

M-BAHN

LEICHTE AUTOMATISIERTE HOCH- UND UNTERGRUND-STADTBAHN

Aus der Sammlung "www.Berliner-Verkehrsseiten.de"



BMFT gefördert vom
Bundesminister
für Forschung
und Technologie



Aus dem Archiv der
Berliner Verkehrsseiten

MAGNETBAHN GMBH
AEG-TELEFUNKEN

M-BAHN - EIN NEUES ANGEBOT FÜR DEN ÖFFENTLICHEN NAHVERKEHR

Probleme des öffentlichen Nahverkehrs

Die wünschenswerte Erweiterung und Verbesserung des öffentlichen Verkehrsangebotes stößt an enge Grenzen:

Der Bau neuer U- und S-Bahnen erfordert sehr hohe Investitionen.

Straßenbahnen und Busse sind vom Straßenverkehr eingeschränkt.

Die Verkehrssysteme haben hohe Betriebskosten mit steigenden Personalkostenanteilen.

Gefordert wird in vielen Städten und Ballungsgebieten eine Bahn guter Verkehrsleistung mit U-Bahn-Qualität, aber niedrigeren Investitions- und Betriebskosten sowie erhöhtem Bedienungswert.

Eine Antwort hierauf ist die M-Bahn.

Das Angebot der M-Bahn:

Die M-Bahn ist eine automatisierte Nahverkehrsbahn hoher Verkehrsleistung auf eigenem Fahrweg mit einer neuen „magnetischen“ Fahr- und Antriebstechnik:

Die Fahrzeuge der M-Bahn werden von Dauermagneten getragen (anstatt von Rädern) und von einer elektrischen Einrichtung im Fahrweg angetrieben (anstatt von Elektromotoren im Fahrzeug).

Dieses „magnetische Fahren“ der M-Bahn ergibt wesentliche Vorteile im Hinblick auf die Investitions- und Betriebskosten, Bedienungsqualität und Umweltfreundlichkeit.

Die Anwendung der M-Bahn reicht vom innerstädtischen Verkehr über den Regionalverkehr bis zum Gütermassen-transport.

Ihre Beförderungskapazität ist wie bei anderen Bahnen abhängig von Abfahrtsfrequenz, Zuglänge und Fahrzeugquerschnitt.

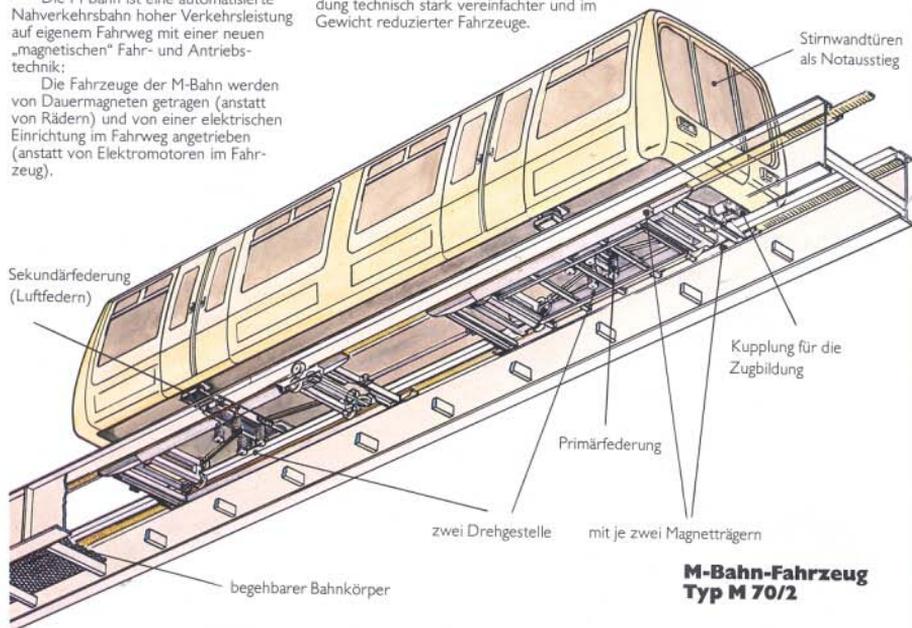
Fahrzeugdimensionen, Fahrgeschwindigkeit, Fahrtakt und Fahrebene sind nach Bedarf wählbar.

Für die M-Bahn ist kennzeichnend, daß sie auch bei geringerem Verkehrsaufkommen oder in Schwachverkehrszeiten mit kurzen Zeitabständen zwischen den Zügen betrieben werden kann. Diese günstige Betriebsweise wird ermöglicht durch Fahrerlosigkeit aufgrund voller Automatisierung und durch die Verwendung technisch stark vereinfachter und im Gewicht reduzierter Fahrzeuge.

Die leichten Wagen erlauben im Unterschied zu herkömmlichen Bahnen schlanke Fahrwege in Hochlage mit geringer Bauhöhe der Fahrtrasse; das niedrige Fahrwerk der M-Bahn ermöglicht kleinere Tunnelquerschnitte.

Die M-Bahn kann damit gekennzeichnet werden als

Eine leichte automatisierte Hoch- und Untergrund-Stadtbahn



**M-Bahn-Fahrzeug
Typ M 70/2**

DIE TECHNIK DER M-BAHN - MAGNETISCHES FAHREN

Die neue Technik der M-Bahn

Die M-Bahn hat eine neue, vereinfachende Fahr- und Antriebstechnik. Bei herkömmlichen Bahnen mit ihrer 150 Jahre bewährten Eisenbahntechnik wird das Fahrzeug durch Räder getragen und geführt. Im Fahrzeug befindliche Motoren treiben die Räder an.

Die M-Bahn hat dagegen weder tragende Räder noch Antriebsmotoren im Fahrzeug. Statt durch Räder wird das Fahrzeug durch am Fahrwerk angebrachte Dauermagnete getragen, die sich von unten an Teile des Fahrweges anhängen. Eine einfache Steuerung der Dauermagnete sorgt dafür, daß die variablen Gewichtskräfte immer kompensiert werden. Dazu wird der Abstand zwischen Fahrzeug und Dauermagneten von etwa 1,5 bis 3 cm Spaltweite gesteuert, was durch am Fahrwerk angebrachte Rollen geschieht, die am Fahrweg abrollen.

Der Fahrzeugantrieb erfolgt durch im Fahrzeug verlegte elektrische Kabel, die von ortsfesten Stromsteuererrichtungen gespeist werden. Dadurch entsteht ein elektrisches Wanderfeld, welches die Dauermagnete und damit das Fahrzeug über die Strecke zieht (synchroner Linearantrieb).

Die Dauermagnete des Fahrzeuges haben also eine Doppelfunktion: Sie tragen das Fahrzeug und dienen als Erreger für den Wanderfeldantrieb.

Diese integrierte Fahr- und Antriebstechnik ist einfach, robust und sicher.

Die Auswirkungen der M-Bahn-Technik

Die M-Bahn-Technik ermöglicht eine entscheidende Verringerung des technischen Aufwands für Fahrzeuge und Fahrwege.

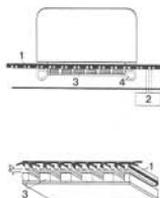
Da die Antriebstechnik im Fahrzeug entfällt und die Fahrwerke leichter und einfacher ausgeführt werden können, wird das Fahrzeuggewicht verglichen mit herkömmlichen Fahrzeugen wesentlich verringert. Aufgrund der geringeren Belastung durch Fahrzeuggewichte und der gleichmäßig über die Wagenlängen verteilten niedrigen Streckenlast wird der Konstruktionsaufwand für Fahrwege in Hoch- bzw. Niveaulage deutlich reduziert.

Für unterirdische Streckenführungen benötigt die M-Bahn wegen ihrer niedrigeren Fahrwerke kleinere Tunnelquerschnitte.

Die leichten Fahrzeuge mit vereinfachten Fahrwerken, die von ortsfesten Einrichtungen angetrieben und gesteuert werden, benötigen einen geringeren Wartungsaufwand und erleichtern den automatischen Betrieb.

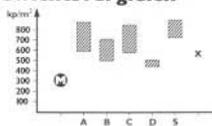
Die Technik des magnetischen Fahrens:

Motorlose Fahrzeuge von Magneten getragen und angetrieben



- Dauermagnete (3) tragen das Fahrzeug, wobei sich die Größe der Magnetkräfte zur Kompensation von Fahrzeuggewicht, Zuladung und Massenkräften selbsttätig steuert. Kleine Räder dienen nur noch zur seitlichen Führung und zur Steuerung der Magnetkräfte.
- Motorloses Fahrzeug, Antrieb und Steuerung ortsfest durch Wanderfeldeinrichtungen (1), die im Fahrweg eingebaut sind und von einem Umrichter (2) gespeist werden.
- Die gleichen Dauermagnete (3) im Fahrzeug wirken mit dem Wanderfeld als synchroner Linearantrieb zusammen.

Gewichtvergleich



Fahrzeuggewicht pro m² Nutzfläche

- M-Bahn 70'
- A - U-Bahn-Fahrzeuge
- B - U-Bahn-Fahrzeuge in Leichtmetallbauweise
- C - Straßenbahn- und Stadtbahntriebwagen
- D - Straßenbahn- und Stadtbahntriebwagen ohne Antrieb
- S - Elektrische Nahverkehrszugwagen der Deutschen Bundesbahn
- X - Leichtmetall-Kleinprofil-U-Bahn-Wagen A3L (Berlin)

Kleinprofil-U-Bahn

M-Bahn M70'

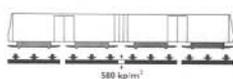
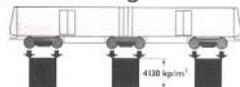
81 Personen (4 Stuhlpl./m²)



70 Personen (4 Stuhlpl./m²)

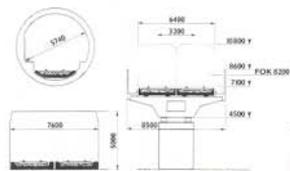


Lastverteilung

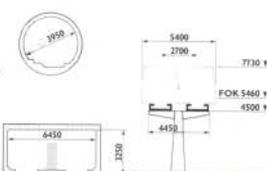


Fahrwegquerschnitte

U-Bahn



M-Bahn



DIE VORTEILE DER M-BAHN

Aufgrund der magnetischen Fahr- und Antriebstechnik ergeben sich im Vergleich zu herkömmlichen Bahnen folgende

Vorteile der M-Bahn

- verringerte Investitionen für Fahrzeuge und aufgeständerte sowie unterirdische Fahrwege
- geringere Betriebskosten
- höhere Bedienungsqualität
- geringerer Antriebsstromverbrauch
- höhere Umweltfreundlichkeit
- kürzere Bauzeiten

Die M-Bahn kann deshalb auch mittlere Verkehrsaufkommen günstig bedienen. Insbesondere für mittlere Großstädte kann damit eine Bahn mit guter Verkehrsleistung und U-Bahn-Standards bei sogar verbesserter Bedienungsqualität zu vertretbaren Investitions- und Betriebskosten realisiert werden.

Verringerte Investitionen für Fahrzeuge

Der technische Aufwand und damit Gewicht und Preis der Fahrzeuge wird wesentlich verringert:

- Wegfall der Antriebsanlage mit Elektromotoren, Getriebe, Stromsteuerungs- umrichter für den Antrieb, Antriebsstromübertragungseinrichtungen
- Wegfall der Drehgestelle mit Stahlradsätzen und ihr Ersatz durch permanentmagnetisches Tragen mit einem stark verringerten Aufwand

Bei der M-Bahn fahren also Transportgefäße mit einem Minimum an zusätzlicher Technik über die Strecke.

Die M-Bahn-Fahrzeuge wiegen deshalb bis zur Hälfte weniger als herkömmliche Fahrzeuge (siehe Gewichtsvergleich).

Verringerte Investitionen für Fahrwege

Die Kosten für aufgeständerte und unterirdische Fahrwege liegen bis 40% unter denen herkömmlicher Bahnen.

- Der geringere Preis aufgeständerten Fahrwege ist anhand der Vergleichsquerschnitte verständlich (siehe Fahrwegquerschnitte).

Neben der günstigen, das Fahrwerk umschließenden Trägerbauweise trägt dazu das geringere Gewicht der Fahrzeuge und die von etwa 2 to auf 1 to pro Meter Fahrweg verringerte Belastung zusammen mit der gleichmäßig über die gesamte Wagenlänge verteilten niedrigen Streckenlast bei (siehe Lastverteilung). Unterirdische Fahrwege sind kostengünstiger durch ihren geringeren Querschnitt:

Die geringe Bauhöhe des Fahrwerkes der M-Bahn-Fahrzeuge und deren kleines Profil ergeben verringerte Tunnel-durchmesser und damit auch verringerte Tunnelbaukosten. Außerdem können die Haltestellenbauwerke kürzer und damit billiger ausgeführt werden, weil die Fahrerlosigkeit kürzere Züge, also auch kürzere Bahnsteige ermöglicht. Die M-Bahn-Technik ergibt wegen ihrer hohen Steigfähigkeit kurze Rampen und erleichtert damit den Wechsel zwischen verschiedenen Höhenlagen des Fahrweges. Nur in den Steigungsstrecken wird örtlich eine erhöhte Antriebsleistung installiert. Das erlaubt auch bei einer aufgeständerten Strecke mit 4,50 m lichter

Höhe, die Haltestellen auf eine fußläufige Höhe von etwa 2,50 m abzusenken.

Geringere Betriebskosten

Die Betriebskosten des M-Bahn-Systems dürften deutlich niedriger als die anderer spurgebundener Nahverkehrssysteme liegen.

Die Gründe:

- der automatisierte Betriebsablauf hat geringere Personalkosten zur Folge
- die Fahrzeuge besitzen weder eine Antriebsanlage noch Tragräder, die durch das Fahrzeuggewicht beansprucht werden, sie sind deshalb weniger wartungsintensiv
- die Antriebs- und Steuerungstechnik ist ortsfest, leicht zugänglich und ohne Beschränkung des Einbauraumes ausgelegt, daher ebenfalls wartungsfreundlich.

Erhöhte Bedienungsqualität

Der fahrerlose Betrieb ermöglicht kurze Zugfolgezeiten, womit die Wartezeiten praktisch entfallen. Dieses Angebot

kann auch in Schwachverkehrszeiten und auf Außenstrecken mit relativ geringen Kosten aufrecht erhalten werden, weil leichte, vereinfachte, motorlose Transportgefäße mit geringerem Stromverbrauch bewegt werden.

Höhere Umweltfreundlichkeit

Die Fahrzeuge fahren nahezu geräuschlos, ohne daß hierzu besondere Lärmschutzmaßnahmen nötig sind.

Die Fahrträger der aufgeständerten Strecke sind von leichter Konstruktion mit niedriger Trägerhöhe von 0,8 - 1 m.

Geringerer Antriebsstromverbrauch

Die niedrigeren Fahrzeuggewichte führen im Nahverkehr mit seinen häufigen Beschleunigungsvorgängen zu einer beinahe gewichtsproportionalen Energieverbrauchsreduzierung. Dazu trägt auch der hohe Wirkungsgrad des synchronen, dauermagnetregten M-Bahn-Linearantriebes bei.

Kürzere Bauzeiten

Die M-Bahn hat kurze Bauzeiten und kann ohne wesentliche Behinderung des Straßenverkehrs oder der Anlieger schnell errichtet werden. Das Problem des Erwerbs von Grundstücksflächen oder der Beeinträchtigung bestehender Verkehrsflächen ist bei aufgeständertem Fahrweg reduziert.

Ebenerdige und aufgeständerte Fahrwege können demontiert und für eine andere Trassenführung umgesetzt werden.

Der Bau der ebenerdigen oder aufgeständerten Fahrban kann aufgrund der einfachen Stahl- oder Beton-Konstruktion an regionale Firmen vergeben werden, so daß für die örtliche, mittelständische Industrie Arbeitsvolumen geschaffen wird.



KOMPONENTEN UND BETRIEB

Die M-Bahn-Fahrzeuge

Die Fahrzeuggrößen sind frei wählbar. Aus Einsatzstudien für verschiedene Anwendungsfälle ergab sich als eine vorteilhafte Fahrzeuggröße ein 70-Personen-Fahrzeug.



Die wichtigsten Daten:

- | | |
|--|--------|
| - Länge über Kupplung | 11,8 m |
| - Höhe über Bahnkörper | 2,4 m |
| - Breite | 2,3 m |
| - 24 Sitzplätze | |
| - 46 Sitzplätze (4 pro m ²) | |
| - 2 Schwenkschiebetüren je Seite (lichte Weite 1,3 m) mit Türverriegelungsautomatik | |
| - je eine Nottür an den Stirnseiten | |
| - Fahrgast-Sprechstelle für Information und Notruf | |
| - Mechanisches Sicherheits-Bremssystem | |
| - Bordenergieversorgung über Stromschienen an den Haltestellen | |
| - Fahrzeugausrüstung und -gestaltung entsprechen VOV-Empfehlungen für Nahverkehrsfahrzeuge | |

Der Fahrweg der M-Bahn

- Die Fahrwege der M-Bahn können in
- Hochlage (aufgeständert)
 - Niveaulage (ebenerdig) oder
 - Tiefelage (Tunnel, Trog, Einschnitt) geführt werden.



Aufgeständerte Strecken werden in Stahlbauweise oder aus Beton-Fertigteilen erstellt.

Es ergeben sich erhebliche Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Nahverkehrs-Bahnen. Die leichte Konstruktion mit schlanken Trägern und Stützen läßt sich in die Umgebung gut einpassen. Die Fahrträger sind auf vertieft angebrachten Gitterrosten geschützt begehrbar.

Die Wanderfeldeinrichtung im Fahrweg ist gut zugänglich. Sie ist gegen Witterungseinflüsse geschützt, weil die Funktionsflächen nach unten gerichtet sind.

Weichen

Die Weichen werden mechanisch geschaltet, während das Fahrzeug konsequent passiv bleibt. In der Weiche wird dazu ein einzelnes Führungsstück um etwa 20 cm mit Drehpunkt am Weichenherz seitlich verstellt: Verstellung elektrohydraulisch mit Verriegelung.

Die M-Bahn-Technik erlaubt wie bei herkömmlichen Bahnen niveaugleiche Kreuzungen.

Energieversorgung und Steuerung

Die Fahrzeugwanderfeldeinrichtung als aktiver Teil des Antriebsystems im Bahnkörper ist in Abschnitte unterteilt. Die Abschnitte werden entsprechend der Zugbewegung zugeschaltet und mit Strom von gesteuerter Amplitude und Frequenz gespeist.

Die Fahrprofile werden nach den Vorgaben des Betriebsleitsystems von der Antriebssteuerung umgesetzt.

Die Betriebsweise der M-Bahn

Der Betrieb der M-Bahn erfolgt fahrerlos mit Einzelfahrzeugen oder Zügen. Die Automatisierung ermöglicht dabei kurze Takt-Zeiten. Die Minimalabstände der fahrenden Züge werden im wesentlichen durch die Haltestellenabfertigung bestimmt. Ermöglicht durch die vereinfachte Fahrzeugtechnik, damit M-Bahn-spezifisch, ist die Aufrechterhaltung der kurzen Zugfolgezeiten auch für Schwachverkehrszeiten und Außenstrecken.

Automatisierung und Sicherung

Für die Betriebsleittechnik der M-Bahn wurden von AEG-TELEFUNKEN entwickelte Komponenten an die M-Bahn adaptiert.

Ein zentraler Betriebsleittechniker erfüllt die Dispositionsaufgaben.

Die operative Ebene der Betriebsleittechnik ist dezentral in Bereichssteuerstellen angeordnet. Hier erfolgt die Steuerung der Zugfahrten.

Durch ein autarkes Zugsicherungssystem wird die Sicherheit des Fahrbetriebes gewährleistet.



Erprobungsanlage M-Bahn

Ort: Braunschweig
Erste Inbetriebnahme: 1976
Strecke 1400 m in zwei geschlossenen, über Weichen miteinander verbundenen Trassenschleifen mit Steigungs- und Gefällestrrecken.

Erprobungsstrecken teils ebenerdig, teils aufgeständert, verschiedene Bauweisen in Stahl und Spannbeton.
Zur Zeit 3 Fahrzeuge für je 40 bzw. 70 Personen, Fahrgeschwindigkeit 50 km/h, begrenzt durch Kurvenradien. Unterwerk mit mehreren Frequenzumrichtern und Streckenschaltanrichtungen sowie Steuerzentrale.
Zwei Stationen.
Es handelt sich bei der Erprobungsanlage und bei der 1974 durchgeführten Vorerprobung um die erste anwendungs-gerechte Verwirklichung eines Antriebsprinzips, bei welchem Fahrzeuge über Magnetfelder vom Fahrweg aus angetrieben werden.

ERPROBUNGSANLAGE M-BAHN BRAUNSCHWEIG



Luftbild freigegeben RP Braunschweig Nr. 27/722-1

DIE MAGNETBAHN GMBH

Dipl.-Phys. Götz Heidelberg, geschäftsführender Gesellschafter der Magnetbahn GmbH, hat 1970 als Leiter des Bereichs „Neue Verkehrstechnik“ der Firma MBB das erste funktionsfähige Magnetschwebefahrzeug der Welt entwickelt und gebaut, ein von Elektromagneten getragenes und durch einen Kurzstatorlinearmotor angetriebenes Fahrzeug (Magnetschwebetechnik).

G. Heidelberg hat sodann ab 1973 in der von ihm gegründeten CITYBAHN GmbH mit Förderung des BMFT die Wanderfeldtechnik (ortsfester Langstator-Linearmotor) und die damit integrierte Magnettragechnik auf der Basis von Permanentmagneten entwickelt und 1974 auch hier erstmals ein funktionsfähiges Fahrzeug im Maßstab 1:1

realisiert (Technik des magnetischen Fahrens). Die Wanderfeldentwicklung wurde durch Prof. Weh, TU Braunschweig unterstützt.

Die Citybahn GmbH führt seit Beteiligung der Firma AEG-TELEFUNKEN an der Gesellschaft im Herbst 1978 den Namen MAGNETBAHN GMBH.

MAGNETBAHN GMBH

Moosstraße 14 · 8130 Starnberg
Tel. 0 81 51/44 44 (80 61-63)