Zeitschrift: Werdenberger Jahrbuch : Beiträge zu Geschichte und Kultur der Gemeinden Wartau, Sevelen, Buchs, Grabs, Gams und Sennwald

Herausgeber: Historischer Verein der Region Werdenberg

Band: 14 (2001)

Artikel: Swissmetro - Vision oder Zukunft? : die Ablösung des Rad-Schiene-Systems ist in Sicht: die Magnetschwebebahn

Autor: Rebsamen, Roland

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-893056

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

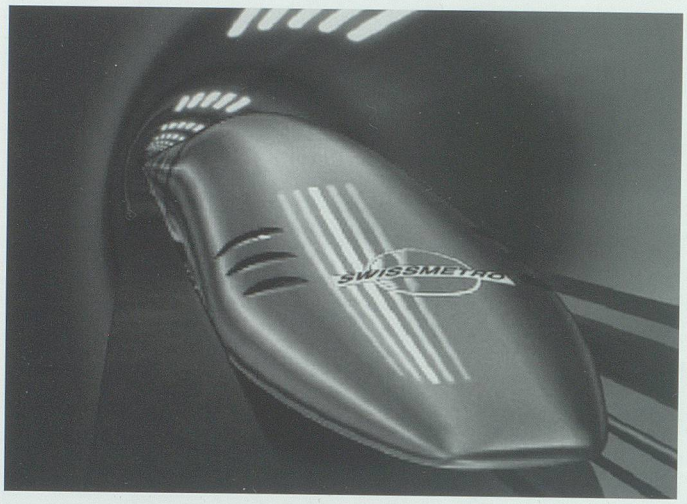
Swissmetro – Vision oder Zukunft?

Die Ablösung des Rad-Schiene-Systems ist in Sicht: die Magnetschwebebahn

Roland Rebsamen, Buchs

Mobilität, eine Thematik, die jeden betrifft. In kurzer Zeit an einen beliebigen Ort zu gelangen ist heute schon fast Realität. Die Erweiterung und die Verbesserung der Mobilitätseinrichtungen stossen jedoch an ihre Grenzen, da die Strassen überlastet sind, die Lärmbelastungen nicht mehr weiter akzeptiert werden und die Schadstoffe die Lebensqualität immer stärker beeinflussen. Es sind Lösungen gefragt, die die Mobilität gewährleisten, deren negativen Aspekte aber minimieren. Die jüngsten Diskussionen um die Zumutbarkeit der Fluglärmbelastung des Flughafens Kloten zeigen die aktuelle Situation klar und deutlich. Hier Lösungen zu finden, die für alle akzeptabel sind, ist nicht einfach. Eines aber ist sicher: Das Recht auf Bewegungsfreiheit wird man niemandem nehmen wollen und auch nicht nehmen können. Die Nachfrage nach Einrichtungen, die diesen Anspruch nach «grenzenloser Bewegungsfreiheit» erfüllen, ist vorhanden, die Frage ist nur: zu welchem Preis?

Bei der Lösung der Transportansprüche ist auch zu beachten, dass viele Leute zur gleichen Zeit reisen möchten. Dies stellt extreme Anforderungen an die Infrastruktur. Trotz der heute weitgehend individuellen Arbeitszeiten sind die täglichen Staus auf den Autobahnen und die Überlastungen in den Zügen zu gewissen Zeiten vorprogrammiert. Die Optimierungsmöglichkeiten bei den heutigen Transportsystemen in Richtung gleichmässiger Auslastung von möglichst minimalen Infrastrukturen sind begrenzt. Schade, aber eine Tatsache, die es zu berücksichtigen gilt.



Designstudie: der aerodynamisch ausgelegte Zugkopf der Swissmetro.

Ein «Flugzeug ohne Flügel»

Die Swissmetro ist ein Transportmittel, das das Problem lösen könnte. Das System beruht auf einer Idee von Rudolph Niet aus dem Jahr 1974. Der zentrale Punkt seines Ansatzes ist die Nutzung der dritten Dimension nach unten. Das in einem meist unterirdischen Rohrsystem angelegte Transportnetz wird mit einem Hochgeschwindigkeitszug ausgerüstet, der dank moderner Technologien energetisch optimiert eingesetzt werden kann. Das magnetisch schwebende System wird in diesen wegen der Reduzierung des Luftwiderstandes teilevakuierten, also unter reduziertem Luftdruck stehenden Röhren mit bis zu 600 Stundenkilometern dahingleiten und die wichtigsten Verkehrsknotenpunkte erschliessen. Dieses neue Transportmittel – «ein Flugzeug ohne Flügel» – wird den innereuropäischen Flugverkehr entlasten und die Transportzeiten in die Zentren sogar gegenüber dem Flugzeug massiv verkürzen. Das System bringt jedoch seine Transportkapazität mit bis zu 800 Passagieren pro Zug nur dann voll zur Entfaltung, wenn die Feinverteilung mittels öffentlichen Verkehrs (Bus, Tram, S-Bahn und Flughafen) und Auto ins Konzept mit einbezogen wird.

NTB an der Entwicklung beteiligt

Die Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs (NTB) bildet Systemingenieure aus, die auch im Projekt Swissmetro eingesetzt werden könnten. Der Buchser Ingenieurschule ist es ein wichtiges Anliegen, die jungen Leute nicht nur zu Ingenieuren auszubilden, sondern auch zukünftige Arbeitsplätze mitzugestalten. Beim Projekt Swissmetro bot sich diese Möglichkeit, und deshalb wurde am NTB unter der Leitung des Verfassers ein Modell gebaut, das die wichtigsten Punkte der Schwebetechnik veranschaulicht. Das Modell besteht aus dem Zugkopf und hat ein funktionsfähiges magnetisches Trag- und Führungssystem. Auch die blockweise Antriebstechnik mit den Linearmotoren ist im Modell vorhanden und bewegt den Zug in einer Plexiglasröhre von vier Metern Länge hin und her. Seit drei Jahren steht dieses Modell, das im Rahmen dreier NTB-Diplomarbeiten entstanden ist, im Verkehrshaus Luzern. Dort soll es dazu beitragen, die Idee Swissmetro bekannt zu machen und deren Akzeptanz zu fördern.

Die Technik

Der Zug ist seit mehr als 150 Jahren im Einsatz und hat sich technisch immer weiter entwickelt. Selbst moderne Hochgeschwindigkeitszüge wie der französische TGV oder der deutsche ICE basieren aber immer noch auf dem gleichen Grundprinzip: eine Lokomotive zieht oder schiebt eine Zugskomposition auf Schienen von A nach B. Durch die technischen Verbesserungen des Schienensystems wie möglichst gradlinige Streckenführungen und mög-

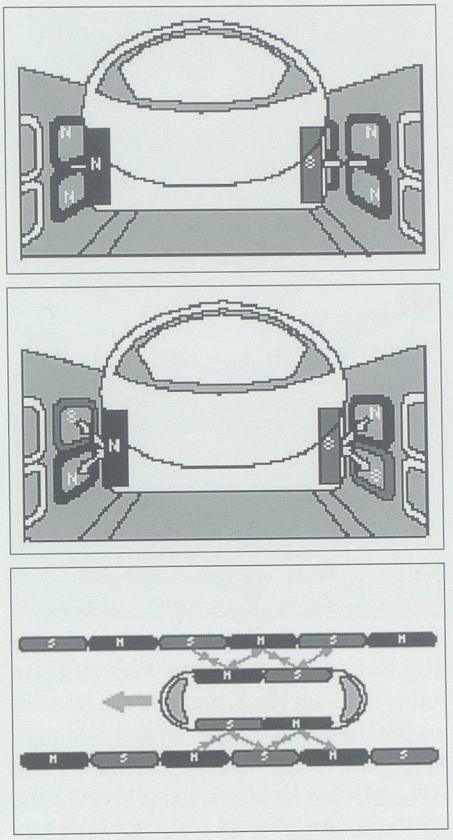
lichst grossradige, zudem noch angepasst geneigte Kurventeile und eine sehr stabile Verankerung des gesamten Schienenkomplexes erlauben heute Geschwindigkeiten von 300 bis 350 km/h. Der technische Unterhalt dieser Infrastruktur ist massiv, was die Kosten dieser Transportmittel in die Höhe drückt. Man kennt die Folgeprobleme zur Genüge, indem diese Kosten meist durch die öffentliche Hand beglichen werden müssen. Die Bahnen schreiben rote Zahlen und versuchen, die Ertragslage durch Rationalisierungsmassnahmen zu verbessern. Dabei bleiben aber nicht selten wichtige Qualitätsmerkmale wie Pünktlichkeit und Gastlichkeit auf der Strecke.

Der Ansatz, das Rad-Schiene-System durch eine magnetische Trag- und Führungseinrichtung zu ersetzen, ist schon lange bekannt und wurde bereits in den dreissiger Jahren das erste Mal technisch realisiert. Die moderne Technik hat die praktikable Umsetzung in den siebziger Jahren ermöglicht. In Japan und Deutschland wurden in grossen Forschungsprojekten Systeme entwickelt, die diese berührungslose Technik erfolgreich einzusetzen vermögen.

Zwei Techniken haben sich etabliert

Die Japaner setzen beim *Maglev* auf das dynamische Trag- und Führungsprinzip. Hier wird die magnetische Kraftwirkung erst bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Zuges entwickelt. Dieser Zug besitzt Räder wie ein Flugzeug und rollt beim Anfahren und Abbremsen auf diesen. Zudem haben die Japaner, ein Volk, das in seine Technik ein sehr hohes Vertrauen hat, die Supraleitung eingesetzt. Zur Erzeugung der magnetischen Felder, die die Kräfte für das Tragen und Führen aufbauen, sind enorme Ströme notwendig. Die Supraleitung, die einen Stromfluss ohne elektrischen Verlust ermöglicht, ist für die Führung dieser Ströme bestens geeignet. Diese Technik ist aber noch nicht so ausgereift, dass sie problemlos einsetzbar wäre. Die Japaner zeigen jedoch, dass sie in der Lage sind, diese technischen Extreman forderungen zu erfüllen.

Die Deutschen setzen in ihrem *Transrapid* auf das statische Verfahren. Hier wird der Zug durch die Anziehungskräfte von Elektromagneten an ein metallisches Schienensystem angehoben und auch seitlich geführt. Die Erzeugung und Regelung der Ströme wird mittels konventioneller



Das elektrodynamische Magnetsystem für das Tragen, Führen und Antreiben des Maglev ist im Rand der Fahrstrecke installiert.

Techniken gemacht. Die Firmen Thyssen und Siemens haben dieses magnetische System in den letzten 25 Jahren zu einem technisch ausgereiften Produkt entwickelt. Der Transrapid ist heute betriebsbereit, nur politisch wird ihm der Einsatz verwehrt.

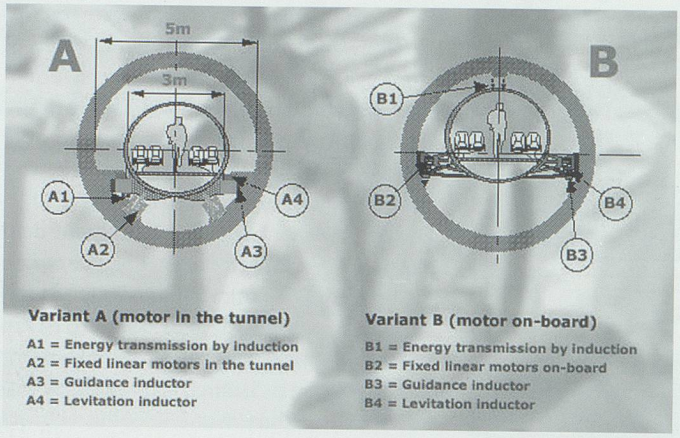
Vorteile gegenüber dem Rad-Schiene-System

Das magnetische System bringt gegenüber dem Rad-Schiene-System folgende Vorteile: Dadurch, dass keine mechanische Berührung mehr vorliegt, entstehen keine Rollgeräusche und keine Abnützungen von Rad und Schiene. Die Form der Schiene kann im magnetischen System den technischen Anforderungen von heute angepasst werden, da die heutigen Züge nicht oder nur in begrenzten Zonen auf diesen fahren müssen. Dies hat zur Folge, dass die Schienen robuster und stabiler ausgelegt werden können, wodurch die Unterhaltskosten massiv reduziert werden. Zudem umschliesst das Trag- und Führungssystem die Schiene, was ein Entgleisen unmöglich macht. Auch die Genauigkeitsanforderungen an die Schienen werden verringert, da die notwendige Regelung Unebenheiten ausgleicht. Der Rollwiderstand ist ebenfalls nicht mehr vorhanden, was sich in der Energiebilanz positiv auswirkt. Auch die Höchstgeschwindigkeit ist nicht mehr von der Rollbewegung begrenzt.

Die *Swissmetro* beruht technisch auf dem gleichen Verfahren wie der deutsche Transrapid. Die Unterschiede liegen in der Gesamtkonzeption: Die Swissmetro ist ein rohrgebundenes System. Anfänglich war diese Röhre ein Tunnel, weil der Zug unterirdisch geführt werden sollte. Dieses Rohrsystem ist zwingend notwendig, um die technischen Eigenschaften der Swissmetro zum Tragen zu bringen.

Das Rohrsystem

Die zukünftigen Transportsysteme müssen schnell sein, um ein ebenbürtiger Ersatz für die Flugzeuge zu sein. Das bedeutet, dass diese Züge mindestens 500 km/h schnell fahren müssen. Der japanische Zug ist für eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 500 km/h ausgelegt, was eine Maximalgeschwindigkeit von bis zu 600 km/h erfordert. Bei diesen hohen Geschwindigkeiten spielt der für den Energiebedarf bedeutsame Luftwiderstand eine erhebliche Rolle. Durch die aerodynamische Form lässt sich dieser bis zu einem gewissen Grad reduzieren, ist aber immer noch sehr gross. Das Rohr, in dem sich die Swissmetro bewegt, verstärkt wegen der Kolbenwirkung den Einfluss des Luftwiderstandes. Um diesen Nachteil auszugleichen, muss das Rohr von der Luft befreit werden. Ein Optimum in der Gesamtenergiebilanz stellt sich bei etwa 100 mbar Restdruck ein. Diese Teilevakuation setzt aber voraus, dass der Zug im Inneren ein Drucksystem wie ein Flugzeug hat. Da die Verhältnisse denen des Flugzeugs entsprechen, kann man sich auf bewährte Techniken abstützen. Die Teilevakuation bringt einen markanten Energievorteil dieses Systems gegenüber dem Transrapid und dem japanischen Maglev. Damit die Infrastrukturkosten für das Rohrsystem nicht zu hoch werden, muss der Querschnitt der Röhren so eng wie möglich gehalten werden. Simulationen an der ETH Lausanne haben gezeigt, dass der innere Durchmesser jedoch mindestens fünf Meter betragen muss, damit bei der Fahrt durch die Luftverdrängung nicht Turbulenzen entstehen, die wirbelsturmartige Verhältnisse verursachen. Diese Turbulenzen müssen so ge-



Tunnel- und Fahrzeugquerschnitt (Konzeptstudie).

ring wie möglich gehalten werden, damit die Züge in den Röhren in engen Abständen fahren können (im Extremfall im 7-Minuten-Takt). Der Tunnel- oder Rohrquerschnitt wirkt sich besonders stark auf die Baukosten aus. Der Maglev, der auf seiner Teststrecke etwa 70 Prozent im Tunnel fährt, benötigt einen Tunneldurchmesser von 12 Meter. Die Evakuation verlangt bei den Stationen spezielle Einrichtungen, so dass das Ein- und Aussteigen von maximal 800 Passagieren innerhalb von zwei Minuten erfolgen kann, da sonst die Durchschnittsgeschwindigkeit stark gedrückt wird.

Momentan gibt es zwei Konzepte zur Lösung dieser Problematik: das Schleusensystem und das Docksystem.

Beim Schleusenverfahren herrschen in den Stationen normale Druckverhältnisse, so dass für die Personen keine speziellen Vorkehrungen notwendig sind. Der Zug durchfährt vor und nach der Station einen Abschnitt, der geflutet oder entlüftet werden kann, was eine Abdichtung der Rohre voraussetzt. Dies geschieht mit Schiebern. Diese Schieber sind technisch machbar und stellen eine Spezialität der Firma VAT Vakuumventile AG in Haag dar.

Beim Dockverfahren wird der Zug zum Ein- und Aussteigen über Docks zugänglich gemacht. Hier erübrigen sich die Flutung und die Entlüftung, jedoch wird die Station räumlich stark eingeschränkt, was wiederum die Personenfrequenz beeinflusst.

Für eine Verbindung von A nach B sind immer mindestens zwei Röhren notwendig, da in einer Röhre stets nur in eine Richtung gefahren wird. Die geforderte Flexibilität in der Transportkapazität setzt zudem voraus, dass in einigen Stationen Zugskompositionen ein- und ausgeschleust werden können. Das Rohrsystem ist das Herzstück des Swissmetro-Konzepts und wirft noch einige Fragen auf. Die Schweiz kann aber in diesem Bereich auf ein hohes Mass an Erfahrung bauen, wenn man an den traditionellen Stollen- und Tunnelbau denkt.

Das Rohr selbst darf keine Verwerfungen aufweisen, um die Sicherheit des Systems zu gewährleisten. Dies erfordert eine massive Ausführung, die den Ausblick aus dem Zug auf jeden Fall stark bis vollständig einschränkt. Das ist wohl einer der Problempunkte der Swissmetro, da es gelingen muss, die Fahrgäste ins Dunkle zu locken. Hier ist die Technik der Zukunft gefragt, die diese Dunkelheit in eine Erlebniswelt umformen soll. Ein nicht zu vernachlässigender Vorteil hingegen liegt in der vollständigen Kapselung des Lärms, der auch bei einer Magnetschwebebahn in Form von Luftgeräuschen nicht zu vermeiden ist. Der so erzeugte Lärm liegt wohl weit unter dem Lärm des Rollgeräusches einer herkömmlichen Eisenbahn, liegt aber in einem andern Frequenzspektrum, das der Mensch als störender wahrnimmt.

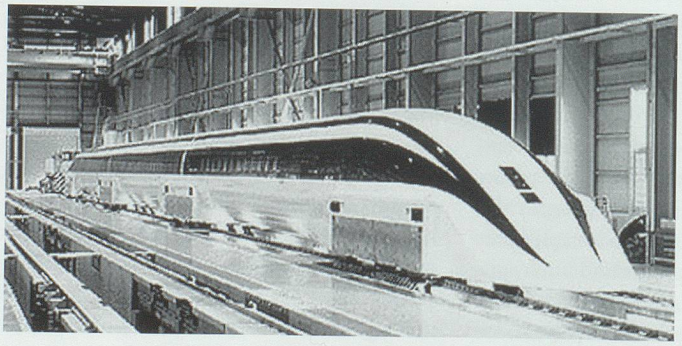
Das Antriebssystem

Der konventionelle Zug führt die Antriebseinheit mit ihrer grossen Masse, der Lokomotive, mit sich. Beim Anfahren und Bremsen muss diese Masse immer wieder beschleunigt beziehungsweise abgebremst werden, was viel Energie benötigt. Im Swissmetro-Konzept ist der Antrieb im Rohrsystem installiert; hierfür werden Linearmotoren verwendet. Beim Linearmotor wird eine Längsbewegung erzeugt, wobei der bewegliche Teil dieses Motors der Zug darstellt. Damit nicht Motoren von Tausenden von Kilometern Länge gebaut werden müssen, werden sie in Blöcken abschnittsweise angeordnet (so genannte asynchrone Kurzlinearmotoren). Dies ist nur dank dem Rohrsystem in der Richtungsfestlegung möglich. Dabei werden die Motoren der erforderlichen Leistung entsprechend installiert. In den Stationen, in denen der Zug beschleunigt werden muss, sind die Motoren so eng angeordnet, dass der Zug immer als Rotor wirkt. Bei Strecken, die abwärts verlaufen, sind diese Motoren in Abständen von einigen Kilometern angeordnet und müssen nur die Verluste, die durch die Restluft verursacht werden, kompensieren. Eine technische Besonderheit ist der Ein- und Austritt bei diesen rund 200 Meter langen Motoren. In den Randzonen dürfen keine ruckartigen Beschleunigungen auftreten, damit das Fahrgefühl nicht negativ beeinflusst wird. Forschungsarbeiten an der ETH Zürich befassen sich mit diesen Fragen.

Linearmotoren sind heute in Jahrmärkten im Einsatz, wo Personen geschossartig beschleunigt werden. Bei der Swissmetro ist diese Bewegung nicht gefragt, aber das sanfte Anfahren und Bremsen, damit man sich nicht anschnallen muss. Ob sich dieses System der verteilten Antriebe bewährt, muss in Forschungsarbeiten noch verifiziert werden. Vielleicht muss dieses an und für sich energetisch überzeugende Konzept geopfert werden, damit der Transrapid auch im Swissmetro-Netz fahren kann.

Aspekte der Sicherheit

Eingeschlossen in einem Zug, der die lebensnotwendige Luft mit sich führt, in ei-

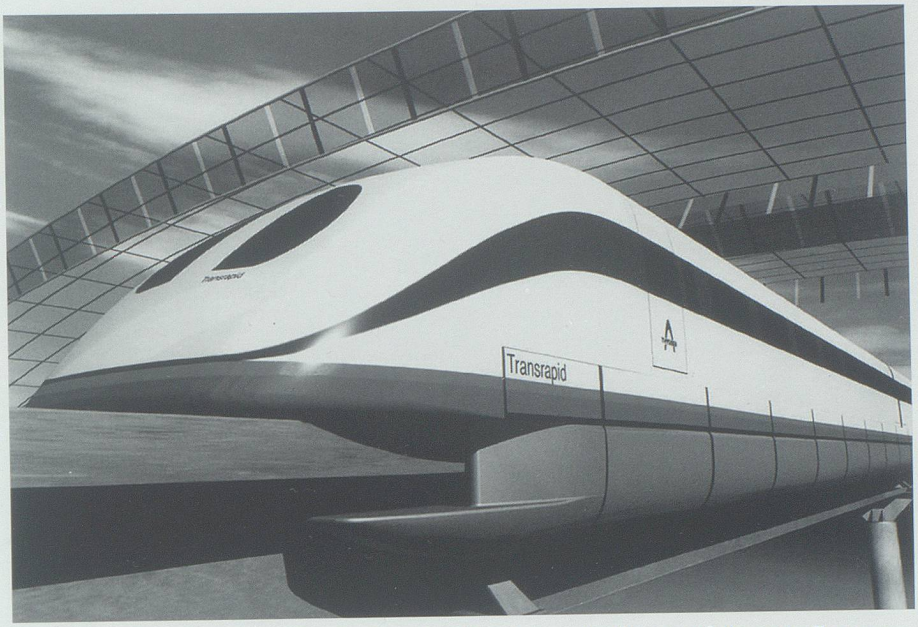


MLX 01, Testfahrzeug der Yamanashi Maglev Test Line in Japan.

nem Rohr, in dem man im Dunkeln tappt: eine Vorstellung, die den Aufbau von Vertrauen in die Swissmetro erschwert. Nebst den technischen Aspekten müssen deshalb die psychologischen Seiten gut abgeklärt werden, damit für die Benutzung eines solchen Transportsystems überhaupt Akzeptanz geschaffen werden kann.
Ein entscheidender Punkt ist wiederum das Rohrsystem, das in Abschnitte segmentiert wird. Zu jedem Segment, welches ein paar Kilometer lang sein wird, gehören ein Schliesssystem und eine Ausstiegsluke. Sollte der Zug in einem Abschnitt stehen bleiben, so wird er über ein zweites Antriebssystem – Räder, die sich auf der Schiene abstützen können – in einer langsamen Fortbewegung in die nächste Station gefahren. Sollte in voller Fahrt das Trag- und Führungssystem ausfallen, so landet der Zug auf Kufen, die über Reibung die kinetische Energie in Wärme umformen. Dieses Notsystem kann nur einmal verwendet werden und muss nach einem solchen Zwischenfall ersetzt werden. In der Kabine des Zuges befinden sich die gleichen Sicherheitseinrichtungen wie in einem Flugzeug, so dass die Zeit, die zur Flutung des Abschnittes mit Frischluft notwendig ist, mit Masken überbrückt werden kann. Nach der Flutung des Abschnitts können die Passagiere den Zug verlassen und auf das Bergungsfahrzeug umsteigen oder auch zu Fuss den Notaufstieg erreichen. Zudem wird das System Überwachungseinrichtungen besitzen, die eine vollständige Überwachung ermöglichen. Die grösste Gefahr bildet ein Brand in einer solchen Röhre. Dank des erheblich reduzierten Luftdrucks ist die Ausbreitung eines Brandes aber stark eingeschränkt.

Magnetschwebebahnen

Wie bereits erwähnt, sind in Japan und in Deutschland solche Züge bereits als Prototypen im Einsatz und werden dort auf Teilstrecken erfolgreich betrieben. Beeindruckend sind einmal mehr die Japaner mit ihrem Maglev, der in Rekordzeit aufgebaut wurde und nun auf einer 48 Kilometer langen Teststrecke fährt, die bereits ein Teilstück der Tokyo–Osaka-Linie ist. Er hält zurzeit mit 517 km/h den Geschwindigkeitsrekord. Schade ist allerdings, dass die Japaner der Umwelt keinen hohen Stellenwert beimessen. Somit ist dieser Zug, der ein technisches Wunderwerk ist, energetisch und von der Umweltverträglichkeit her gesehen nicht voll überzeugend. Erstaunlich sind die Notbremsen des Zuges: Sollte das Tragsystem einmal ausfallen, landet der Zug auf seinen für das Anfahren und Bremsen erforderlichen Rädern und bremst sich mittels Landeklappen ab, die wie Kiemen eines Molchs anmuten. Dieses Bremssystem erfordert aber den grossen Tunneldurchmesser von 12 Metern.
Der deutsche Transrapid-08 ist ebenfalls ein technisches Meisterwerk, mit deutscher Gründlichkeit geplant und gebaut, und sollte bereits 2006 den Verkehr zwischen Hamburg und Berlin aufnehmen. Zurzeit ist er politisch gestoppt und wartet noch auf grünes Licht. Der Zug fährt auf Schienen, die wegen des sumpfigen Geländes und aus Rücksicht auf die Natur aufgeständert sind. In Emsland, in der Nähe von Hamburg, kann man auf einer Teststrecke von 38 Kilometer Länge mit 400 Stundenkilometern dahingleiten.



Wartet auf grünes Licht für die Strecke Hamburg–Berlin: Testfahrzeug Transrapid-8.

Aussicht

Die Magnetschwebebahn ist eine Technik, die das 150 Jahre alte Rad-Schiene-System ablösen kann, um eine neue Transportära einzuleiten. Das Swissmetro-Konzept ist ökologisch und ökonomisch durchdacht und hat ein grosses Marktpotenzial, sofern eine Gesamtbetrachtung gemacht wird, in der unser Lebensraum und die Lebensqualität ebenfalls berücksichtigt werden. Das System hat aber nur dann eine wirkliche Berechtigung, wenn es nicht auf den Einsatz in der Schweiz begrenzt bleibt. Der Name Swissmetro sollte deshalb abgeändert werden, um diese Öffnung zu manifestieren. Der Marktanteil muss sicherlich im heutigen innereuropäischen Flugsegment gewonnen werden. Die Magnetschwebebahn kann die vorhandenen Verkehrszentren direkt erschliessen, wodurch die Reisezeiten im Vergleich zum Flugzeug kürzer ausfallen.
Für die Schweizer Wirtschaft wäre das Grossprojekt Magnetschwebebahn eine Herausforderung. Sie würde die Möglichkeit beinhalten, in vielen Bereichen eine Leaderposition zu erlangen und zu festigen. Für die Realisation dieser Vision braucht es aber auch Mut und finanzielle Unterstützung. Diese Unterstützung müsste auch von der Öffentlichkeit kommen, auch wenn die Betreiber dieses Transportsystems privatwirtschaftlich arbeiten sollten.
Und was hat die Swissmetro mit der Region Werdenberg zu tun? Eine internationale Strecke könnte ja auch Berlin–München–Buchs–Mailand–Rom sein. Wieso nicht? Buchs war doch schon einmal ein wichtiger Schienenverkehrsknotenpunkt. Für die Region brächte eine solche Bahn neue Aspekte. Zum Beispiel: wohnen im grünen Werdenberg, arbeiten im wirtschaftlichen Grosszentrum Zürich. Heute schon ist dies auch mit der Bahn möglich, ist aber mit einer täglichen Fahrzeit von drei Stunden verbunden – mit der Swissmetro wäre es eine Angelegenheit von weniger als einer Stunde! – Eine Vision oder die Zukunft?