertragung und zur Übermittlung der Bremsimpulse erforderlich sind, wie dies jedoch der fahrerlose Betrieb verlangen würde. Es bleibt allerdings weiterhin die Gefahr bestehen, daß eine im Fahrzeug ausgelöste Bremsung durch die Fernsteuerung des Fahrzeugs im Unterwerk kompensiert wird, indem der Langstatormotor weiterhin elektrische Energie zum Beschleunigen erhält (siehe Kapitel 2.1).

Tunnel bzw. Einhausung

In den geplanten oberirdischen Abschnitten mit erhöhtem Risiko durch Gewalteinwirkungen auf Fahrzeuge und Trasse von hohen Gebäuden aus, durch Autoabstürze von Brücken und insbesondere dort, wo eine Gefährdung von Anliegern möglich ist (siehe Kapitel 2.8), ist eine Streckenführung im Tunnel bzw. eine Einhausung zu realisieren.

Tunnelstrecken bzw. Einhausungen anstelle der geplanten oberirdischen Trasse sind insbesondere im Bereich Olympiapark (von der Borstei bis zur Moosacher Straße), zwischen Schittgablerstraße und Lerchenauerstraße (Schutz der Bewohner der Heidelerchenstraße und Berberitzenstraße), entlang der Siedlungen Riedmoos und Inhausermoos sowie überall dort vorzusehen, wo nach der bisherigen Planung Straßenbrücken über die MSB-Trasse gebaut werden sollen.

Hohe, stabile Mauern bzw. Volieren gegen Gewalteinwirkungen von außen incl. Vogelschlag

Alle sonstigen oberirdischen Abschnitte benötigen einen Schutz gegen Vogelschlag, Vandalismus und Anschläge ohne Sprengstoff mit Hilfe von *Volieren*, in deren Netzstruktur Sicherheitsdrähte integriert sind, die bei Beschädigung durch Wurfgeschosse einen Alarm auslösen. Entlang von parallelen Wegen und Straßen sind darüber hinaus *hohe, stabile Mauern* zu errichten, um das seitliche Eindringen von Straßenfahrzeugen sowie Anschläge von fahrenden Autos aus zu verhindern.

Rechtzeitige und zuverlässige Identifikation von Hindernissen und Fahrbahnschäden

Damit eine sichere und rechtzeitige Identifikation von Hindernissen und Fahrbahnschäden gewährleistet ist, braucht der - im Fahrzeug anwesende - Fahrer die technische Unterstützung durch Radaranlagen und optische Systeme.

Technische Fahrweg-Sicherung für sämtliche Fahrzeuge der MSB-Strecke

Vor allem aber müssen sämtliche Fahrzeuge, die jemals die Transrapid-Strecke befahren werden, in das technische Fahrweg-Sicherungssystem integriert werden. Diese naheliegende Sicherheitsvorkehrung, die ohne nennenswerten technischen Aufwand erreichbar ist, war auf der Teststrecke in Lathen bekanntlich nicht vorhanden.

Sicherheitskontrolle aller Transrapid-Fahrgäste incl. Gepäck

Zum Schutz vor Sprengstoff- und Brandanschlägen auf MSB-Fahrzeuge und -Stationen sowie vor Erpressungen und Geiselnahme ist eine lückenlose Sicherheitskontrolle aller Transrapid-Fahrgäste incl. Gepäck an den Zugängen zu den Transrapid-Bahnhöfen einzurichten, und zwar mit demselben Standard wie im Luftverkehr.

4. Maßnahmen zur Verringerung der Schadenshöhe im Gefahrenfall

Trotz aller Maßnahmen zur Erhöhung der aktiven Sicherheit ist nach menschlichem Ermessen das Eintreten von Not- und Gefahrenfällen niemals ganz auszuschließen. Deshalb sind auch im Hinblick auf die passive Sicherheit zahlreiche Maßnahmen notwendig.

Verbesserte Fahrzeug-Konstruktion

Die Transrapid-Züge sind bezüglich ihrer Fahrzeug-Konstruktion so zu modifizieren, daß sie an ihren beiden Enden Knautschzonen haben oder der Fahrgastraum über einen stabilen und massiven Aufbau verfügt, vergleichbar mit herkömmlichen Eisenbahnzügen. Zusätzlich sind Sollbruchstellen an der Verbindung zwischen Schweberahmen und Fahrgastzelle einzubauen. Zumindest die Fahrgastzelle erhält dadurch die Fähigkeit zum "Entgleisen", während der Schweberahmen, der die Fahrbahn umgreift, im Notfall gegen das Hindernis prallt. Auf diese Weise wird immerhin verhindert, daß die Fahrgastzelle incl. Insassen mit ihrer gesamten kinetischen Energie frontal gegen ein massives Hindernis fährt oder sich gar unter diesen Hindernis schiebt und somit von vorne und von oben zerstört wird, wie dies beim Unfall in Lathen geschah. Hierzu ist es außerdem notwendig, daß die Form der Fahrzeug-Stirnflächen gegenüber der bisherigen Planung modifiziert wird, denn das aktuelle Design fördert geradezu das Unterfahren von schweren, hohen Hindernissen.

Modifizierte Inneneinrichtung der MSB-Fahrzeuge

Die Inneneinrichtung der Fahrzeuge ist so zu gestalten, daß die bisher geplante Vis-à-vis-Anordnung der Sitze durch eine Reihenbestuhlung ersetzt wird, wie sie im Auto-, Reisebus- und Flugverkehr und bei nordamerikanischen Fernzügen üblich ist. Jeder Sitzplatz muß mit einem Sicherheitsgurt wie bei Pkws und Flugzeugen versehen sein. Durch eine entsprechende Raumaufteilung in Kombination mit einem expliziten Verbot von Stehplätzen muß erreicht werden, daß während der Fahrt alle Fahrgäste sitzen. Durch diese Vorkehrungen wird im Fall von Kollisionen oder starken Bremsungen verhindert, daß Fahrgäste umgeworfen bzw. durch den Innenraum geschleudert werden und insbesondere die in Fahrtrichtung sitzenden Personen auf ihr Gegenüber prallen und sich durch die Wucht des Zusammenpralls gegenseitig verletzen.

Verbesserter Brandschutz

Der Brandschutz ist zu verbessern, indem zum einen durch die Wahl geeigneter Materialien für Bau und Innenausstattung der MSB-Züge und für den gesamten Fahrweg incl. Streckenausrüstung dafür gesorgt wird, daß im Brandfall keine giftigen Gase freigesetzt werden. Hierfür sind entsprechende Sicherheitsnachweise durch Tests unter wirklichkeitsgerechten Bedingungen - nicht im Labor - zu erbringen. Zum anderen ist angesichts der extrem hohen Temperaturen, die beim Einsatz der Gleitkufen auftreten können, eine optimierte Brandbekämpfung für alle unterirdischen Abschnitte notwendig. Hierfür bieten sich zwei Maßnahmen an: (1) die ständige Stationierung von Feuerwehrleuten in beiden MSB-Tunnelbahnhöfen und in den Tunnels Landshuter Alle und Feldmoching, wie dies an beiden Portalen des Hamburger Elbtunnels der A7 der Fall ist,³⁴ (2) die Installation von Anlagen zur Verdampfungskühlung im Tunnel.³⁵

Realitätsgerechtes Evakuierungskonzept

Vor allem die Konzepte zur Evakuierung der Fahrgäste aus Tunnelstationen und tief liegenden Streckentunnels im Fall von Fahrzeugbränden bedürfen einer grundlegenden Überarbeitung, denn diese Konzepte scheinen allein anhand von theoretischen Überlegungen und computergestützten Simulationen entwickelt worden zu sein, also ohne jegliche Verifizierung durch Tests in der Praxis. Hierbei fällt außerdem auf, daß optimale Rahmenbedingungen für das Verhalten der flüchtenden Fahrgäste und die Zusammensetzung dieser Personengruppe hinsichtlich Alter, Gesundheit etc. zugrunde gelegt wurden. Insbesondere scheint nicht berücksichtigt worden zu sein, daß gerade die Fluggäste häufig mit schwerem, unhandlichem Gepäck unterwegs sind und somit nicht die übliche Geh-Geschwindigkeit von Fahrgästen des öffentlichen Personennahverkehrs erreichen werden.

Deshalb sind insbesondere für die Transrapid-Tunnels und -Tunnelbahnhöfe realitätsgerechte Evakuierungstests durchzuführen, die als Grundlage für sämtliche Vorkehrungen für eine wirksame Rettung von Leib und Leben der betroffenen MSB-Passagiere dienen. Die Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß man die ganze Bandbreite aller denkbaren Brand- und Notfallszenarien zugrunde legt und nicht willkürlich ein bestimmtes Szenario herausgreift, das als Maß bezüglich der Evakuierung und Rettung von Passagieren des Transrapid gilt.

Durchgängige Fluchtwege auf Fahrzeugboden-Niveau

Während die unterirdischen Teilstücke der Transrapid-Trasse über durchgängige Fluchtwege auf dem Niveau des Fahrzeugbodens verfügen,³⁶ und zwar auf beiden Seiten der Trasse, müssen die ebenerdigen und die aufgeständerten Abschnitte entsprechend nachgerüstet werden: Das bedeutet bei ebenerdiger Strecke auf beiden Seiten jeweils einen Weg, der bis zu ca. 4,50 m über dem Grund aufgeständert verläuft und der rechts und links mit einem Geländer versehen ist, um Stürze der flüchtenden Fahrgäste in die Tiefe zu vermeiden. In den Abschnitten mit aufgeständertem Fahrweg ist auf der der Gegenfahrbahn abgewandten Seite entweder ein Fußgängersteg zu bauen, der auf eigenen Pfeilern liegt, oder der Fluchtweg ruht auf Trägern, die seitlich aus der Fahrbahn herausragen. Die Anordnung dieser Fluchtwege ist in Abb. 2 grün gekennzeichnet. Von allen Fluchtwegen aus müssen zahlreiche Treppen zur Verfügung stehen, die einen sicheren Abstieg zum Erdboden zulassen - nicht nur alle 1.000 m, wie dies bisher bei den aufgeständerten Abschnitten geplant ist.

Dritte Tunnelröhre

Entlang der gesamten unterirdischen Trasse muß - mittig zwischen den beiden Röhren des Streckentunnels - eine dritte Tunnelröhre vorhanden sein, die in kürzesten Abständen (maximal alle 20 m) jeweils eine Querverbindung mit feuerfester Tür (aber ohne Schleusenkommer) zu den beiden Röhren des Streckentunnels hat. Diese dritte Röhre dient als Flucht- und Schutzraum, aus dem sich die Fahrgäste dann ohne lebensgefährlichem Zeitdruck entweder selbst retten oder sich von Einsatzkräften retten lassen können. Diese dritte Tunnelröhre sollte so groß dimensioniert sein, daß sie zumindest für Notarzt- und Krankenwagen befahrbar ist, um Verletzte möglichst schnell versorgen und abtransportieren zu können.

Durchgängige Feuerwehrstraßen entlang der oberirdischen Trasse

Die ebenerdigen Abschnitte der MSB-Strecke benötigen beidseitig jeweils eine durchgängige und ausreichend breite Straße für Feuerwehr- und Rettungsfahrzeuge (Straßenbreite: ca. 5 m). Wenn nur einseitig eine Straße gebaut würde, müßten im Notfall die Feuerwehrleute und die Rettungssani-täter in 50% aller Fälle den rund 2 m hohen Fahrbahnballen der zweiten Fahrspur überklettern. Dagegen genügt im Bereich der Aufständungen ein einzige ununterbrochene Feuerwehr- und Rettungsstraße, da hier die Transrapid-Fahrbahnen leicht unterquerbar sind.

Sowohl die erforderlichen Fluchtwege als auch die Feuerwehrstraßen führen zu einer wesentlichen Verbreiterung der Trasse gegenüber der jetzigen Planung.

5. Unlösbares Sicherheitsproblem

Doch selbst wenn alle dargestellten Sicherheitsvorkehrungen und Umlanungen von Fahrzeug und Trasse realisiert werden, bleibt eine prinzipielle Gefahrenquelle bestehen: Die Regelung der Einspeisung bzw. Entnahme von elektrischer Energie beim Beschleunigen bzw. generatorischen Bremsen des Fahrzeugs erfolgt aus systemtechnischen Gründen immer durch eine externe Stelle, nämlich durch die Unterwerke bzw. Leitstelle. Der Fahrzeugantrieb wie auch das reguläre Bremsen erfolgt also prinzipiell durch Fernsteuerung. Wenn in dieser Steuerungstechnik ein Defekt vorliegt oder gar Sabotage stattfindet oder wenn die Datenübertragung zwischen dem Fahrzeug und der genannten Regelungsinstanzen gestört bis unterbrochen ist, befindet sich das Fahrzeug in einem undefinierten Zustand. Selbst wenn kein fahrerloser Betrieb stattfindet, bedeutet die Antriebs-Fernsteuerung im Worst Case, daß eine durch Fahrer oder Fahrgäste eingeleitete Notbremsung kompensiert werden kann, indem der Langstatormotor von außen so geregelt wird, daß er mit maximaler Kraft beschleunigt. Nur dann, wenn das Konzept des Langstator-Antriebs zugunsten des Kurzstator-Antriebs aufgegeben würde, könnte dieser prinzipielle Fehler "geheilt" werden. Denn beim Kurzstator-Antrieb befinden sich alle aktiven Komponenten des Motors incl. Regelungstechnik im Fahrzeug und lassen sich somit durch einen Fahrer steuern, der somit die letzte Instanz ist wie bei Flugzeugen und Zügen. Das gesamte Transrapid-System müßte jedoch in diesem Fall von Grund auf neu konstruiert werden.

6. Resümee

Insgesamt kann zum Sicherheitsstandard des Transrapids nach dem aktuellen Planungsstand gesagt werden: Das Niveau der aktiven Sicherheit ist relativ gering, und zwar insbesondere wegen des Fehlens von Einrichtungen zum Schweben und zum Bremsen, die nach dem Fail-Safe-Prinzip funktionieren. Die passive Sicherheit wird fast gar nicht gewährleistet und es ist auch kein realitätsgerechtes, in der Praxis erprobtes Evakuierungs- und Rettungskonzept vorhanden. Deshalb sind bei allen sicherheitsrelevanten Aspekten starke Verbesserungen, Umplanungen und Neukonstruktionen notwendig, was Modifikationen der zur Planfeststellung eingereichten Planungsunterlagen zur Folge haben wird. Denn die aufgezeigten Sicherheitsmängel sind so gravierend und teilweise von so grundsätzlicher Art, daß die zuständigen Stellen sonst vermutlich gar keine Genehmigung für den Betrieb zur Fahrgastbeförderung auf der Magnetbahn-Strecke in München erteilen werden.

Quellennachweise

- 1) Transrapid International GmbH & Co. KG: Hochtechnologie für den "Flug in Höhe 0", Berlin, 2002, S.13
- 2) ebenda
- 3) Automatischer Betrieb: Sicher steuern, in: 10minuten, Hrsg.: DB Magnetbahn GmbH, Sonderausgabe Februar 2007, S.3
- 4) Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage, Gesamtsystem, Dok.-Nr.: 50630, Version C, Ausg. Datum 06.04.2006, Ziffer 8.5, S.62
- 5) Rossberg, Ralf Roman: Geschichte der Eisenbahn, 1. Auflage, Verlag Sigloch, Künzelsau 1977, S.400
- 6) www.juergen-koerner.de/pdf/tr_eigen103.pdf
- 7) www.transrapid.de
- 8) www.juergen-koerner.de/pdf/tr_eigen103.pdf
- 9) spezifische Wärmekapazität von CFC: $0,7 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; Masse pro Gleitschuh (geschätzt): 3 kg; Gleitschuh-Gesamtmasse pro Fahrzeugsektion (16 Gleitschuhe): $3 \text{ kg} \times 16 = 48 \text{ kg}$; Masse pro Fahrzeugsektion incl. Fahrgäste: 63 t; freigesetzte Energie: 298 MJ
- 10) http://de.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle
- 11) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 11 - Landeshauptstadt München, MSB-km -0,0+49 bis 11,0+89, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Planungsgemeinschaft MSB München, Los 1, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / DE-Consult, München, 2006, S.43
- 12) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 21, Oberschleißheim/ Unterschleißheim/ Haimhausen, MSB-km 11,0+70 bis 19,7+80, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Ersteller: Planungsgemeinschaft MSB München Los 2, Generalplanung Schüßler-Plan / Mailänder Consult / Baader Konzept, 9.1.2006, S.56
- 13) Institut für Umweltschutz und Bauphysik / Obermeyer Planen + Beraten GmbH: Untersuchung zur Vermeidung und Verminderung von Vogelkollisionen, München, 4.10.2005, S.28
- 14) Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage, Gesamtsystem, Dok.-Nr.: 50630, Version C, Ausg. Datum 06.04.2006, Ziffer 5.4.7.2, S.24

- 15) Bork, Henrik: Feuer im Prestigeobjekt, in: Süddeutsche Zeitung vom 14.8.2006; o.V.: Batterien schuld an Brand im Transrapid, in: Süddeutsche Zeitung vom 22.8.2006
- 16) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 32 - Flughafen München, Planfeststellung, Erläuterungsbericht Brandschutzkonzept MSB-Station München Flughafen, Ersteller: STUVAtec GmbH, 05.12.2005, S.10,S.11
- 17) ebenda
- 18) Vetter, Philipp: Transrapid: Feuerwehr rügt Sicherheitsplan, in: Münchner Merkur vom 7.3.2007
- 19) Bork, Henrik: Die U-Bahn von Daegun, ein Katastrophengebiet, in: Süddeutsche Zeitung vom 20.2.2003
- 20) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 11 - Landeshauptstadt München, MSB-km -0,0+49 bis 11,0+89, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Planungsgemeinschaft MSB München, Los 1, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / DE-Consult, München, 2006, Tab.23, S.74
- 21) eigene Berechnungen der VIEREGG-RÖSSLER GmbH
- 22) Vetter, Philipp: Transrapid: Feuerwehr rügt Sicherheitsplan, in: Münchner Merkur vom 7.3.2007
- 23) ebenda
- 24) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen, Planfeststellung, Planfeststellungsabschnitt 11, Planungsgemeinschaft MSB München, Los 1, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / DE-Consult, München, 2006, Regelquerschnitt aufgeständerter Fahrweg, Anlage 6.1.2, München 2006
- 25) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 11 - Landeshauptstadt München, MSB-km -0,0+49 bis 11,0+89, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Planungsgemeinschaft MSB München, Los 1, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / DE-Consult, München, 2006, S.42
- 26) VIEREGG-RÖSSLER GmbH: Analyse der Transrapid-Unfälle in China und Lathen und Rückschlüsse auf das Münchner Transrapid-Projekt, Auftraggeber: Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN im Bayerischen Landtag, 28.9.2006, S.8
- 27) a.a.O., S.61
- 28) ebenda
- 29) a.a.O., S.38

- 30) Michael Tum u.a.: Design and Development of the Transrapid TR09, S.2, http://www.maglev2006.de/005_Tum_ok/005_tum_ok.pdf
- 31) a.a.O, S.3
- 32) Machbarkeitsstudie für Magnetschnellbahnstrecken in Bayern und Nordrhein-Westfalen, Teilprojekt Transrapid München - Flughafen, Abschlussdokumentation Teil II - Bayern, Erläuterungsbericht, Planungsgemeinschaft Metrorapid - Transrapid, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / KREBS UND KIEFER / SPIEKERMANN/VÖSSING, 2002, S.111
- 33) Czycholl, Harald u.a.: Schwarzer Freitag an der Teststrecke, in: welt online www.welt.de/print-welt/article155109/Schwarzer_Freitag_an_der_Teststrecke.html
- 34) Näveke, Arne: 1200 Grad Hitze in fünf Minuten, in: Süddeutsche Zeitung vom 8.6.1999
- 35) ebenda
- 36) Magnetschnellbahn München Hbf - Flughafen: Planfeststellungsabschnitt 11 - Landeshauptstadt München, MSB-km -0,0+49 bis 11,0+89, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Planungsgemeinschaft MSB München, Los 1, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH / DE-Consult, München, 2006, S.42

Anhang:

Studien, Publikationen und Vorträge der VIEREGG-RÖSSLER GmbH zur Magnetbahn Transrapid

Gutachterliche Stellungnahmen

Jahr	Thema der Studie	Auftraggeber
1994	Eisenbahn-Korridor Hamburg - Berlin über Stendal als Alternative zum Transrapid	VCD e.V., Pro Bahn e.V.
1997	Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit des Transrapid-Vorhabens Hamburg - Berlin	Robin Wood e.V.
1997	Analyse des Energiebedarfs im Personenverkehr des Korridors Hamburg - Berlin unter Berücksichtigung des Vergleichs zwischen Transrapid und ICE	BUND e.V., brandung e.V.
2001	Chancen und Risiken des Metrorapid (Expertenhearing im Landtag NRW)	Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen im Landtag NRW
2002	Metrorapid - Lösung für die Verkehrsprobleme in NRW? (Expertenhearing im Landtag NRW)	Fraktion der CDU im Landtag NRW
2002	Stellungnahme zur Machbarkeitsstudie "Transrapid München - Flughafen" (in Zusammenarbeit mit Dr. Jakob Kandler Wirtschaftsberatung)	Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen im Bayerischen Landtag
2003	Machbarkeitsuntersuchung für eine Schnellverbindung in Rad-Schiene-Technik von München zum Flughafen München als Alternative zur Magnetschnellbahn	Stadt Unterschleißheim, Gemeinden Oberschleißheim, Eching, Neufahrn
2006	Analyse der Transrapid-Unfälle in China und Lathen und Rückschlüsse auf das Münchner Transrapid-Projekt	Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen im Bayerischen Landtag
2007	Ermittlung der wahrscheinlichen Baukosten der geplanten Transrapid-Strecke München Hbf - Flughafen München	Fraktion Bündnis 90/ DIE GRÜNEN im Bayerischen Landtag

Publikationen und Vorträge

Rößler, Karlheinz: Magnetbahn Transrapid - Das bessere Verkehrssystem?
in: Bauwelt, 80. Jahrg., Heft 12 / Stadtbauwelt 101, 1989, S. 550-553

Rößler, Karlheinz: Umweltverträglicher Fernverkehr - ohne Transrapid,
Vortrag, Evang. Akademie Nordelbien, Bad Segeberg, 1996

Vieregg, Martin: ICE und Transrapid im sich wandelnden Verkehrsmarkt -
Hat Schienenpersonenfernverkehr noch eine Zukunft?" in: Zeitschrift
für Verkehrswissenschaft, 69. Jahrg., Heft 3, 1998, S. 198-211

Rößler, Karlheinz: Flughafen München: Transrapid oder Fernbahn-Anschluß?
Vortrag, Verband Deutscher Ingenieure (VDI) e.V., München, 2002