

M - B A H N

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

Systembeschreibung



Aus dem Archiv der
Berliner Verkehrsseiten



MAGNETBAHN GMBH

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Hauptmerkmale des M-BAHN-Systems
3. Fahrzeug und Antrieb
4. Fahrweg und Haltestellen
5. Energieversorgung
6. Betriebsleittechnik
7. Zusammenfassung
8. Technische Daten

Abbildungen:

Abb. 1: Funktionsdarstellung Tragen, Spurführung, Antrieb

Abb. 2: Prinzipdarstellung Langstator-Linearmotor

Abb. 3: Querschnitt durch M-BAHN-Fahrzeug und -Fahrweg

Abb. 4: Fahrzeug M 80/2 Ausführung Berlin

**Abb. 5: aufgeständerter Doppelspur-Fahrweg,
Fahrzeug-Lichtraumumgrenzung**

Abb. 6: aufgeständerter Einspur-Fahrweg

Abb. 7: Tunnelabmessungen M-BAHN

Abb. 8: M-BAHN Haltepunkt, Querschnitt

Abb. 9: Energieversorgung - Prinzipschaltung

Abb.10: Funktionsschema des Betriebsleitsystems

1. Einleitung

Die M-BAHN wird seit 1973 durch die MAGNETBAHN GMBH Starnberg entwickelt. Die Systementwicklung wird seit 1975 im Rahmen des Programms " Nahverkehrsforschung" vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) gefördert.

Zentrum der Entwicklungsarbeiten war bislang die technische Erprobungsanlage der M-BAHN in Braunschweig. Sie wurde seit 1975 zu einem ca. 1.400 m langen, zwei Rundkurse umfassenden System ausgebaut und enthält fast alle im praktischen Betrieb auftretenden Streckensituationen wie Kreuzungen und Weichen, Tunnel und aufgeständerter Fahrweg, Steigungen und Gefälle bis 9%.

Im Rahmen der mehrjährigen Versuchs- und Betriebsprogramme legten die Fahrzeuge bisher ca. 400.000 km zurück. Die Ergebnisse bestätigten die technische Konzeption des Systems und dessen systembedingte Vorteile.

Für die Erprobung der M-BAHN als öffentliches Verkehrsmittel im fahrplanmäßigen Einsatz und für die Erbringung der erforderlichen Nachweise wurde in Berlin eine Referenz- und Demonstrationsanlage errichtet. Diese ca. 1,6 km lange Strecke verbindet ein Kultur- und Ausstellungszentrum mit dem U-Bahn-Netz und verfügt über 3 Stationen. Seit Ende 1984 läuft auf der ersten Teilstrecke der Testbetrieb, Ende 1987 wird der Betrieb auf der Gesamtstrecke aufgenommen.

2. Die Hauptmerkmale des M-BAHN-Systems

Die M-BAHN ist ein neuartiges Nahverkehrssystem, gekennzeichnet durch eine Reihe grundsätzlicher Innovationen gegenüber vergleichbaren herkömmlichen Systemen (Stadtbahn, U-Bahn).

- Die Fahrzeuge werden nicht durch Räder getragen, sondern durch Permanentmagnete:
 - * die Geräusentwicklung der M-BAHN ist äußerst gering, sie bietet ein hohes Maß an Fahrkomfort
 - * ein Verschleiß an Rädern oder Schienen findet nicht statt,
 - * die Fahrzeuge werden entgleisungssicher geführt

- Der Antrieb erfolgt nicht durch Motoren im Fahrzeug, sondern durch einen Linearmotor, dessen aktiver Teil im Fahrweg installiert ist:
 - * das gesamte Antriebssystem ist völlig verschleißfrei und erfordert kaum Wartung
 - * die M-BAHN-Fahrzeuge sind extrem leicht und kompakt
 - * durch den berührungsfreien Antrieb ergibt sich eine große Steigfähigkeit und hohe Betriebssicherheit, unabhängig von Witterungsverhältnissen

- Der Betrieb der Fahrzeuge erfolgt vollautomatisch, also ohne Fahrpersonal:
 - * die M-BAHN fährt stets auf eigenem Fahrweg ohne Beeinträchtigung durch den Individualverkehr
 - * kurze Zugfolgezeiten, hohe Reisegeschwindigkeiten und hohe Zuverlässigkeit nützen dem Fahrgast
 - * durch Anwendung modernster Rechnertechnik ist die Sicherheit extrem hoch, der Mensch scheidet als Fehlerquelle aus

- Das M-BAHN-System ist ausgelegt auf ein Höchstmaß an Umweltverträglichkeit:
 - * die M-BAHN benötigt sehr wenig Verkehrsraum, gleich ob die Trasse aufgeständert, ebenerdig oder im Tunnel verläuft
 - * die M-BAHN fährt extrem leise und ohne Abgasemission
 - * die M-BAHN ist durch ihren geringen Investitionsbedarf und stark reduzierte Betriebs- und Unterhaltskosten ein besonders wirtschaftliches Verkehrssystem

3. Fahrzeuge und Antrieb

Wesentliches Merkmal der M-BAHN ist die Technik des Antriebs durch einen synchronen Langstator-Linearmotor.

Die Fahrzeuge sind hinsichtlich des Antriebs passiv, d.h. sie besitzen keine Antriebsmotoren. Dies bedeutet auch, daß keine elektrische Antriebsenergie auf die Fahrzeuge übertragen werden muß. Dadurch ergeben sich sehr leichte, mechanisch wie elektrisch einfache Fahrzeuge.

Der aktive Teil des Antriebs ist im Fahrweg installiert, und zwar in Form von dreiphasigen Kabelwicklungen, die in genuteten Blechpaketen des sogenannten "Langstators" verlegt sind (Abb.1). In diese Wicklungen wird Drehstrom eingespeist, wodurch ein elektromagnetisches Feld erzeugt wird, das sich wellenförmig entlang dem Fahrweg bewegt. Dieses elektromagnetische Wanderfeld erzeugt im Zusammenwirken mit den an den Schwebegestellen der Fahrzeuge angeordneten Dauermagneten den für die Fortbewegung des Fahrzeugs erforderlichen Schub (Abb. 2).

Durch eine Veränderung der Stärke bzw. der Frequenz des Drehstroms lassen sich Schubkraft und Geschwindigkeit stufenlos variieren. Die Bremswirkung wird durch Umpolung des Wanderfeldes erreicht, die Bremsenergie wird rückgespeist.

Die Permanentmagnete dienen auch dazu, das Fahrzeuggewicht zu tragen. Die Tragkraft wird dem jeweiligen Fahrzeuggewicht angepaßt durch eine einfache mechanische Steuerung des Luftspaltes zwischen Stator und Magneten. Die Seitenführung der Schwebestelle im Fahrweg übernehmen Horizontalführungsrollen (Abb. 3).

Die Schwebestelle sind untereinander durch eine Kuppelstange verbunden und haben an ihren Kopfenden Mittelpufferkupplungen für die Zugbildung. Zug- und Stoßkräfte werden ausschließlich über die Schwebestelle und nicht über die Aufbauten übertragen.

Der Wagenkasten stützt sich über Luftfedern auf die beiden Schwebestelle ab, die Mitnahme erfolgt über Drehzapfen. Der Aufbau besteht aus einem geschweißten Gerippe aus Leichtmetall-Profilen in gemischter Differential-/Integral-Bauweise, das mit Leichtmetallblechen beplankt ist.

Die in Berlin eingesetzten Fahrzeuge vom Typ M 80/2 (Abb. 4) entsprechen in ihren Hauptabmessungen und in der Sitzanordnung denen der Kleinprofil-U-Bahn der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG). Sie haben 28 Sitzplätze und 52 Stehplätze (bei 4 Pers./m²). Fahrzeuge mit anderer Form, Ausstattung oder anderen Abmessungen sind möglich.

An den Längsseiten der Fahrzeuge sind je 2 Schwenkschiebetüren angeordnet. An den Stirnseiten befinden sich Nottüren, die im Falle eines Nothalts auf aufgeständerter Trasse einen gesicherten Ausstieg auf das Laufgitter des Fahrwegs ermöglichen (Abb. 3). Die an Bord benötigte Energie für Beleuchtung, Heizung, Kompressor und Ladegerät (für 24 Volt-Batterie) sowie für eine eventuelle Klimaanlage wird über eine 220 - Volt Wechselstromschiene zugeführt.

4. Fahrweg und Haltestellen

Das geringe Gewicht der Fahrzeuge und die gleichmäßige Lastverteilung auf den Fahrweg ermöglichen einen relativ leichten Aufbau des Fahrwegs. Damit verbunden ist eine auch optisch klare und leichte Gestaltung. Durch die nahezu berührungsfreie Fahrweise entfallen fahrwegseitige Geräuschkümmungsmaßnahmen.

Der Fahrweg kann in Hochlage (Abb. 5), ebenerdig auf eigener Trasse oder in Tieflage (Einschnitt, Tunnel) ausgeführt werden. Der Fahrweg läßt sich aus vorgefertigten Elementen aufbauen, zu denen bei aufgeständerter Bauweise auch die Stützen gehören (Abb. 6). Bei größeren Spannweiten (ab etwa 36 m) sind gesonderte Brückenkonstruktionen erforderlich. Bei Tunnelbauweise sind die erforderlichen Querschnitte gegenüber vergleichbaren herkömmlichen Systemen wesentlich geringer (Abb. 7).

Die dichte Folge kleinerer Zügeinheiten und der gleichmäßige Fahrgastfluß ermöglichen kurze Bahnsteige und günstige Verkehrswege im Haltestellenbereich. Die Bahnsteige haben ein gesichertes Zugangssystem zu den Fahrzeugen in Form von automatisch betätigten Bahnsteigtüren. Abb.8 zeigt die mögliche Ausführung einer M-BAHN-Station in Hochlage.

5. Energieversorgung

Dem im Fahrweg verlegten Langstator-Linearmotor wird die Antriebsenergie in Form von Drehstrom zugeführt. Dazu wird Strom aus dem örtlichen EVU-Netz zunächst transformiert und gleichgerichtet und dann über Pulswechselrichter, die von einer elektronischen Motorsteuerung angesteuert werden, in Drehstrom mit variabler Amplitude und Frequenz umgeformt (Abb.9).

Die Antriebssteuerung erfolgt in der Form, daß die digitale Motorsteuerung laufend die Ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs mit der vom Fahrprogramm vorgegebenen Soll-Geschwindigkeit vergleicht und die daraus resultierenden Steuerbefehle an die Wechselrichter gibt.

Zur Vermeidung von Energieverlusten ist der Langstator-Motor in elektrisch eigenständige Abschnitte unterteilt. Nur die Abschnitte werden eingeschaltet, in denen sich gerade ein Fahrzeug befindet. Die Länge dieser Abschnitte (i.d.R. zwischen 50 und 300 Meter) hängt einerseits von der örtlich geforderten Antriebsleistung (Beschleunigung /Verzögerung, konstante Geschwindigkeit), andererseits von den vorgesehenen Zugabständen ab. Gleichrichter, Motorsteuerung und Pulswechselrichter sind in Unterwerken entlang der Strecke zusammengefaßt.

6. Betriebsleittechnik

Die Betriebsleittechnik umfaßt das Gesamtsystem der vollautomatischen Steuerung, Abwicklung und Überwachung des Betriebs sowie das unabhängige Sicherungssystem.

Das Funktionsschema (Abb. 10) zeigt die drei Hierarchie-Ebenen des Betriebsleitsystems. Die zentrale Verkehrsleitstelle (Betriebsleitzentrale) bildet die Dispositionsebene. Hier sind alle Einrichtungen für die Überwachung des automatischen Betriebsablaufs zusammengefaßt. Von dieser Zentrale aus kann das Betriebspersonal jederzeit in den automatischen Verkehrsablauf eingreifen, z.B. um bei außerplanmäßigen Verkehrssituationen die Disposition zu übernehmen (Änderung bei den Fahr- und Haltezeiten, Einsatz zusätzlicher Züge) oder um bei Störungen entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Die Betriebsführung erfolgt durch einen automatischen Betriebsführungsrechner (ABF), der ebenfalls in der Betriebsleitzentrale untergebracht ist, und dessen Aufgabe es ist, die dispositiven Vorgaben (Fahrpläne, Fahrtakte, "manuelle" Eingriffe) an den Zugsteuerungsrechner in der operationellen Ebene des Betriebsleitsystems weiterzugeben. Der Zugsteuerungsrechner, dessen Funktion mit der des Fahrers vergleichbar ist, errechnet für jedes Fahrzeug zu jedem Zeitpunkt die optimalen Sollvorgaben und leitet sie an die Motorsteuerung weiter.

Das Sicherungssystem arbeitet unabhängig und getrennt vom automatischen Betriebsführungssystem. Es ist entsprechend den besonderen Sicherheitsanforderungen des automatischen Fahrbetriebs ausgelegt. Es besteht aus zwei Teilsystemen von denen sich das eine im Fahrzeug, das andere an der Strecke bzw. in der Leitzentrale befindet. Zwischen diesen beiden Teilsystemen findet über Linienleiter ein sicherer digitaler Datenaustausch und Datenvergleich statt, der die Voraussetzung für die Freigabe des Fahrbetriebs darstellt.

Bei sicherheitsrelevanten Störungen oder bei Unterbrechung des Datenaustausches erfolgt die sofortige Abschaltung der Antriebsenergie für den entsprechenden Bereich und die Einleitung der Zwangsbremung des betreffenden Zuges. Basis dieses Sicherungssystems ist ein sicherer Rechner, dessen zwei Rechnerkanäle ständig sicher verglichen werden.

7. Zusammenfassung

Die M-BAHN ist ein neues Nahverkehrssystem, das sich in Teilbereichen innovativer Technologien bedient, in anderen Bereichen auf bewährte Komponenten zurückgreift. Diese Konzeption eröffnet dem öffentlichen Personennahverkehr verbesserte und erweiterte Anwendungsmöglichkeiten:

- * ungehinderter Betrieb auf eigenem Fahrweg
- * hohe Transportgeschwindigkeit
- * kurze Wartezeiten durch schnelle Zugfolge
- * schnelle Anpassung an veränderliche Verkehrsbedürfnisse
- * gute Integrierbarkeit in bestehende bauliche und betriebliche Strukturen
- * besondere Umweltfreundlichkeit durch geringen Energieverbrauch, geräuscharmes Fahren, keine Abgasemission

Die M-BAHN reduziert den technischen Aufwand und damit die Investitionskosten durch Anwendung einer neuen Technik, die

- * verhältnismäßig kleine Betriebsanlagen ermöglicht
- * einfache und leichte Fahrwegkonstruktionen erlaubt
- * das Fahrzeuggewicht vermindert
- * ein einfaches Fahrwerk ermöglicht
- * automationsgerecht konzipiert ist.

Das M-BAHN-System reduziert die Betriebskosten durch

- * fahrerlosen, automatisierten Betrieb
- * geringen Instandhaltungsaufwand
- * stationäre und damit robuste Antriebstechnik
- * niedrigen Energieverbrauch aufgrund der leichten Fahrzeuge.

Technische Daten

Technische Daten

Allgemeines

- Höchstgeschwindigkeit (Auslegung) 80 km/h
- mittlere Beschleunigung/Verzögerung (Auslegung)
 - * 0 - 40 km/h 1,3 m/sec²
 - * 40 - 60 km/h 1,15 m/sec²
 - * 60 - 80 km/h 0,8 m/sec²
- Steigfähigkeit (Auslegung) bis 15 ‰

Fahrweg

- Fahrwegbreite, Gerade Strecke
 - * einspurig 1 950 mm
 - * zweispurig 4 520 mm
- Fahrspur - Achsabstand
 - * Gerade Strecke 2 570 mm
 - * Bogen R = 100 m/0 = 10 ‰ 2 750 mm
- Minimal - Radien
 - * horizontal 100 m (50 m)
 - * vertikal 600 m
- Spurweite (ideell) 1 350 mm
- Stützweite (Rastermaß 0,72 m) 8,64 bis 36,00 m
- Tunnelquerschnitt, einspurig (1) (Kreisquerschnitt)
 - * Gerade Strecke d 3 900 mm lichter Quer-
 - * Bogen R = 100 m/ 0 = 10 ‰ d 4 100 mm schnitt innen

- Tunnelquerschnitt, zweispurig (1) (Rechteckquerschnitt)
 - * Gerade Strecke 3 170 x 6 030 mm
 - * Bogen R = 100 m/0 = 10 % 3 295 x 6 780 mm
- Lichtraumbreite, einspurig
 - * Gerade Strecke 2 570 mm
 - * Bogen R = 100 m/0 = 10 % 2 940 mm
- Lichtraumbreite, zweispurig
 - * Gerade Strecke 5 140 mm
 - * Bogen R = 100 m/0 = 10 % 5 690 mm

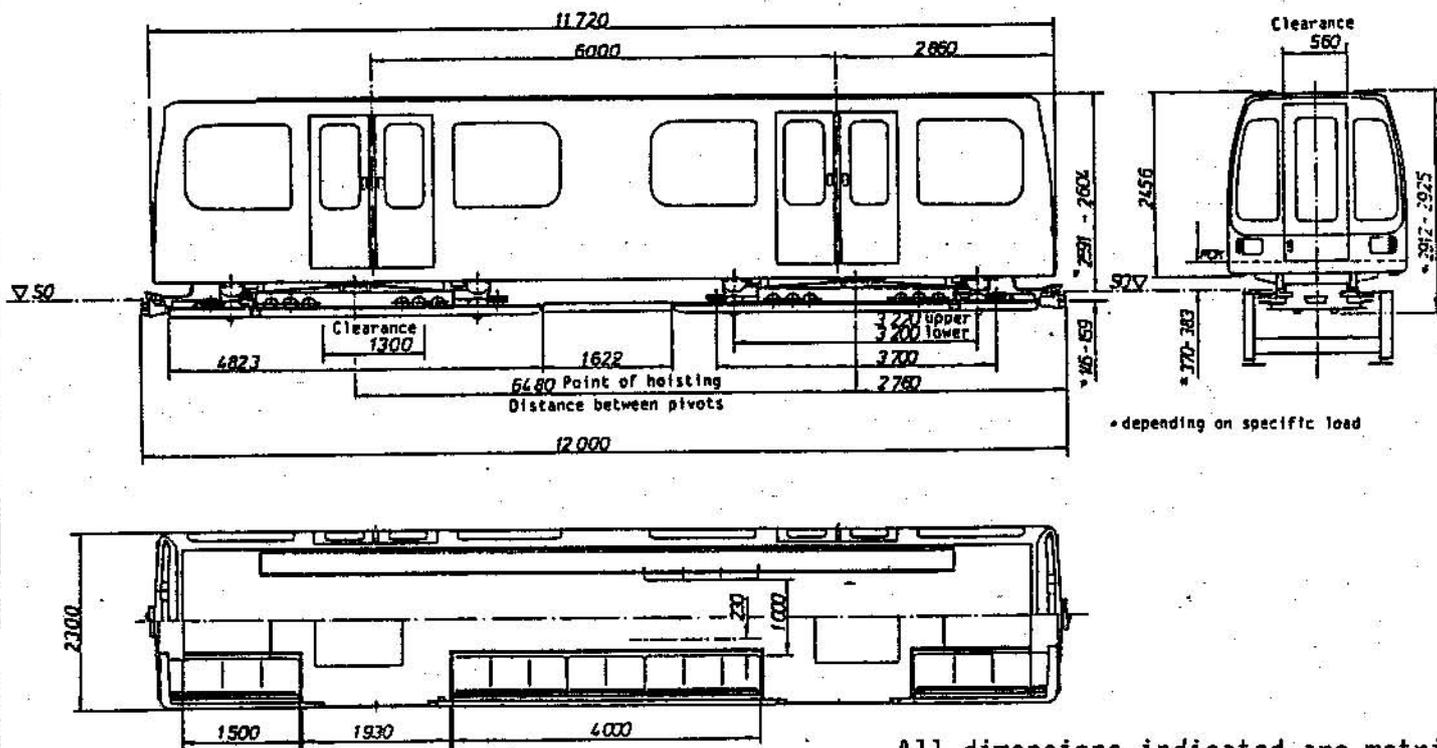
Fahrzeug

- Länge über Kupplung 12 000 mm
- Länge Fahrzeugaufbau 11 720 mm
- Breite 2 300 mm
- Höhe über OK Fahrweg 2 600 mm
- Drehzapfenabstand 6 480 mm
- Leergewicht 10 040 kg
- Nutzlast 8 640 kg
- zul. Gesamtgewicht 18 680 kg
- Nominalkapazität (Stehpl. 4/m²) 80 Pers.

Antrieb (Langstator - Linearmotor)

- Antriebsspannung (PWR-Ausgang) 750 V eff.
- Ausgangsstrom 550 A eff.
- Wechselrichter Frequenz 0 bis 95 Hz
- Polteilung 120 mm
- Phasenzahl 3 -
- Luftspalt 11 bis 25 mm

(1) Maße einschließlich Sicherheitsraum/Fluchtweg

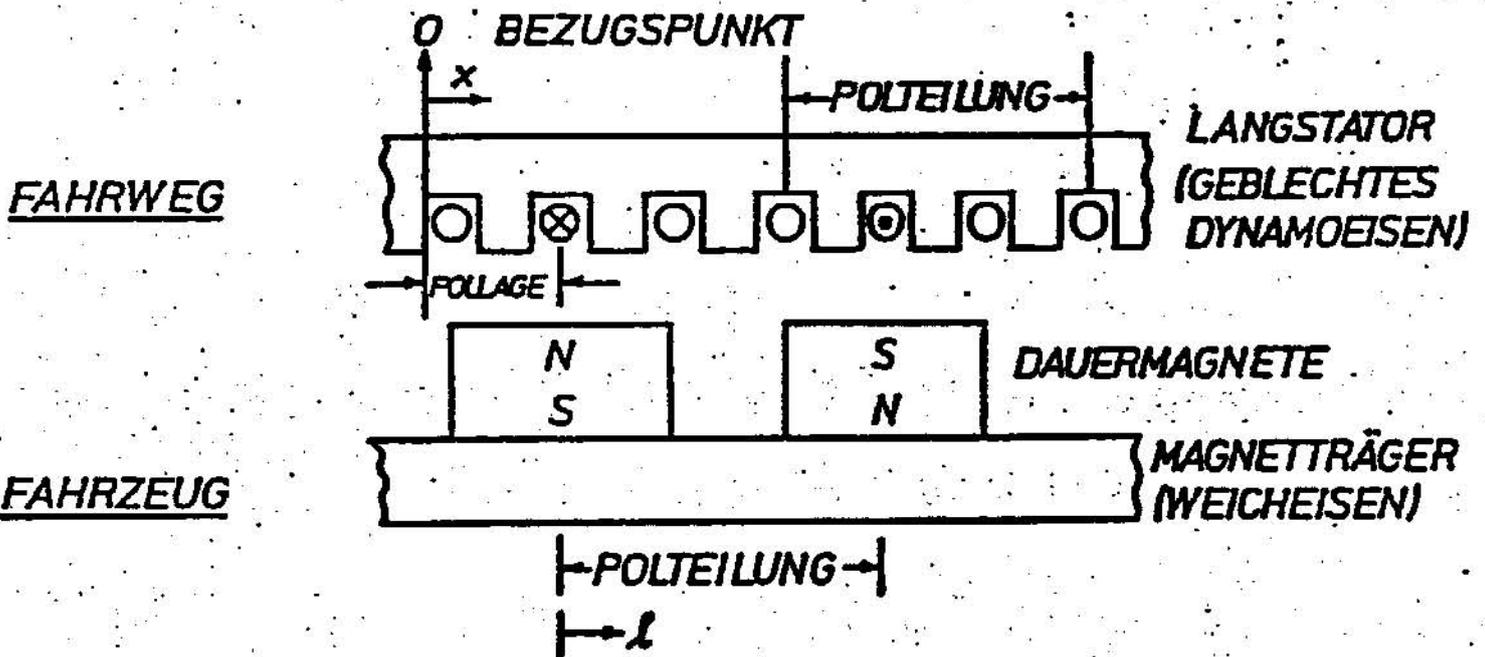
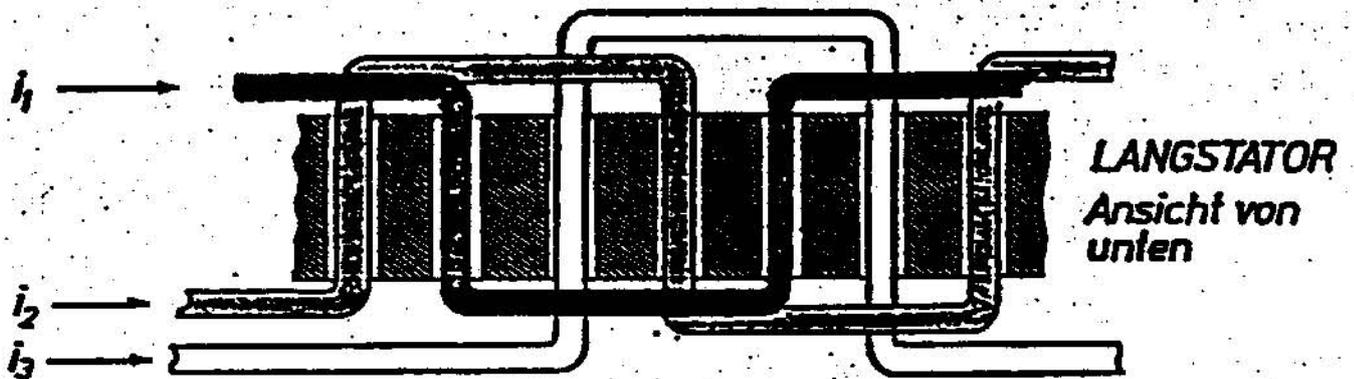


All dimensions indicated are metric

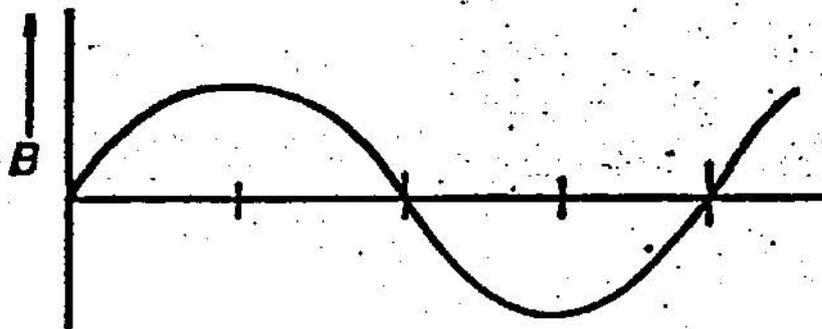
Issue: 12.01.88 HE

Coupling	Scharfenberg, fully automatic, 40-43002(2)	Rolling stock (Date of delivery)	05.8788
Service brake	By electromagnetic travelling field in the guideway	"USIS - A" (Veh.No.)	1 only (03)	1 only (05)
		"USIS - B" (Veh.No.)	1 only (04)	1 only (06)
		Year of construction	1987	1988
Supplementary brake (direct acting)	Double jaw brake (linear) Wabco Tristopzylinder 925 322 2240	Type	M80/2	
		Max. Speed	80 km/h	
Locking brake	Double jaw brake (linear) with spring-brake actuator	Drawings	Main drawing	1.-640.01.0001
Compressor	Knorr LP 5981		Pneumatic scheme	141.090901.00.SP-25
Heating installation	Warm air heating		Electrical scheme	141.900101.00.SL-31
Illumination	10 pcs Fluorescent lamps, 40 W each 4 pcs Fluorescent lamps, 25 W each		Brake installation	151.700002.00.GD-41
Weight	Dead weight	Guide Rollers	vertical, upper	8 pcs. 300 mm Ø
	Admissible total weight		vertical, lower	8 pcs. 248 mm Ø
	Vehicle weight per passenger		horizontal	8 pcs. 248 mm Ø
Passengers	Seated	Tapered Roller Bearings	SKF - IKOS 040	
	Standing $\frac{4}{m^2}$			
	Total			
Manufacturer	MAGNETBAHN GMBH, Starnberg (Body: WU, Electrical installation AEG)			
Suspension	Primary	Spiral springs, progressive		
	Secondary	Air Springs		

A b b i l d u n g e n



VON DEN MAGNETEN IM LUFTSPALT ERZEUGTE INDUKTION
(GRUNDWELLE)



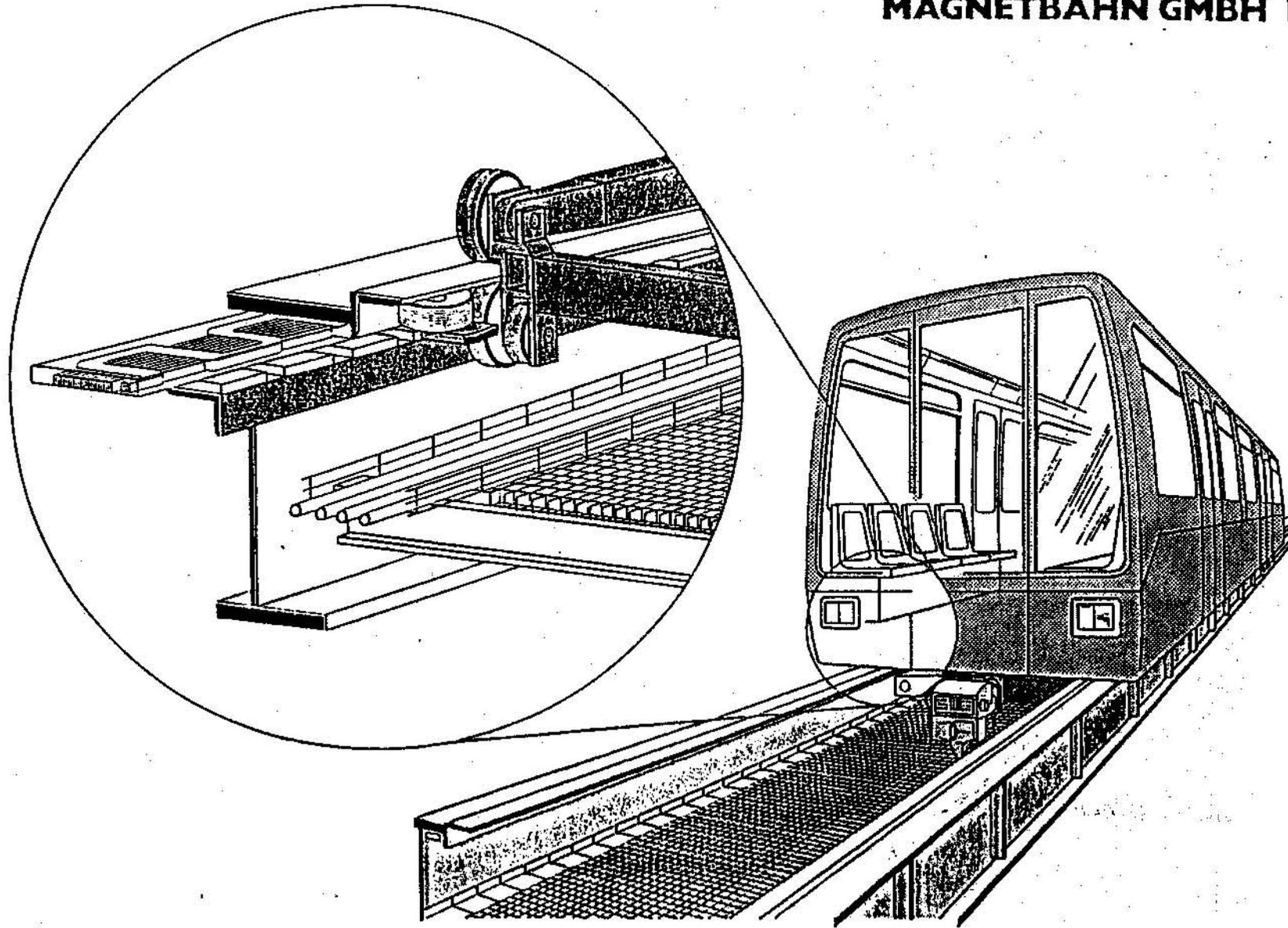
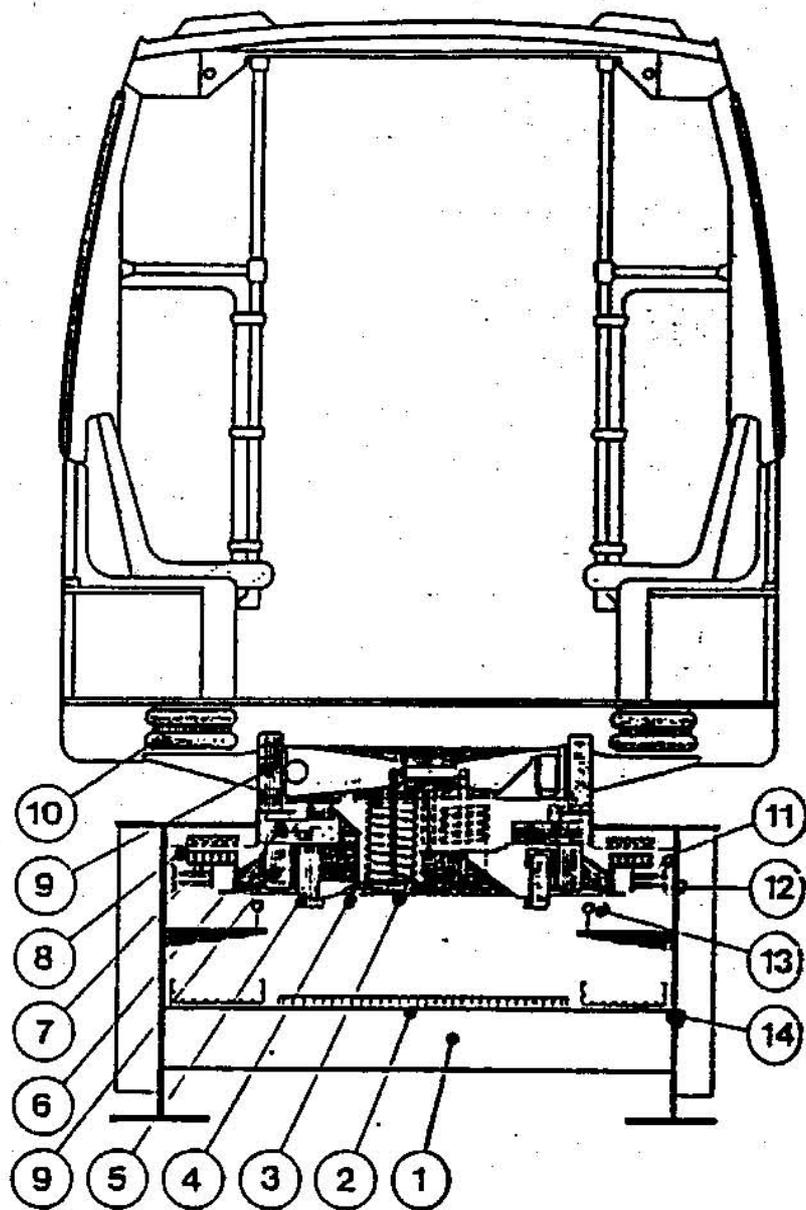


Abb. 1: Funktionsdarstellung Tragen, Spurführung, Antrieb



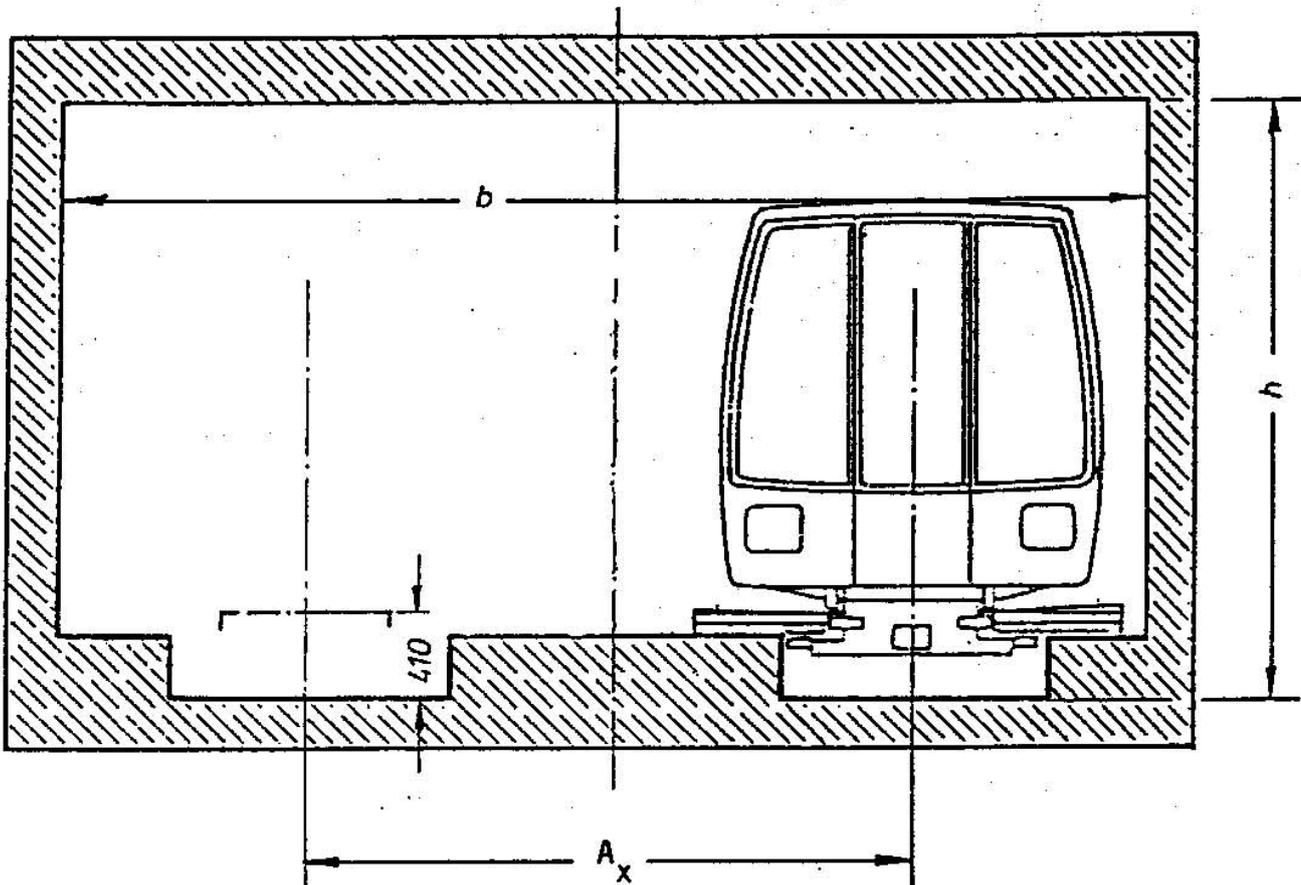
Legende

1	Fahrweg	8	Wanderfeldstator
2	Laufgitter	9	Vertikalführungsrollen
3	Primärfeder	10	Luftfederung
4	Schwebegestellstruktur	11	Stromabnehmer
5	Weichenlaufräder	12	Stromschiene
6	Horizontalführungsrollen	13	Linienleiter
7	Permanentmagnete	14	Kabelkanal
			} Bordenergieversorgung

Abb.3: Querschnitt durch M-BAHN-Fahrzeug und -Fahrweg

M - BAHN - Doppelspurfahrweg

Bauwerkslichtraum - Tunnel,



R_h [m] / \ddot{u} [%]	b [mm]	* h [mm]	A_x [mm]
$\infty / 0$	5330	3170	2565
800/0,2	5380	3170	2590
400/6,5	5690	3250	2745
200/10,0	5915	3295	2860
100/10,0	6080	3295	2940
50/0	6005	3170	2900

* GOLTIG FOR $600 \leq R_v \leq \infty$

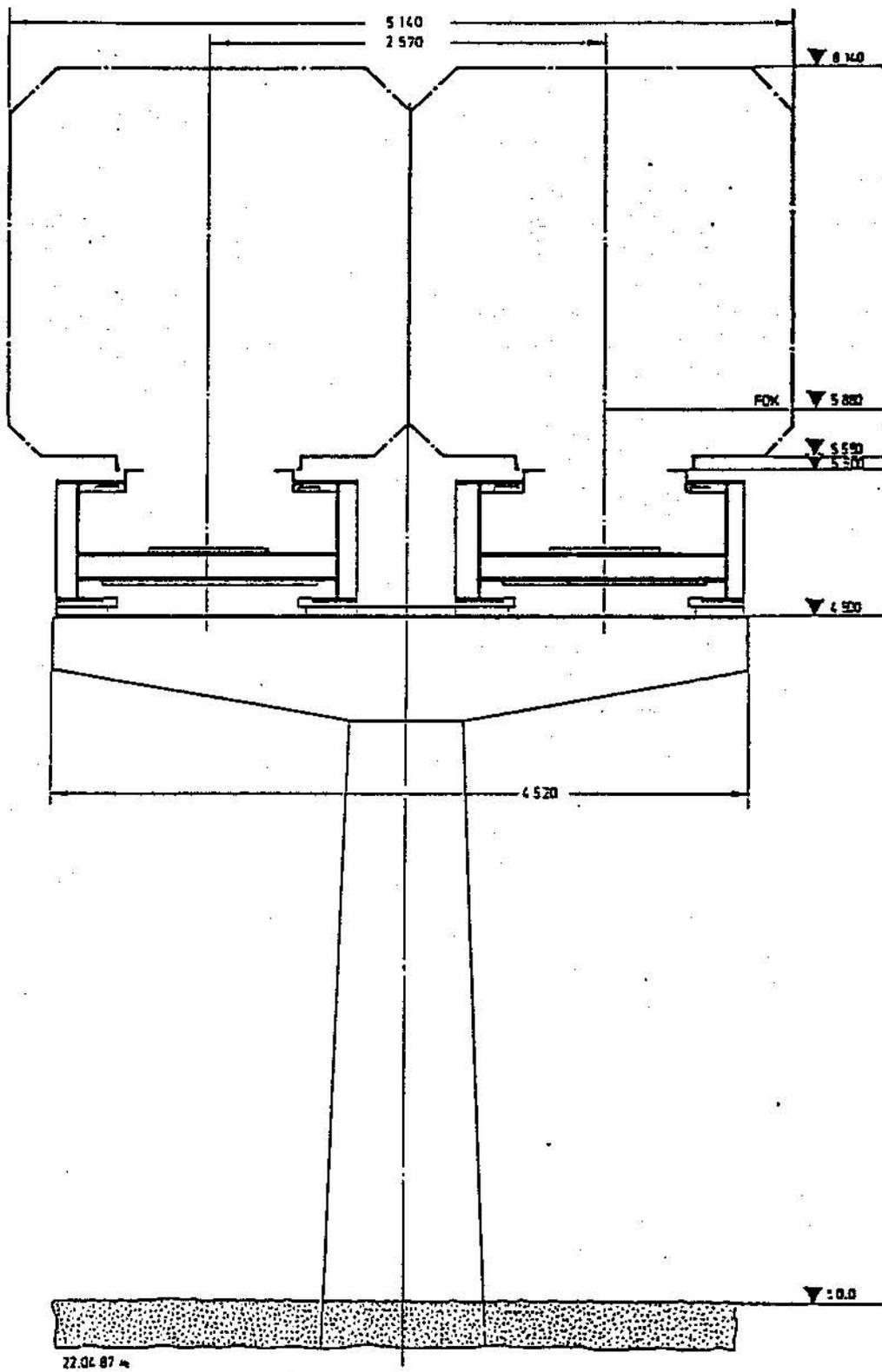


Abb. 5: aufgeständerter Doppelspur-Fahrweg, Querschnitt Fahrzeug-Lichtraumumgrenzung (gerade Strecke)

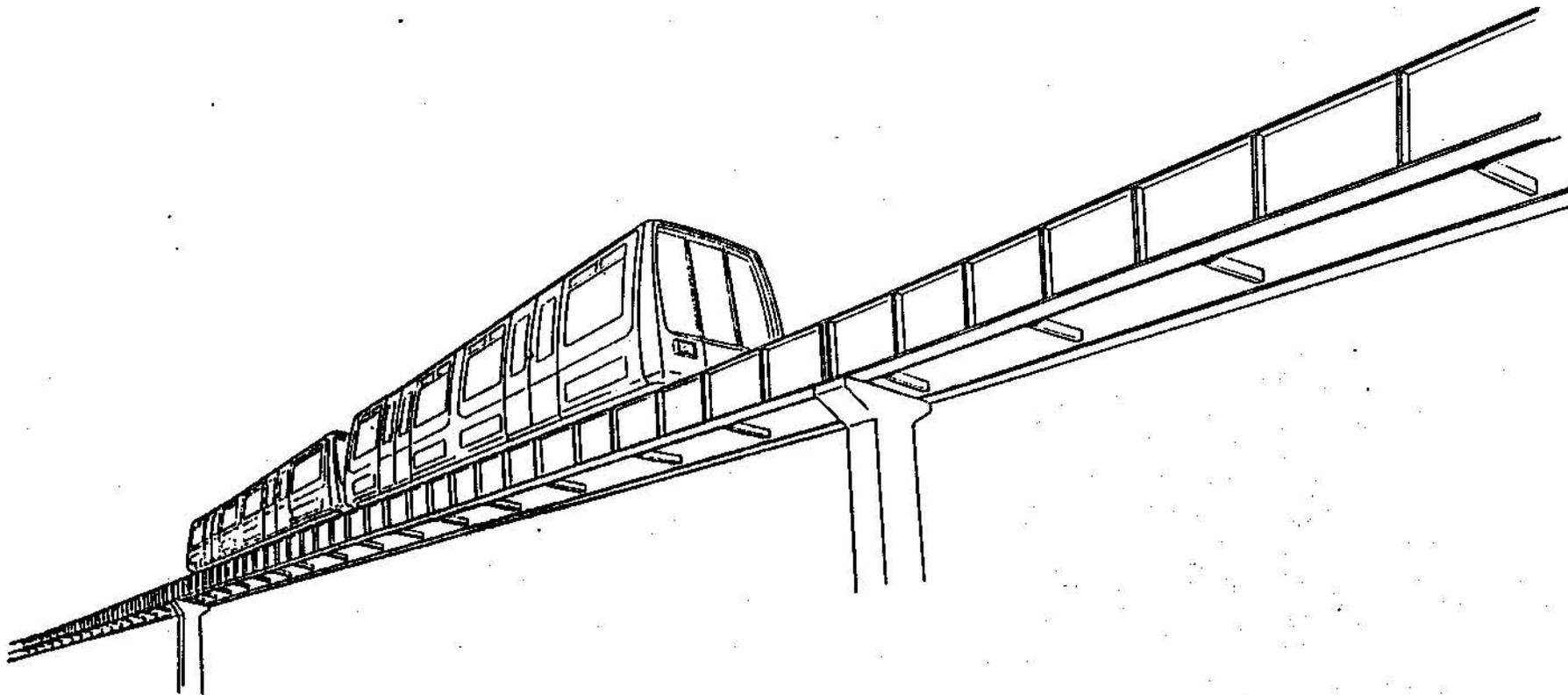
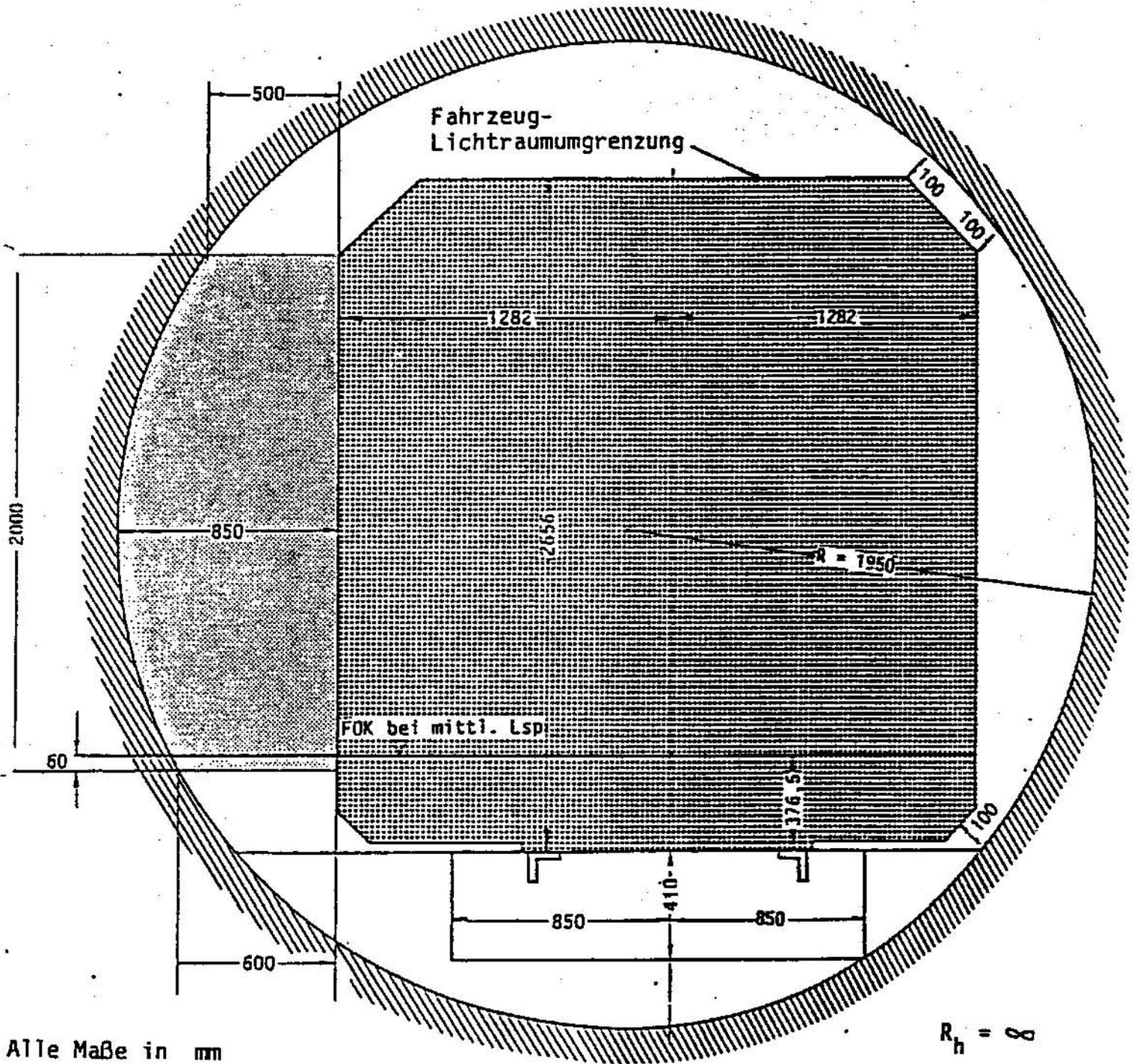


Abb. 6: aufgeständerter Einspur-Fahrweg



Alle Maße in mm

$$R_h = \infty$$

$$R_v = 600 \text{ m}$$

$$\ddot{u} = 0$$

Abb. 7: Tunnelabmessungen M-BAHN/Einspurfahrweg
(lichter Querschnitt innen, mit Sicherheitsraum (Fluchtweg))

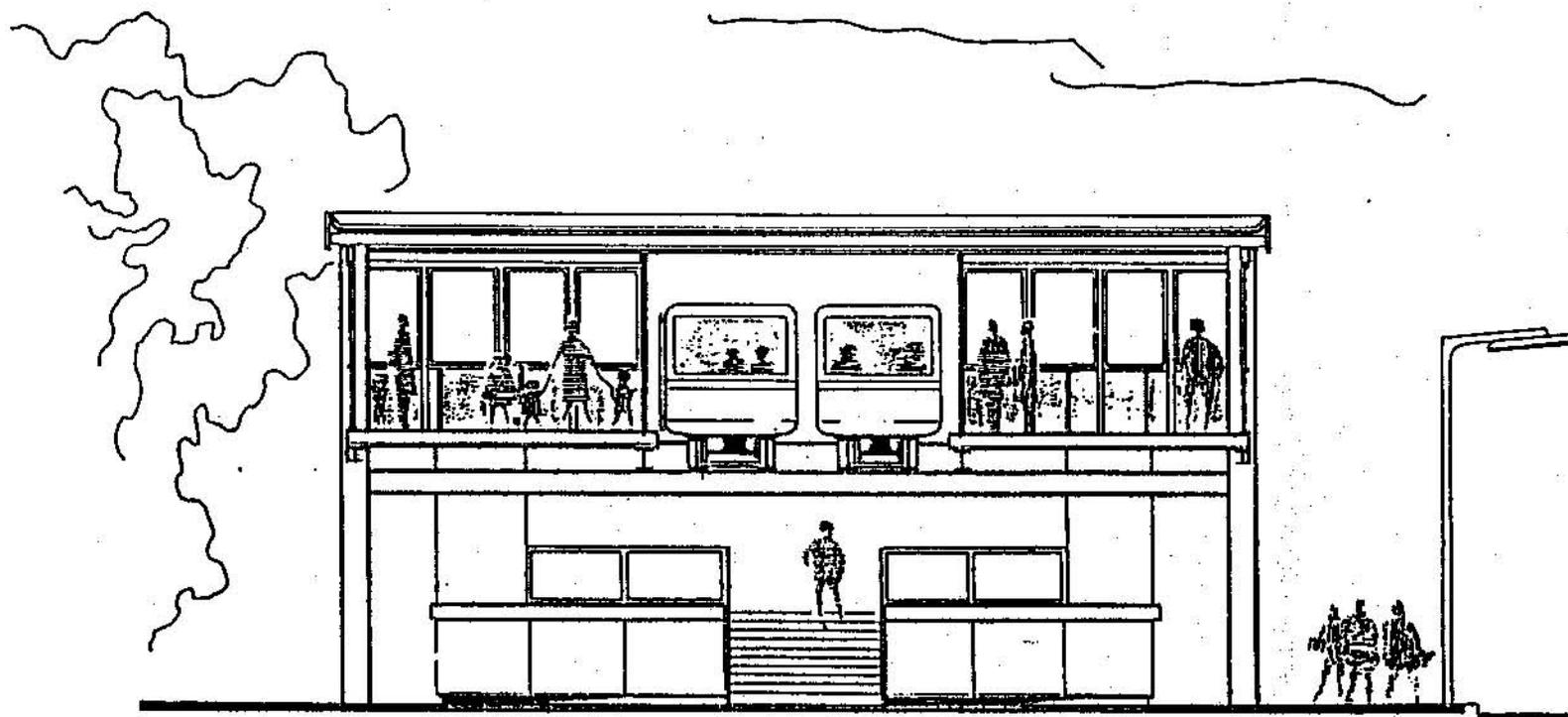


Abb. 8: M-BAHN Haltepunkt, Querschnitt (Konfigurationsbeispiel)

Energie-Einspeisung

Gleichrichter

Wechselrichter

Abschnittschalter
für Fahrweg 1

für Fahrweg 2

Langstator-
Abschnitte

Fahrweg 1
Fahrweg 2

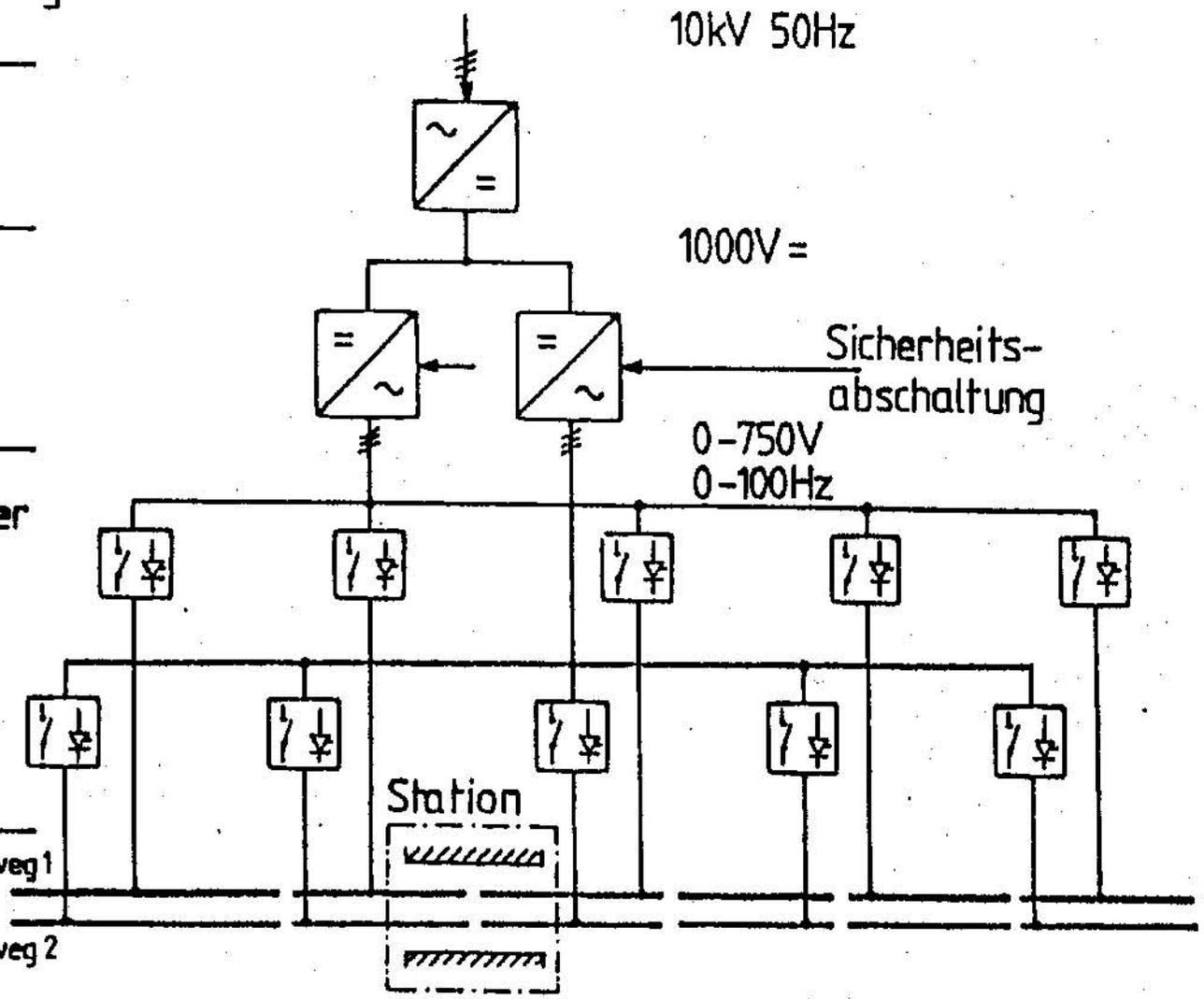


Abb. 9: Energieversorgung - Prinzipschaltung

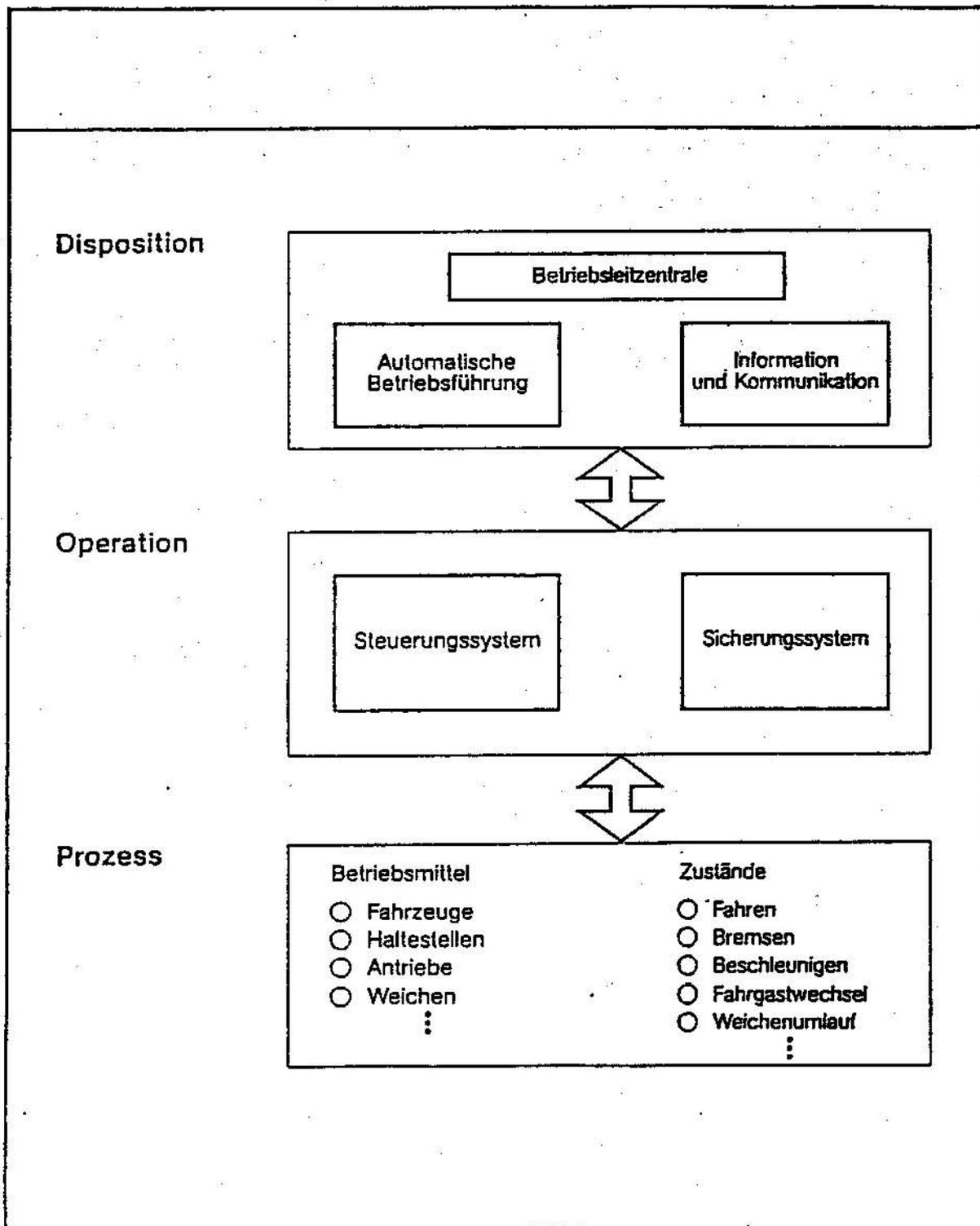


Abb. 10: Funktionsschema des Betriebsleitsystems