

M-BAHN Berlin

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

AEG



Aus dem Archiv der
Berliner Verkehrsseiten



M-BAHN Berlin

In Berlin wird eine Referenzstrecke in Magnetbahntechnik realisiert. Die Fahrzeuge und der Fahrweg, der Langstatorantrieb und das Automatisierungssystem sind Weiterentwicklungen der auf der Braunschweiger Versuchsanlage verwendeten Komponenten.

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der Integrationsfähigkeit und der Verlässlichkeit der neuen Technik.

A demonstration line in maglev technique is realized in Berlin. The vehicles and the route, the long-stator drive and the automation system will be developments of the components used at the Brunswick test plant.

Objective of the project is the verification of the integration ability and the reliability of the new technology.

A Berlin une ligne de référence en technique du chemin de fer magnétique est réalisé. Les véhicules et la voie, le système de traction à stator long et le système d'automatisation sont développés à la base des composantes utilisées sur l'installation d'essai Brunswick.

But du projet est de prouver l'aptitude à l'intégration et la fiabilité de la technique nouvelle.

Anfang 1983 begannen die Arbeiten an dem bereits seit einiger Zeit diskutierten Demonstrations-Projekt M-BAHN Berlin.

Dieses Forschungsvorhaben, das vom Bundesminister für Forschung und Technologie und vom Senator für Verkehr und Betriebe Berlin gefördert wird, trägt den Titel: „Energiesparende Antriebstechnologien für Nahverkehrsbahnen in Hochlage – Erprobung Fahrwegwanderfeldantrieb M-Bahn Berlin“.

Voraussetzung des Projektes sind die Entwicklungsergebnisse der Firma MAGNETBAHN GMBH, die innerhalb mehrjähriger Versuchs- und Betriebsprogramme auf der Erprobungsanlage in Braunschweig (Bild 1) gesammelt wurden.

Hier konnten bereits die Hauptvorteile der neuen Technik demonstriert werden:

- Antrieb und Steuerung der Fahrzeuge erfolgen durch wartungs- und automatisierungsfreundliche ortsfeste Einrichtungen.
- Der Fahrweg läßt sich aus Standardelementen aufbauen.
- Die Fahrzeuge werden durch Wegfall der konventionellen Antriebsausrüstung leichter. Sie verteilen ihre Last wesentlich günstiger auf den Fahrweg als bei Rad-Schiene-Systemen.
- Kurze Züge können vollautomatisiert in schneller Folge verkehren, dadurch kurze Bahnsteige und darüber hinaus hoher Fahrgastkomfort.

Daraus resultieren:

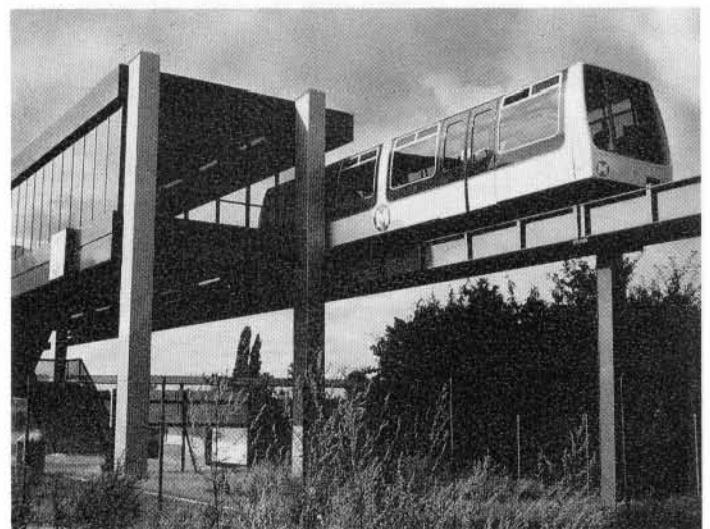
- Große Benutzerfreundlichkeit,
- geringer Energieverbrauch,
- Kostenvorteile gegenüber konventionellen Systemen.

Das Projekt wird gemeinschaftlich durchgeführt von einer eigens gegründeten „Arbeitsgemeinschaft M-BAHN Berlin“, bestehend aus: Studiengesellschaft Nahverkehr mbH (SNV), Berlin/Hamburg, Berliner Verkehrs-Betriebe (BVG) und MAGNETBAHN GMBH, Starnberg/ Braunschweig/Berlin, mit AEG als Gesellschafter.

AEG ist weiterhin seit 1985 direktes Mitglied der Arbeitsgemeinschaft.

Die technische Projektierung, der Bau und die Inbetriebnahme obliegen der MAGNETBAHN GMBH und AEG Bahntechnik, Berlin.

AEG wird den größten Teil der elektrotechnischen Ausrüstung liefern.



1. Magnetbahn-Erprobungsanlage in Braunschweig

Ziele des Vorhabens

Das Vorhaben zielt auf eine umfassende Bewährungsprobe eines neuen Nahverkehrsystems ab und soll Grundlage für weitere Anwendungsfälle sein.

Hierbei gibt es zwei Hauptgesichtspunkte:

- Nachweis der verkehrlichen und städtebaulichen Integrationsfähigkeit des Verkehrssystems M-BAHN.

Die M-BAHN wird das Gelände des Kulturzentrums um die Philharmonie am Kemperplatz an die bestehende U-Bahn (Bhf. Gleisdreieck) anschließen.

- Nachweis der technischen Verlässlichkeit und der Vorteile des neuen Nahverkehrssystems. Dies beinhaltet die sicherheitstechnische Zulassung und Betriebsgenehmigung der vollautomatisch verkehrenden M-BAHN ebenso wie die Demonstration ihrer Umweltfreundlichkeit, Kostengünstigkeit und die Akzeptanz durch ihre Benutzer.

Vorgehensweise, Streckenführung

Die circa 1,6 km Referenzstrecke, die zu einem wesentlichen Teil zweigleisig ausgeführt wird, ist mit ihren Bahnhöfen in Bild 2 dargestellt.

Das Vorhaben wird in zwei Stufen durchgeführt:

- Die erste Baustufe, für die ein Probetrieb mit einem M-BAHN-Fahrzeug vorgesehen war, wurde im Herbst 1984 abgeschlossen.

Als Trasse für diese Baustufe dient die stillgelegte Hochbahnstrecke von U-Bahnhof Gleisdreieck in Richtung Potsdamer Platz in einer Länge von circa 600 m. Hier wurden die U-Bahn-Gleise entfernt und der M-BAHN-Fahweg verlegt. Die Betriebsleitzentrale sowie der Depot- und Wartungsbereich wurden für diese Zeit im Bahnhof Gleisdreieck untergebracht.

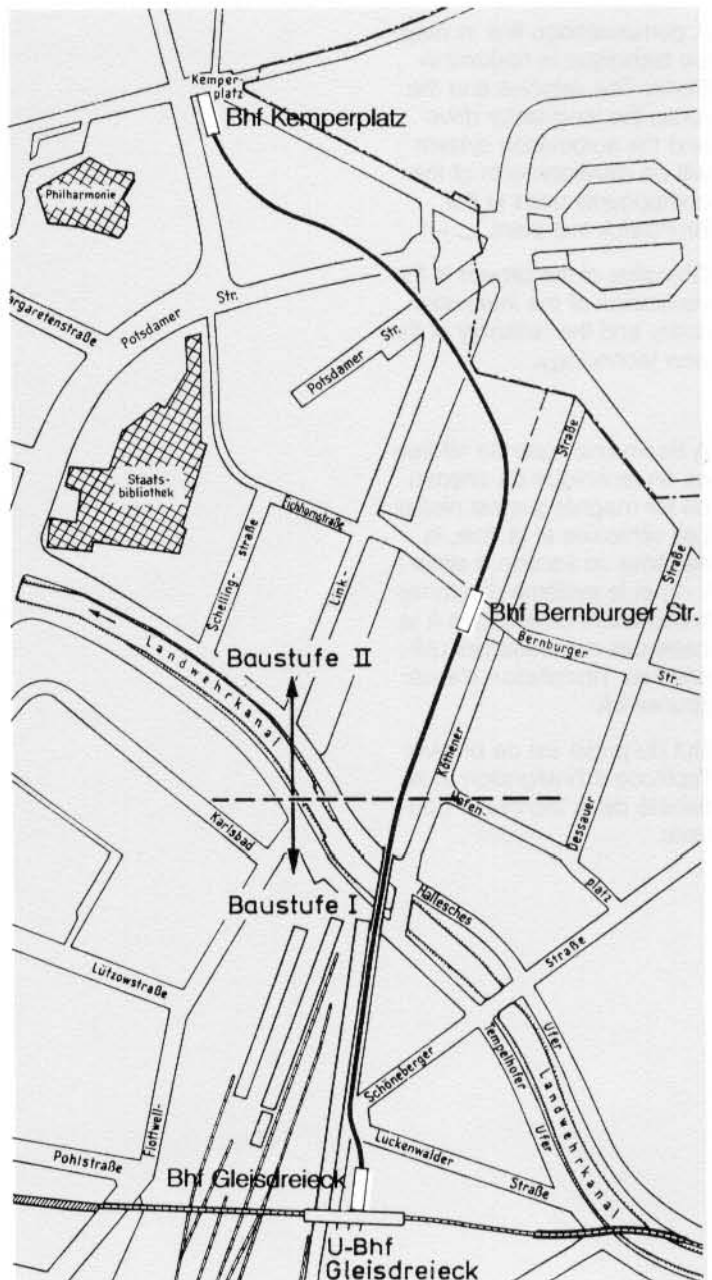
- Während der zweiten Baustufe bis Ende 1986 wurde die Strecke auf die endgültige Länge von circa 1600 m gebracht. Hinter dem Landwehrkanal verläßt sie das Hochbahnbrückenbauwerk und ist zum Kemperplatz aufgeständert weitergeführt.

Vier M-BAHN-Fahrzeuge wurden für die zweite Baustufe gefertigt, sie werden vornehmlich in zwei Zügen von je zwei Wagen verkehren. Prinzipiell soll aber auch längere Züge möglich sind.

Betriebsleitzentrale, Depot- und Wartungsbereich erhielten während der zweiten Baustufe ihren endgültigen Standort im Bahnhof Kemperplatz bzw. südlich vom Bahnhof Gleisdreieck, Unterwerke und Bahnhöfe ihren Endausbau.

Nach Vorliegen der Zulassung und Betriebsgenehmigung schließt sich eine Erprobungsphase im Fahrgastbetrieb bis 1988 an.

Es ist daran gedacht, daß die BVG die Anlage als Teil oder im Anschluß an das Berliner U-Bahn-Netz weiterbetreibt.



2. M-BAHN-Referenzstrecke Berlin

Fahrzeuge, Fahrweg

Die Fahrzeuge mit der Typbezeichnung M 80/2 (Bild 3) sind Weiterentwicklungen des auf der Versuchsanlage in Braunschweig verwandten großen Fahrzeuges; die Hauptdimensionen entsprechen denen der Kleinprofil-U-Bahn-Wagen der BVG.

Da der Betrieb fahrer- und begleiterlos erfolgen soll, wird eine Kommunikation der Fahrgäste mit der Betriebsleit-zentrale über Sprechverbin-dung ermöglicht. Erwähnt seien in diesem Zusammen-hang die wichtigsten Notfunk-tionen, wie Zwangshalt in der nächsten Haltestelle bei Betä-tigung des Notknopfes und irreversible Zwangsbrem-sung bei Entriegelung der stirn-wandseitigen Nottüren.

Das Fahrwerk ist in Bild 5 an-hand eines Fahrzeug- und Fahrwegquerschnittes darge-stellt. Gut zu erkennen sind hier die grundlegenden Funk-tionselemente der M-BAHN:

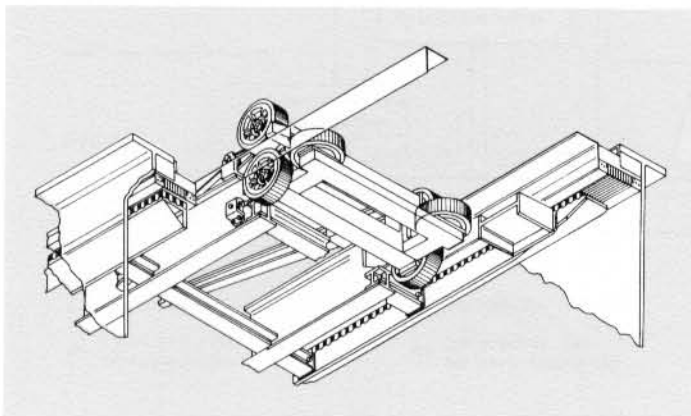
- der in den Fahrwegträger beidseitig eingebettete geblechte Langstator, der eine Drehstromwicklung trägt und das magnetische Wan-derfeld führt,

- die das Fahrzeug tragen-den Permanent-Magnete, die sich unter dem Lang-stator befinden, über den Luftspalt mit dem Wander-feld in Wechselwirkung ste-hen und sich mit diesem synchron bewegen.

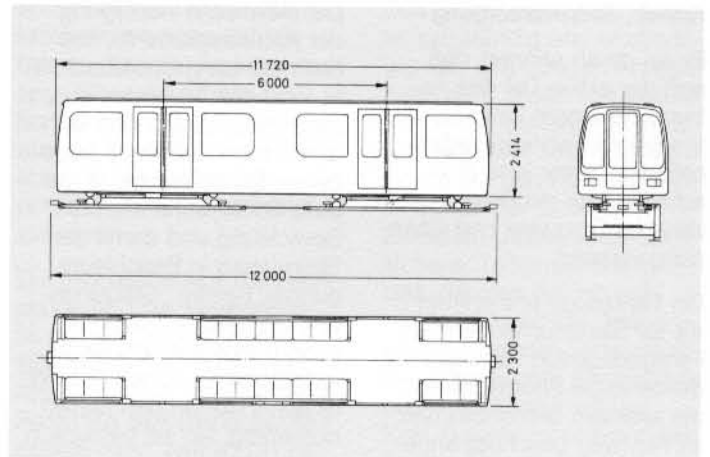
- die vertikalen und horizon-talen Führungsrollen. Sie haben keine tragende Funktion, sondern dienen zur Spurführung sowie zur Abstandshaltung der Magnete. Die gewichtsab-hängige Steuerung des Luftspaltes erfolgt durch eine Hebelübersetzung zwischen Wagenkasten-federung und den Magnet-trägern.

Zur Verdeutlichung ist die Anordnung der Führungsrol-len am Schwebegestell und im Fahrweg nochmals in Bild 4 perspektivisch gezeichnet.

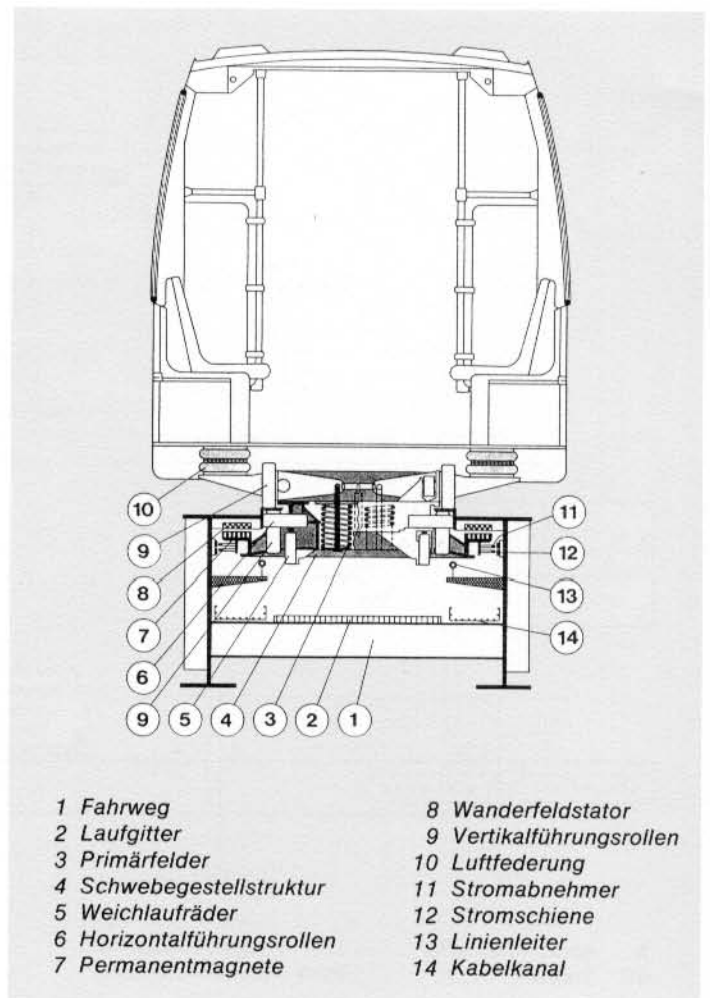
Aus Bild 5 erkennt man den ebenfalls aus den Braun-schweiger Erfahrungen wei-terentwickelten Fahrträger. Der Langstator mit Wicklung ist vollisoliert in Vergußmasse eingebettet, alle Oberflächen sind glatt und wartungsgün-stig. Die Spurweite sowie Trä-gerhöhe erlauben einen gefahrlosen Fluchtweg in Gleis-mitte auf Laufrosten, die auf den unteren Verbindungspro-filen befestigt werden.



4. Führungsrollen am Schwebegestell



3. M-BAHN-Fahrzeug, Typ M 80/2



- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1 Fahrweg | 8 Wanderfeldstator |
| 2 Laufgitter | 9 Vertikalführungsrollen |
| 3 Primärfelder | 10 Luftfederung |
| 4 Schwebegestellstruktur | 11 Stromabnehmer |
| 5 Weichlaufräder | 12 Stromschiene |
| 6 Horizontalführungsrollen | 13 Linienleiter |
| 7 Permanentmagnete | 14 Kabelkanal |

5. Fahrzeug- und Fahrweg-Querschnitt

Antrieb, Stromversorgung

Es sei daran erinnert, daß sich der aktive Teil des Antriebs bei einem Langstator-System im Fahrweg verteilt befindet. Dieser wird abschnittsweise mit Drehstrom variabler Frequenz und Spannung versorgt.

Die Fahrzeuge entnehmen die für Steuerfunktionen und Fahrgastkomfort benötigte Bordenergie Stromschiene, die sparsam bemessen und im Fahrweg geschützt angebracht sind.

Die elektrische Auslegung der Antriebselemente, das heißt der Langstatorabschnitte, wird den jeweiligen durch Streckentopologie und fahrdynamische Sollwerte gegebenen Erfordernissen angepaßt. So verstärkt man die Bewicklung und damit den Strombelag in Beschleunigungs-, Brems-, Steigungs- und Gefälleabschnitten je nach benötigter Schubkraft. Installation für hohe Leistung ist somit nur an den Stellen notwendig, wo sie betrieblich gebraucht wird.

Die Versorgung der Langstatorabschnitte mit Drehstromantriebsleistung geschieht über Abschnittschalter durch Pulswechselrichter. Diese werden über einen Zwischenkreis mit eingepprägter Gleichspannung von einem gesteuerten Gleichrichter mit Stromrichtertrafo aus dem 50-Hz-Mittelspannungsnetz der BEWAG gespeist.

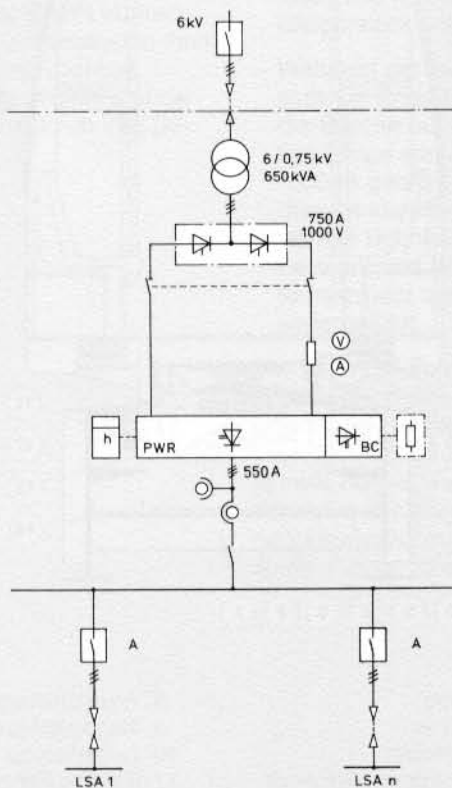
Die erste Baustufe des Berliner Projektes hat eine Versorgungsausrüstung entsprechend Bild 6. Der Pulswechselrichter ist für eine Zwischenkreisgleichspannung von 1000 V und einen maximalen Ausgangsstrom von 550 A ausgelegt. Die unten dargestellten Abschnitts- oder Auswahlwähler speisen jeweils den Langstator-Abschnitt ein, auf dem sich das Fahrzeug befindet.

Transformator, Gleichrichter, Pulswechselrichter sowie die Auswahlwähler wurden neben dem Bahnhof Gleisdreieck am Streckenanfang fest installiert. Die 6-kV-Einspeisung erfolgt vom bestehenden BVG-Unterwerk her.

Der Ausbau für die zweite Baustufe enthält zwei weitere Unterwerke in der Mittel- und Endhaltestelle mit drei weiteren Pulswechselrichtern einschließlich dazugehöriger Gleichrichter und Transformatoren. Ihre 6-kV-Versorgung erfolgt ebenfalls vom BVG-Unterwerk Gleisdreieck. Diesen Umrichtern sind die übrigen Streckenabschnitte zugeordnet, wobei die Zu- und Umschaltmöglichkeiten so variabel sind, daß Redundanz gewährleistet ist.

Da der Antrieb analog einem stromrichter-gesteuerten Synchronmotor arbeitet, müssen die Pulswechselrichter ähnlich wie dort in der Phase entsprechend der Pollage der Fahrzeuge und im Strom entsprechend dem verlangten Schub gesteuert werden. Diese Funktion übernimmt für jeden im Einsatz befindlichen Umrichter je eine digital arbeitende Motorsteuerung. Sie erfaßt die exakte Pollage über die Auswertung der Signale eines Pollagensenders. Jedes Fahrzeug ist mit einem solchen Sender ausgestattet. Die Phasenlage des Wanderfeldes läßt sich nun der Pollage für Motor- und Bremsbetrieb stets optimal zuordnen.

Eingangsgrößen für die Motorsteuerung sind die Soll- und Istwerte der Fahrzeuggeschwindigkeit; letztere wird so nach vorgegebenen Sollwerten über den Schub geregelt.



A Abschnittschalter
BC Brems-Chopper
LSA Langstatorabschnitt
PWR Pulswechselrichter

Betriebsleittechnik, Sicherungssystem

Bereits die zuletzt beschriebenen Steuer- und Regelfunktionen gehören strenggenommen zur Betriebsleittechnik, dem Bereich, der für die M-BAHN eine besondere Bedeutung hat. Denn er umfaßt einmal die gesamte Zugbeeinflussung und deren vollautomatischen Ablauf; darüber hinaus das erforderliche unabhängige Sicherungssystem, das „failsafe“ arbeitet, das heißt, in jeder Betriebs-situation Sicherheit gewährleistet.

Das Betriebsleitsystem ist hierarchisch entsprechend dem Schema in Bild 7 aufgebaut.

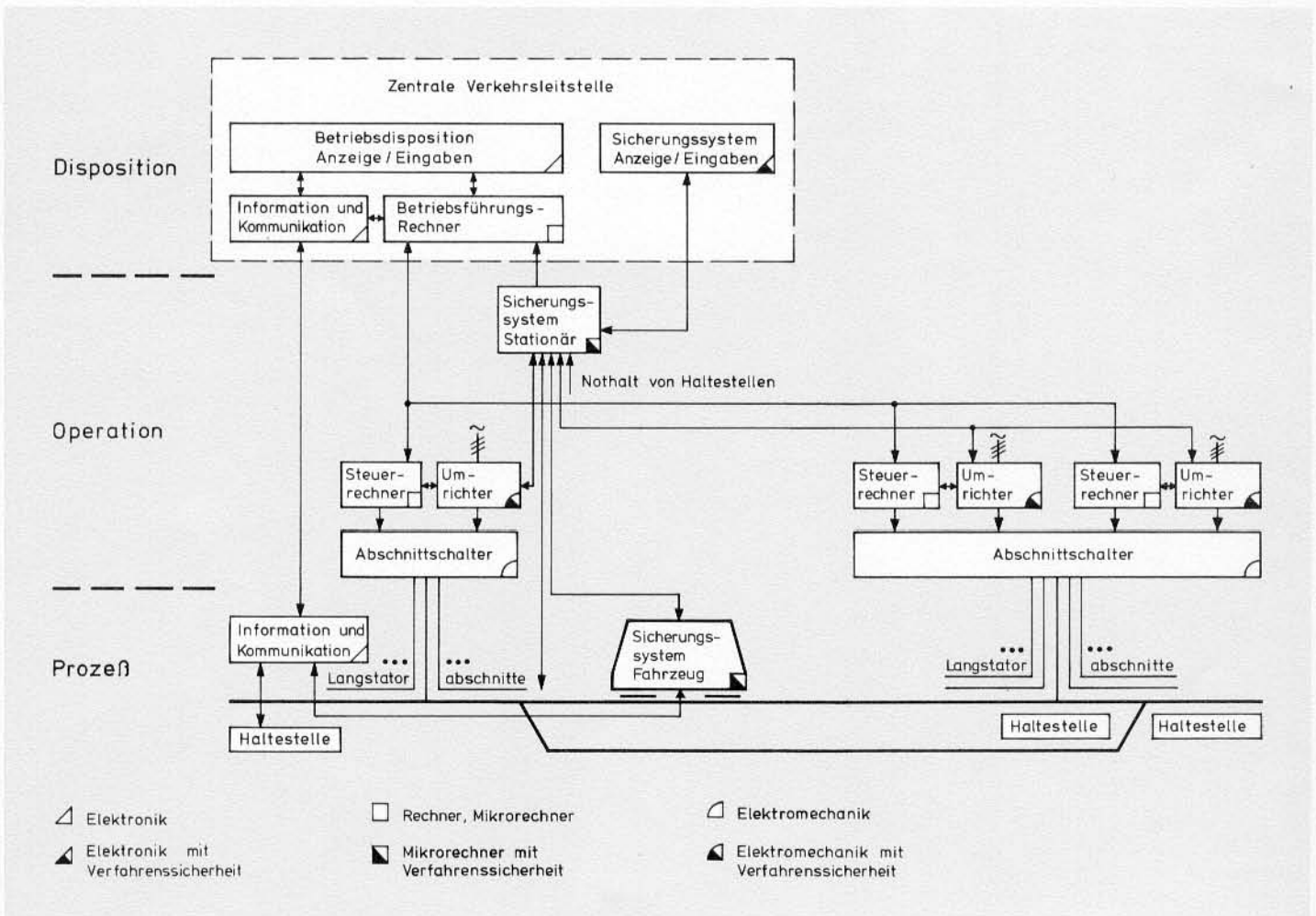
In der Dispositionsebene gibt es zunächst die übergeordnete zentrale Verkehrsleitstelle (Betriebsleitzentrale). Hier sind alle notwendigen Einrichtungen für die Überwachung des automatischen Betriebsablaufs konzentriert. Von dieser Zentrale aus kann das Überwachungspersonal jederzeit in den automatischen Verkehrsablauf eingreifen.

Die automatische Betriebsführung nimmt ein Rechner wahr, der über Fahr- und Einsatzpläne der Züge sowie über alle Streckendaten verfügt. Er wirkt in der Opera-

tionsebene auf die erwähnten Motorsteuerungen ein, die – hier zu Steuerrechnern erweitert – über die bereits beschriebenen Funktionen hinaus die erforderlichen Fahrkurven bereitstellen sowie die richtigen Abschnittsschalter aktivieren.

Die Prozeßebene – die Fahrzeuge und die Haltestellen – ist mit der Zentrale durch Sprechanlagen verbunden. Auch in dieser Ebene können Personen den Betriebsablauf beeinflussen, nämlich in betriebshemmender Weise durch Betätigung der Notbremseinrichtungen. Hierbei ist bereits ganz wesentlich das Sicherungssystem beteiligt.

Das Sicherungssystem arbeitet selbständig und unabhängig von den übrigen Anlagen nach dem erwähnten failsafe-Prinzip. Es besteht im Grundsatz aus zwei Teilsystemen, einem auf den Fahrzeugen, einem an der Strecke. Zwischen diesen findet ein sicherer Telegrammverkehr statt, der den Betrieb aufrechterhält und bei Unterbrechung zu einem Zwangshalt des betreffenden Fahrzeuges und Antriebsabschaltung führt. Basiskomponenten der beiden Teilsysteme sind sichere Rechner, bei denen jeweils zwei aus handelsüblichen Mikrorechnern aufgebaute Rechnerkanäle sicher verglichen werden. Zum sicheren



7. Betriebsleitsystem Funktionsschema

Vergleich werden einkanalige failsafe-Bausteine LOGI-SAFE® verwendet.

Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Strecke im Rahmen der Sicherungstechnik erfolgt über ein robustes Linienleitersystem, über das auch der Sprechverkehr abgewickelt wird.

Bild 7 zeigt den Endausbau; die erste Baustufe umfaßte bereits alle Funktionen des Gesamtsystems (linke Bildhälfte).

Die Betriebsleitzentrale einschließlich aller Steuergeräte und Rechner war zunächst in bereits vorhandenen Versuchsräumen auf dem Bahnhof Gleisdreieck untergebracht.

Im Laufe der zweiten Baustufe wurde sie zur zentralen Verkehrsleitstelle erweitert, die im Bahnhof Kemperplatz eingerichtet wurde.

Ausblick

Anknüpfend an das eingangs Gesagte seien die drei Hauptfragen zusammengefaßt, die es zu beantworten gilt:

- Wie bewährt sich die neue Technik unter den harten Alltagsbedingungen des öffentlichen Personennahverkehrs?
- Wie stellt sich die Umwelt zur Architektur von M-BAHN-Strecken und dem darauf laufenden Verkehr?
- Wie wird der automatische fahrer- und begleiterlose Betrieb von den Fahrgästen aufgenommen?

Abschließende Antworten kann nur die volle Betriebspraxis geben. Das Demonstrations-Projekt M-BAHN Berlin wird diese Praxis bieten.

Alle Beteiligten sind überzeugt, daß das Gesamtergebnis positiv sein wird und daß das beschriebene System eine zukunftssträchtige, moderne Alternative im Personennahverkehr darstellt.

Literatur-Hinweise

Heidelberg, Weinberger: Entwicklungsstand des M-BAHN-Systems und Ergebnisse des Erprobungsbetriebes.

Nahverkehrsforschung '81, Statusseminar VIII, S. 141-155.

Rösgen, Recke, Meetz: Betriebliche Demonstration M-BAHN Berlin. Nahverkehrsforschung '82, Statusseminar IX, S. 212-216.

Heidelberg, Weinberger: Entwicklungsergebnisse des M-BAHN-Systems aus der Dauererprobung und Stand der Qualifizierung für den Einsatz im ÖPNV.

Nahverkehrsforschung '82, Statusseminar IX, S. 190-204.

Heidelberg, G.: Dauermagnetische Fahrzeugsuspension und Antrieb durch Fahrgewandfeld ZEV-Gls. Ann. 107 (1983) 12, S. 401-404

Schulz, T.: M-BAHN - Betriebliche Demonstrationsanlage Berlin, Planung, Bau und Montageablauf. Nahverkehrsforschung '84, Statusseminar XI, S. 115-125

Hoffmann: M-BAHN-Antriebssteuerung, Realisierung der betrieblichen Anforderung. Nahverkehrsforschung '84, Statusseminar XI, S. 125-133

Fuhrmann, Loeper, Roskopf, Schulz, Rösgen u. Schöffner: M-BAHN, Stand des gesamten F & E-Vorhabens. Nahverkehrsforschung '85, Statusseminar XII, S. 70-77

Heidelberg, G. u. Pleger, J.: Die M-BAHN - ein magnetisch getragenes Nahverkehrsmittel. Bahn und Technik (1985), S. 109-113

Eck: Städtebauliche Integration der M-BAHN in Berlin. Nahverkehrsforschung '86, Statusseminar XIII, S. 127-132

Krüger, G.: Unkonventionelle Traktionstechnologie im spurgebundenen Personennahverkehr M-BAHN Berlin im Vergleich zum konventionellen Rad-Schiene-System. Nahverkehrs-Praxis 34 (1986) 6, S. 222-228

Schulz, T.: M-BAHN Demonstration in Berlin. Projektstand und Planung. Nahverkehrsforschung '86, Statusseminar XII, S. 119-127

Haferstroh: Kabinenbahn-Assessment. Vergleich des Energiekonzeptes der M-BAHN mit anderen Entwicklungen. Nahverkehrsforschung '86, Statusseminar XIII, S. 132-138