

Daimler-Benz
Industrie

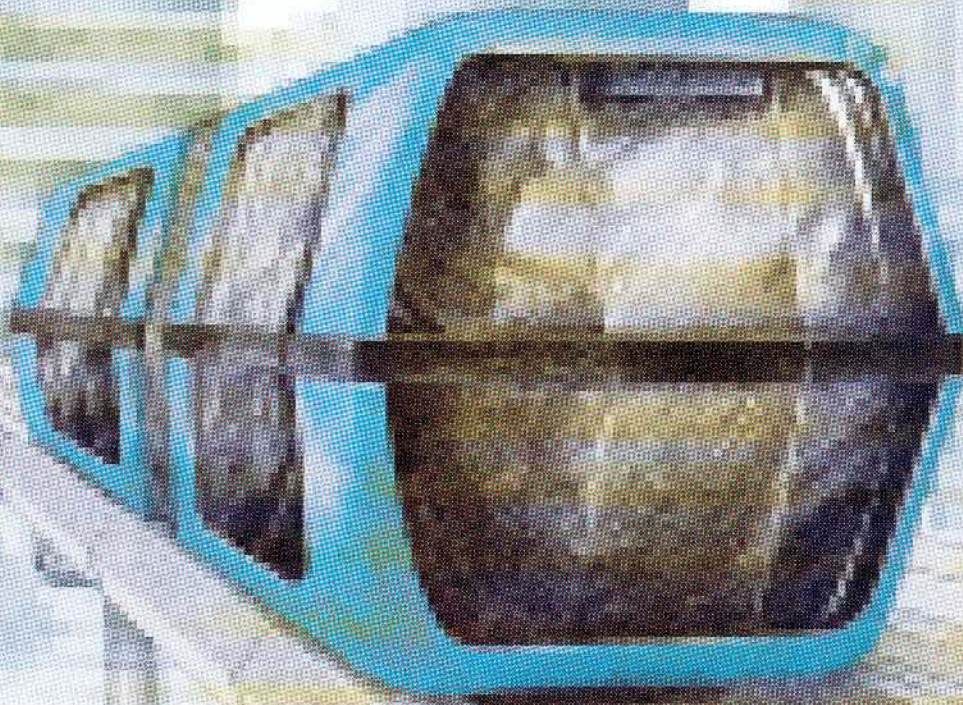
AEG



Aus dem Archiv der
Berliner Verkehrsseiten

M-Bahn Anlagen Konzept, Planung, Betrieb

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



Inhalt

M-Bahn im Überblick	Seite
Das System	3
Entwicklung der M-Bahn	4
M-Bahn Anlage in Berlin	5
Das M-Bahn System im städtischen Umfeld	6
Anforderungen an ein Nahverkehrssystem	8
Einsatzfelder des M-Bahn Systems	9
Systemmerkmale	
Permanentmagnete ersetzen die tragenden Räder	12
Antrieben und Bremsen	14
Umweltaspekte	16
Automatische Betriebsführung	17
Planungsinformationen	
Die Fahrzeuge der M-Bahn	20
Beförderungskapazität eines M Bahn Systems	22
Fahrzeit, Reisezeit	23
Trassierungsgrundlagen für den Fahrweg	24
Kurven, Überhöhungen, Neigungen	25
Fahrwegausführung	26
Fahrwegstützen	28
Lichtraumumgrenzung und Bauwerkslichraum	30
Städtebauliche Integrierbarkeit	31
Weichen der M-Bahn	32
Streckenabschluß	34
Integrierter Notlaufweg	35
Bahnsteige und Bahnsteigtüren	36
Haltestellen mit Unterwerken	37
Betriebsleit- und Sicherungstechnik	38
Betriebsleitzentrale	39
Konzept des Sicherungssystems	40
Kommunikation und Information	41
Typisches M-Bahn System im ÖPNV	42
Depot- und Wartungsbereich	43
Magnetbahn im Daimler-Benz-Konzern	45



Das System

Das M-Bahn System ist ein vollständig automatisiertes fahrerloses Nahverkehrssystem für mittlere Transportkapazitäten.

Das komplette M-Bahn System wird geliefert von

Magnetbahn GmbH
Beethovenstraße 51 B
D-38106 Braunschweig

Magnetbahn GmbH
ist ein Bereich der AEG Bahnsysteme Deutschland, die wiederum der AEG Aktiengesellschaft Deutschland, einem Mitglied des Daimler-Benz-Konzerns zugeordnet ist.

Für den Fahrbetrieb auf dem speziellen M-Bahn Fahrweg sowie den Antrieb der Fahrzeuge wurden innovative Techniken entwickelt und realisiert. Besondere Kennzeichen der M-Bahn sind das Tragen der Fahrzeuge durch Permanentmagnete und der Antrieb durch ein elektromagnetisches Wanderfeld, welches von einem im Fahrweg verlegten Linearmotor (synchroner Langstator-Linearmotor) erzeugt wird. Die Permanentmagnete an den Schwelbgestellen der Fahrzeuge stellen zugleich das Erregerfeld für den Linearmotor dar.

Dieses Antriebsprinzip ermöglicht den Einsatz leichter und mechanisch einfacher Fahrzeuge, woraus sich viele Vorteile, z.B. leichte Fahrwegkonstruktionen, Einsparung von Antriebsenergie und Unterhaltskosten während des Betriebes ergeben.

Das rechnergestützte Betriebsleitsystem der M-Bahn, das einen automatischen Fahrbetrieb ohne Fahrpersonal ermöglicht, erlaubt kurze Zugfolgezeiten bei niedrigem Personalbedarf. Die betriebliche Sicherheit ist sehr hoch. Der Mensch scheidet als Fehlerquelle praktisch aus.

Aufgrund der besonderen Eigenschaften der M-Bahn Technik ergeben sich Einsatzbereiche, für die das System hervorragend geeignet ist. Bereits im Vorfeld von Detailplanungen gilt es, derartige Einsatzfälle zu definieren und hinsichtlich ihrer Funktionsbedingungen zu analysieren.

Die vorliegende Informationsbroschüre wendet sich an alle Interessenten für dieses neuartige Verkehrssystem, wie Städte- und Verkehrsplaner, Architekten, zukünftige Betreiber usw. Sie soll erste Informationen zu spezifischen Eigenschaften und Details des M-Bahn Systems sowie hinsichtlich seiner Einsatzbedingungen liefern.

Bei den angegebenen Hinweisen und Daten handelt es sich um Richtwerte bzw. Erläuterungen, die im Verlauf der Bearbeitung eines konkreten Projektes überprüft werden. Auch Anpassungen oder Ergänzungen, die dem technischen Fortschritt dienen, bleiben vorbehalten.

Die Magnetbahn GmbH ist Systemhaus für das gesamte M-Bahn System und nimmt die Federführung bei der Projektentwicklung von Planung bis Inbetriebnahme wahr. Für Fertigung und Lieferung von Teilsystemen bedient sich die Magnetbahn GmbH verschiedener Unterauftragnehmer, die sich von Projekt zu Projekt ändern können.

Auch die Bildung von Arbeitsgemeinschaften oder Konsortien zur Projektrealisierung ist möglich. Bestimmte Komponenten des Systems, z.B. die Fahrzeugwagenkästen, der Fahrweg, die Haltestellen usw. können, falls möglich, auch von örtlich ansässigen Herstellern gebaut und geliefert werden.

Entwicklung der M-Bahn

Komponentenentwicklung

Vom Beginn der Entwicklung des M-Bahn Systems bis heute sind mehr als 15 Jahre vergangen.

Im Jahre 1973 begann der Physiker Götz Heidelberg das Prinzip des Antriebes von Fahrzeugen durch elektromagnetische Wanderfelder unter Verwendung von Permanentmagneten als Sekundärteil (Rotor) des Motors für den praktischen Einsatz zu untersuchen.

Schon 1974 wurde das erste Fahrzeug getestet; dies war die Basis für eine Förderung der Entwicklung eines neuartigen Nahverkehrssystems durch den Bundesminister für Forschung und Technologie.

Testanlage Braunschweig

Die Errichtung der Testanlage in Braunschweig begann 1975. Die Anlage bestand im Endausbau aus einer 1.400 m langen Teststrecke, welche alle Komponenten, wie aufgeständerte und ebenerdige Bauweise, Tunnel, Weichen und Stationen enthielt, die bei einem Nahverkehrssystem erforderlich sind.

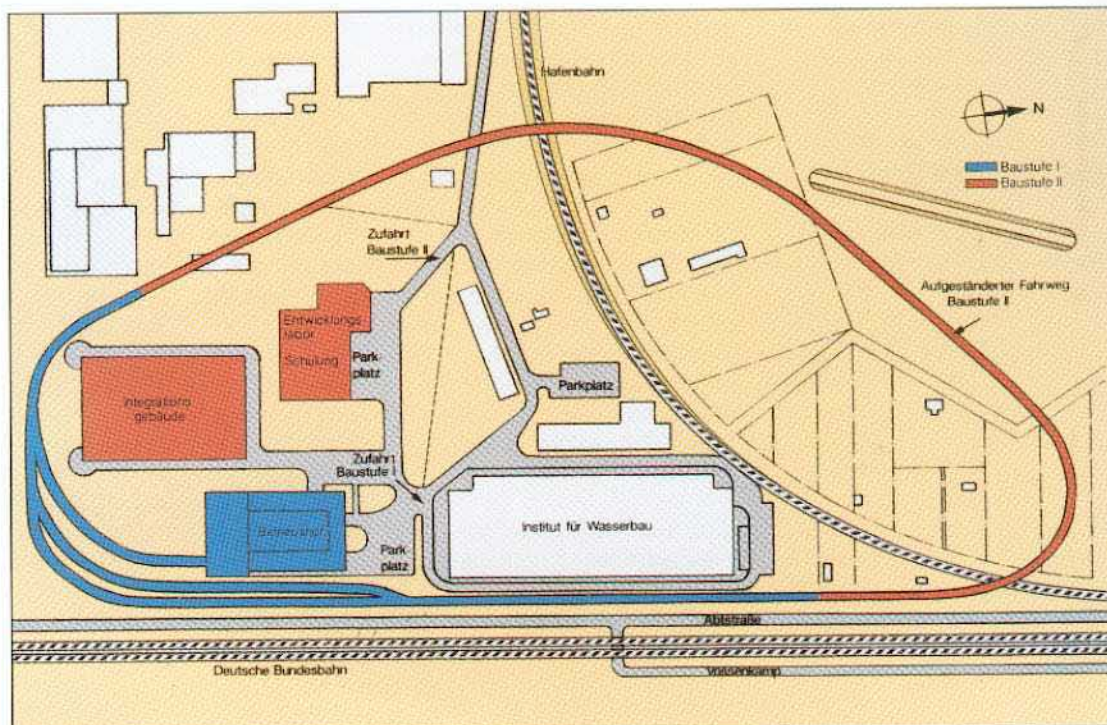
Drei Fahrzeugtypen, zwei für 40 Passagiere und ein weite-

rer für 70 Passagiere wurden erprobt. Mit diesen drei Fahrzeugen wurde auch ein vereinfachter Mehrzugbetrieb durchgeführt. Insgesamt sind die Fahrzeuge etwa 500.000 km gefahren. Das Ziel der Testanlage in Braunschweig war, die spezifischen Komponenten der M-Bahn Technik in einem anwendungsnahen Zusammenhang zu erproben.

Zentrum für Verkehrstechnologie Braunschweig

Im Jahr 1989 hatte die Magnetbahn GmbH den Plan zur Realisierung des „Zentrums für Verkehrstechnologie“ erarbeitet. Es wurde von einer Eigentümersgesellschaft, im Besitz der Stadt Braunschweig und der Magnetbahn

GmbH als Hauptgesellschafter, auf dem Gelände der Technischen Universität Braunschweig errichtet. Mit dem Neubau dieser M-Bahn Versuchsanlage ist beabsichtigt, innovative Verkehrstechnologie auf M-Bahn Basis anwendungsbezogen weiterzuentwickeln und den bisherigen technischen Fortschritt weiter auszubauen.



1



2

1 Das Zentrum für Verkehrstechnologie Braunschweig schafft die Voraussetzungen für Optimierung der Teilsysteme des M-Bahn Systems

2 Mit Errichtung der M-Bahn Testanlage in Braunschweig wurden die Weichen für die kontinuierliche Weiterentwicklung des Systems gestellt

M-Bahn Anlage in Berlin

Die Referenzanlage in Berlin hatte zum Ziel, die M-Bahn als Nahverkehrssystem im Testbetrieb und im praktischen Einsatz mit Fahrgästen zu erproben. Dazu war die technische Zulassung nach BOStrab (Bau- und Betriebsordnung für Straßenbahnen) erforderlich. Mit der anschließenden Betriebsgenehmigung nach PBefG (Personenbeförderungsgesetz) war der betriebliche Einsatz im Berliner Nahverkehrssystem möglich.

Zur Realisierung des Projektes in Berlin wurde 1982 die „Arbeitsgemeinschaft M-Bahn Berlin“, bestehend aus

Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)
Studiengesellschaft Nahverkehr mbH (SNV)
Magnetbahn GmbH
AEG Aktiengesellschaft

gegründet.

Das Vorhaben wurde gefördert vom Bundesminister für Forschung und Technologie und vom Senat von Berlin.

Der Bau der ersten Teilstrecke begann 1983. Von

Mitte 1984 bis Ende 1986 wurden nichtöffentliche Testfahrten mit Passagieren auf dem in der Baustufe I zuerst erstellten 600 m langen einspurigen Fahrweg durchgeführt.

Die zweite anschließend errichtete Baustufe umfaßte zusätzlich etwa 1.000 m doppelspurigen Fahrweg und zwei weitere Haltestellen.



3

Die für den Nachweis der Funktionsfähigkeit und Sicherheit erforderlichen Tests und Untersuchungen wurden im Juni 1989 abgeschlossen, worauf die Zulassung nach den Vorschriften der BOStrab erteilt wurde. Anschließend begann der öffentliche Erprobungsbetrieb mit Fahrgästen. Im Juli 1991 wurde die Betriebsgenehmigung nach PBefG erteilt. Dabei hat die BVG als Verkehrsunternehmen kurzfristig die Anlage unter Beförderungspflicht mit Entgelt im Fahrpreisverbund des Berliner Nahverkehrsnetzes betrieben.

Die politische Situation seit November 1989 mit der geplanten Wiederinbetriebnahme der U-Bahn-Linie zwischen Gleisdreieck und Potsdamer Platz erzwang den Rückbau der M-Bahn Linie.



4

3 Zwei-Wagen-Zug mit Fahrzeugen M80/2 am M-Bahnhof Kemperplatz

4 Die Strecke der M-Bahn Anlage Berlin führte vom M-JU-Bahnhof Gleisdreieck über den M-Bahnhof Bernburger Straße zum M-Bahnhof Kemperplatz.

Das M-Bahn System im städtischen Umfeld

Die Städte ersticken im Verkehr

Die Zentren von Städten sind durch PKW-, LKW-, Busverkehr usw. hochgradig belastet. Staus gehören, vorwiegend in den Spitzenzeiten, zur Zeit zum Alltag. Speziell der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), der nicht über eine eigene Trasse läuft, wird hierdurch stark behindert. Restriktionen gegenüber dem Individualverkehr (Busspuren, vorfahrtsberechtigten Stadtbahnen, Sperrung der Innenstädte usw.) in Verbindung mit einer Verbesserung im ÖPNV sind Maßnahmen, die aus verkehrspolitischer Sicht den Nahverkehr attraktiver machen sollen.

Das ÖPNV-Angebot soll verbessert werden

Das Ziel der Ausweitung des ÖPNV-Angebotes ist zur Zeit mit erhöhten Personalkosten verbunden, die die Etats der Kommunen stark belasten. Der Kostendeckungsgrad für den Betrieb des ÖPNV beträgt in den westlichen Ländern zur Zeit etwa 40 – 50%, in den östlichen sogar weni-

ger als 20%. Der Anteil der Personalkosten liegt bei etwa 70 – 80% der gesamten Betriebskosten. Verbesserung des ÖPNV-Angebotes bei geringem Verkehrsetat ist nur durch Einsatz neuer Technologien mit dem Ziel der Verringerung der Personalkosten möglich.



1 Die M-Bahn als vernünftige Alternative zum Individualverkehr hilft, die Innenstädte zu entlasten

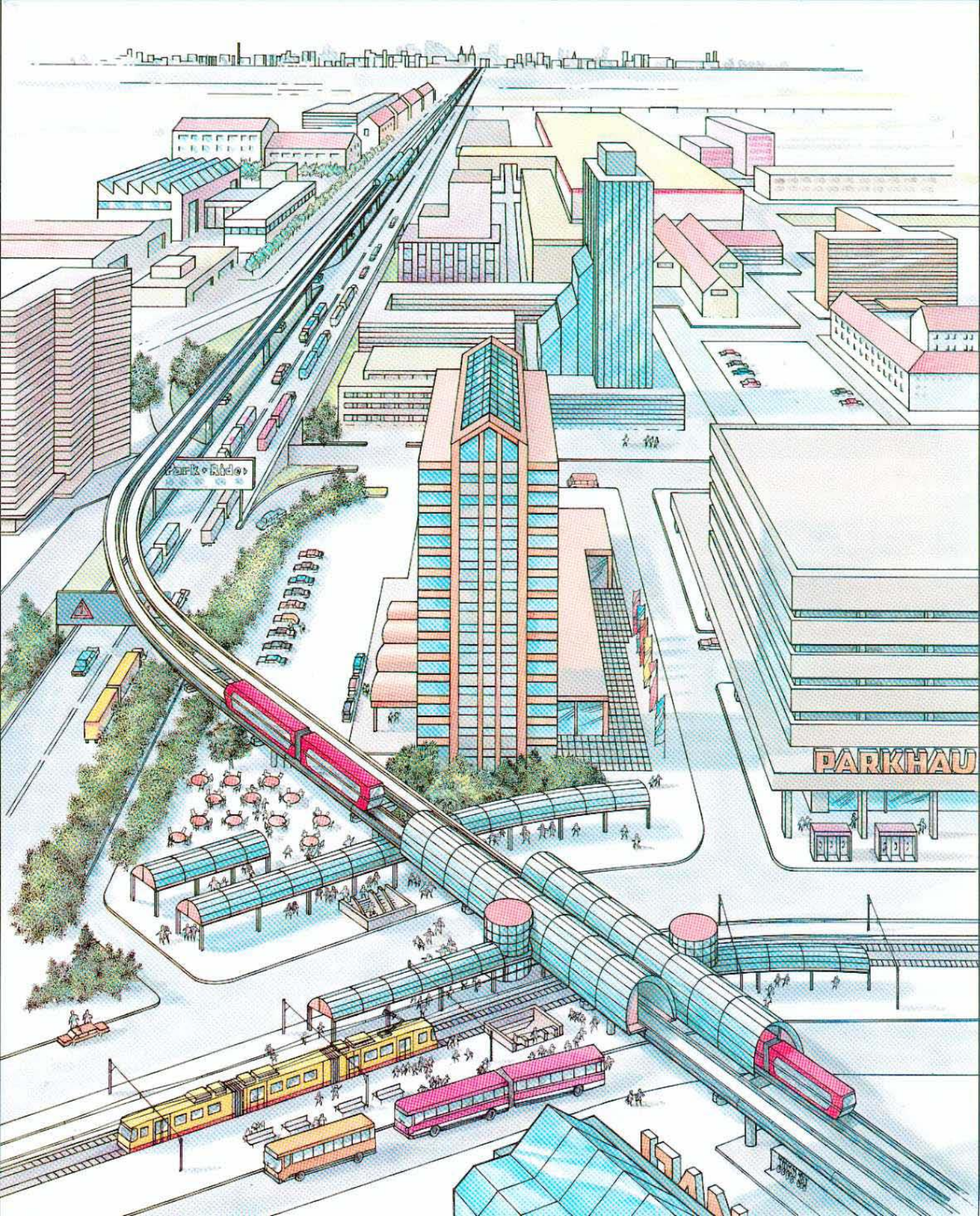
Niedrige Betriebskosten interessieren den Betreiber

Vollautomatische Systeme benötigen weniger Personal als konventionelle Nahverkehrssysteme vergleichbarer Beförderungsleistung. Die Betriebskosten vollautomatischer Bahnen können durch die Einnahmen gedeckt werden.

Bei fahrerlosen Verkehrssystemen ist eine flexible Anpassung des Fahrzeugeinsatzes an den aktuellen Bedarf möglich. Während der Spitzenzeiten ist kein zusätzliches Personal nötig. Sogar in den Schwachlastzeiten und Tagesrandzeiten kann eine kurze Zugfolgezeit aufrechterhalten werden.

Die M-Bahn als vollautomatisches fahrerloses System ist das ideale Transportsystem zur Bündelung des ÖPNV in städtischen Bereichen und Ballungsräumen sowie zur verkehrlichen Anbindung von Haltepunkten bzw. Bahnhöfen des Fernverkehrs und Parkbereichen an angrenzende innerstädtische Bereiche.

Zentralbereiche von Städten können vom Individualverkehr entlastet werden, indem sowohl der Bahn- als auch der PKW-Reisende auf den Öffentlichen Personennahverkehr umsteigt.



Anforderungen an ein Nahverkehrssystem – die Antwort des M-Bahn Systems

Das M-Bahn System ist ein Verkehrssystem für den Öffentlichen Personennahverkehr, das den wesentlichen Anforderungen der Fahrgäste, der Allgemeinheit in Form der Bewohner des Lebensraumes „Stadt“ und des Betreibers in besonders günstiger Weise gerecht werden kann.

Anforderungen ... des Fahrgastes

M-Bahn Systemkonzept

Kurze Fahrzeit

Hohe Reisegeschwindigkeit durch eigenen Fahrweg

Geringe Wartezeit

Kurze Zugfolgezeit durch automatischen Betrieb

Guter Fahrkomfort

Ruckfreie, leise Magnetbahntechnik

Hohe Attraktivität

Flexibles, modernes Fahrzeug- und Fahrwegdesign

Hohe Sicherheit

Bahnsteigtüren; helle, übersichtliche Bahnhöfe; Rundumsicht; Blickkontakt

... der Allgemeinheit

Niedrige Investition

Wirtschaftlicher Fahrweg in Hochlage und im Tunnel

Gute Integration

Leichter Fahrweg; geringer Querschnitt

Gute Umweltverträglichkeit

Leise, vibrationsarme Magnetbahntechnik; keine Abgase; kein Abrieb

Flexible Trassierung

Hohe Steigfähigkeit; Linearmotorantrieb

Kurze Bauzeiten

Modulare Fahrwegfertigung

... des Verkehrsbetriebes

Wirtschaftlicher Betrieb

Wenig Betriebspersonal durch Automatisierung

Niedrige Wartungskosten

Verschleißarme Magnetbahntechnik; Modularität

Flexible Betriebsführung

Zugbildung mit mittlerer Fahrzeuggröße

Hohe Verfügbarkeit

Redundanzkonzept; witterungsunabhängig; leicht und schnell auswechselbare Baugruppen

Geringer Energieverbrauch

Leichte Fahrzeuge durch Langstatorantrieb im Fahrweg; keine Fahrwegheizung erforderlich

Einsatzfelder des M-Bahn Systems

Das M-Bahn System stellt eine Ergänzung der für den ÖPNV verfügbaren Nahverkehrssysteme und eine Erweiterung gegenüber deren wirtschaftlichen Einsatzfeldern dar. Es eignet sich insbesondere als

Zubringer zu Hochleistungssystemen und Stadtschnellbahnen in großen Städten

Einsatz eines fahrgastfreundlichen Systems in Bereichen, in denen die hohe Fahrgastkapazität von U- und S-Bahn-Systemen nicht ausgenutzt werden kann. Ergänzung vorhandener Nahverkehrsnetze (Tangentialverbindungen).

Linienverkehr in mittelgroßen Städten

Linien bzw. Netze in Städten oder Vorstadtbereichen mit begrenztem Fahrgastaufkommen.

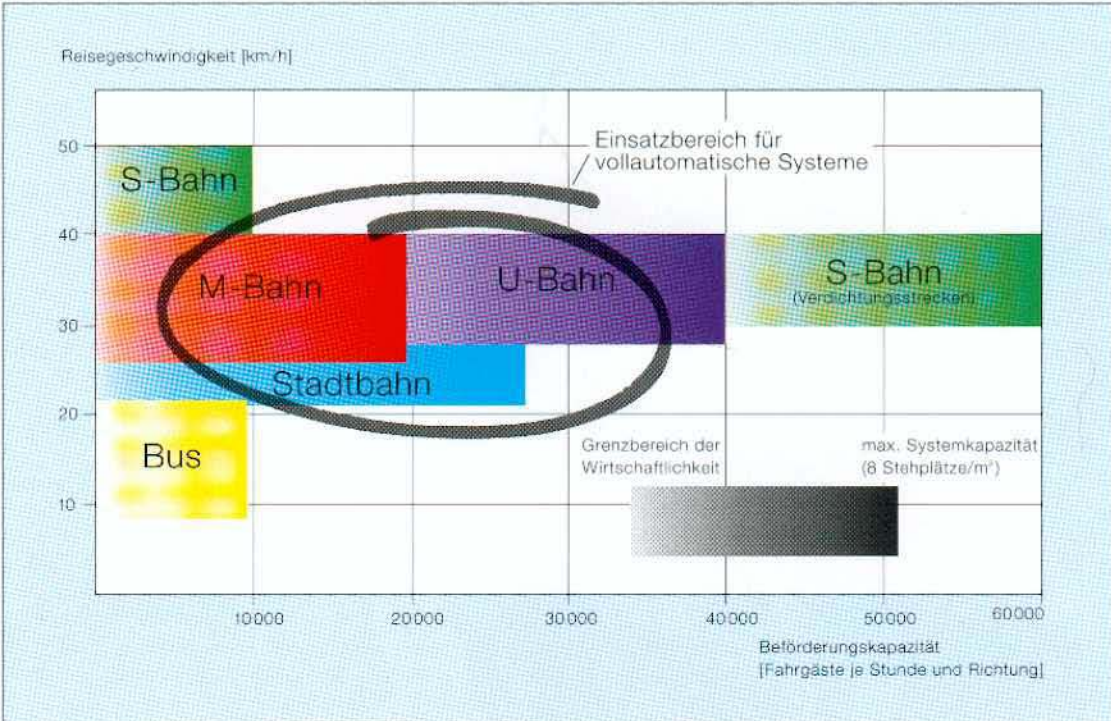
Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

Verkehrssystem in Aktivitätszentren, wie z.B. Flughäfen, Messen, Vergnügungsparks u.a., bei denen einem hohen Fahrgastkomfort großes Interesse beigemessen wird. Anbindung derartiger Aktivitätszentren an Fernverkehrssysteme (Bahnen, P&R-Anlagen etc.) und andere ÖPNV-Systeme.

U- und S-Bahn sind für lange Zugeinheiten und deshalb für hohe Transportkapazitäten prädestiniert. Die hohen Reisegeschwindigkeiten werden hier bei großen Halteabständen erreicht.

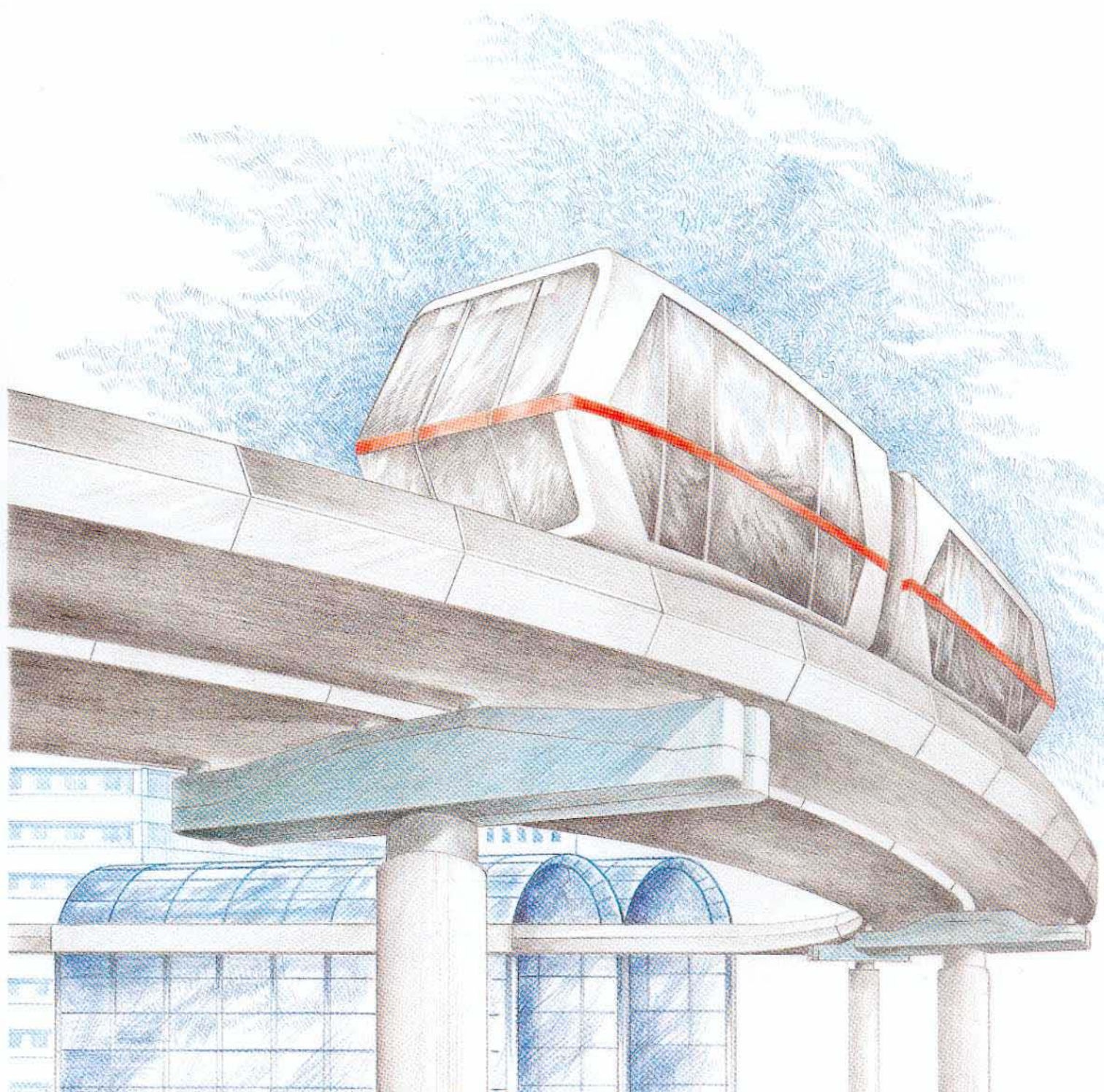
zeiten abgestimmt. Aufgrund des eigenen Fahrweges ergibt sich – auch bei kleinen Halteabständen – eine hohe Reisegeschwindigkeit.

Das vollautomatische M-Bahn System ist konzeptionell auf Betrieb mit kurzen Zugeinheiten sowie niedrigen Zugfolgen



1 Jedes ÖPNV-System ist aus wirtschaftlichen Gründen für ein spezifisches Einsatzfeld prädestiniert. Vollautomatische Systeme sind besonders für mittlere Beförderungskapazitäten bei hohen Qualitätsansprüchen geeignet

Systemmerkmale



Permanentmagnete ersetzen die tragenden Räder

Tragen und Führen

Nicht Räder wie bei konventionellen Systemen, sondern Permanentmagnete tragen durch ihre Anziehungskraft weitgehend die Fahrzeuge. Sie benötigen keine zusätzliche Energie zur Erzeugung der Tragkraft.

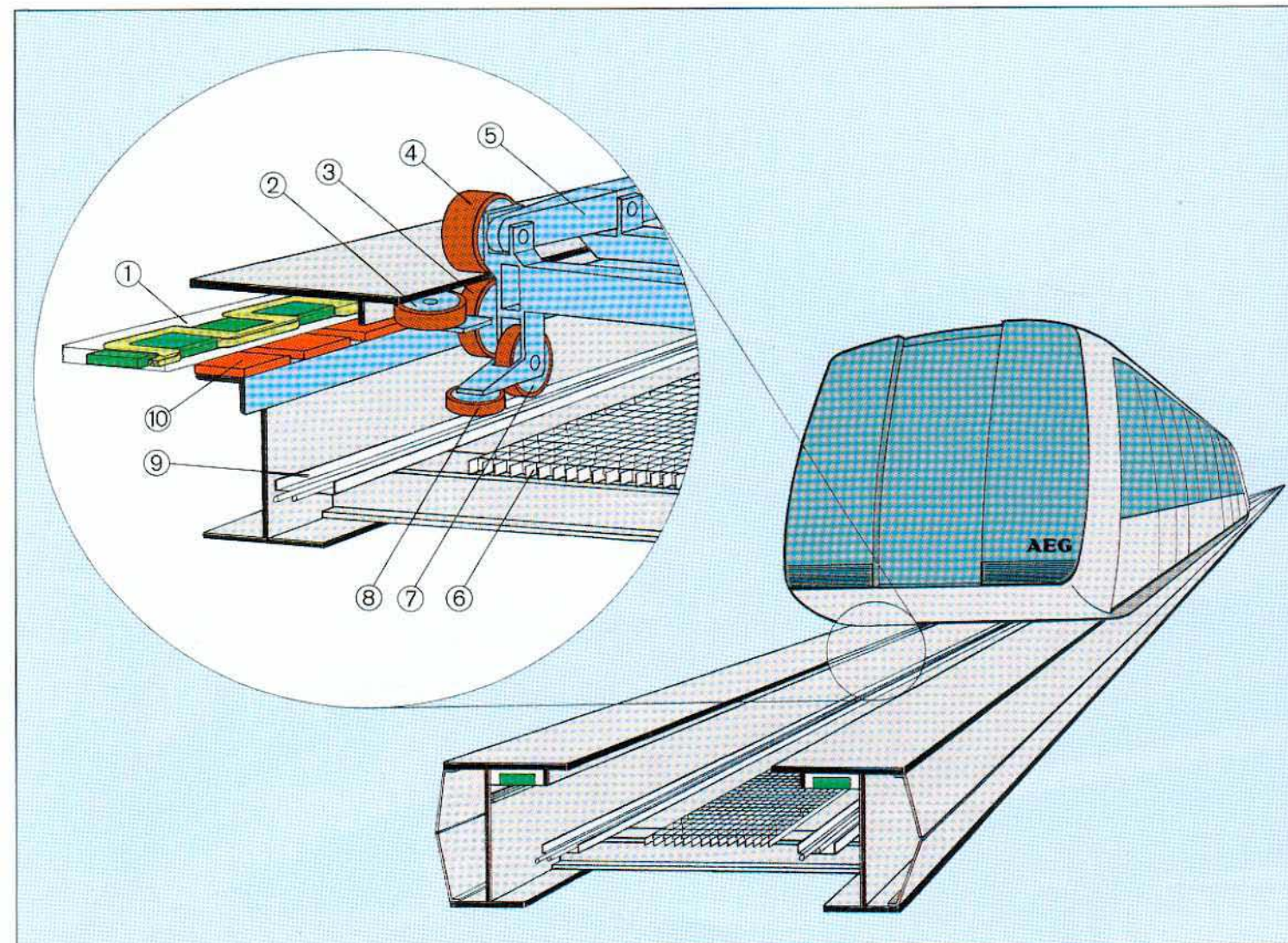
Die Permanentmagnete sind in den Schwebegestellen des Fahrzeuges angeordnet und wirken von unten auf das Blechpaket des Wanderfeldstators. Zur Einhaltung des erforderlichen Luftspaltes werden vertikale Führungsrollen eingesetzt, die oberhalb und unterhalb des Fahrweges an Spurführungsflächen laufen. Diese Rollen übertragen

keine Antriebs- oder Bremskräfte. Sie sind deshalb mit einer verschleißfesten Kunststoffbandage versehen, die eine hohe Lebensdauer garantiert.

Die seitliche Führung der Fahrzeuge im Fahrweg wird durch horizontale Führungsrollen erreicht. Auch diese Rollen laufen an den Spurfüh-

rungsflächen im Fahrweg, die unterhalb des Hauptfahrwegträgers angeordnet sind.

Die Schwebegestelle des M-Bahn Fahrzeuges werden also innerhalb der Fahrwegkontur geführt. Hierdurch ist ein eventuelles Entgleisen des Fahrzeuges prinzipiell ausgeschlossen.

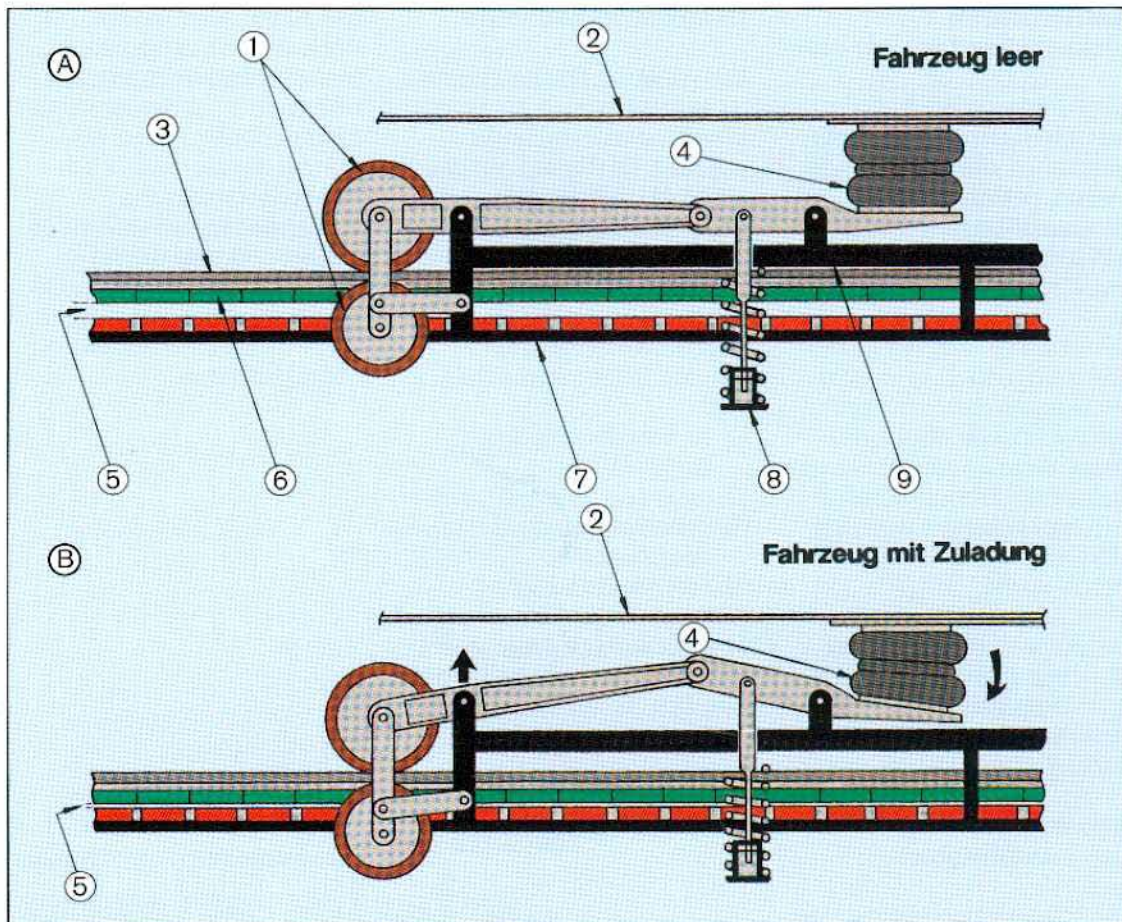


1 Die Schwebegestelle des Fahrzeuges laufen innerhalb des Fahrweges.

- 1 Wanderfeldstator
- 2 Horizontale Führungsrolle
- 3 Vertikale untere Führungsrolle
- 4 Vertikale obere Führungsrolle
- 5 Hebel der Luftspaltsteuerung
- 6 Laufgitter
- 7 Weichenlaufrolle
- 8 Horizontale Weichenführungsrolle
- 9 Kabelkanal
- 10 Permanentmagnete

Luftspalteinstellung

Eine einfache mechanische Einrichtung zur Einstellung der magnetischen Tragkraft entsprechend dem tatsächlichen Fahrzeuggewicht stellt sicher, daß die magnetische Tragkraft der veränderlichen Zuladung angepaßt wird. Hierdurch wird erreicht, daß die vertikalen Führungsrollen nur mit geringen Andruckkräften beansprucht werden.



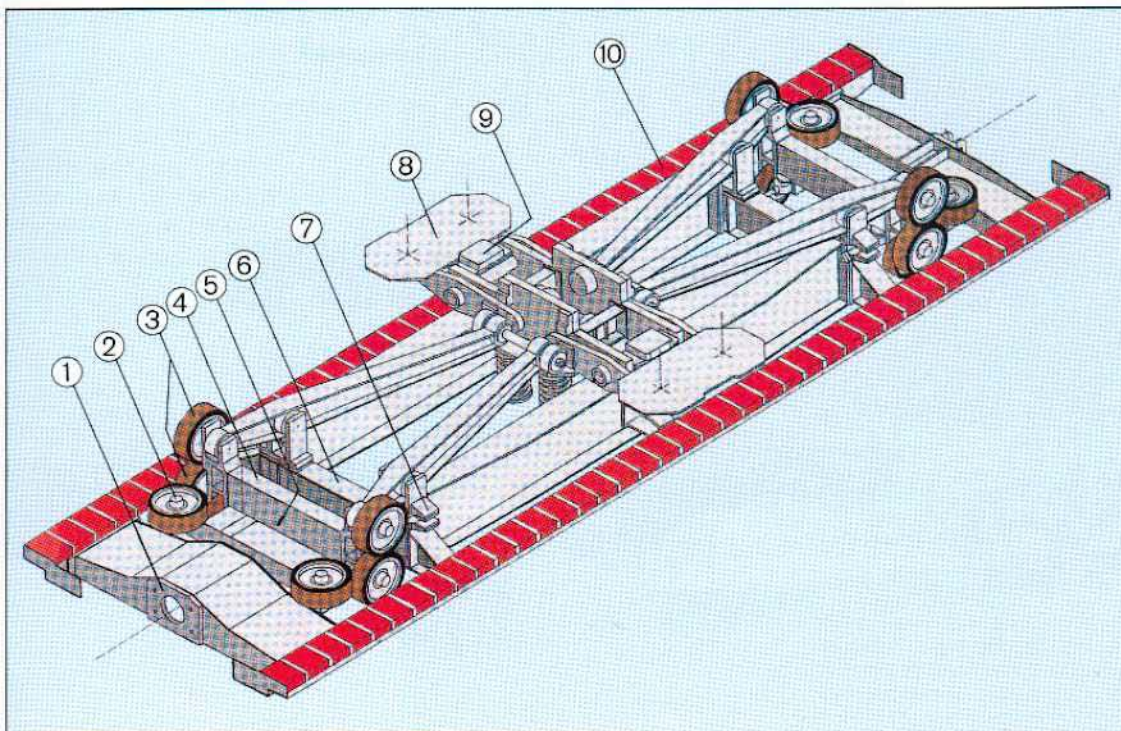
2

2 Die mechanische Luftspaltsteuerung stellt lastabhängig sicher, daß die magnetische Tragkraft auch bei veränderlicher Zuladung in optimaler Weise zur Verfügung steht

- A: Fahrzeug leer
 B: Fahrzeug mit Zuladung
 1 Vertikale Führungsrollen
 2 Boden des Wagenkastens
 3 Fahrweg
 4 Luftfeder
 5 Luftspalt
 6 Stator Linearmotor
 7 Magneteleiste und Permanentmagnete
 8 Ausgleichsfeder
 9 Schwebegestellrahmen

3 Schwebegestell des in Berlin eingesetzten Fahrzeuges M80/2

- 1 Kupplungsträger
 2 Horizontale Führungsrollen
 3 Vertikale Führungsrollen
 4 Doppelachskörper
 5 Einbauort Zangenbremseinheit
 6 Endquerträger
 7 Notlaufkufe
 8 Tragplatte für Luftfederung
 9 Notlauflager
 10 Permanentmagnete



3

Antrieb durch elektrischen Linearmotor

Die Fahrzeuge der M-Bahn werden durch ein elektromagnetisches Wanderfeld angetrieben, das durch einen Langstator-Linearmotor, dessen aktiver Teil im Fahrweg installiert ist, erzeugt wird.

Dieser Langstator, der dem Stator (Primärteil) eines konventionellen Elektromotors vergleichbar ist, trägt eine dreiphasige Wicklung, die von stationären Frequenzumrichtern mit Drehstrom variabler Frequenz und Amplitude gespeist wird.

Die betriebliche Bremsung des Zuges wird durch elektrische Umschaltung der Polage des magnetischen Wanderfeldes erreicht.

Schaltungsart des Langstatormotors

Die Motorwicklung ist mit zwei Leitern pro Nut ausgestattet, die in Reihen- oder in Parallelschaltung beider Fahrweghälften betrieben werden können. Hiermit sind folgende Kombinationen möglich, die angegebenen Werte gelten für 2-Wagenzug:

- Reihenschaltung, 2 Leiter/Nut
Anfahrbereich zwischen 0 bis 10 m/s, sowie bei größeren Neigungen
- Reihen-/Parallelschaltung, entspricht 1,5 Leiter/Nut
Geschwindigkeitsbereich zwischen 10 und 16 m/s
- Parallelschaltung, 1 Leiter/Nut
Geschwindigkeitsbereich oberhalb 16 m/s
- Nur eine Fahrweghälfte, entspricht 0,5 Leiter/Nut
z.B. Kehr- und Abstellgleise

Langstatorabschnitte

Die Wicklung des Langstator-Linearmotors ist in Abschnitte unterschiedlicher Länge unterteilt. Es werden nur diejenigen Abschnitte aktiv geschaltet, die für den Antrieb eines Zuges erforderlich sind.

Die Bemessung der jeweiligen Abschnittlänge ist von folgenden Parametern abhängig:

- Nennspannung des Systems
- maximale Zugkonfiguration
- Schaltungsart des Langstatormotors
- Fahrgeschwindigkeit

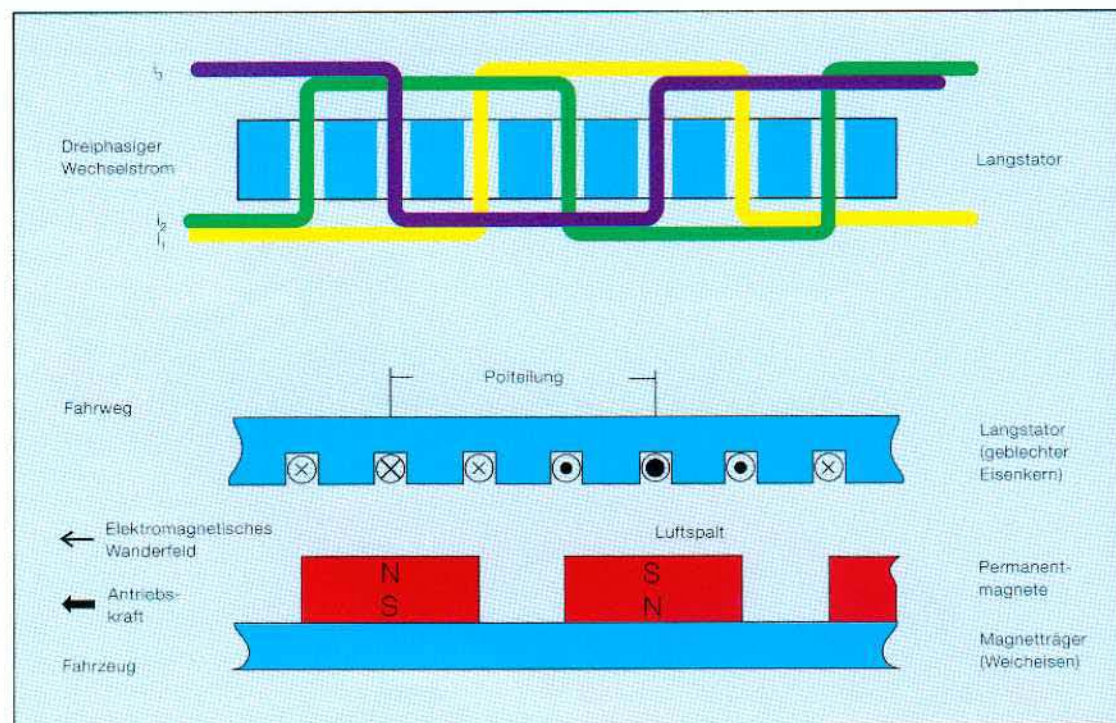
In Verbindung mit den spezifischen Motorkonstanten ergeben sich Abschnittlängen zwischen ca. 40 und 200 m.

Die im Fahrweg verlegte Wicklung des Langstatormotors wird entsprechend den örtlich vorliegenden Anforderungen der Betriebsauslegung dimensioniert. Durch das vollautomatische Betriebsleitsystem wird vorgegeben, daß betriebliche Anfahr- und Bremsvorgänge im Regelfall nur in den dafür vorgesehenen Streckenbereichen stattfinden.

Energieversorgung des Linearmotors

Dem im Fahrweg verlegten Langstator-Linearmotor wird die Antriebsenergie in Form von Drehstrom zugeführt. Dazu wird Strom aus dem örtlichen EVU-Netz zunächst gleichgerichtet und dann über Pulswechselrichter, die von einer elektronischen Motorsteuerung angesteuert werden, in Drehstrom mit variabler Frequenz und Amplitude umgeformt.

Innerhalb der Antriebssteuerung vergleicht die digitale Motorsteuerung laufend die Ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs mit dem vorgegebenen Geschwindigkeitsprofil und liefert die daraus resultierenden Steuerbefehle an die



1 Durch Zusammenwirken des elektromagnetischen Wanderfeldes mit dem Feld der Permanentmagnete, das zur Erregung des Motors dient, entsteht die Antriebskraft für die Fahrzeuge

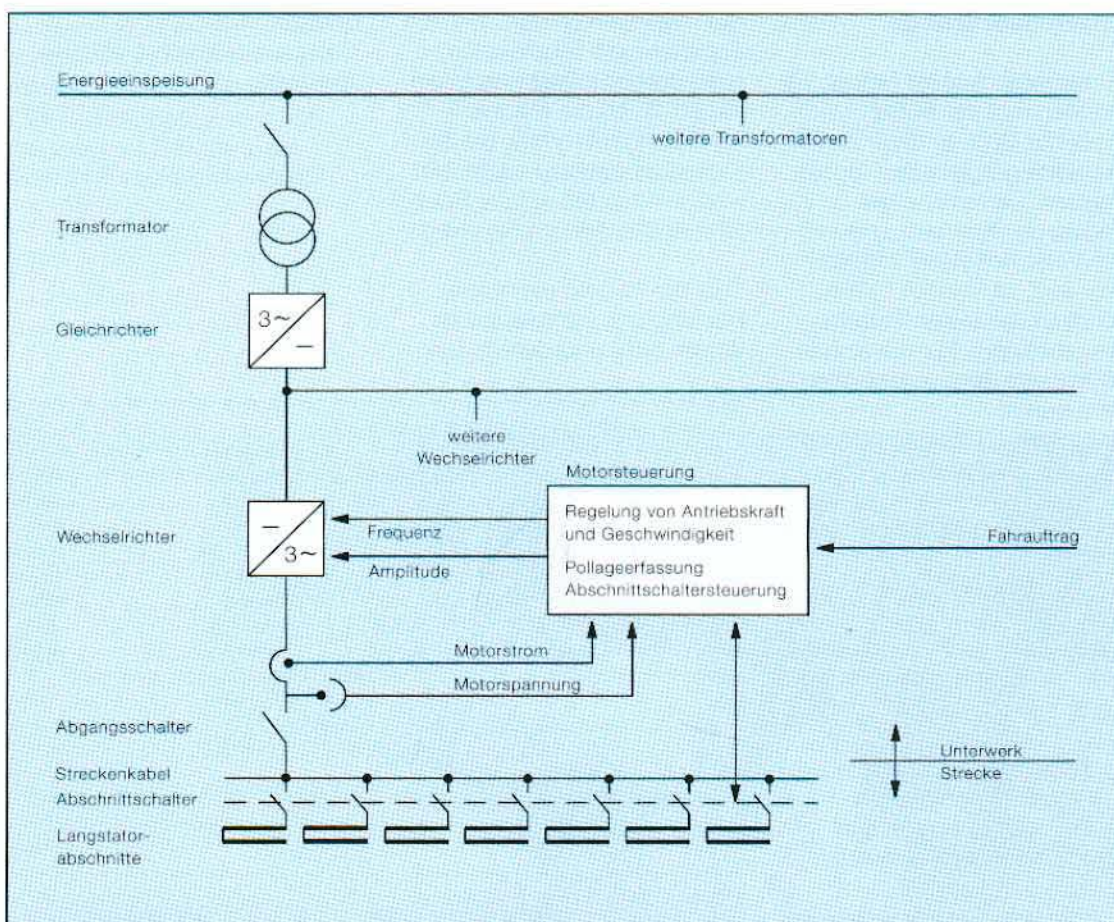
Umrichter. Sie umfaßt auch die „Pollageerfassung“, die eine phasenrichtige Speisung des jeweils zugeschalteten Langstatorabschnittes ermöglicht. Die Ansteuerung der Abschnittschalter wird ebenfalls von der Motorsteuerung durchgeführt.

Mechanische Bremse

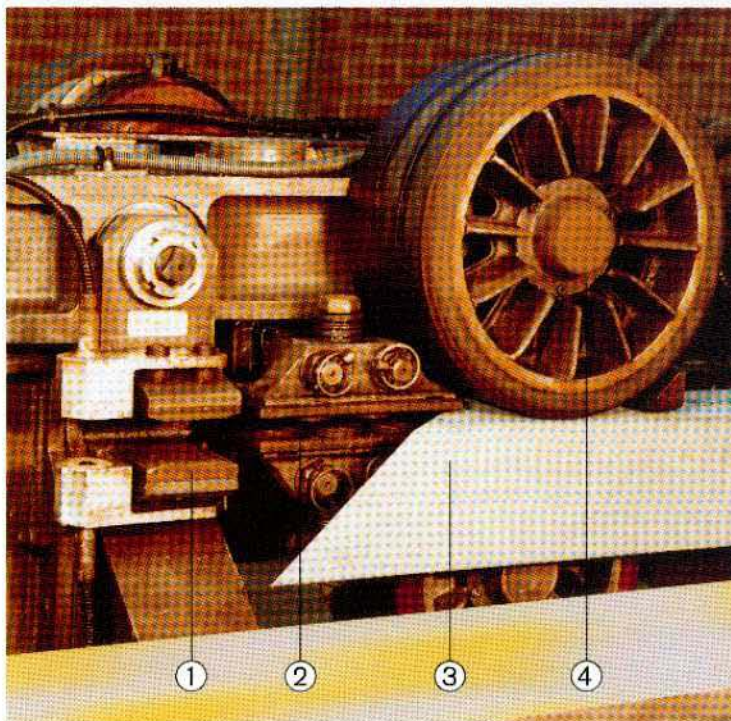
Betrieblich wird beim M-Bahn System ausschließlich die elektrische Bremse benutzt. Die mechanische Bremse wird nur als Festhaltebremse und als Sicherheitsbremse eingesetzt.

Je Fahrzeug sind vier Feder-speicher-Zangenbremsen vorgesehen, die mechanisch formschlüssig mit den Schweregestellen verbunden sind. Die Ansteuerung erfolgt mittels sicherer elektrischer Komponenten. Dabei wird der Antrieb des Fahrzeuges durch das Betriebsleitensystem sicher abgeschaltet.

Die Bremsbacken der Zangenbremsen wirken direkt auf die Lauf- und Führungsprofile des Fahrweges. Aufgrund der konstruktiven Ausführung des Fahrweges wie auch der Bremsbacken stellt der Winterbetrieb – selbstverständlich ohne Heizung des Fahrweges oder sonstiger Maßnahmen – kein Problem dar.



2



3

2 Transformatoren, Umrichter, Motorsteuerung sowie Abgangsschalter sind in Unterwerken zusammengefaßt. Die Abschnittschalter können sowohl entlang der Strecke wie auch zentral im Unterwerk installiert werden

3 Die Bremsbacken der mechanischen Bremse des Fahrzeuges wirken direkt auf die Führungsschiene im Fahrweg

- 1 Notlaufkufen
- 2 Bremsbacken
- 3 Führungsschiene im Fahrweg
- 4 obere Vertikalführungsrolle

Energieverbrauch

Wirtschaftlichkeit im Betrieb ist ein Merkmal der M-Bahn. Einer der Gründe dafür ist der geringe Energiebedarf für die Traktion. Dieser Energiebedarf, der normalerweise in Wh/Personen x km angegeben wird, ist kein fixer Wert, sondern von vielen Parametern abhängig. Für die Abhängigkeit von den wesentlichen Parametern

- Zahl der beförderten Fahrgäste
- Haltestellenabstand

sind Richtwerte ermittelt worden.

Weitere Abhängigkeiten sind u.a.

- Zuglänge
- Steigung oder Gefälle
- Höchstgeschwindigkeit
- Abstand der Unterwerke

Zusätzlicher Energieverbrauch ist für folgende Bereiche anzusetzen:

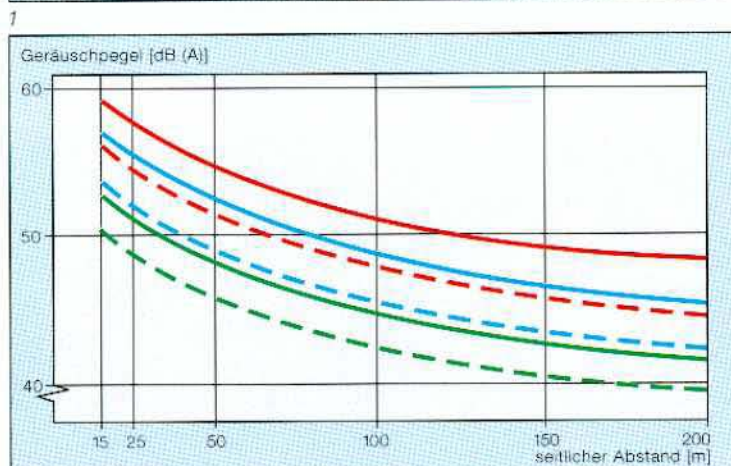
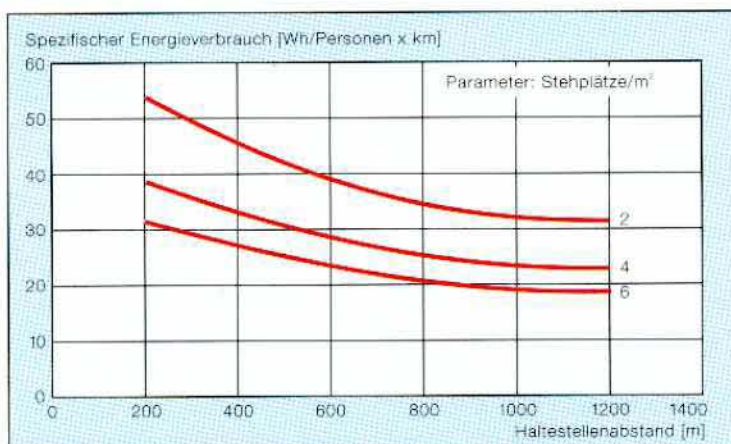
- Fahrzeugbordnetz (einschl. Klimatisierung)
- Haltestellensversorgung (Beleuchtung, Rolltreppen usw.)
- Wartungs- und Depotbereich
- Betriebsleitzentrale
- Eigenversorgung Unterwerke

Genauere Angaben zum Bedarf an Traktionsenergie können für eine M-Bahn Anlage nach endgültiger Festlegung der Trassenführung gemacht werden.

Beim M-Bahn System werden Antriebs- und Bremskräfte nicht durch Rollreibung übertragen. Auch die mechanische Zangenbremse, die als Sicherheitsbremse eingesetzt wird, wirkt direkt auf die Spurführungsflächen im Fahrweg.

Deshalb ist eine eventuelle Heizung des Fahrweges im Winter nicht erforderlich. Ein

Energieverbrauch hierfür ist also grundsätzlich nicht anzusetzen.



1 Traktionsenergieverbrauch (Diagramm gilt für Zwei-Wagen-Zug)

2 Beurteilungspegel zur Geräuschentwicklung der M-Bahn in einem Abstand von 25 m

- | | | |
|---------------|--|----------------|
| 75s Zugfolge | — | Zwei-Wagen-Zug |
| | - - - | Ein-Wagen-Zug |
| 150s Zugfolge | — | Zwei-Wagen-Zug |
| | - - - | Ein-Wagen-Zug |
| 300s Zugfolge | — | Zwei-Wagen-Zug |
| | - - - | Ein-Wagen-Zug |

Geräuscheinwirkung

Die M-Bahn ist ein äußerst leises Verkehrsmittel. Radlaufgeräusche fehlen fast völlig, da die notwendigen Führungsrollen mit einer Kunststoffauflage versehen sind.

Zur Beurteilung der Geräuschverhältnisse an M-Bahn Fahrwegen spielen neben der Geräuschquelle – vorbeifahrender Zug – folgende Parameter eine wesentliche Rolle:

- Abstand und Höhe des Meßortes sowie eventuelle Reflexionen an benachbarten Gebäuden
- Mittelung des maximalen Geräuschpegels eines Zuges entsprechend der momentanen Zugfolgezeit

Messungen haben ergeben, daß schon in geringer Entfernung die Fahrzeuge vor dem ständig vorhandenen Geräuschpegel in Stadtbereichen akustisch kaum wahrzunehmen sind.

M-Bahn Fahrwege können auch direkt durch Gebäude geführt werden. Beeinträchtigungen durch Körperschall werden soweit verringert, daß die Bewohner nicht gestört und die Gebäudestrukturen kaum belastet werden.

Automatische Betriebsführung

Aufgrund der System-Eigenschaften des M-Bahn Systems bietet sich ein voll-automatischer Betriebsablauf an. Im Regelbetrieb ist kein Personal in den Fahrzeugen und Haltestellen erforderlich.

lichen Vorgaben zur Einhaltung einer Abfolge von Fahrspielen als auch die durch das Sicherungssystem vorgegebenen Grenzen (z.B. Geschwindigkeitsgrenzen).

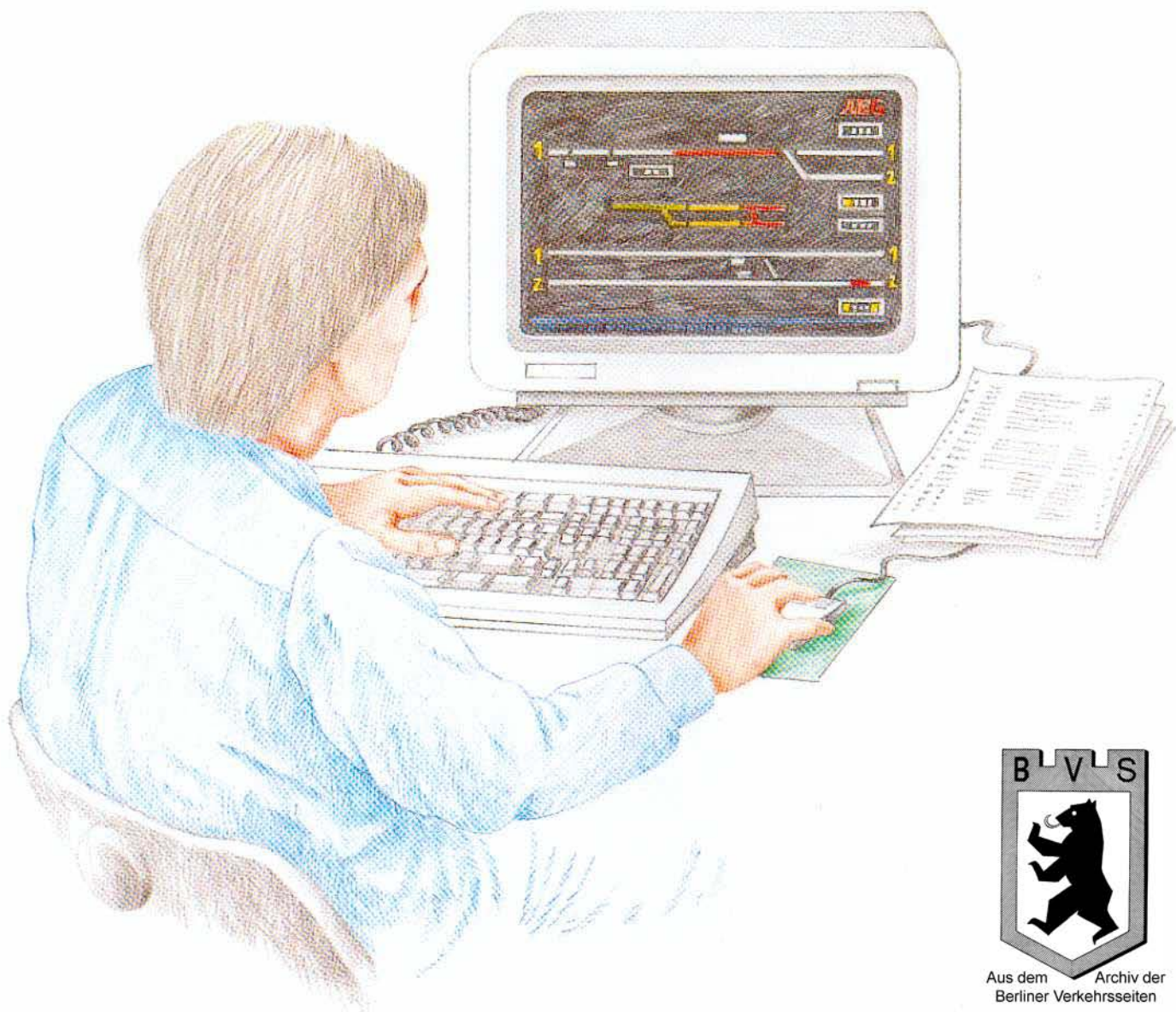
Das Betriebsleitsystem führt, steuert und sichert den Betriebsablauf. Es berücksichtigt dabei sowohl die betrieb-



3

3 Das Personal der zentralen Verkehrsleitstelle wird vom Betriebssystem ständig über das betriebliche Geschehen und den Prozeßzustand informiert, es hat die Möglichkeit, durch Bedieneingaben in den Betriebsablauf einzugreifen. Es ist dem Personal möglich, mit den Fahrgästen in den Fahrzeugen und Haltestellen zu kommunizieren

Planungsinformationen



Die Fahrzeuge der M-Bahn

Fahrzeugkonzept

Je nach Einsatzfall sind unterschiedliche Ausführungen von Fahrzeugen möglich, die auch zu Zugverbindungen zusammengestellt werden können.

Als Fahrzeuge sind sowohl kuppelbare Einzelfahrzeuge (1-3 Fahrzeuge je Zug) als auch Gelenkfahrzeuge (2-4 Sektionen) bei entsprechender Systemauslegung einsetzbar.

Die Fahrzeuge können je nach Kundenwunsch ausgestattet werden mit:

- Variabler Bestuhlung
- Klimaanlage
- Getönten Scheiben
- Variablem Innen- und Außendesign

Zur Fahrzeugausrüstung gehören:

- Fahrzeugrechner und -peripherie
- Fahrzeugenergieversorgung
- Druckluftanlage
- Mechanische Zusatzbremse
- Kommunikations- und Informationseinrichtungen
- Heizung und Lüftung

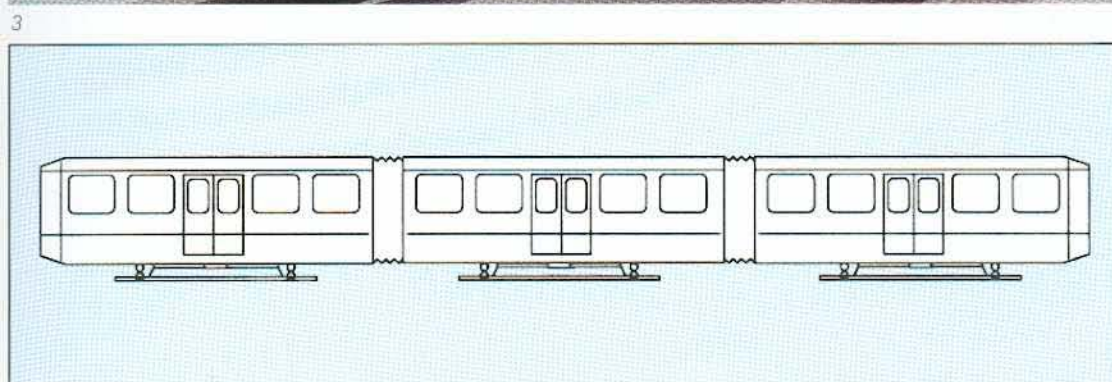
Hauptdaten der Fahrzeuge	M80/2 Einzelfahrzeug	E01 Einzelfahrzeug	MX234 3-Sektionen-Zug
Fahrzeuglänge			
- über Kupplungen	12,00 m	12,00 m	-
- Wagenkasten	11,72 m	11,60 m	24,70 m
Fahrzeugbreite	2,30 m	2,50 m	2,30 m
Höhen (über Lauffläche)			
- Fußboden	0,35 m	0,355 m	0,38 m
- Dach (mit Klimaanlage)	-	2,899 m	-
- Dach (ohne Klimaanlage)	2,605 m	2,67 m	2,66 m
Minimale Stehplatzhöhe	2,074 m	1,95 m	2,00 m
Fahrzeuggewicht			
- Fahrzeug unbeladen	109,3 kN	122,6 kN	196,2 kN
- normal beladen, 4 P/m ²	163,5 kN	172,0 kN	330,0 kN
- beladen, 6 P/m ²	(79 Pass) 181,5 kN	(72 Pass) 194,0 kN	(182 Pass) 373,8 kN
Türen			
- Anzahl je Fahrzeug	2 x 2	2 x 2	2 x 3
- Türbreite	1,30 m	1,30 m	1,40 m
- Türhöhe	1,918 m	1,95 m	1,95 m
Stirntüren			
- Anzahl je Fahrzeug	2	2	2
- Türbreite	0,56 m	0,56 m	0,56 m
- Türhöhe	1,95 m	1,95 m	1,95 m
Sitzplätze	28	8-16	40-52

1 Drei-Wagen-Zug mit Fahrzeugen M80/2 der Anlage Berlin für Öffentlichen Personennahverkehr

2 Modell des Fahrzeuges E01

3 Designstudie eines modernen 3-teiligen M-Bahn Nahverkehrszuges von KOBE Steel, Ltd./Japan (Abbildung zeigt 2-teiligen Zug)

4 Entwurf des dreiteiligen Zuges MX234



Beförderungskapazität eines M-Bahn Systems

Die Festschreibung der maximalen Beförderungskapazität, mit der das M-Bahn System endgültig betrieben werden soll, ist ein wichtiges Thema bei der Systemdefinition. Dies kann beispielsweise aufgrund von Verkehrserhebungen oder von Prognosen über den künftigen Verkehrsbedarf erfolgen.

Eine qualifizierte Einschätzung des zu erwartenden Beförderungsvolumens ermöglicht eine angepaßte Systemauslegung mit niedrigsten Investitionskosten.

Die maximale Beförderungskapazität wird durch folgende Parameter definiert:

- Zugkonfiguration
- Zugfolgezeit
- Fahrzeugtyp
- Ausrüstung der Fahrzeuge mit Sitzplätzen
- Besetzungsgrad der Stehfläche der Fahrzeuge

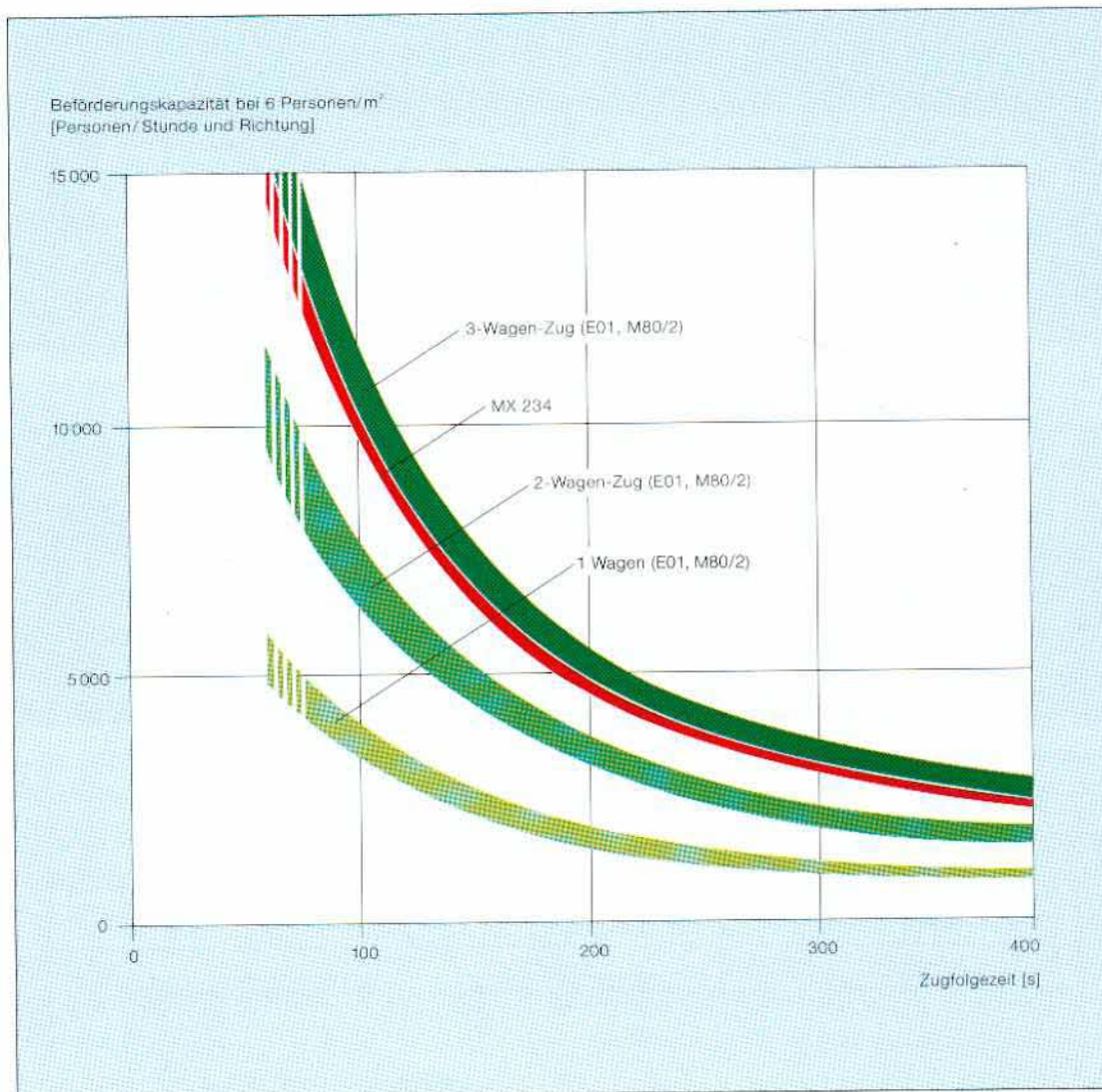
Entscheidend bei der Festlegung dieser Daten ist der gewünschte Komfort für die Fahrgäste des M-Bahn Systems.

Für Systeme mit langen Halteabständen (z.B. Vorortverkehr) sollten Fahrzeuge mit vielen Sitzplätzen eingesetzt werden. In Fahrzeugen für kurze Halteabstände (z.B. Flughäfen) sollten Gepäckablagen vorgesehen werden.

Die Kapazität der M-Bahn Fahrzeuge kann in Grenzen variiert werden. Für eine Auslastung der Stehplatzfläche mit 6 Pers./m² gilt:

- Fahrzeug M80/2: 103 Fahrgäste
- Fahrzeug E01: 88-104 Fahrgäste
- Fahrzeug MX234: 247-265 Fahrgäste

Als Beispiel kann der Zusammenhang zwischen gewünschter Transportkapazität (Passagiere je Stunde und Richtung) und Zugfolgezeiten anhand untenstehender Kurvenverläufe abgeschätzt werden.



1 Beförderungskapazitäten bis zu 15 000 Pers./Stunde und Richtung können erreicht werden.

Fahrzeit, Reisezeit

Fahr- und Reisezeiten auf einer zu projektierenden M-Bahn Linie werden entsprechend den gegebenen Trassierungsdaten berechnet. Kurven mit engen Radien wie auch Steigungen und Gefälle begrenzen den betrieblich zulässigen Geschwindigkeitsverlauf. Folgende übergeordnete Daten werden normalerweise der Systemauslegung zugrunde gelegt:

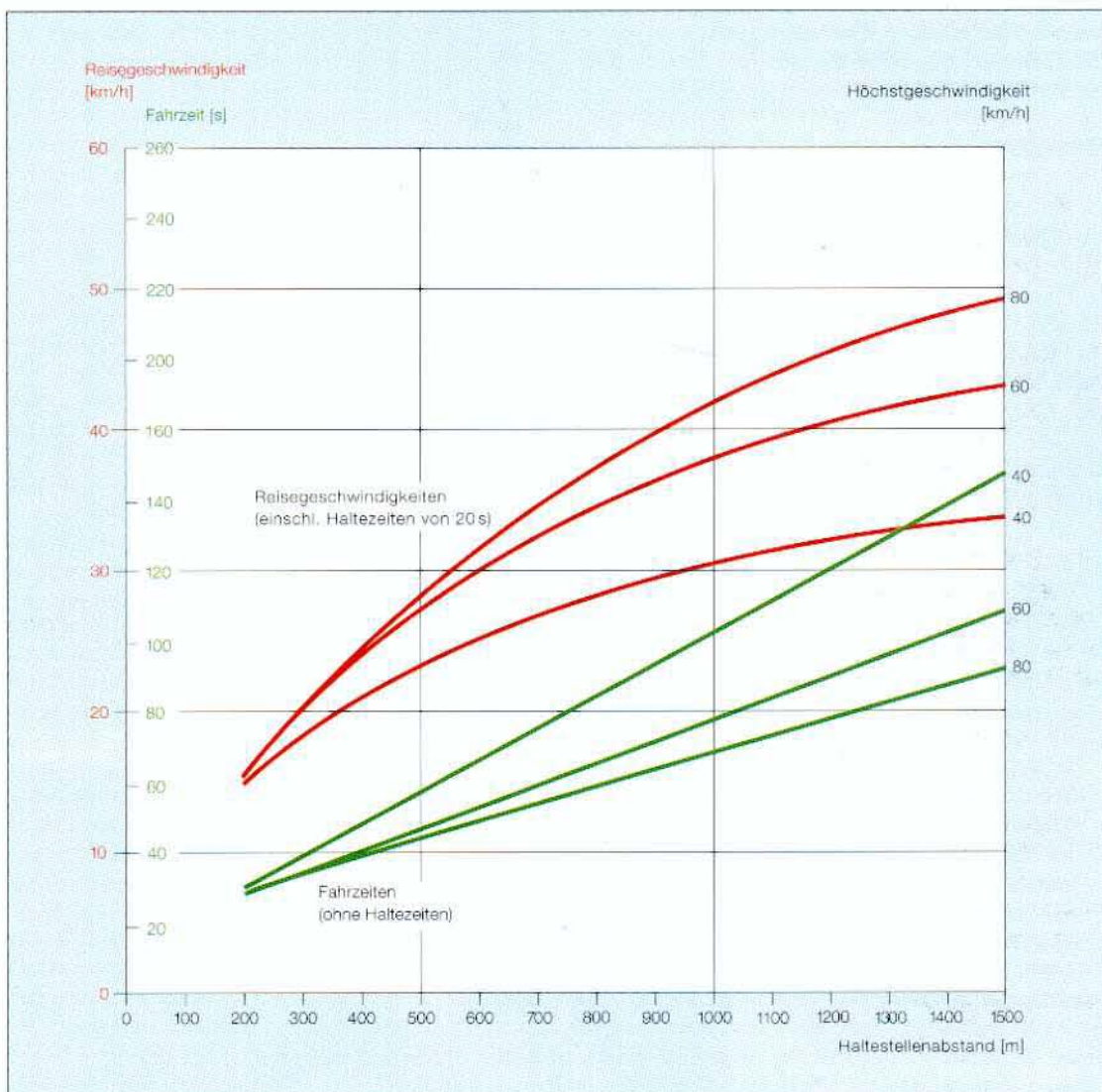
- maximale betriebliche Anfahrbeschleunigung $1,3 \text{ m/s}^2$
- maximale betriebliche Höchstgeschwindigkeit (abhängig von Trassierung) 80 km/h

Optimale Haltestellenabstände liegen zwischen ca. 500 m und 1.000 m. Niedrigere Werte reduzieren die Reisegeschwindigkeit stark.

Haltezeiten in den Haltestellen können dem Bedarf angepaßt werden. Je nach Höhe des Fahrgastaufkommens sind Haltezeiten von ca. 12 s bis ca. 30 s anzusetzen.

Die Daten gelten unter folgenden Annahmen:

- maximales Beschleunigungsvermögen
- Zwei-Wagen-Zug
- maximale Zuladung
- kein Zeitrückhalt
- ebener Fahrweg



2
2 Mit dem M-Bahn System können hohe Reisegeschwindigkeiten erreicht werden

Trassierungsgrundlagen für den Fahrweg

Die Trassierungselemente in Ebenen und Neigungen sind Geraden, Bögen, Übergangsbögen mit oder ohne Überhöhungsrampen, Kuppen, Wannen, Raumkurven, Weichen und Gleisverbindungen.

Spannweite, Stützenabstand

Als geometrische Kenngröße für Längenmaße der Fahrwegelemente der M-Bahn ist die Rasterteilung des Stators zu berücksichtigen.

Sie beträgt

- kleinstenfalls 0,24 m (eine Statorwicklung)
- im Regelfall 0,72 m (Statorlänge)

Hieraus ergeben sich die Vorzugslängen für Trägerweiten und Stützenabstände:

17,28 m ... 24,48 m ... 26,60 m

Unter Berücksichtigung aller Faktoren (M-Bahn spezifisch, örtliche Gegebenheiten) läßt sich ein Bereich kostengünstiger Trägerlängen ermitteln:

- für ebenerdige Fahrwegführung:
7 bis 30 m (als Mehrfeldträger)
- für aufgeständerte Fahrwegführung:
20 bis 30 m (Einfeldträger)
- Stützweiten von 35 m und mehr sind als Sonderkonstruktion möglich.

Optimale Trägerlänge

Als die wirtschaftlichsten und der Umgebung am besten anpassbaren Trägerlängen haben sich für die gerade Strecke 24,48 m Länge und in der Kurve 20,16 m Länge mit einer Trägerhöhe von nur 1,00 m herausgestellt. Daher ist anzustreben, das Stützenraster diesen optimalen Längen

anzupassen. Für Grenzfälle, z.B. Überquerung einer breiten Straße, können vorgefertigte Fahrwegträger bis zu 35 m Länge zum Einsatz kommen.



Für die Stützweiten des M-Bahn Fahrweges ergeben sich neben den äußeren Zwangspunkten für die Stützenstellung individuell unterschiedliche Kriterien, die im Rahmen einer situationspezifischen Optimierung berücksichtigt werden müssen. Hierzu gehören:

- Trassierung
- Ein- oder Mehrwagenzug und fahrdynamische Lasten
- Stützhöhe und -bauform
- Kosten und Aufwand der Stützenfundamente
- Architektonische Gesichtspunkte (Veränderung der Trägerhöhen mit der Spannweite)

Fassadenelemente

Eine Verkleidung der Träger mit Fassadenelementen zur optisch ansprechenden Gestaltung ist möglich.

1 Eine wirtschaftliche Vorfertigung der Fahrwegträger setzt voraus, daß bei der Auslegung des Stützenrasters eine möglichst große Anzahl von gleichen Trägergrundtypen gewählt wird

2 Moderne konstruktive Ausführungsformen ermöglichen eine optisch ansprechende Gestaltung von Fahrwegstütze, Stützenkopf und Fahrwegträger

Kurven, Überhöhungen, Neigungen

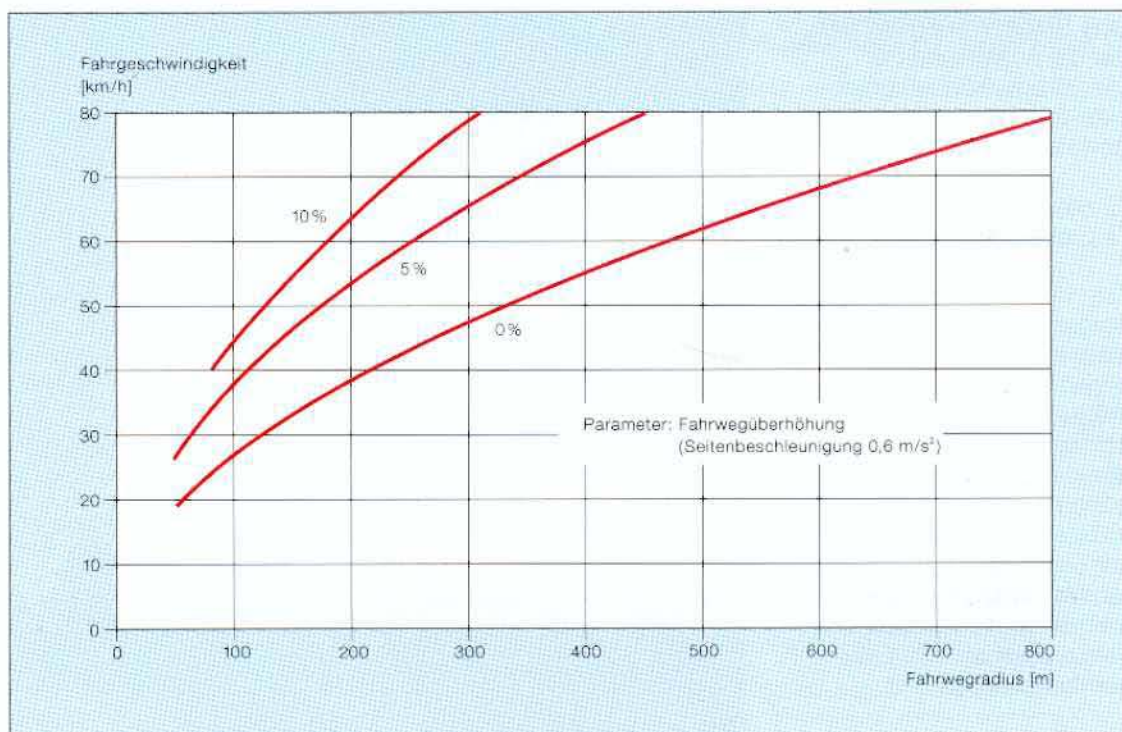
In Kurven muß aus Gründen des Fahrkomforts die Fahrgeschwindigkeit begrenzt werden. Maßgebend hierfür ist das für stehende Fahrgäste relevante Kriterium der freien Seitenbeschleunigung.

Überhöhungen zwischen kurvenäußerer und kurveninnerer Fahrfläche werden eingesetzt, um in Kurven die Seitenbeschleunigung zu reduzieren und damit höhere Geschwindigkeiten zu erreichen.

Die Einfahrt von einer geraden Strecke in eine enge Kurve erfolgt über eine „Überhöhungsrampe“ und einen „Übergangsbogen“. Bei der Überhöhungsrampe wird die kurveninnere Fahrfläche abgesenkt und die kurvenäußere angehoben, wodurch sich kürzere Rampenlängen als bei anderen Bahnen (hier bleibt die kurveninnere Schiene auf gleichem Niveau) ergeben. Die Überhöhungsrampe wird als „gerade

Rampe“ ausgeführt, d.h. lineare Anhebung und Absenkung der Fahrflächen.

Die Übergangsbögen zwischen Fahrwegelementen unterschiedlicher horizontaler Krümmung werden als Klothoide ausgeführt. Hierdurch kann der Querruck bei Einfahrt in die Gleisbögen begrenzt werden.



3

Trassierungsmerkmale	Richtwerte	Grenzwerte
Freie Seitenbeschleunigung	–	$1,0 \text{ m/s}^2$
Maximale Überhöhung	–	10 %
Mindesthalbmesser allgemein	100 m	50 m
Querruck	$0,6 \text{ m/s}^3$	$0,8 \text{ m/s}^3$
Längsneigung bei Streckengleisen	–	10 ‰
Längsneigung (ohne Fahrgastbetrieb)	–	15 ‰
Mindestausrundung bei Neigungswechsel	–	–

3 Durch Fahrwegüberhöhung zwischen äußerer und innerer Schiene sind in Kurven wesentlich höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten möglich.

Fahrwegausführung

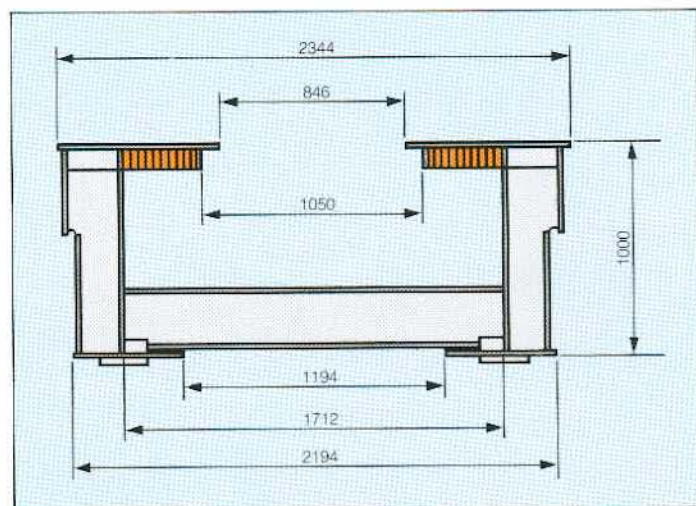
Der Fahrweg der M-Bahn besteht aus einem trogförmigen Verbund aus Längsträgern und einem Querverbund, der das Schwebegerüst (Innenläufer) umfaßt und damit nach allen Richtungen entgleisungssicher führt.

Es wurden verschiedene Fahrwegkonfigurationen konzipiert und für die Anlage Berlin sowie die Erprobungsanlage Braunschweig realisiert. Für die Ausführung der Längsträger können grundsätzlich folgende Bauformen gewählt werden:

- geschweißte Blechträger
- Stahlfachwerkträger

Die Horizontal- und Seitenführungsrollen des Schwebegerüsts laufen an den winkelförmigen Führungen im oberen Trägerbereich. Die Spurbreite beträgt ca. 1 m. Bereits bei der stahlbaumäßigen Fertigung der Führungsflächen müssen spezifizierte Daten zur Sicherstellung der Toleranzen eingehalten werden, da hiervon die Laufgüte des Fahrzeuges und der Fahrkomfort abhängen.

Unterhalb des Obergurtes und beiderseits in Längsrichtung ist der Langstator-Linear-motor mit Eisenpaket und Wicklung eingebaut und beschädigungs- und korrosionssicher vergossen. Die Wicklungskabel sind an den Trägerenden in Schaltkästen zusammengeführt.



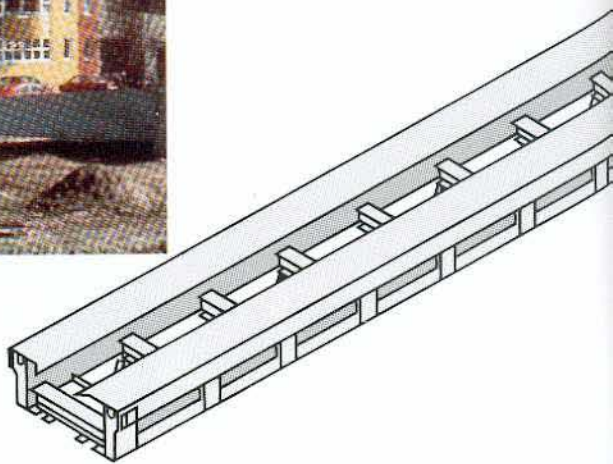
1



2

1 Beispiel eines Trägerquerschnittes für eine Spannweite von ca. 25 m

2 Für die Demonstrationsanlage Berlin wurde ein Fahrweg aus geschweißten Blechträgern eingesetzt

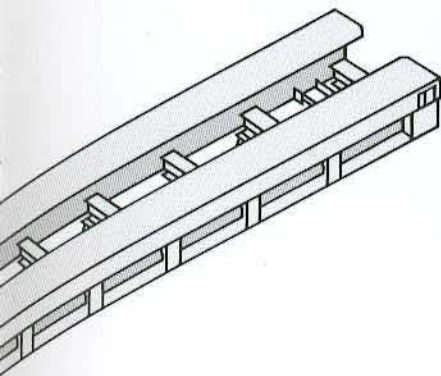


Die Fahrwegträger werden als Stahlbaukonstruktion mit hoher Genauigkeit der Funktionsflächen einschließlich Einbau des Langstator-Linearmotors komplett fabrikmäßig hergestellt. Auf der Baustelle werden diese Einzeleinheiten zu einem Linienbauwerk zusammengefügt, wobei die Gründung, Fundamentierung und Stützenerrichtung als eigenständige Gewerke im Vorlauf errichtet werden.

Zwischen Stützenkopf und Fahrwegträger werden spezielle Brückenlager vorgesehen. Bei der Montage der einzelnen Fahrwegbauteile ermöglicht eine Justierbarkeit der Brückenlager die Einhaltung der Lagetoleranzen an den Trägerstößen.

Um dem Fahrweg ein optisch gefälliges Aussehen zu geben, sind seitlich andere Konstruktionsformen möglich. Ein Beispiel hierfür ist auf Seite 24 dargestellt.

Die Masse der Fahrwegträger ist von der Art der Fahrwegführung (Spannweite, Krümmung) abhängig.



Als typisches Beispiel für aufgeständerte Fahrwege können folgende Werte angenommen werden:

Gerader Träger
($l=24,48$ m)
Gesamtmasse 24,84 t

Dies entspricht einer bezogenen Masse von etwa 1,0 t/m ohne Ausrüstung.



3 Fahrwegstützen und -träger können in kurzer Zeit montiert werden

3

Selbstverständlich sind auch andere Trägerlängen in Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten möglich. Die Steghöhe der Fahrwegträger wird entsprechend den veränderten Lastverhältnissen dimensioniert.

Fahrwegstützen

Für den M-Bahn Fahrweg kommen folgende Niveaulagen in Betracht:

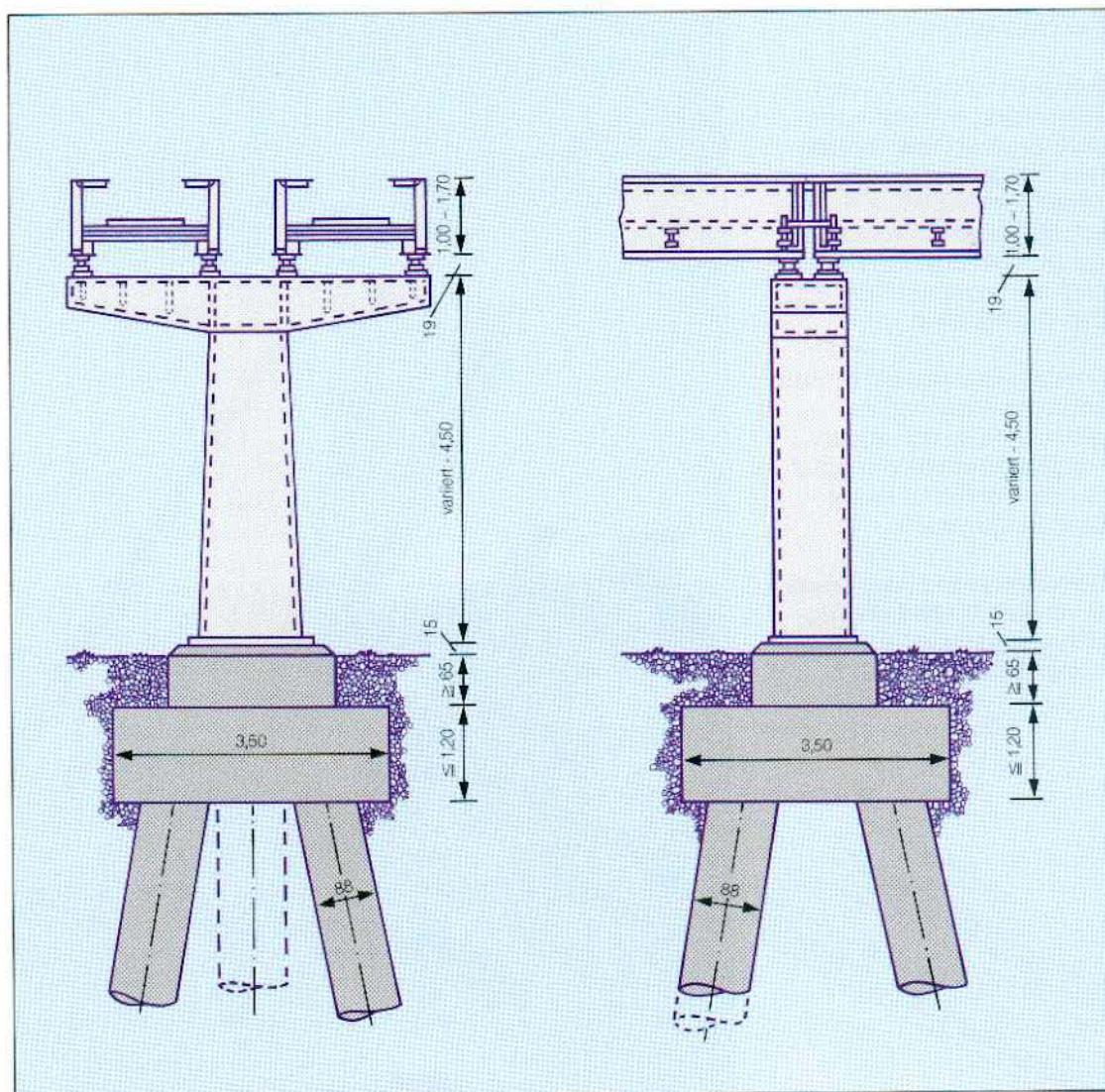
- Hochlage als aufgeständerter Fahrweg oder auf einem Damm
- Ebenerdig, wobei eine niveaugleiche Kreuzung mit allen anderen Verkehrswegen ausgeschlossen ist
- Tieflage, offen im Einschnitt oder Trog, sowie unterirdisch im Tunnel

Die Stützen des M-Bahn Fahrweges können in Stahl oder Stahlbeton ausgebildet werden. Im Falle der Stahlbauweise können z.B. geschweißte Blech-Hohlkästen zum Einsatz kommen. Die Regelform für ein- und doppelspurige Fahrwege ist die T-Stütze mit entsprechend breitem Querträger und rechteckigem Querschnitt. Bei doppelspuriger Fahrwegführung über Straßen sind als Sonderlösung auch Kragarmstützen sowie Portalrahmenstützen unterschiedlicher Spannweite ausführbar.

Die Stützen im Bereich von Straßen werden für entsprechende Anpralllasten bemessen

oder mit Anprallschutzvorrichtung ausgeführt.

Der aufgeständerte Fahrweg erfordert eine lichte Höhe von mindestens 4,50 m über Straßen; über Fußgängerbereichen ist eine halbhohe Führung von ca. 2,50 m lichter Höhe denkbar.



1 Vorgefertigte Stützen, die auf vorbereiteten Fundamenten justierbar befestigt werden, ermöglichen kurze Bauzeiten und damit verbunden nur geringe Beeinträchtigung der angrenzenden Umgebung



2



3

2 T-Stützen (Regelstützen) in Stahlausführung sind die gebräuchlichste Form der Stützenausführung

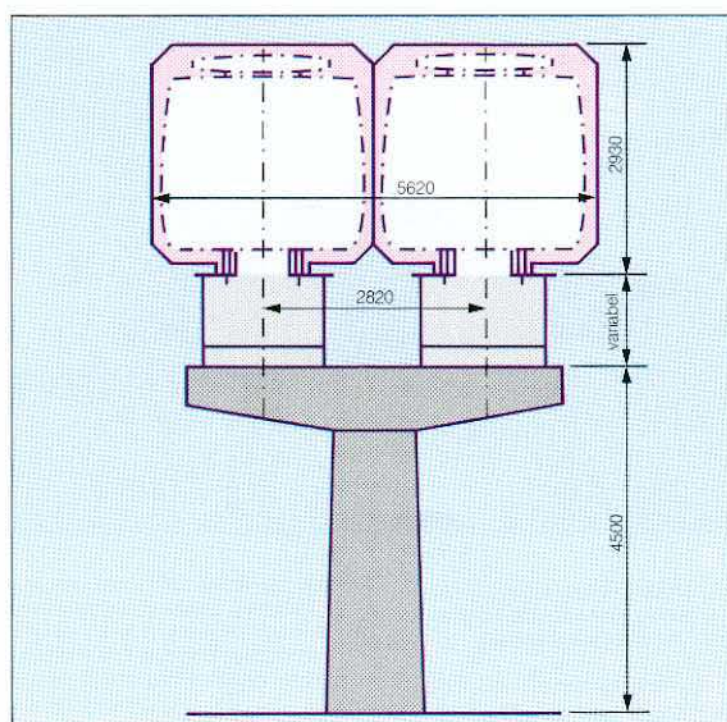
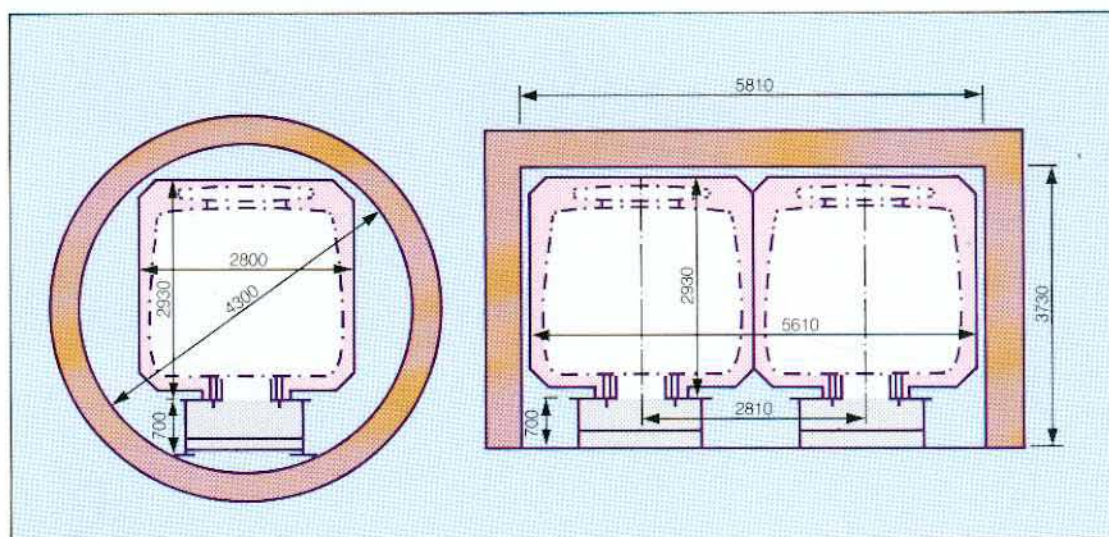
3 Die Fahrwegstützen können auch als Rohrkonstruktion (aufgelöste Stütze) ausgeführt werden

Auf der Grundlage von Fahrzeugbewegungen und Toleranzen wird oberhalb der Schienenoberkante (SO) eine Lichtraumumgrenzung definiert, die als Abstandsbegrenzungslinie für feste Gegenstände einzuhalten ist. Es werden alle möglichen Bewegungen des Fahrzeugs (Rollen, Nicken, Gieren) bis zu den mechanischen Begrenzungen kalkuliert und die maximalen Ausschläge an der Fahrzeugaußenhaut ermittelt. Die Einhüllende um die Extremlage im Querschnitt stellt das Lichtraumprofil dar. Dieses Profil gilt zunächst im geraden Fahrweg ohne Horizontalradien und ohne Fahrwegüberhöhung und bildet die Grundlage für die weiteren Berechnungen für Kurvenfahrt, Fahrwegüberhöhung und Doppelspurfahrweg.

Infolge von Fahrwegtoleranzen, Montageungenauigkeiten und Fahrweg-Lageveränderungen stimmt die Ist-Lage der Fahrwegsachse nicht unbedingt und an allen Stellen mit der Sollage der Fahrwegsachse (gemäß Feintrasierung) überein. Diese Abweichungen werden zusätzlich zu den bauüblichen Toleranzen durch einen um die Lichtraumumgrenzung herum konstruierten Bauwerkslichtraum berücksichtigt.

Vorschriften, Normen, Richtlinien

Die Ermittlung des M-Bahn Lichtraumbedarfs ist entstanden in Anlehnung an die BOStrab 87 sowie die BOStrab-Tunnelbaurichtlinien.



1 Beispiel für Lichtraumumgrenzung und Bauwerkslichtraum bezogen auf Fahrzeug E01 mit Klimaanlage

Städtebauliche Integrierbarkeit

Fahrweg und Haltestellen des M-Bahn System lassen sich ideal in unterschiedliche Stadtlandschaften integrieren. Dieser Vorteil basiert auf folgenden Eigenschaften:

Kleine Systemabmessungen

- Der Fahrwegträger mit dem Linearmotor erfüllt gleichermaßen die Funktion eines Brückenbauwerkes.
- Das Schwebegestell wird innerhalb des Fahrweges geführt.
- Wegen des niedrigen Fahrzeuggewichtes und der flächig einwirkenden Tragkraft bei der M-Bahn sind die statischen und dynamischen Belastungen gering.
- Der für den Notfall erforderliche Fluchtweg ist bei der M-Bahn nicht seitlich, sondern innerhalb jeder Fahrwegspur angeordnet. Er ist durch die Stirntüren in den Fahrzeugen erreichbar.
- Das Konzept des automatischen Betriebes mit kurzen Zugfolgezeiten und kleinen Einheiten erfordert nur einen geringen Raumbedarf für Haltestellen.

Jedes dieser Merkmale führt zu geringen Fahrwegabmessungen, die eine ästhetische Gestaltung des aufgeständerten Fahrwegs ermöglichen. Deutliche Vorteile bestehen auch bei der Tunneldimensionierung.

Umweltfreundlich

Die M-Bahn fährt nicht auf Stahlrädern. Sie erzeugt minimale Laufgeräusche und bewegt sich damit außerordentlich umweltfreundlich. Abgase entstehen überhaupt nicht.



Vibrationsarm

Die niedrige Vibrationserregung läßt auch Trassenführungen durch Gebäude zu. Die Bewohner werden nicht gestört und die Gebäudestrukturen wenig belastet.

Leichte Montage

Das M-Bahn System ist modular aufgebaut. Der komplette Fahrweg und zum Teil auch die Stationsbauwerke können in Fabriken vorgefertigt werden. Der Aufbau vor Ort erfolgt relativ schnell mit einem Minimum an Belastung für die Umgebung.

Weichen der M-Bahn

Die Weichen der M-Bahn sind aktiv, d.h. die geforderte Fahr- richtung wird im Fahrweg ein- gestellt und festgelegt.

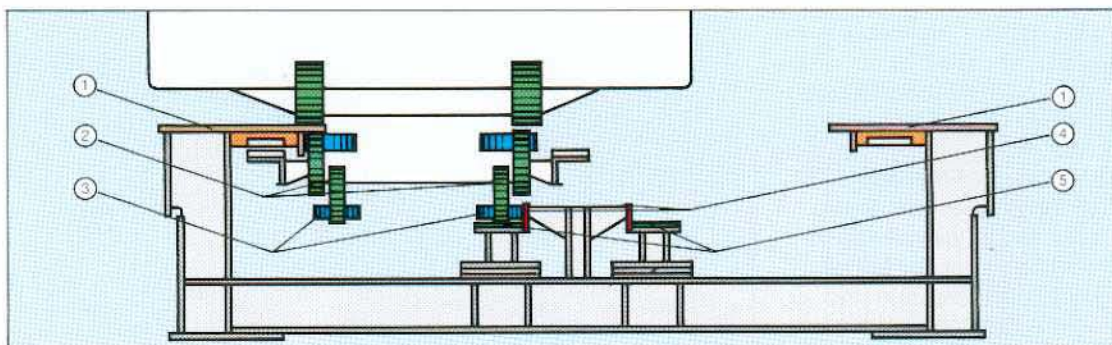
Die Hauptbestandteile der M-Bahn Weiche sind:

- Stahlbauteile entsprechend dem Fahrwegquerschnitt
- Weichenzunge
- Untenlaufprofil und Seiten- führungsschiene
- Weichenantrieb
- Überwachungs- und Zug- beeinflussungseinrich- tungen

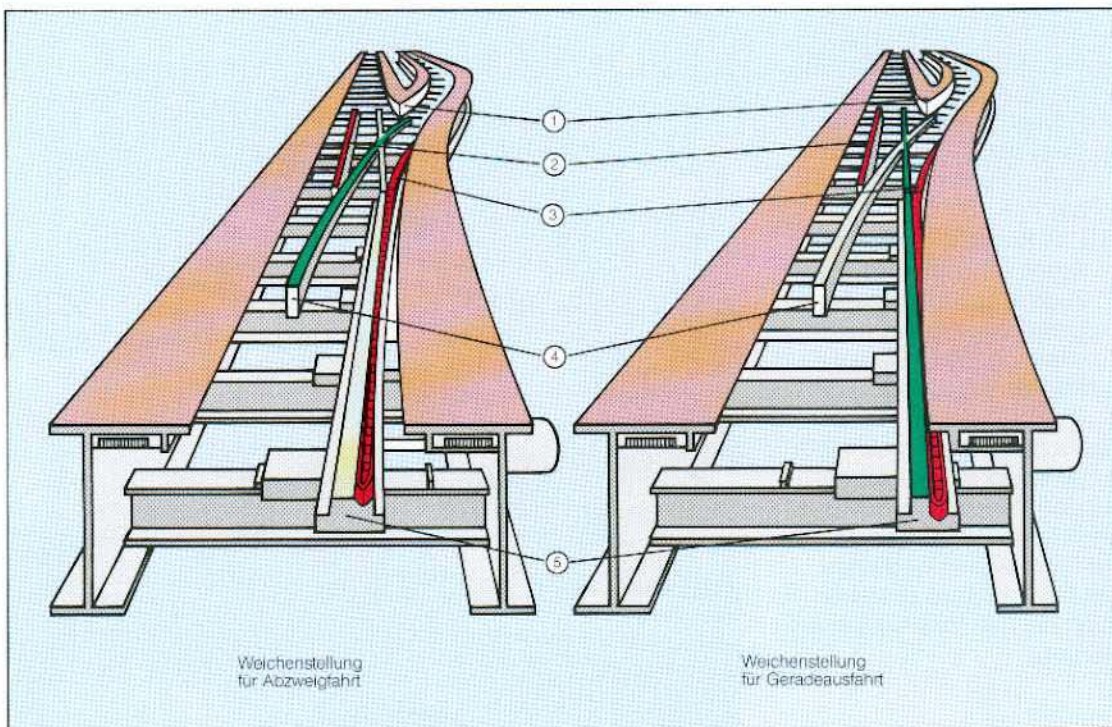
Bei Fahrt durch die Weiche ist die Trag- und Antriebsfunktion im offenen Weichenteil jeweils einseitig unterbrochen. Im offenen Teil der Weiche über- nehmen für die eine Fahr- zeugseite die Weichenlaufrä- der des Schwebegestells anteilig die Tragfunktion. Sie stützen sich dabei auf dem Untenlaufprofil ab. Die Trag- und Antriebsfunktion auf der anderen Fahrzeugseite bleibt erhalten.

Da bei der Weichenfahrt im offenen Teil der Weichen nur eine Fahrweghälfte mit der Trag- und Antriebsfunktion im Eingriff ist, würde sich für den Langstatorantrieb eine Redu- zierung der Antriebs- bzw. der Bremskräfte ergeben. Soweit möglich, wird diese durch entsprechende Leiterzahl der Wicklung im Weichenbereich

wieder ausgeglichen. Bei einer Zwangsbremse mit der mechanischen Zangen- bremsen kommen im Wei- chenbereich nur die Brems- backen auf der jeweils durch- gehenden Fahrfläche zum Eingriff.



1



2

1 Die Seitenführung des Fahrzeugs in der Weiche erfolgt im Zusammen- spiel von Spurführungs- und Wei- chenführungsrollen

- 1 Spurführungsflächen
- 2 Weichenlaufräder
- 3 Horizontale Weichenführungs- rollen
- 4 Seitenführungsschiene
- 5 Untenlaufprofil

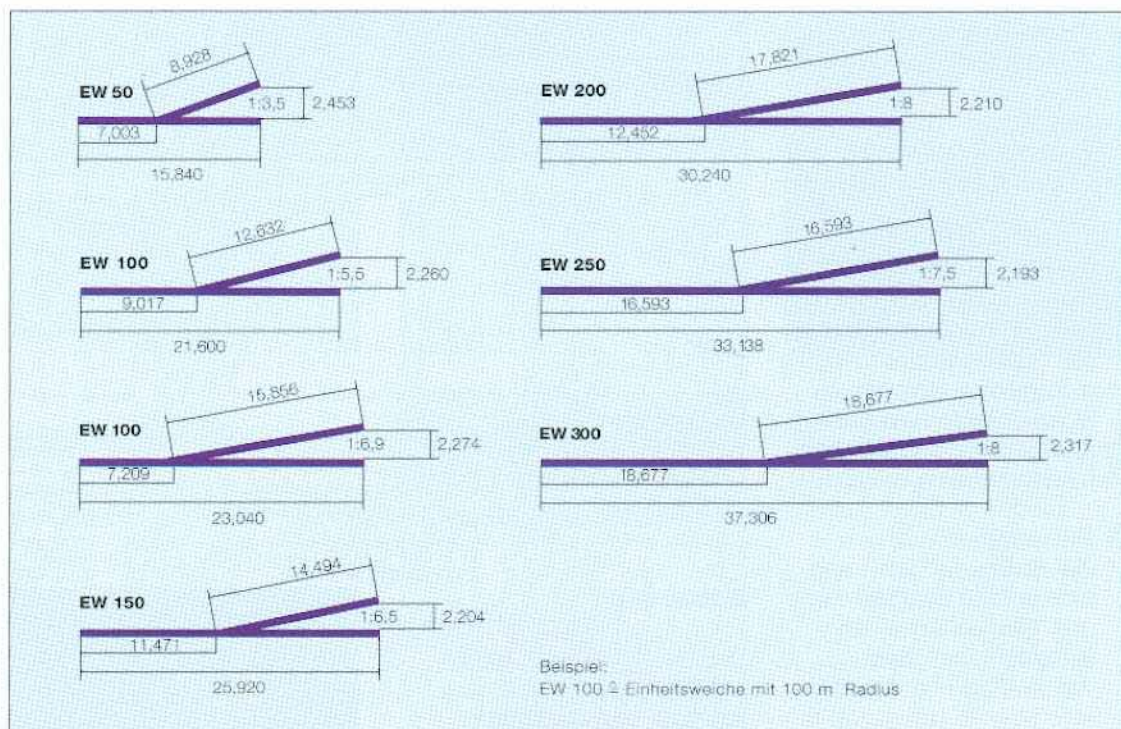
2 Standard-Ausführung der M-Bahn Weiche

- 1 Weichenherz
- 2 Seitenführungsschiene
- 3 Seitenführungsschiene
- 4 Untenlaufprofil
- 5 Weichenzunge

Bei der Konzipierung von Streckenabzweigungen können unterschiedliche Weichenausführungen eingesetzt werden. Die Ausführungen für Standardweichen nach VDV-Empfehlungen sind dargestellt. Die entsprechenden Abmessungen sind angegeben.

Eine Gleisverbindung zwischen zwei parallelen Gleisen stellt den wichtigsten und häufigsten Anwendungsfall für Weichen dar.

Eine einfache Gleisverbindung wird in erster Linie als Kehranlage an den Streckenenden von zweigleisigen Anlagen eingesetzt, außerdem bei Strecken über ca. 2 km Länge zur Ermöglichung eines abschnittweisen eingleisigen Zwei-Richtungsbetriebes in Störungsfällen. Doppelte Gleisverbindungen werden durch zwei hintereinanderliegende einfache Gleisverbindungen gebildet.



3



3 Abmessungen von Standardweichen

4 Weichenausführung auf der M-Bahn-Anlage in Berlin

4

Streckenabschluß

Kehranlagen

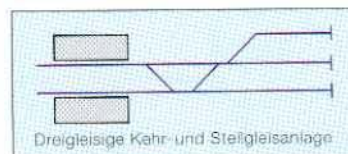
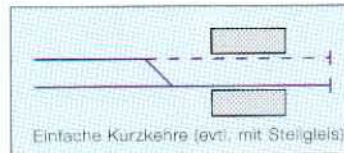
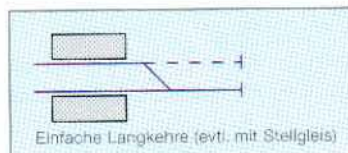
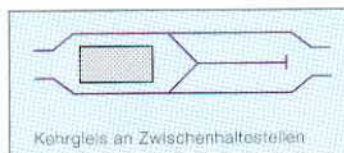
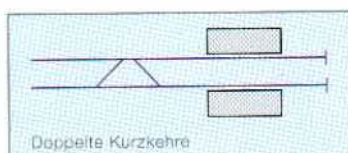
Kehranlagen in M-Bahn Systemen sind in verschiedenen unterschiedlichen Ausführungen realisierbar. Welche Lösung für eine Kehranlage gewählt wird, hängt u.a. von folgenden anlagen-spezifischen Merkmalen ab:

Fahrgastaufkommen
Bei hohem Fahrgastaufkommen und niedriger Zugfolgezeit ist die Trennung ankommender und abreisender Fahrgäste sinnvoll. Hier ist der Einsatz von Langkehren zweckmäßig.

Systemverfügbarkeit
Einsatzbereite Reservezüge können auf Stellgleisen geparkt werden. Auch mehrgleisige Anlagen an Streckenenden wie auch Aufstellgleise an Zwischenhaltestellen sind möglich.

Freiflächen
Der Platzbedarf von Langkehren muß beachtet werden. Eine einfache Langkehre für einen Zwei-Wagen-Zug benötigt z.B. eine Strecke von ca. 80 m im Anschluß an die Endhaltestelle; die dargestellte dreigleisige Keh- und Stellgleisanlage benötigt eine Länge von ca. 150 m.

Alle Kehranlagen sind mit Gleisabschlüssen ausgerüstet, die für die Sicherung von Fahrten unter Personalverantwortung mit mechanisch bremsenden Energieverzehrvorrichtungen ausgestattet sind.

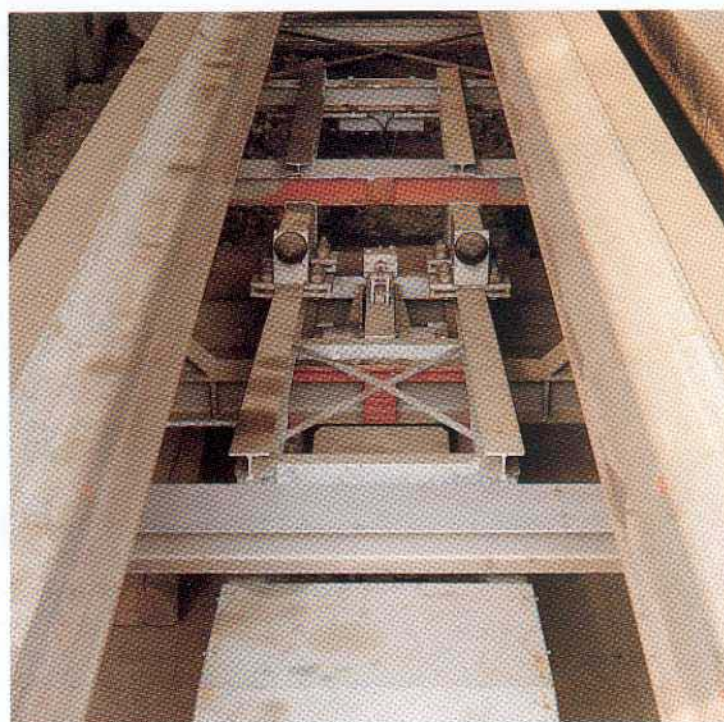


1 Typische Kehranlagen

Schleusen

M-Bahn Fahrzeuge werden vom Wartungsbereich über eine Ein- und Ausfahrtstelle (Schleuse) in den automatischen Betrieb aufgenommen. Die Schleuse ist für alle Funktionen des automatischen Betriebes ausgerüstet und beidseitig durch je einen überfahrbaren Streckenabschluß von der Strecke mit Fahrgastbetrieb bzw. vom Wartungsbereich getrennt.

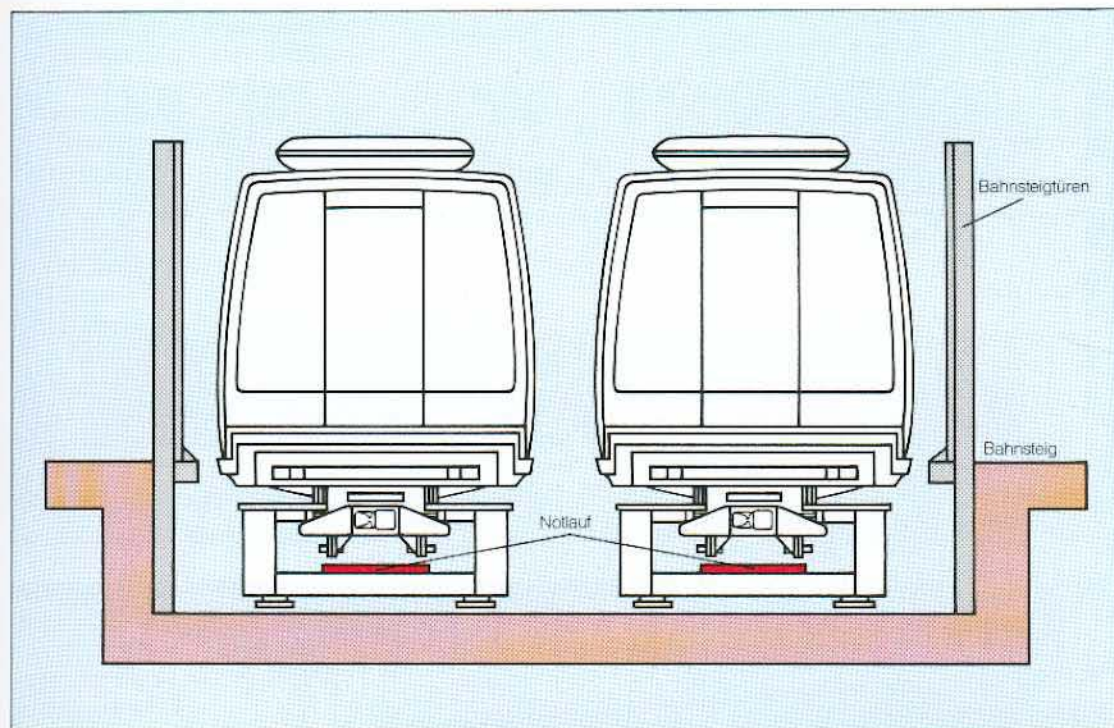
Die Länge der Schleuse entspricht der maximalen Länge eines Zuges mit Betriebsfahrzeug zuzüglich einem Rangierbereich. Für einen Zwei-Wagen-Zug beträgt die Schleusenlänge etwa 40 m.



2 Überfahrbarer Streckenabschluß

Integrierter Notlaufweg

In der Regel wird bei allen Störungen (inkl. Brandmeldungen) die nächste Haltestelle angefahren. Für den äußerst unwahrscheinlichen Fall eines Systemtotalausfalls kann der Zug auf freier Strecke zum Halt kommen. In diesem Fall können die Fahrgäste das M-Bahn Fahrzeug durch die Stirntüren verlassen. Der mittlere Teil jeder



3 Spur des M-Bahn Fahrweges ist als Notlaufweg ausgebildet. Im Notfall können die Fahrgäste über diesen Weg bis zur nächsten Haltestelle gelangen. Dort kann der Fahrweg durch die Nottüren verlassen werden.



4



5

3 Notlaufwege im Fahrweg und Vorkehrungen in der Bahnsteigtüranlage sind Bestandteile des M-Bahn Konzeptes.

4 Die Nottüren am Anfang der Bahnsteige sind von der Fahrwegseite leicht von Fahrgästen zu bedienen. Personal kann diese Türen auch von der Bahnsteigseite her öffnen.

5 Bei abgeschalteter Anlage ist der Fahrweg auf der gesamten Länge problemlos begehbar. Der Fahrwegsteg dient hierbei als Geländer.

Bahnsteige und Bahnsteigtüren

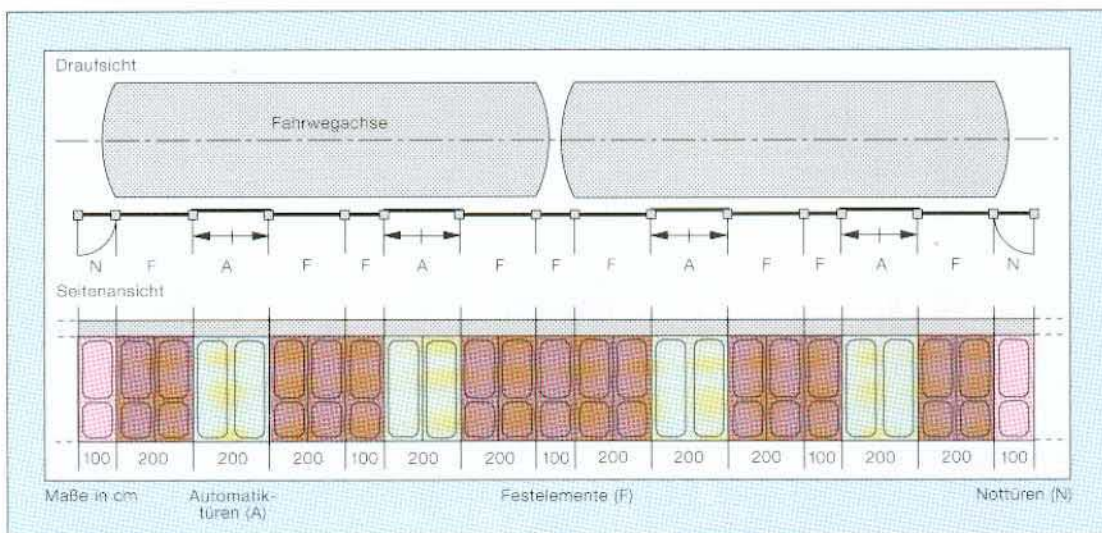
Die bisher beim M-Bahn System eingesetzten Einzelfahrzeuge haben eine Länge von 12,00 m. Für die Abmessungen von Haltestellen können bei Betrieb mit Einzelfahrzeugen bzw. mit Zwei-Wagen-Zügen überschlägig nachstehende Werte angesetzt werden. Dabei müssen für aufgeständerte Fahrwege die Zu- und Abgangsbereiche, die zweckmäßigerweise seitlich des Bahnsteigs angeordnet werden sollten, berücksichtigt werden.

- Haltestelle für Einzelfahrzeug
Bahnsteiglänge ca. 14 m
Haltestellenlänge ca. 22 m
- Haltestelle für Zwei-Wagen-Zug
Bahnsteiglänge ca. 25 m
Haltestellenlänge ca. 33 m

Für das sichere Fernhalten der Fahrgäste von der Bahnsteigkante und dem Fahrzeug-Lichtraumprofil bzw. dem Fahrwegbereich werden in der Regel entlang der Bahnsteigkante Trennwände mit automatischen Bahnsteigtüren vorgesehen. Im nebenstehenden Bild ist schematisch die Anordnung der Bahnsteig-Türanlage für eine Haltestelle in Hochlage bei Betrieb mit Zwei-Wagen-Zügen dargestellt.

Die Gesamtanlage besteht je Bahnsteig aus folgenden Elementen:

- Schiebetüren (2-flügelig), automatisch gesteuert
- Festelemente
- Nottüren (1-flügelig), jeweils am Ende der Bahnsteigtüranlage



1 Bahnsteigtüranlage für zwei Fahrzeuge Typ E01

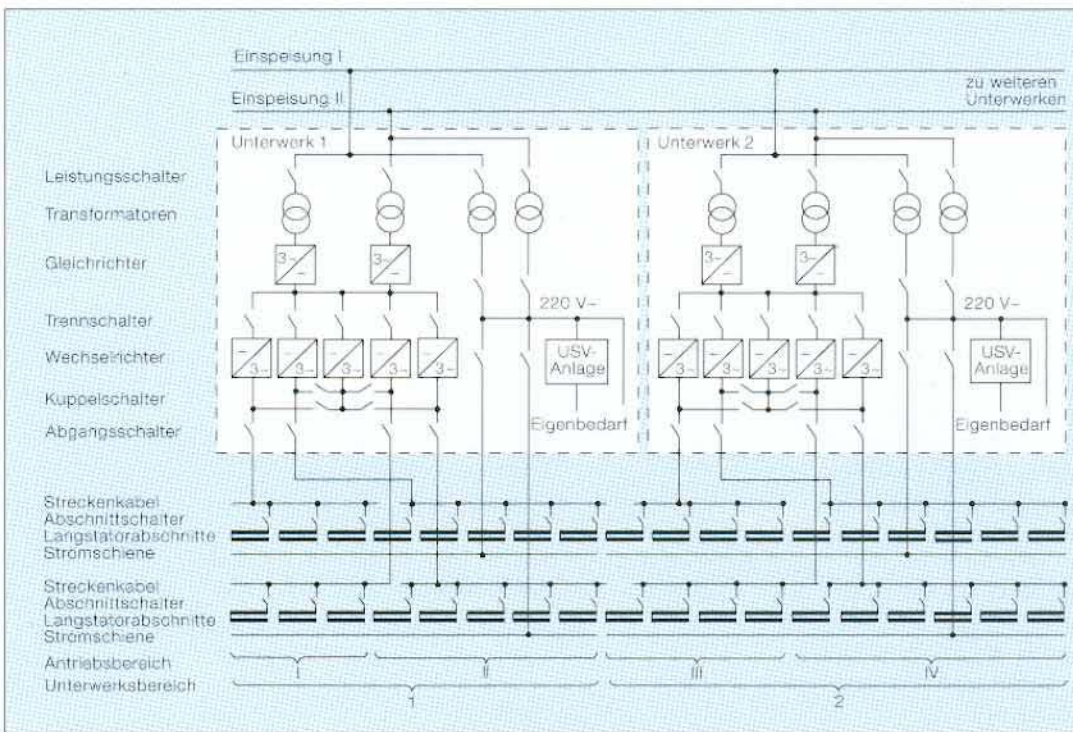
2 Fahrgastwechsel im Bahnhof Gleisdreieck der M-Bahn Anlage Berlin

Haltestellen mit Unterwerken

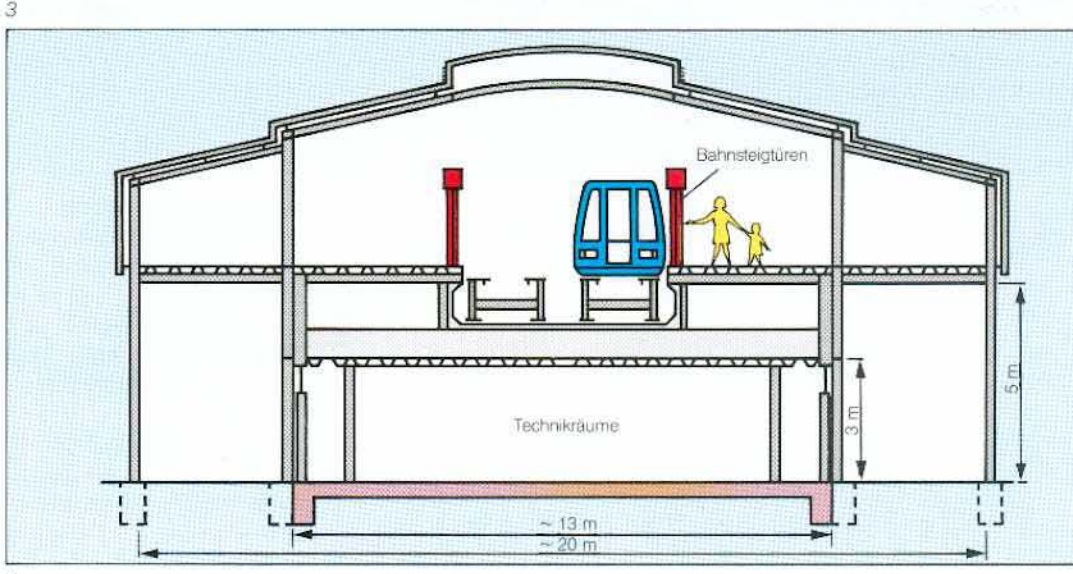
Unterwerke zur Antriebsenergieversorgung werden längs der M-Bahn Strecke in etwa 1 bis 2 km Abstand angeordnet. Sie enthalten im allgemeinen die folgenden Baugruppen einschließlich der dazugehörigen Steuerungen:

- Mittelspannungseinspeisung aus örtlichem EVU-Netz, wobei bei hochbelasteten Anlagen zwei redundante Einspeisungen vorgesehen werden sollten
- Transformatoren für Antriebsenergie und Eigenbedarfsversorgung
- Gleich- und Wechselrichter, wobei Reserveeinheiten vorgesehen werden
- Abgangsschalter zu den Streckenkabeln
- Stromschienenversorgung für Fahrzeughilfsbetriebe
- Eigenbedarfsanlage, u.a. für Beleuchtung, Steuerung, Haltestellenversorgung
- Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung

Unterwerke können bei aufgeständerten Fahrwegen in Haltestellen unterhalb des M-Bahn Fahrweges angeordnet werden. Damit ergeben sich kurze Wege für die notwendigen elektrischen Leistungs- und Steuerstromanschlüsse.



Die Länge der Antriebsbereiche, d.h. die Anzahl der von einem Umrichter gespeisten Langstatorabschnitte, wird bei der System-Feinauslegung festgelegt. Sie hängt hauptsächlich von der gewünschten Zugfolgezeit des Systems – in einem Antriebsbereich darf sich jeweils nur ein Zug befinden – ab. Die Anzahl der in einem Unterwerk zusammengefaßten Umrichter kann bei verschiedenen Anlagen unterschiedlich sein.



3 Schaltung von typischen M-Bahn Unterwerken mit
 – redundanter Einspeisung
 – 5 Umrichtern
 – streckenseitigen Komponenten für zweiseitigen Betrieb

4 M-Bahnstation Bernburger Straße der Anlage Berlin mit integriertem Unterwerk

Betriebsleit- und Sicherungstechnik

Betriebsführung

Die Abläufe bei der Betriebsführung einer M-Bahn Anlage werden im Zusammenwirken des Betriebsleitsystems (BLS) mit dem Betriebspersonal realisiert. Dazu stellt das Betriebsleitsystem die Funktionen bereit, die es ermöglichen,

- den regulären Fahrbetrieb durch steuernde und sichernde Einwirkungen des BLS ohne Mitwirkung von Personal entsprechend den vorgegebenen Betriebsprogrammen abzuwickeln,
- auf Einwirkungen von außen, bei eingeschränkter Funktion infolge von Störungen im System und bei Auftreten außergewöhnlicher Ereignisse mit irregulären Betriebsformen unterstützend, ausgleichend und sichernd reagieren zu können,
- von einer mit Personal besetzten Betriebsstelle mit den Fahrgästen in Kontakt zu treten.

Herz der Ausrüstung ist die Betriebsleitzentrale zur Steuerung, Sicherung und Überwachung des vollautomatischen Fahrbetriebes.

Leittechnik

Die betriebsleittechnische Ausrüstung der M-Bahn steuert, sichert und überwacht alle Funktionen für den Betrieb des Systems. Komponenten des Systems sind: Fahrzeuge, Antrieb, Energieversorgung, Stations- und Streckeneinrichtungen sowie Depot- und Werkstatanlagen.

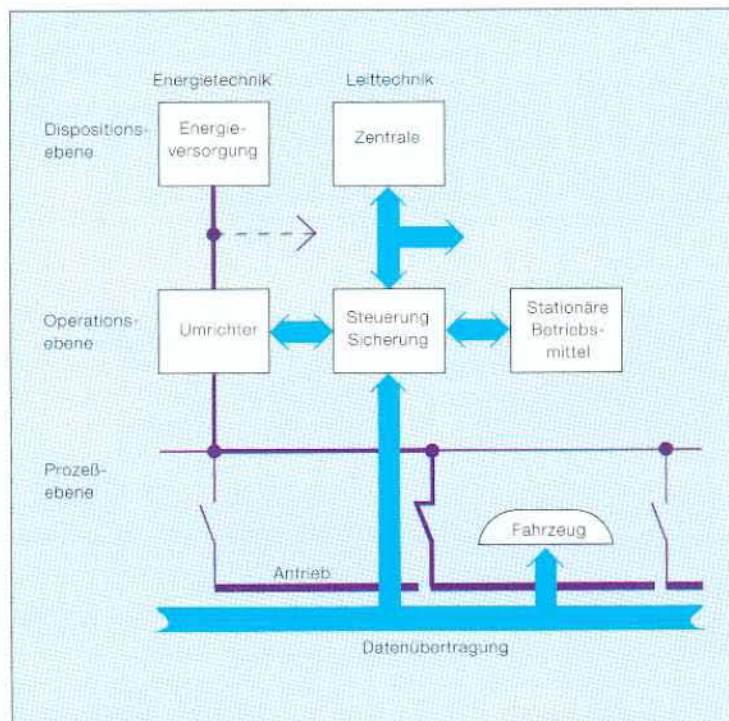
Der Betriebsablauf innerhalb der Prozeßebene wird von den Komponenten der Operationsebene gesteuert (z.B. Geschwindigkeitsvorgabe für Zugfahrten). Die übergeordneten Vorgaben für die einzelnen Abläufe innerhalb der operativen Ebene werden von den Komponenten der Dispositionsebene bereitgestellt (z.B. Fahrpläne).

Technisches Konzept

Die Komponenten des Sicherungssystems stellen ein unabhängiges Teilsystem des Betriebsleitsystems dar. Alle Baugruppen des Sicherungssystems einschließlich der erforderlichen Sensoren wie auch der sicherheitsrelevanten Elemente der Antriebsenergieverteilung entsprechen der Konzeption sicherheitstechnischer Bahnanlagen bzw. Signalanlagen.

Diejenigen Komponenten, die den normalen Betriebsablauf steuern bzw. überwachen, sind in nicht-sicherer Technik ausgeführt. Neben der operativen und dispositiven Betriebsführung zählen dazu:

- Akustische und optische Fahrgastinformation
- Video- und Betriebsablaufüberwachung
- Fernsteuerung und Betriebsmittelüberwachung.



1 Strukturelle Einordnung des Betriebsleit- und Sicherungssystems

Die Hauptfunktion des Sicherungssystems ist die Absicherung der betrieblichen Zugfahrten mit:

- Konfliktpunkterfassung
- Geschwindigkeitsüberwachung
- Fahrzeugortung
- Fahrwegsicherung
- Stillstandssicherung
- Sicherung von Antriebsfunktionen
- Fahrgastsicherung beim Fahrgastwechsel, im Zug, sowie in Störungssituationen.

Betriebsleitzentrale

Funktionen

In der Betriebsleitzentrale werden folgende Steuer- und Überwachungsfunktionen mittels elektronischer Einrichtungen durchgeführt:

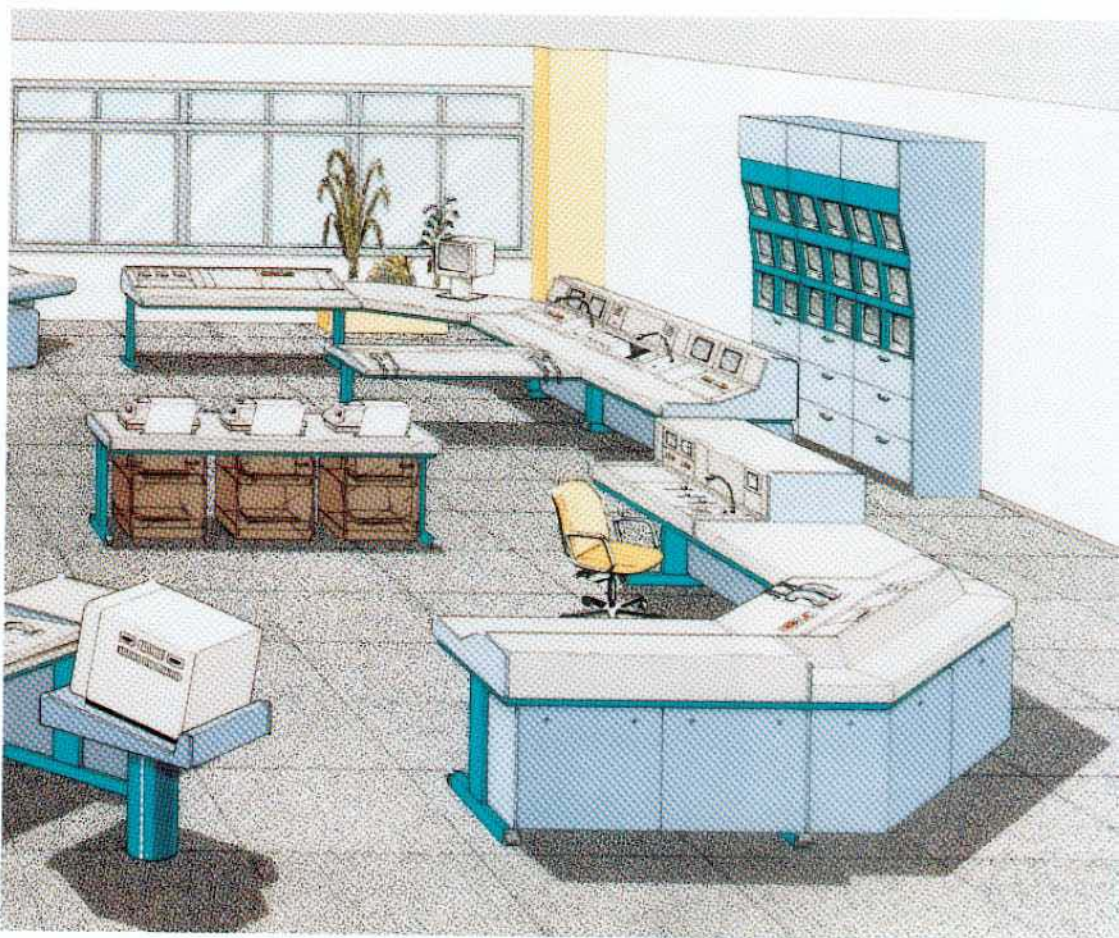
- Verfolgung des Fahrbetriebes
- Überwachen, Informieren und Führen der Fahrgäste
- Überwachung und Steuerung der Betriebsmittel.

Diesen Funktionen kann je nach Umfang des M-Bahn Systems jeweils ein eigener Arbeitsplatz zugeordnet werden.

Der reguläre Betriebsablauf erfordert keine aktive Mitwirkung des Personals der Zentrale. Nur außerplanmäßige Änderungen des Betriebsablaufes, Vorfälle im Anlagenbereich, Einleiten des Betriebsendes sowie Störungssituationen erfordern Befehlseingaben oder Entscheidungen des Betriebspersonals.

Zur Protokollierung und Aufzeichnung des Geschehens im Gesamtsystem sind verschiedene Drucker vorgesehen.

Die zentralen Rechner des Systems werden in der Nähe der Betriebsleitzentrale angeordnet. Sie werden über eine gesicherte Energieversorgung (USV-Anlage) gespeist, die bei Ausfall der eingespeisten Energie einen Notbetrieb sowie die Kommunikation mit den Fahrgästen ermöglicht.



2

2 Typische Anordnung der Geräte in einer Betriebsleitzentrale

Konzept des Sicherungssystems

Das Sicherungssystem ist als übergeordnetes System unabhängig vom Leitsystem konzipiert. Es greift nicht aktiv in dispositive und operative Steuer- und Regelvorgänge ein, sondern stellt bei Verletzung von Sicherheitskriterien den sicheren Zustand des Systems her. Die dazu eingesetzten Komponenten sind von erforderlichen Sensoren im Gleis, über Fail Safe Logiken bis hin zur sicheren Antriebsabschaltung unabhängig und getrennt von den übrigen Komponenten der Betriebsleittechnik ausgelegt.

Für die im Sicherungssystem eingesetzten sicheren Rechner kommt eine zweikanalige Ausführung zur Anwendung. Durch einen sicheren Vergleich der beiden Kanäle werden Ausfälle erkannt und der sichere Zustand des Systems herbeigeführt.

Soweit die Verfügbarkeit es erfordert, können derartige Komponenten redundant ausgeführt werden.

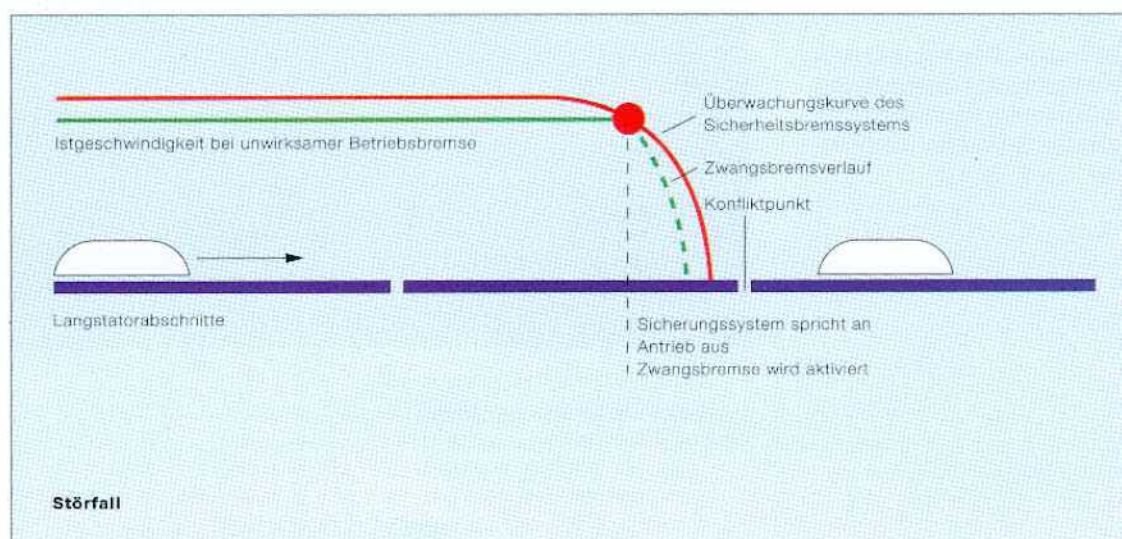
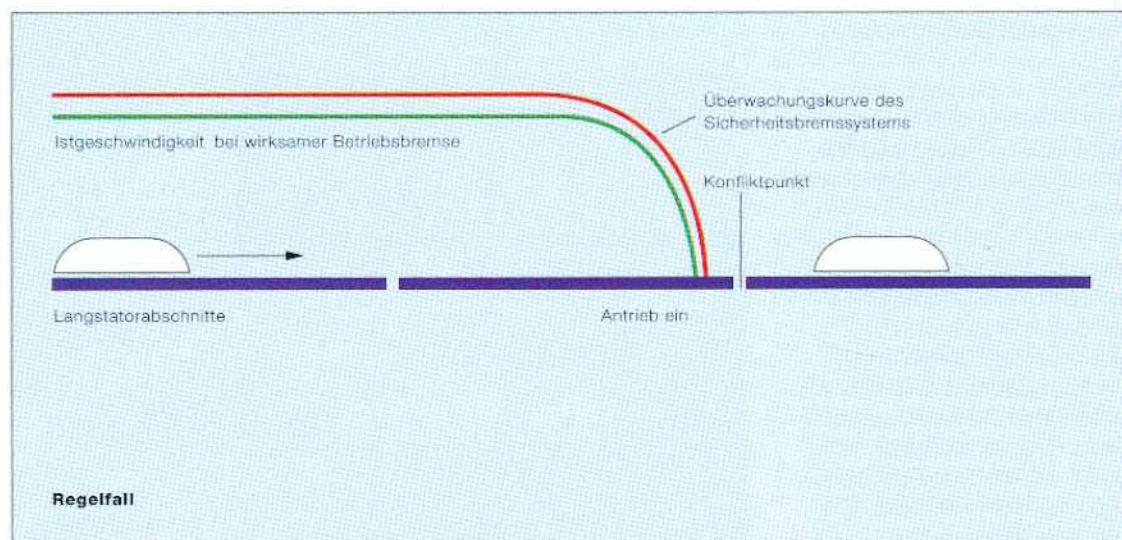
Die für die Sicherung der Zugfahrten erforderlichen Daten sind im Sicherungssystem in Form von Geschwindigkeitsgrenzkurven abgelegt. Diese Daten werden während der Systemprojektierung entsprechend den Trassierungsgegebenheiten definiert und festgelegt. Übersteigt

die Istgeschwindigkeit des Zuges die Grenzgeschwindigkeit, wird die sichere Antriebsabschaltung und Zwangsbremsung des Zuges ausgelöst.

Für die Fahrwegsicherung werden alle Zustände der streckenseitigen sicherheitsrelevanten Betriebsmittel (Weichen, Zugortmelder, Bahn-

steigtüren usw.) sicher erfaßt. Die Auswertung der Zustände bewirkt eine Aktivierung bzw. Auflösung entsprechender Konfliktpunkte.

Die Abstandssicherung zwischen Zügen erfolgt im Blockabstand, wobei die Grenzen der Antriebsbereiche als Konfliktpunkte berücksichtigt werden.



1 Durch die Überwachungskurve des Sicherheits-Bremssystems ist gewährleistet, daß in allen Regel- und Störfällen ein Zwangshalt eines Zuges vor Einfahrt in einen besetzten Abschnitt stattfindet.

Um trotz des fahrerlosen Betriebes und der unbesetzten Haltestellen die Fahrgäste allgemein und individuell informieren zu können, ist ein Informations- und Kommunikationssystem vorgesehen.

Zur Information der Fahrgäste in den Haltestellen über Zugfolge, Abfahrzeit und Fahrziel sind Zugzielanzeiger eingesetzt, die vom Betriebsleitersystem automatisch gesteuert werden.

Die Fahrgast-Informations-Anlage auf den Fahrzeugen besteht aus einer Haltestellenansage und einer Haltestellenanzeige. Angezeigt wird der jeweils nächste Halt sowie im Gefahrenfall die Auslösung des Nothaltes. Die Ansteuerung der Haltestellendurchsage ist identisch mit der Ansteuerung der Haltestellenanzeige. Zusätzlich können aus der Betriebsleitzentrale die Fahrgäste über Durchsagen informiert werden.

Zur Kommunikation der Fahrgäste mit der Betriebsleitzentrale befinden sich auf den Fahrzeugen und in den Haltestellen Wechselsprechanlagen. Der Fahrgast kann durch Betätigen der Taste „Information“ ein Informationsgespräch mit der Betriebsleitzentrale führen. Durch Betätigen der Taste „Notruf“ wird eine bevorrechtigte Notrufverbindung zur Betriebsleitzentrale aufgebaut. Notrufverbindungen werden automatisch mit Zeitangabe auf einem Tonband aufgezeichnet.

Das Betriebspersonal kann untereinander über eine Sprechfunkanlage kommunizieren.

Die Beobachtung des Fahrgastwechsels und des Fahrgastaufkommens erfolgt durch eine Videoanlage. Auf den Bahnsteigen sowie in anderen Teilen der Stationsgebäude sind Videokameras

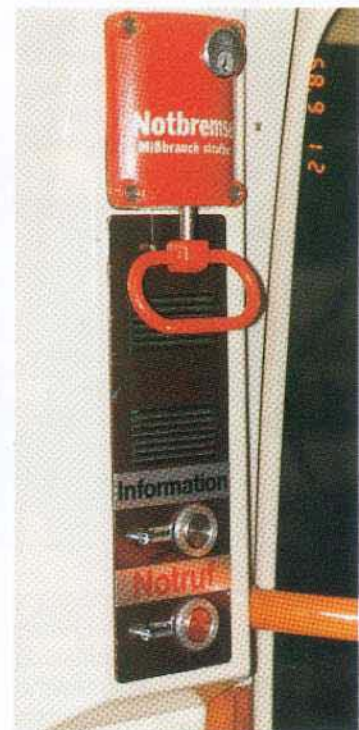
installiert. Die Aufnahmen der überwachten Bereiche werden zur Betriebsleitzentrale übertragen und dort auf Monitoren angezeigt. Durch manuelle Anforderung seitens des Bedieners kann jedes Bild mit Angabe von Datum und Uhrzeit auf einem Videorecorder aufgezeichnet werden.



2



4



3

2 und 3 Eine Sprechverbindung zwischen Fahrgästen und Betriebsleitzentrale ist als Information und Notruf von den Haltestellen und den Zügen jederzeit möglich

4 Zugzielanzeiger in den Haltestellen und in den Fahrzeugen informieren die Fahrgäste über den aktuellen Zugbetrieb

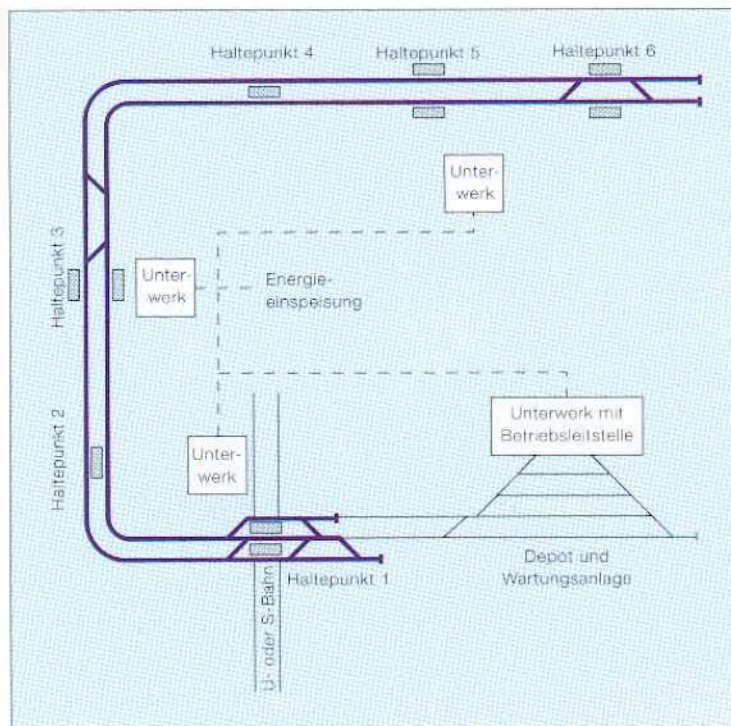
Typisches M-Bahn System im Öffentlichen Personennahverkehr

Als Beispiel für ein typisches M-Bahn System ist eine Anlage mit 6 Haltestellen für zweispurigen Richtungsbe-trieb dargestellt. Die Linie dient hier als Zubringer zu einem Hochleistungs-ÖPNV-System, z.B. U- oder S-Bahn.

Haltestellen können wahlweise mit Seiten- oder Mittelbahnsteigen ausgeführt werden. Bei hohem Fahrgastaufkommen, wie hier beim Übergang zu U- oder S-Bahn, sind auch dreispurige Haltestellen möglich. Die Kehrbereiche können wie hier mit Langkehren ausgestattet werden. Bei großen Zugfolgezeiten ist der Einsatz von Kurzkehren möglich.

Längs der Strecke sind im Abstand von ca. 2 km Unter-

werke zur Speisung des Langstatormotors für den Antrieb angeordnet. Ange-schlossen ist auch ein Depot- und Wartungsbereich mit Abstellmöglichkeiten für die Fahrzeuge in Betriebspausen sowie mit dem Wartungsge-bäude, das auch die Betriebs-leitzentrale (BLZ) enthalten kann.



1 Schema eines typischen M-Bahn Systems

Systemdaten

- Streckenlänge ca. 5 km
- 6 Haltestellen
- 14 Zwei-Wagen-Züge
- Zugfolgezeit 90 sec
- 4 Unterwerke
- 1 Betriebsleitzentrale (BLZ)
- 1 Depot- und Wartungsbereich

2 Modell einer Kreuzungshaltestelle von M-Bahn und Hochleistungs-system



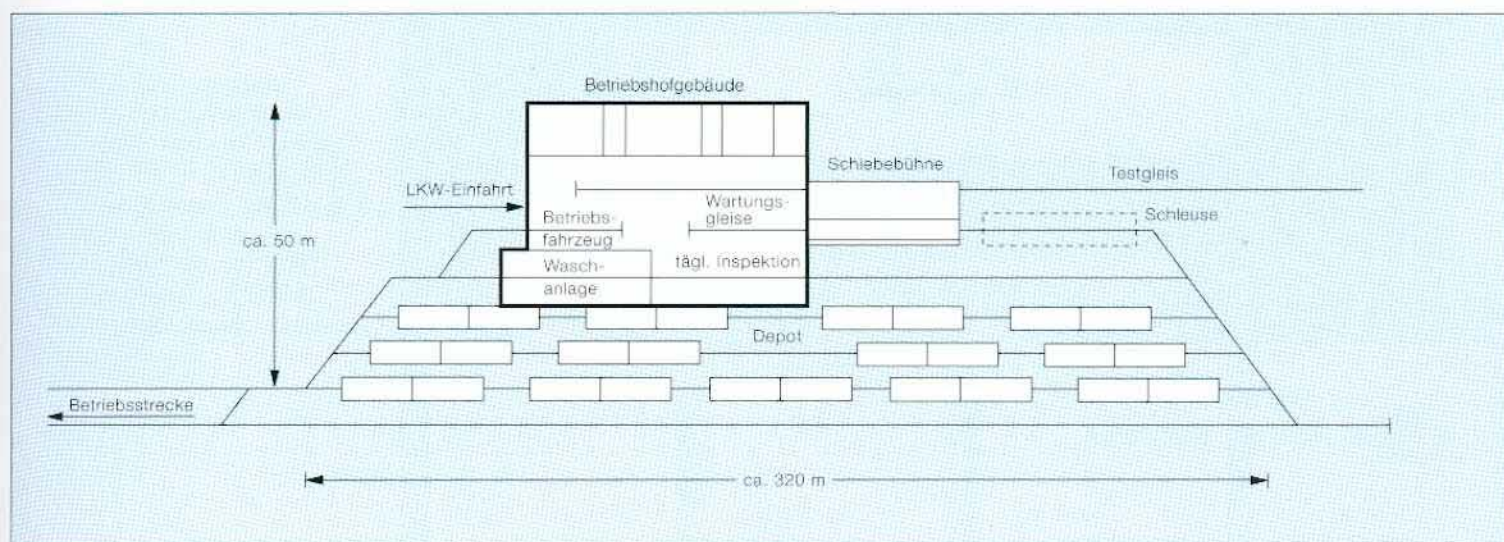
2

Depot- und Wartungsbereich

Der Depot- und Wartungsbereich soll alle notwendigen Einrichtungen beinhalten, um folgende Aufgaben erfüllen zu können:

- Fahrzeuginstandhaltung
- Strecken- und Anlageninstandhaltung (inkl. Unterwerke)
- Betriebsführung
- Abstellen von Fahrzeugen

- Lagerung von Ersatzteilen und Verbrauchsmaterial
- Betriebsverwaltung
- Versorgung der Mitarbeiter
- Sonstige Aufgaben, wie z.B. Besucherbetreuung



3 Bei der Errichtung einer M-Bahn Anlage ist die Erstellung eines zentralen Bereiches (Betriebshof) mit Wartungshalle, Depot und Verwaltungsbereich vorgesehen

Wartungs-, Werkstätten- und Abstellbereich bzw. der Verwaltungs- und Sozialbereich werden entsprechend der Größe der Betriebsanlage dimensioniert. Die Anzahl, Dimensionierung und Ausstattung dieser Funktionsbereiche ist insbesondere von folgenden Faktoren abhängig:

- Anzahl der Fahrzeuge
- Anzahl der Haltestellen und Unterwerke
- Länge der Betriebsstrecke und Anzahl der Weichen
- Dauer der täglichen Betriebszeit und Spitzenlastverteilung (Tagesganglinie)
- Einbindungsgrad in vorhandene Versorgungs- und Organisationsstrukturen des Betreibers
- Übernahme von Aufgaben durch externe Stellen (Fremdleistungen)

Der als Beispiel dargestellte Betriebshof für ein kleineres M-Bahn System ist auf der Basis folgender Parameter entworfen worden:

- Anlage mit 13 Zwei-Wagen-Zügen
- Anlage mit 4 Unterwerken, eines davon im Betriebs-hof
- Der Betriebshof dient als Wartungs-, Depot- und Verwaltungszentrum für die gesamte M-Bahn Anlage
- Die Fahrzeuge werden während der Betriebsruhe in der Regel nicht im Betriebsbereich abgestellt, sondern in einem eigenen Depotbereich
- Die Hauptuntersuchung nach BOStrab bzw. vergleichbaren Vorschriften wird nicht auf der Anlage durchgeführt

Im Betriebshof sind die für einen leistungsfähigen und zuverlässigen M-Bahn Betrieb notwendigen Einrichtungen untergebracht:

- Werkstättenbereich
- Lagerbereich
- Betriebsleitzentrale und Rechnerraum
- Unterwerk und unterbrechungs-freie Stromversorgung (USV)
- Verwaltungsbereich
- Sozialräume
- Räume der Haustechnik
- Räume für sonstige Zwecke

Magnetbahn im Daimler-Benz-Konzern

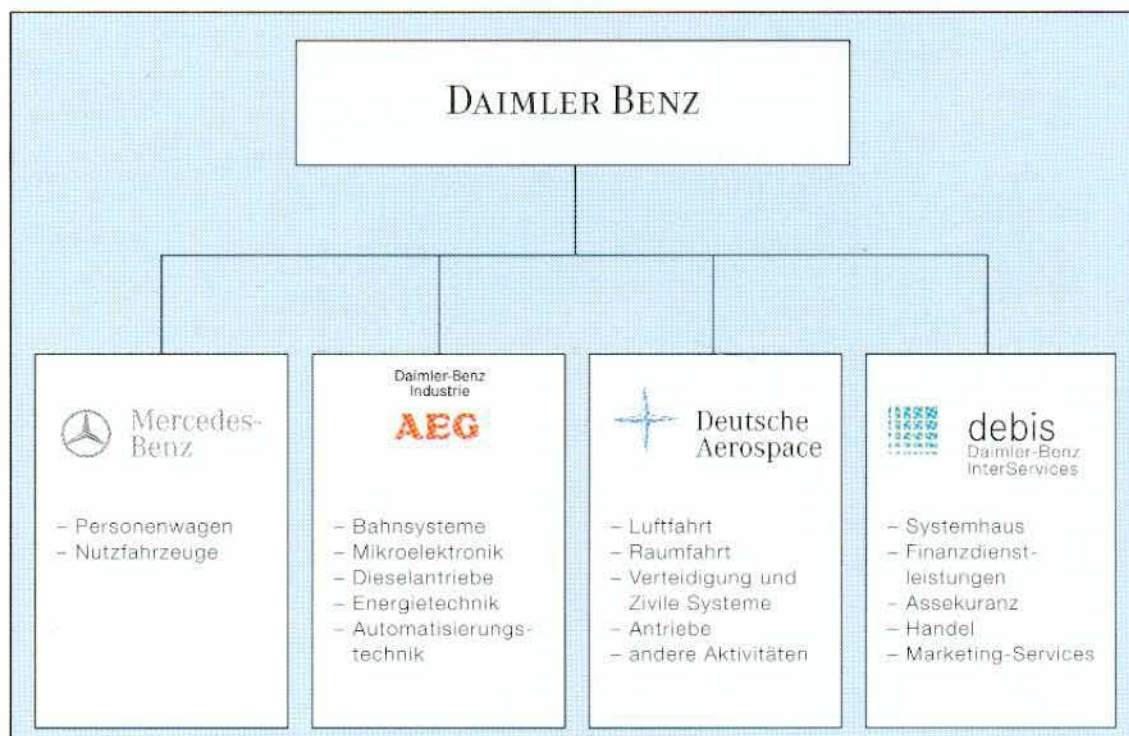
Die Magnetbahn GmbH innerhalb der AEG und als Teil des Daimler-Benz-Konzerns kann auf umfangreiche Ressourcen zur Planung und Gestaltung kompletter Verkehrssysteme zurückgreifen. Dies dient unter anderem der Auswahl des günstigsten Verkehrssystems, einer detaillierten Verkehrsplanung, der Systemlieferung sowie einer eventuellen Betriebsdurchführung.

Das Haus Daimler-Benz besitzt das Know-how, die Ressourcen und die Technologie, um als Produktlieferant, als Systemlieferant, als Generalunternehmer und als Systemführer bei der künftigen Gestaltung von ÖPNV-Anwendungen entscheidend mitzuwirken.

Kompetenzschwerpunkte im Daimler-Benz-Konzern liegen hierbei auf

- Gesamtverkehrsplanungen, Entwicklung von Verkehrskonzepten, Ausarbeitung von Gutachten und Expertisen, Studien in den Sektoren Verkehr, Umwelt, Energie

- Finanzierungskonzepte
- wissenschaftliche Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Gesellschaft, Stadt- und Verkehrsentwicklung
- integrierte Verkehrsmanagementsysteme: Planung und Realisierung von Leit-, Informations- und Sicherungssystemen für



- Öffentlicher Personenverkehr: DV-gestützte Planung, Betriebssysteme, Fahrgastinformationssysteme sowie geeignete, systemübergreifende Abrechnungsmethoden
- bodengebundene Verkehrsmittel: Lieferung moderner, leistungsfähiger und umweltfreundlicher Fahrzeuge für den Straßenverkehr (Pkw, Lkw, Omnibusse), den Schienenverkehr (Lokomotiven, Nahverkehrszüge) sowie neuartige Personenbeförderungsmittel (O-Bus, DUO-Bus, M-Bahn).

den Straßen-, Luft-, Schienen- und Schiffsverkehr

- Logistik-Konzepte: Planung und Bau von Güterverkehrszentren im kombinierten Verkehr, Frachtzentren und Speditionsanlagen, Organisation der City-Logistik, Flottenmanagement

Magnetbahn GmbH
Beethovenstraße 51 B
D-38106 Braunschweig
Telefon: (05 31) 23 41-0
Telefax: (05 31) 23 41-299

AEG Bahnsysteme
Am Rathenaupark
D-16761 Hennigsdorf
Telefon: (0 33 02) 89-0
Telefax: (0 33 02) 89-20 88

Lizenzpartner:
Kobe Steel Ltd.
Urban Infrastructure
Sales & Marketing Dep.
KOBELCO Building
3-2, Toyo-chome
Koto-ku, Tokyo, 135 Japan
Telefon: 8 13 56 34-52 31
Telefax: 8 13 56 34-55 16



Aus dem Archiv der
Berliner Verkehrsseiten