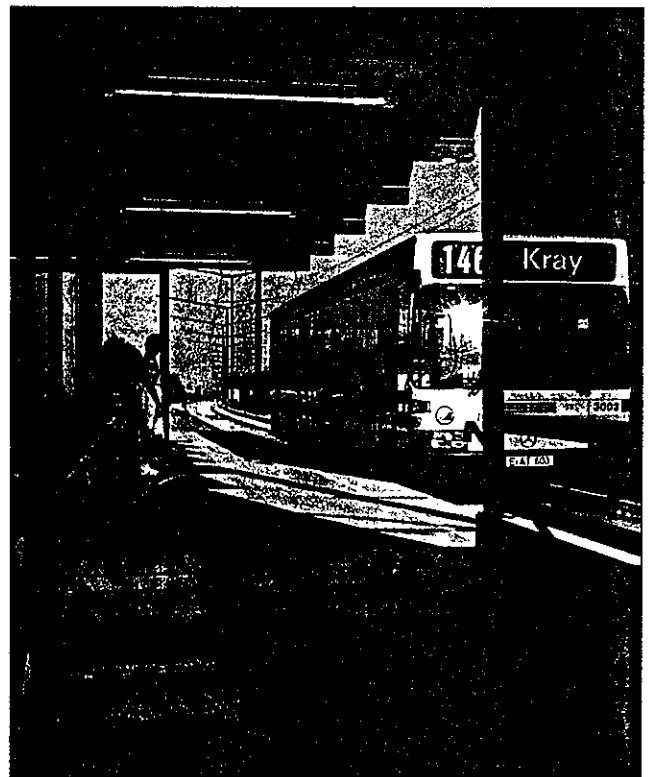
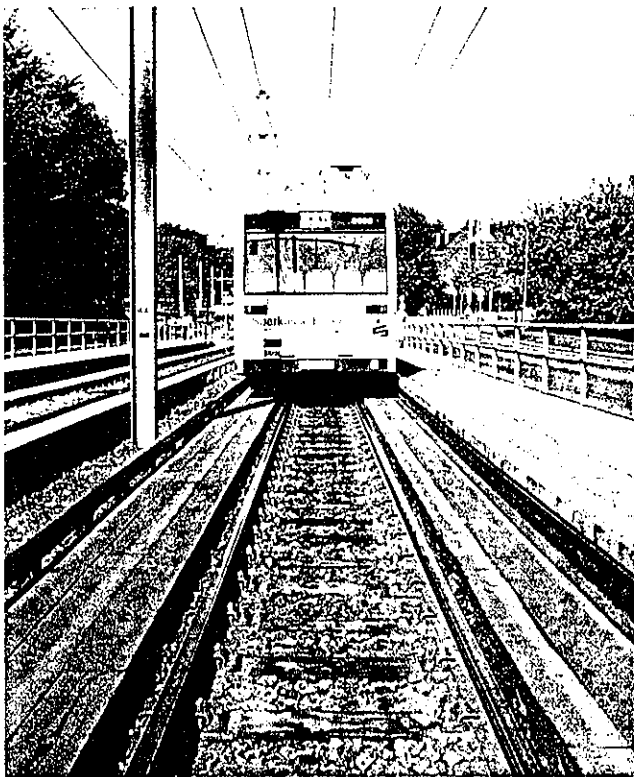


3171

Spurbus Essen



Essener Verkehrs-AG

Eine Informationsschrift zum
Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
Spurbus Essen

Information on the
Research and Development Project
Guided Bus Essen



**ESSENER
VERKEHRS-AG**



**STUDIENGESELLSCHAFT
NAHVERKEHR MBH**

Mercedes-Benz



M·A·N

Unternehmensbereich
Nutzfahrzeuge



AEG

SIEMENS



DORNIER

Dornier GmbH
Postfach 1420
7990 Friedrichshafen 1



FAHRLEITUNGSBAU



Ed. Züblin AG · Bauunternehmung

Schmiedewerke
KRUPP-KLÖCKNER
Gesellschaft mit beschränkter Haftung



Richtberg

Gesamtprojekt

Entwicklung und betriebliche Erprobung der Komponenten für ein Spurbus-System.

Overall project

Development and operational testing of the components for a guided bus system.

Begleitung

Wissenschaftliche Begleitung des Gesamtprojektes.

Attendant study

Scientific study accompanying the overall project.

Fahrzeuge/Fahrleitung

Entwicklung und Erprobung der fahrzeugseitigen Komponenten für mechanische Spurführung, dualen Antrieb sowie Erstellung und Erprobung einer kombinierten Fahrleitung für Straßenbahn und Duo-Bus.

Vehicles/Catenary system

Development and testing of the vehicle components for mechanical track guidance and the dual drive systems, together with the design, construction and testing of a combined catenary system for tram and Duo-bus operation.

Fahrweg

Entwicklung und Erprobung der Spurbus-spezifischen Fahrweg-Komponenten.

Guideway

Development and testing of guideway components specifically for the use of guided buses.

SPURBUS ESSEN

Eine Informationsschrift
zum Forschungs-
und Entwicklungsvorhaben
Spurbus Essen
(Dual-Mode-Bus)

Das Vorhaben wird gefördert vom
Bundesminister für Forschung und Technologie
(BMFT)

Guided Bus Essen

*Information on the
Research and Development Project
Guided Bus Essen*

*The project is sponsored by the
Federal Ministry of Research and Technology
(BMFT)*

Vorwort des Aufsichtsrats- vorsitzenden

Prefatory remarks from the Chairman of the Supervisory Board

Der oft und gern geforderte Vorrang des öffentlichen Personennahverkehrs vor dem Individualverkehr bleibt leider ebensooft nur ein Lippenbekenntnis.

In Essen ist dies nicht so. Bereits im Jahre 1980 wurde die erste Teststrecke für einen spurgeführten Omnibus eröffnet. 1983 konnte der nächste Schritt getan werden: Die Erprobung des gemeinsamen Verkehrs von Spurbus und Straßenbahn auf einer Trasse.

Die vorliegende Broschüre gibt Auskunft über Ziele und Möglichkeiten, die mit dieser neuen Technologie bereits verwirklicht wurden und noch verwirklicht werden sollen!

Dank sagen möchte ich dem Bundesminister für Forschung und Technolo-

gie sowie allen beteiligten Firmen, insbesondere den Mitarbeitern der EVAG, ohne deren aller Engagement das Forschungsvorhaben nicht dieses Stadium erreicht hätte.

The common and popular demand to give public transportation precedence over private transport unfortunately remains, in many cases, mere words.

This is not the case in Essen. Already in 1980, the first trial tracks were opened for a guided bus service. In 1983, the next steps were taken with the testing of a combined service of guided buses and trams on a joint track.

This brochure is designed to provide information about the aims and possibilities which have already been and are still to be fulfilled by the use of this new technology.

I should like to take this opportunity of thanking the Federal Minister of Research and Technology together with all participating companies, and especially the staff of the EVAG, without whose efforts this research project would not have reached its current status.



Oberbürgermeister
Peter Reuschenbach

Vorwort des Vorstandes

Prefatory remarks from the Board of Management

Die Eröffnung der Versuchsstrecken für den spurgeführten Omnibus – Spurbus – war der erste Schritt zur Ergänzung des Angebotes der Essener Verkehrs-AG.

Das bisherige Konzept des öffentlichen Nahverkehrs stütze sich auf die Stadtbahn als zukunftsweisendes, leistungsfähiges, schienengebundenes Verkehrssystem und den Omnibus, der in der Fläche Zubringerfunktionen für die Stadtbahn zu erfüllen hat. Der Spurbus – als Bindeglied zwischen beiden Systemen – eröffnet neue und erweitert bestehende Möglichkeiten.

Die EVAG stellt sich damit der Herausforderung, die auf den öffentlichen Nahverkehr zukommt.

Allen Beteiligten sei für ihre engagierte Mitarbeit sehr herzlich gedankt.

The opening of the test tracks for the guided bus were the first steps towards supplementing the service offer of the Essener Verkehrs-AG.

Existing concepts of public transportation were based on the use of light rail

rapid transit as a future-oriented, high capacity, railbound mode of transit and the bus system to fulfill the feeder functions for the light rail system. Guided buses – as a link between both systems – open up new, and expand existing perspectives.

The EVAG is meeting the challenge faced by the public transit sector. Our thanks to all parties working towards this success.



Dipl.-Ing. Wolfgang Teubner

Busverkehr heute

Ein flexibles, leistungsfähiges Verkehrssystem

Seit vielen Jahren behauptet der Bus seine herausragende Stellung bei der Bewältigung der Beförderungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr.

Der Anteil des Busses an den gesamten Betriebsleistungen des VÖV hat sich innerhalb der letzten 30 Jahre um das Vierfache erhöht. Heute werden mehr als 50% der Leistungen im öffentlichen Personenverkehr von Bussen erbracht.

Hohe Flexibilität zusammen mit Wirtschaftlichkeit im Betriebseinsatz, geringe Störanfälligkeit und niedrige Fahrwegkosten – all das sind Pluspunkte für den Bus.

Der Ausbau eines leistungsfähigen Busangebotes kann sehr gut stufen-

weise erfolgen, so daß auch schon beim Einsatz geringer Investitionsmittel eine attraktive Verkehrsbedienung

- für die flächenhafte Erschließung im ländlichen Raum,
- zur Verkehrsbedienung in Städten,
- als Zubringer zu Straßen-, Stadt- und Schnellbahnen

zur Verfügung steht.

A flexible, efficient transit system

For many years the bus has maintained its leading position as a mode of transport in the public transit sector.

The share of buses enjoyed in the overall system performance of the public

Bus transit today

transit authorities has increased four-fold over the past 30 years. Today, more than 50% of all public transit performance is carried out by buses.

A high degree of flexibility coupled with economic operation, a low level malfunction and low maintenance costs for roadways – these are the advantages of the bus.

A high level of efficiency can easily be achieved step-by-step so that even relatively low capital investment can ensure an attractive transit service:

- For the regional coverage of rural areas,
- for transit services in towns,
- as feeder services for light and heavy rail transit systems.





Verknüpfungspunkt Steele / Transfer point Steele

Beim heute üblichen Einsatz konventioneller Busse ergeben sich jedoch Probleme. Der Bus benutzt im allgemeinen das gleiche Straßennetz wie der übrige Verkehr – er „schwimmt“ im Individualverkehr mit. Ampeln, Verkehrsstaus, Baustellen behindern also auch den Bus – und mindern seine Leistungsfähigkeit und Attraktivität für den Benutzer.

Bauliche und verkehrsregelnde Maßnahmen können die bestehenden Probleme entschärfen. Um jedoch die Schnelligkeit von Stadt- oder Schnellbahnen zu erreichen, die auf eigenem Bahnkörper fahren, muß auch der Bus eine Führung getrennt vom Individualverkehr erhalten.

Die Entwicklung des „Fahrzeuges Bus“ hin zu einem integrierten „Bus-Verkehrssystem“ mit den Komponenten Fahrzeug, Fahrweg, Haltestelle und Betriebsführung ist der wesentliche Schritt, die Attraktivität des Busses zu steigern und ihm auch in Zukunft seine Bedeutung unter den Verkehrsmitteln im öffentlichen Personenverkehr zu sichern.

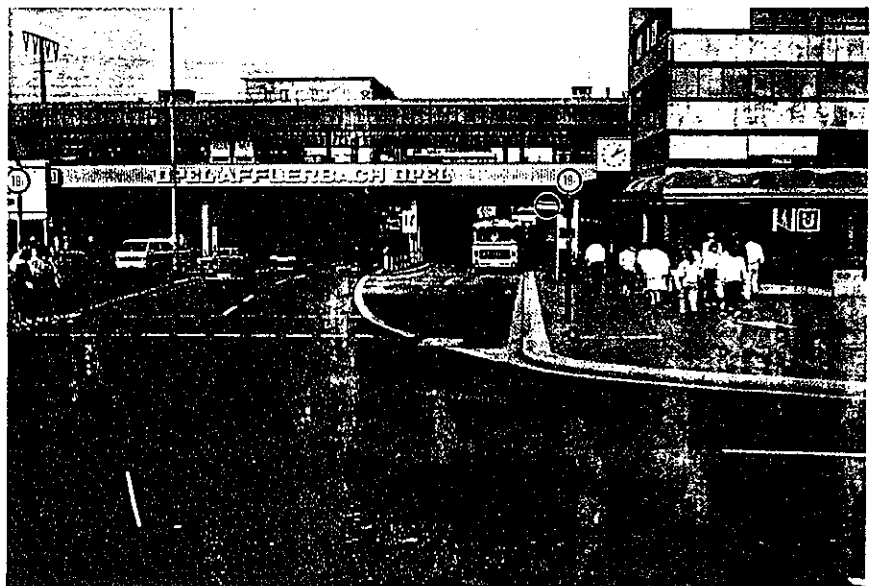


However, the use of buses in today's world is fraught with problems. Generally speaking the bus uses the same network streets as the other traffic – it gets "carried along" with the private transport. Traffic lights, traffic jams, construction sites, all have a detrimental effect on the efficiency of the bus service and reduce its attraction for the user.

Construction and traffic control measures can reduce the existing problems. In order, therefore, to achieve the trip speeds of rail rapid transit systems on their own rights-of-way, the bus must also be furnished with a guideway separated from the other road users.

The development of the "bus vehicle" into an integrated "bus transportation system" with individual components like the vehicle, guideway, stops and operational control systems is an essential step towards increasing the attractiveness of the bus and ensuring that it maintains its significance as a mode of transport in the public transit sector.

Bus im Stau / Bus in traffic jam



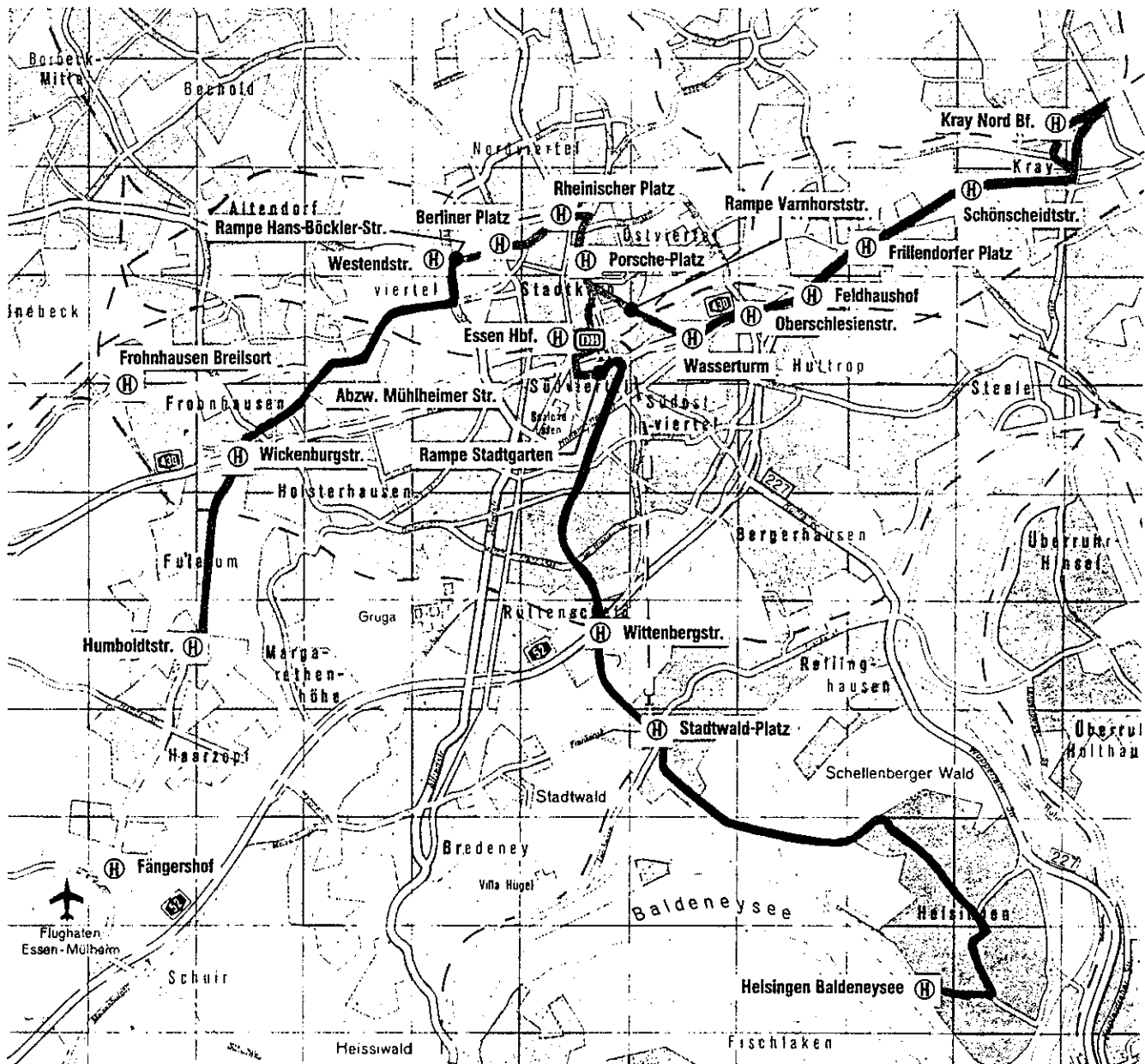
Besondere Busspur / Bus Lane

Spurbus Essen





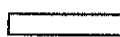
geplanter Endausbau

Guided Bus Essen

planned completion



Legende:

-  Tunnel, automatische Spurführung, Elektroantrieb (Fahrleitung)
-  automatische Spurführung, Elektroantrieb (Fahrleitung)
-  automatische Spurführung, Dieselantrieb
-  Elektroantrieb (Fahrleitung)
-  Dieselantrieb

legend:

- Tunnel, automatic track guidance, electric drive (trolley wire)*
- Automatic track guidance, electric drive (trolley wire)*
- Automatic track guidance, diesel drive*
- Electric drive (trolley wire)*
- Diesel drive*

Ablauf des Gesamtprojektes:

Auch in Essen fahren die Busse im Stadtbereich und in den Hauptzufahrtsstraßen im Individualverkehr mit, wodurch sie zum Teil stark behindert werden. Auf der anderen Seite unterqueren in etwa gleicher Streckenführung bereits vorhandene Tunnelanlagen für Stadt- und Straßenbahnen den vom Individualverkehr überlasteten Innenstadtbereich.

Es drängt sich die Frage auf, ob es nicht möglich ist, die Vorteile der unabhängigen Trassenführung auch für Busse nutzbringend anzuwenden und freie Kapazitäten auf Tunnelstrecken durch Busse nutzen zu lassen.

Vor dem Einsatz von Bussen in einem Tunnel sind jedoch eine Reihe von Problemen zu lösen.

Dies kann sinnvoll nur durch die schrittweise Erprobung der einzelnen Komponenten erfolgen.

Die wichtigsten sind:

- Spurführung der Busse (Spurbusse),
- Sicherungssystem (Signalanlagen),
- Bus-/Bahn-Mischfahrweg,
- Spurbus-Weiche,
- Duo-Bus (wahlweise Diesel- bzw. elektrischer Antrieb),
- Fahrleitung.

Das Ziel der Essener Verkehrs-AG, mit Unterstützung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT), ist die planerische Untersuchung, die konstruktive Erarbeitung sowie die stufenweise Realisierung eines Demonstrationsbetriebes mit „Spurbussen“. In der letzten Phase wird dieses zu einem teilweisen Mischbetrieb von Straßenbahnen und Bussen auf gemeinsamen Trassen führen, ohne die Flexibilität des Bussystems damit einzuschränken.

The project as a whole:

In the city of Essen, as in other cities, the bus runs on the city streets and during the peak traffic times together with the private transport causing, in some cases, considerable disruption to the service. On the other hand, an existing tunnel network, intended for light rail and tram systems, runs along approximately the same routes as the buses below the inner city areas already overcrowded with private transport.

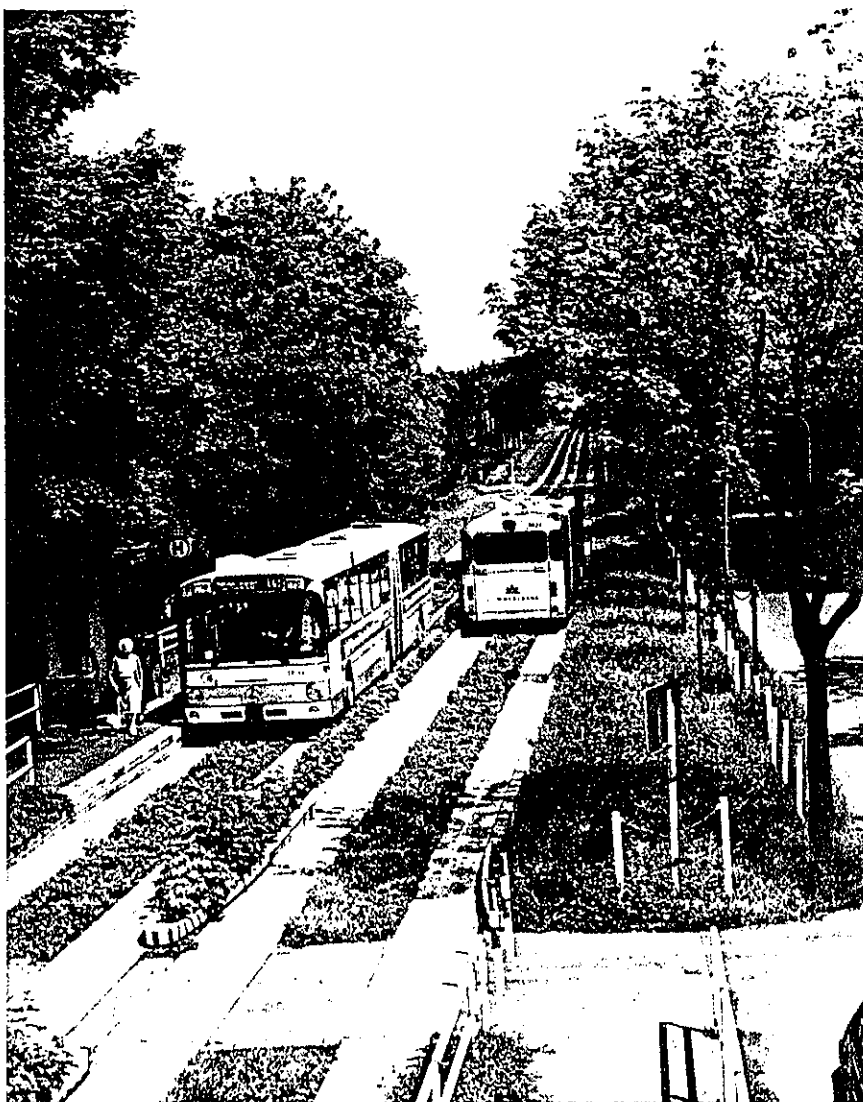
The question arises as to why it should not be possible to use the advantages of independent rights-of-way also for the buses and, at the same time utilize the free tunnel capacity for the bus services.

Before deploying buses in tunnels, however, there are a number of problems which have to be solved. This can only be achieved by step-by-step testing of the individual components, the most important of which are:

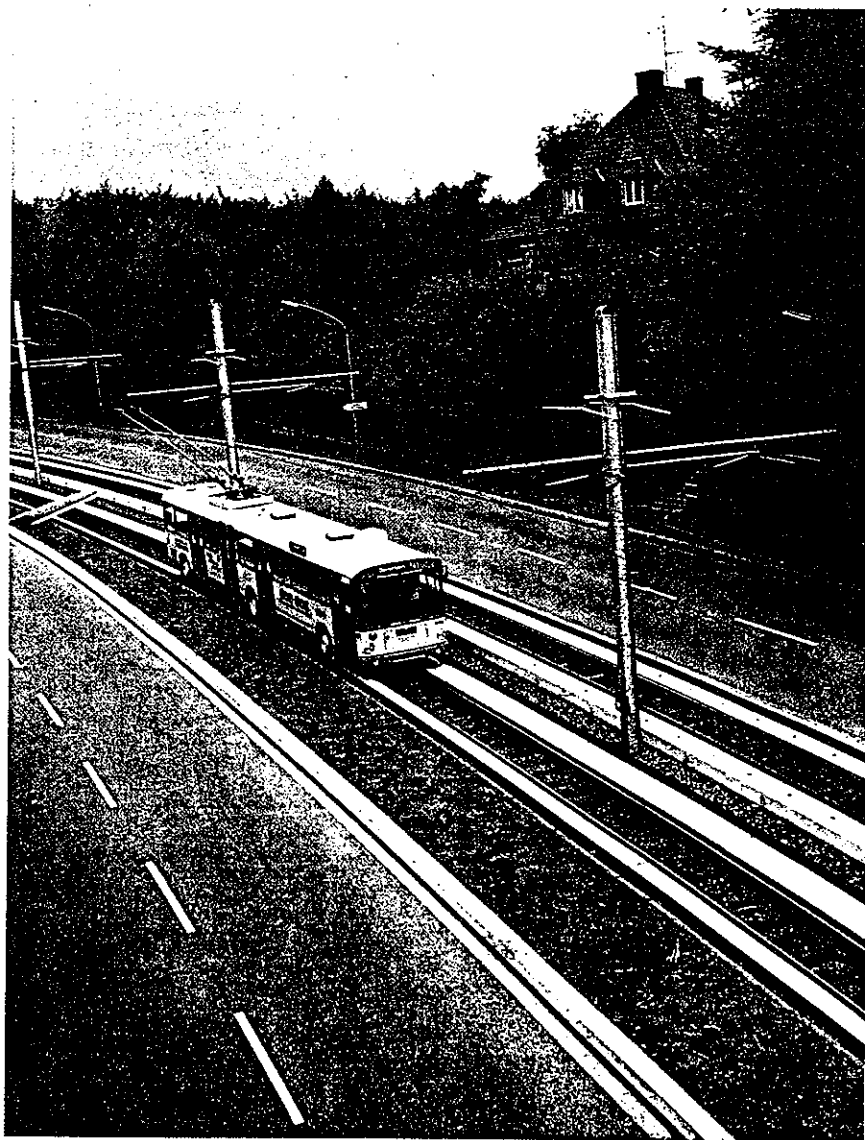
- the guideways for the buses (track guided buses),
- the safety systems (signal equipment),
- bus/rail combined tracks,
- guided bus switches,
- Duo bus (choice between diesel or electric drive systems),
- power transmission lines.

The objectives of the Essener Verkehrs-AG with the support of the Federal Ministry of Research and Technology (BMFT) are the planning, research, constructive design and production and a step-by-step realization of a demonstration of "guided buses". In the final phase, this will lead to partially combined operation of tram and buses on joint rights-of-way, without limiting the flexibility of the bus system in any way.

In a first development phase, the mechanical track guidance and a safety system for headway control were set up in Fulerumer Strasse and has been tested in line-haul operation since September 1980. In the second project phase, the components for bus/tram combined track, guided bus switches, Duo-bus and Duo-bus power transmission lines were set up on a test route along Wittenbergstrasse and, since May 1983, have been undergoing practical testing. The subsequent third



Phase 1: Fulerumer Straße



Phase 2: Wittenbergstraße

So wurden in einer ersten Entwicklungsphase die mechanische Spurführung sowie ein Sicherungssystem zur Abstandhaltung der Fahrzeuge in der Fulerumer Straße installiert und seit September 1980 im Linienbetrieb erprobt. In einer zweiten Phase sind auf der Teststrecke Wittenbergstraße die Komponenten Bus-/Bahn-Mischfahrweg, Spurbusweiche, Duo-Bus sowie Duo-Bus-Fahrleitung erstellt worden und seit Mai 1983 in die praktische Erprobung gegangen. Die sich anschließende Phase 3 soll die bis dahin erbrachten Ergebnisse zusammenfassen und im Jahr 1987/88 den Mischbetrieb von Straßenbahnen und Duo-Bussen auf gemeinsamen Tunneltrassen ermöglichen.

Auf dem ca. 4 km langen Streckenabschnitt zwischen Stadtmitte und Essen-Kray in Mittellage der Autobahn werden im Rahmen der Phase 3 seit

Oktober 1985 spurgeführte Busse eingesetzt, welche die bisher dort fahrende Straßenbahn ersetzen.

Im Krayer Zentrum beginnend, wird abschnittsweise der Dieselmotorbetrieb in Richtung Essener Innenstadt auf Elektromotorbetrieb umgestellt werden. Die Linienführung wird weitgehend der bisherigen Straßenbahnführung entsprechen.

Die Auswahl der für die Phasen 1 bis 3 vorgesehenen Demonstrationsstrecken wurde so getroffen, daß sie durch Kopplung heute bestehender Buslinien zu durchgehenden Demonstrationslinien verbunden werden können.

Bei der Auswahl der Demonstrationslinien waren eine Reihe verkehrlicher und betrieblicher Kriterien maßgebend:

phase is planned to summarize the results of the project to date and enable the start of a combined operation of trams and Duo-buses in joint tunnel sections in 1987/88.

Within the terms of phase three, a 4 km-long section of the motorway to Kray has been used, since October 1985, for the deployment of guided Duo-buses to replace the existing tram service. Starting in the town center of Kray, diesel operation in the direction of downtown Essen will be replaced by electric operation, section by section. The route will remain largely the same as that of the current tram operation.

The choice of tracks for the project phases 1-3 was made so that they could be easily linked into demonstration lines by combining existing bus routes.

A number of transportation and operational criteria had to be taken into consideration when choosing the demonstration lines:

- Die Linien müssen den Stadtkern durchqueren, wobei der heutige oberirdische Linienverlauf nicht wesentlich vom Verlauf der zukünftig mitbenutzten Tunneltrasse abweichen sollte.
- Eine möglichst große Anzahl von Fahrgästen sollte von den Vorteilen der Demonstrationslinien profitieren.
- Damit diese Vorteile auf den gesamten Linien deutlich spürbar werden, sollten die Linien auch außerhalb des Tunnels auf möglichst langen Strecken vom übrigen Verkehr unabhängige Fahrwege aufweisen.
- Wegen der technischen und betrieblichen Erprobung vor Inbetriebnahme der gesamten Demonstrationslinien muß eine schrittweise Einführung des neuen Systems – z.T. ohne Unterbrechung des laufenden Betriebes – möglich sein.

Letztendlich verfügt der öffentliche Personennahverkehr in Essen dann über ein äußerst vielseitiges und attraktives Bussystem, welches

- in der Fläche mit Diesel-Antrieb unter Benutzung der für den Individualverkehr vorhandenen Infrastruktur frei operieren kann,
- in Teilbereichen auf eigenem Fahrweg spurgeführt und unabhängig vom Individualverkehr betrieben wird,
- in bestimmten Zonen – dort, wo es betriebliche Gründe oder der Umweltschutz erfordern bzw. dort, wo es wirtschaftlich sinnvoll ist – als Obus eingesetzt werden kann,
- auf vorhandenen Trassen – insbesondere im Kernstadtbereich – gemeinsam mit Schienenfahrzeugen verkehren kann,
- bei der Einstellung unrentabler Schienenstrecken teilweise die vorhandenen, kreuzungsfreien Trassen dem öffentlichen Personennahverkehr weiterhin nutzbringend erhalten kann und
- durch die Verknüpfung mit dem Stadtbahnsystem in gemeinsamen Tunnelstationen kurze Umsteigewege ermöglicht.

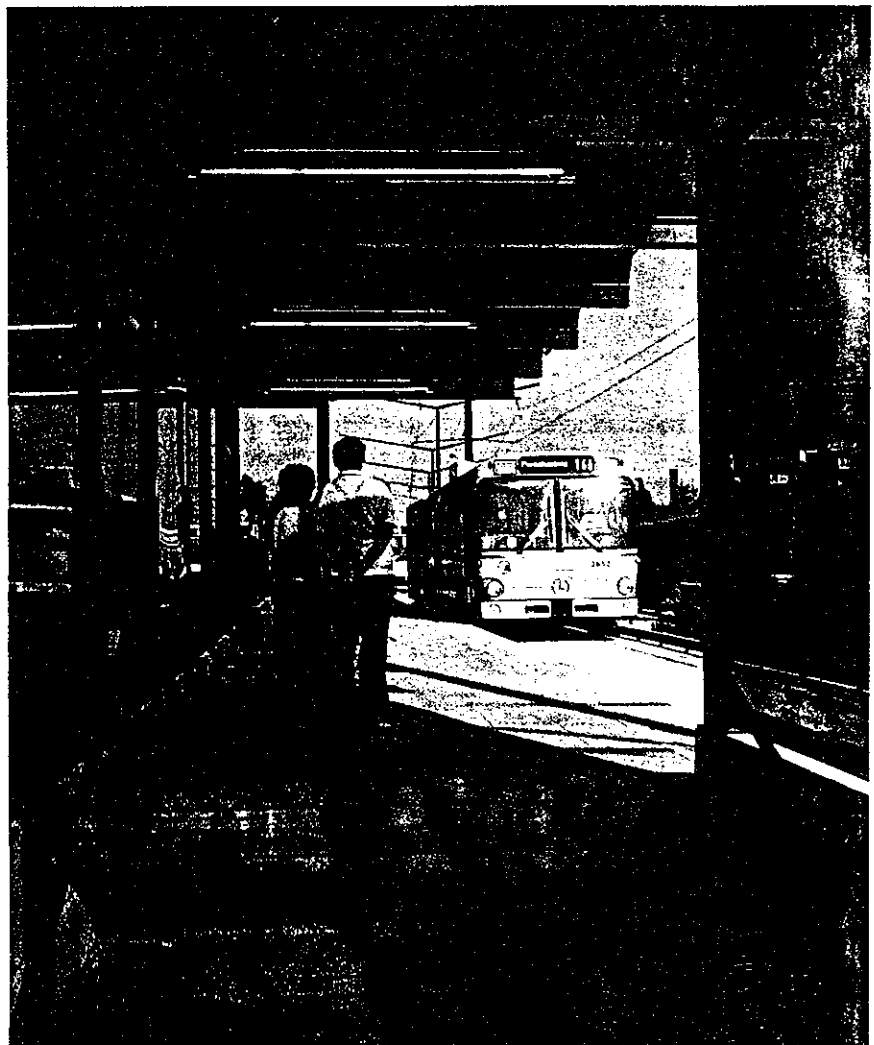
Damit ergänzt der Spurbus in idealer Weise die Stadtbahn, welche aufgrund ihrer hohen Leistungsfähigkeit zur Abwicklung der starken Verkehrsströme vorgesehen ist.

- The route had to cross the city center, whereby the route on the surface was not to differ very much from the course taken by the tunnels to be used in shared operation in the future.
- As many passengers as possible were to enjoy the advantages of the demonstration route.
- In order to ensure that these advantages could be felt along the course of the entire route, as much as possible of the line outside the tunnel area was also to run along guideways independent of the remaining traffic.
- Due to the technical and operational testing before the whole demonstration line could be taken into operation, it had to be possible to introduce the system step-by-step without disrupting normal services.

Ultimately, the public transit authorities in Essen will have an extremely adap-

table and attractive bus system at their disposal, which

- will be able to operate freely with diesel drive in outlying regions, using the existing infrastructure for private transport,
- in certain areas, will be able to operate on its own guideway independent of private transport,
- in certain zones, where it is operationally advantageous or environmentally desirable or in areas where it is more economical, can be deployed as a trolley bus,
- will be able to share existing guideways with rail vehicles, especially in the city center,
- where uneconomical rail networks are closed down, will be able to usefully utilize existing rights of way free of crossings and
- will shorten transfer distances by its combination with the light rail system in joint tunnel stations.



Phase 3: Spurbus Kray

Der Fahrweg

Fahrwegbalken und Leitborde

Die Spurbusttechnik stellt keine besonderen Anforderungen an die Fahrbahn. Jeder herkömmliche Fahrbahnaufbau ist dafür geeignet, wenn er entsprechend verschleißfest ist und mit den erforderlichen Leitborden versehen werden kann. Jedoch wurden im Hinblick auf Fahrdynamik und Fahrkomfort, der demjenigen von Schienenfahrzeugen vergleichbar ist, sowie auf kurze Montagezeiten und geringe Wartungsaufwendungen spezielle standardisierte Fahrwege aus Fahrwegbalken und Leitborden entwickelt.

Die Busfahrbahn wird an beiden Seiten durch solche senkrechten Leitborde begrenzt. Sie führen die Busse automatisch in der Spur.

Tastrollen, die vor den lenkbaren Vorderrädern befestigt sind, laufen an diesen Leitborden entlang und halten den Bus in der Sollspur.

Dadurch laufen die Räder der Busse immer exakt einen vorgegebenen Weg.

Guideway beams and guide rails

Guided bus technology does not pose any particular demands on the quality of the road surface. All existing roads are suitable, provided that they are

The guideway

wear resistant and can be furnished with guide rails.

However, special modular guideway systems comprising guideway beams and guide rails have been developed in view of vehicle dynamics and to achieve a riding comfort comparable to that of rail systems together with short erection periods and low maintenance requirements.

The bus lanes are hemmed in on both sides by such vertical guide rails. They guide the bus automatically along the lane. Guide rollers positioned in front of the steerable front wheels run along these guide rails, holding the bus on the planned track.

In this way the wheels of the bus always travel along a pre-determined track.



Aus diesem Grunde ist für den Spurbus auch keine durchgehende Fahrbahnfläche erforderlich. Es genügen zwei Fahrstreifen, wodurch der Bau der Spurbusfahrwege besonders kostengünstig wird.

Die Fahrstreifen sind entsprechend den auftretenden Belastungen ausgelegt. Das ist deshalb wichtig, weil die exakt geführten Spurbusse die Fahrstreifen immer an den gleichen Stellen belasten.

Die seitlichen Leitborde müssen die im Betrieb auftretende maximale Querkraft von 15 kN abtragen können.

Damit die Tastrollen stets voll gegen die Leitborde abrollen, haben diese eine Höhe von 18 cm über den Fahrstreifen. Aus den Reifenabmessungen ergibt sich bei Zwillingsbereifung eine Fahrbahnbreite von ca. 70 cm. Bei einer Fahrzeugbreite von 2,50 m sowie je 5 cm für die an beiden Seiten herausragenden Tastrollen bleibt ein ca. 1,20 m breiter Freiraum zwischen den Fahrbahnen. Die Entwässerung ist durch Querneigung der Fahrstreifen sichergestellt.

Durch die exakte Spurführung wird das Lichtraumprofil der Busse erheblich verringert. Sicherheitsräume für Lenk-ausschläge wie bei handgesteuerten Bussen sind nicht erforderlich.

Die Spurführung eröffnet deshalb für den Einsatz von Bussen ganz neue Möglichkeiten:

- Spurgeführte Busse können gemeinsam mit Straßenbahnen auf gleicher Trasse verkehren. Zusätzlich zu den Schienen muß lediglich ein Spurbusfahrweg verlegt werden.
- Der Bau von Sonderfahrwegen für Busse wird wegen des geringeren Breitenbedarfs erleichtert.



Fahrweg aufgeständert
Elevated track

- Bustunnel und aufgeständerte Fahrwege lassen sich durch die geringere Breite kostengünstiger bauen.

For this reason, the guided bus does not require an uninterrupted road surface. It is sufficient if there are two parallel lanes which reduces the construction costs of the guideways.

The lanes are designed for the actual load forces to which they will be subjected. This is extremely important because the precisely guided buses will always exert load forces on the same parts of the lanes.

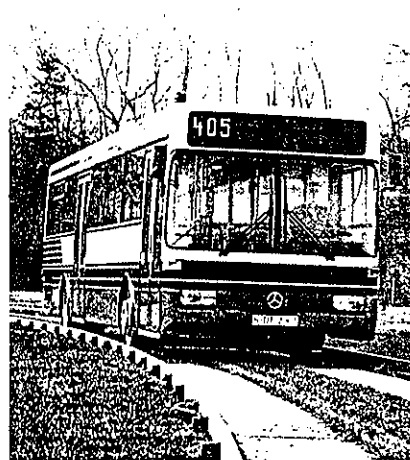
The lateral guide rails must be designed to withstand the maximum operational lateral pressure of 15 kN.

In order to ensure that the guide rollers always maintain full contact with the guide rails, they are positioned at a height of 18 cm above the lane surface. Based on tyre measurements, the guideway beam requires a width of approx. 70 cm for a twin wheel configuration. With a vehicle width of 2.50 m and 5 cm for the roller arm projection on either side, a space of approx. 1.20 m is left over between the guideway beams. Drainage is ensured by lateral gradient of the lanes.

Exact guidance means that the vehicle clearance profile can be considerably reduced. Safety margins for steering are not necessary as in the case of a manually steered bus.

This means that track guidance opens up a whole series of new possibilities for the deployment of buses:

- Guided buses can share a communal track with LRT. In addition to the



Fahrweg ebenerdig
Surface level track

tram rails, only the bus lanes then have to be laid.

- *The construction of special bus lanes will be greatly simplified due to the reduced width requirement.*
- *Bus tunnels and elevated bus lanes are much cheaper to construct due to the reduced width requirement.*



Fahrweg im Tunnel
Tunnel track

Die Gründungsart für die Spurbusstrecke richtet sich nach dem vorhandenen Untergrund. Bei schlechten Bodenverhältnissen können Pfahlgründungen nötig werden. Die Fahrbahn­balken liegen dabei über Querschwellen auf den Pfahlkörpern auf.

Bei besseren Bodenverhältnissen sind kostengünstigere Gründungsarten möglich. Die Fahrbahn­balken können auf einer bewehrten Betonplatte montiert werden (Flächengründung) oder direkt auf einer Tragschicht aufliegen (Streifenfundament).

Fahrbahn­balken auf Straßenbahn­gleiskörpern werden auf den Bahnschwellen aufgeschraubt. Die Lasten werden in den Schotteroberbau abgetragen. Durch die Befestigung auf den Schwellen wird eine der Bedingungen für den Spurbusbetrieb erfüllt: Die Fahrbahn­balken können sich nicht verschieben.

Für die Einfädelung der fahrenden Busse in einen spurgeführten Streckenabschnitt wird der Spurkanal auf einer Länge von ca. 11 m von 2,60 m auf 3,20 m trichterförmig aufgeweitet. Das in Fahrtrichtung linke Leitbord wird dabei vorgezogen, und der Fahrer lenkt sein Fahrzeug beim Einfädeln gegen dieses Bord. Auch auf Spurbusstrecken müssen Überquerungsmöglichkeiten für Fußgänger vorgesehen werden können. In diesen Bereichen werden die Spurführungskanten unterbrochen.

Bei einer Unterbrechung von weniger als 6 m fährt der Bus von selbst ohne Richtungsänderung im Spurkanal weiter. Am Ende ist nur eine verkürzte Aufweitung des Spurkanals notwendig. Bei längeren Unterbrechungen wird eine Einfädelung wie bei einer Einfahrstelle eingerichtet.

In Essen verläuft der Spurbusfahrweg auf vorhandenen Verkehrswegen: auf oder neben Straßen, auf Straßenbahn­gleisen und in Straßenbahntunneln. Die Trassierungselemente, die von den Fahrbahn­balken und den Spurführungskanten einzuhalten sind, sind damit vorgegeben.

The kind of road foundation required for the guideway will depend on the existing local conditions. If soil conditions are poor, bored concrete piles will be necessary. The guideway beams are then placed along sleepers mounted on the bored piles.

The better the soil conditions, the cheaper the types of foundation possible. The guideway beams can be laid on reinforced concrete slabs (continuous foundation) or direct on a bounded foundation (strip foundation).

Guideway beams on tram tracks are bolted onto the sleepers. The load is then carried by the ballast superstructure.

By fixing the beams onto the sleepers, one of the conditions for guided bus operation is fulfilled: The beams cannot move.

To assist the entry of moving buses into the track guided route section, the trough is widened into a tunnel from 2.60 m to 3.20 m over a length of around 11 m. The left-hand guide rail is extended forward of the right-hand rail and the driver steers his vehicle at this rail when entering the trough. The guided bus tracks must be able to be furnished with crossing possibilities for pedestrians and other vehicles. At these points there is a break in the continuity of the guide rails.

If the break in the guide rails is less than 6 m, the bus will continue alone, without any change of direction, into the trough again. At the end it is only necessary to widen the guide trough for a short distance. If there is a break of more than 6 m, the re-entry point into the trough is furnished with an entry tunnel as at the beginning of the route section.

In Essen, the guided bus track is positioned along existing transit routes: on or alongside public roads, on tram tracks and in tram tunnels. The alignment elements which must be met by the guideway beams and the edges of the guideway are, therefore, fixed.



Einfahrtsbereich Fulerumer Straße / Entry section Fulerumer Strasse

Da auch der Einsatz von Duo-Bussen möglich sein soll, muß der Fahrweg Achslasten von 120 kN aufnehmen können. Der kleinste Kurvenradius beträgt in Essen 60 m.

Ein wesentlicher Teil der Spurbusstrecke liegt auf Straßenbahngleisen und wird im Mischbetrieb von Straßenbahnen und Bussen befahren. Hier muß der Busfahrweg für Reparaturarbeiten an den Gleisen auch unter Straßenbahnbetrieb auf- und abmontierbar sein. Daher kommen hier nur Fertigteile in Betracht.

Insgesamt wurden 14 verschiedene Formen von Fahrweg- und Spurführungselementen auf ihre Eignung untersucht, wobei Stahl-, Beton- und Holzkonstruktionen geprüft wurden. Für die Erprobungstrecken wurden bei reinen Spurbusstrecken Betonfertigteilelemente ausgewählt, für den Straßenbahn/Spurbus-Mischfahrweg Beton/Stahl- und Holzkonstruktionen.

As it is intended to make the deployment of Duo-buses possible as well, the guideway must be designed to take axle loads of 120 kN. The smallest radius of curve in Essen is 60 m.

A considerable proportion of the guided bus track is along existing tram tracks and will be used jointly by trams and buses. It must be possible to dismantle and replace the bus tracks for repair and maintenance work on the tracks, also while the tram is in operation. For this reason, only prefabricated elements can be considered.

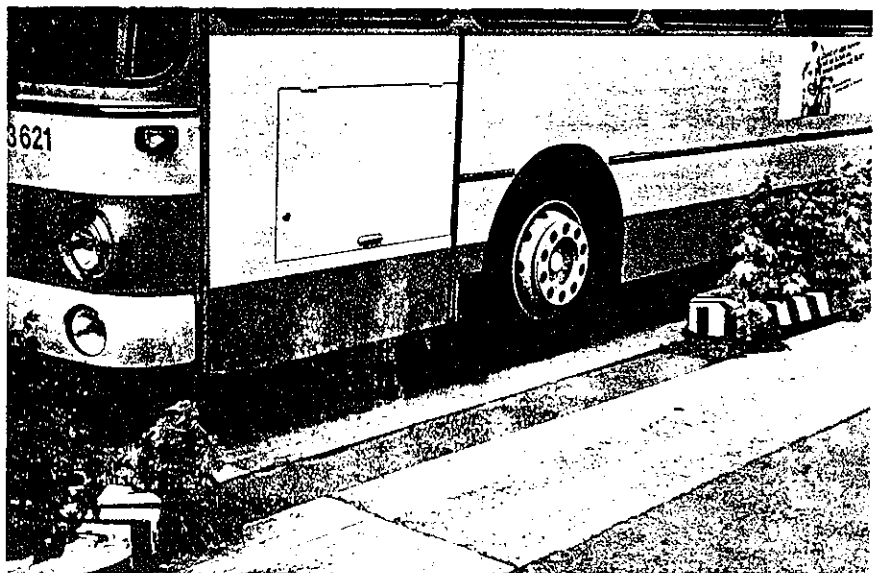
All in all, 14 different designs of track and guideway elements were investigated for their suitability, made of steel, concrete and wood. For tracks used solely by the guided bus, it was decided to use prefabricated concrete elements for the test track, while for the joint use of tram and guided bus, concrete/steel and wooden elements were chosen.



Spurbus beim Durchfahren eines Fußgängerüberweges
Guided bus, crossing the pedestrian section



Spurbus an der Haltestelle / Guided bus at bus stop



Unterbrechung der Leitkanten am Fußgängerüberweg
Disrupted guide rail at the pedestrian section

Spurbus-Fahrweg Fulerumer Straße

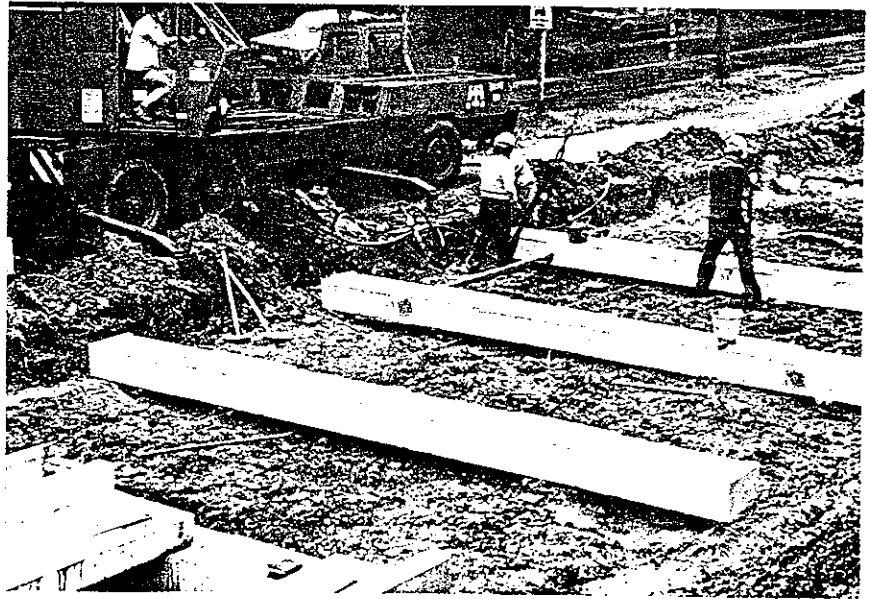
Die 1,3 km lange Strecke in der Fulerumer Straße wird ausschließlich von Spurbussen benutzt. Der Abschnitt liegt in einer ehemaligen Straßenbahntrasse. Nach Ausbau der Gleise wurde für jede Fahrtrichtung ein Spurbusfahrweg verlegt. Dieser besteht aus Betonfertigteilen, die von der Fa. Ed. Züblin AG eigens für diesen Zweck entwickelt wurden.

Die Trassierung verläuft in geraden oder gebogenen Abschnitten. Die Kurven haben einen Krümmungsradius von 400 m, es tritt eine max. Längsneigung von 6 % auf. Die vier Fahrstreifen beider Fahrspuren liegen auf einer gemeinsamen Schwelle, die sowohl die exakte lichte Weite der Spur von 2,60 m gewährleistet als auch den konstanten Abstand zwischen den zwei Fahrspuren.

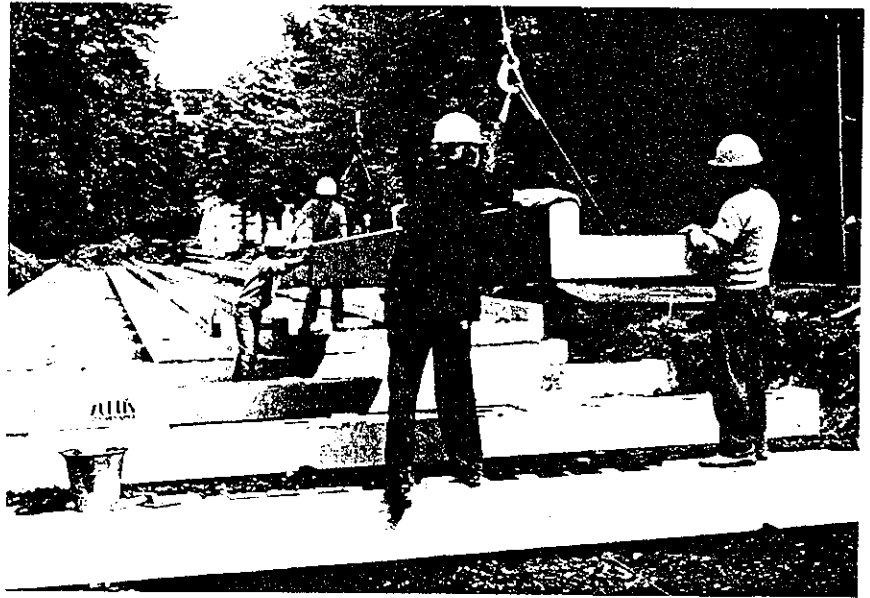
Guided track in Fulerumer Strasse

The 1.3 km long track in Fulerumer Strasse is only used by guided buses. The route section lies along an old tram track. After removing the lines, a bus guideway was laid in each direction. It consists of prefabricated concrete elements which were developed especially for this purpose by Messrs. Ed. Zueblin AG.

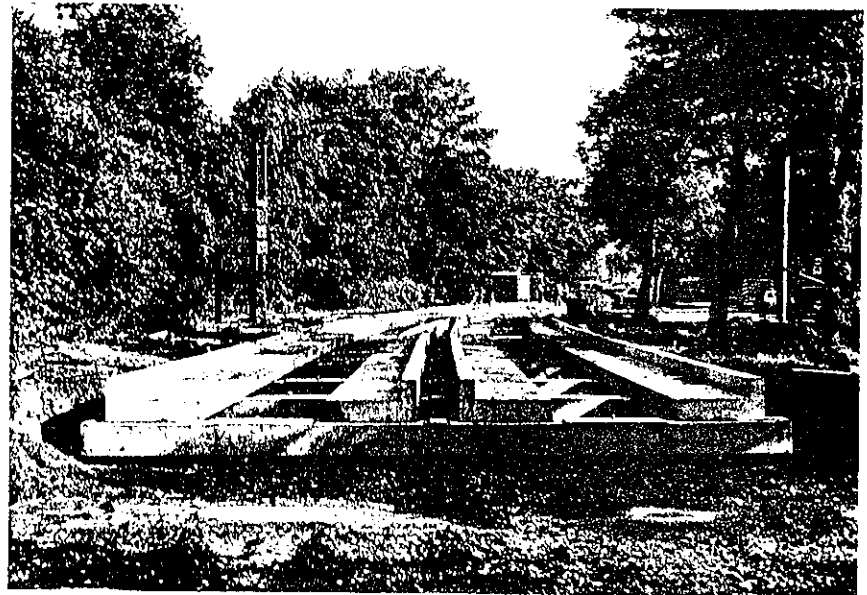
The guideway runs in both straight and curved sections. The curves have a radius of 400 m and there is a max. gradient on the track of 6%. The four road strips, for both directions, rest jointly on prefabricated sleepers which guarantee both the exact track profile of 2.60 m and a constant distance between the two tracks.



Montage Querträger / Mounting of sleepers



Montage Fahrbahnbalcken / Mounting of guideway elements



Fertiger Fahrbahnabschnitt / Completed track section

Die Fahrstreifen bestehen aus einzelnen Elementen von 10 m Länge. In der Kurve sind die Elemente entsprechend gekrümmt. Sie werden alle 3,33 m von den Schwellen unterstützt. Die Befestigung erfolgte mittels Spannklemmen, wie sie auch bei der Befestigung von Schienen üblich sind. Die Fuge zwischen den Fahrwegstücken wird von der Aufstandsfläche des Rades völlig überbrückt, so daß keinerlei Beeinträchtigung im Fahrkomfort entsteht. Die Schwellen wiederum liegen auf je zwei Beton-Bohrpfählen auf, die als Fundament dienen.

Als Führungskanten der Einfahr-Trichter wurden Stahl-Hohlkastenprofile an den Fahrstreifen befestigt.

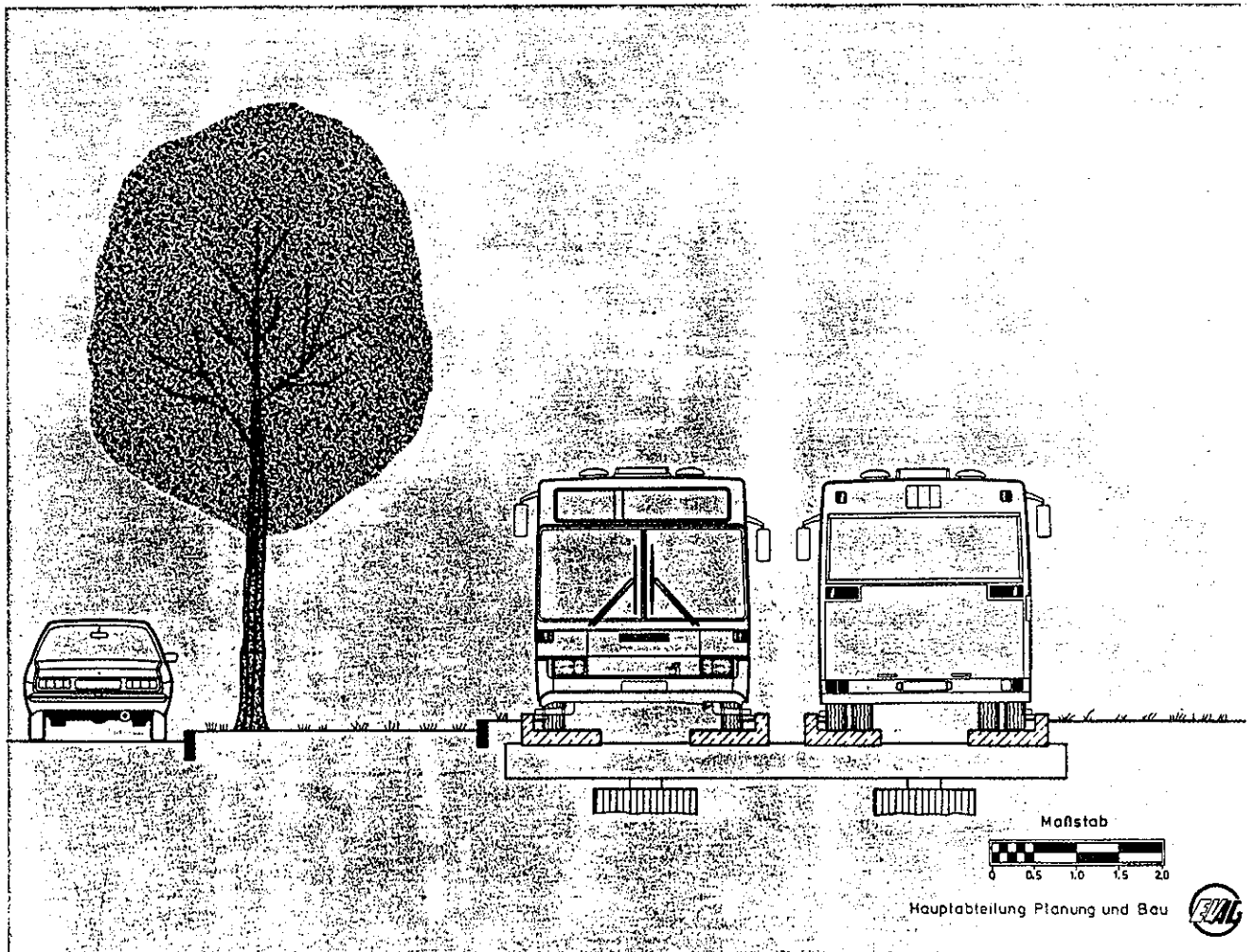
Die Bauzeit betrug einschließlich der Vermessungs-, Erd- und aller Nebenarbeiten nur ca. 4 Monate. Die industrielle

Herstellung der Fahrwegfertigteile, die Vormontage auf der Baustelle mittels eines Autokrans und die Justierung der Elemente vor Ort ermöglichten diese kurze Bauzeit.

The road strips consist of separate elements 10 m in length. These are bent accordingly in the curve sections. They are supported every 3.33 m by sleepers. They are fixed onto the sleepers by means of fishplates and clamps as standardly used for fixing rails. The gap between the guideway sections is completely spanned by the tyre contact area of the wheels so that there is no negative effect on passenger comfort. The sleepers are each mounted on two concrete bore piles which act as the foundation.

As guide edges of the entry funnel steel box-girders were fixed to the road strips.

Construction time, including survey work, excavation and finishing work lasted only about 4 months. Production of the prefabricated guideway sections, pre-mounting at the construction site using a mobile crane and final adjustment of the elements on location made it possible to achieve this short construction time.



Querschnitt Fulerumer Straße / Cross section Fulerumer Strasse

Bus-/Bahn-Mischfahrweg Wittenbergstraße

Die Spurbusstrecke Wittenbergstraße wird in Form eines Mischfahrweges gemeinsam von Straßenbahnen und Spurbussen benutzt. Auf diesem Streckenabschnitt werden alle in einem späteren Tunnelbetrieb auftretenden Verhältnisse erprobt. Die geometrischen Abmessungen der Gleis- und Fahrweganlagen entsprechen daher denen der Tunnelstrecken.

Heute werden die für den Spurbusbetrieb in Frage kommenden Tunnelstrecken von Straßenbahnen mit Meterspur befahren. Später sollen sie auf einen Stadtbahnbetrieb mit Normalspur umgestellt werden können.

Daher werden die Meterspurschienen so verlegt, daß für den Normalspurbetrieb nur die in Fahrtrichtung linke Schiene versetzt werden muß. Die 2,50 m langen Querschwellen ragen deshalb asymmetrisch über die Schienen hinaus.

Auf der rechten Fahrwegseite dient der Schienenkopf zusammen mit dem Fahrwegbalken als Lauffläche für den inneren Zwillingsreifen der Busse. Auf dem insgesamt 900 m langen Spurbusabschnitt in der Wittenbergstraße wurden drei verschiedene Fahrwegsysteme installiert, die sich in der Mate-

rialauswahl und der Montageart unterscheiden. Der kleinste Radius der Strecke beträgt 250 m, die max. Längsneigung 6%.

Für den hier vorliegenden Anwendungsfall erfüllen die Fahrwegsysteme Züblin und Richtberg die technischen Anforderungen.

Bus/Tram joint guideway in Wittenbergstrasse

The stretch of guideway along Wittenbergstrasse is used for the joint operation of trams and guided buses. All conditions which may arise from later tunnel operations are to be tested on this route section. The rails and guideway are, therefore, geometrically dimensioned according to the tunnel measurements.

At the present time, all the stretches of tunnel which may be used for guided bus operation are being used by trams with metre gauge. This should be changed over, at a later date, to light rail rapid transit with normal gauge track.

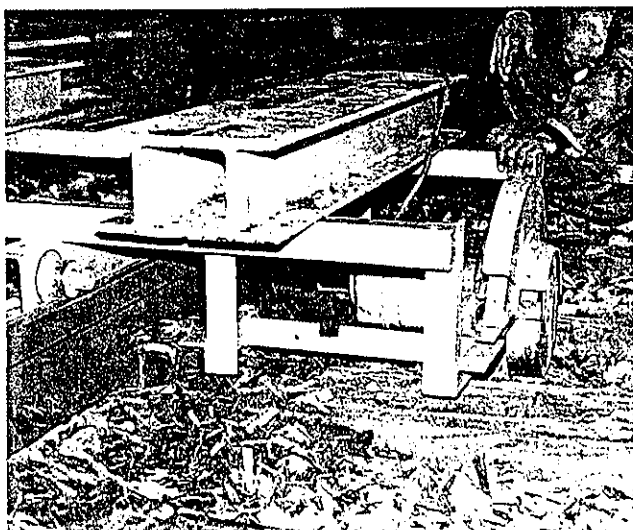
In this case, the metre gauge track will be relocated so that, for standard gauge operation, only the left hand rail in the direction of travel will have to be

moved. The 2.50 m-long lateral sleepers project assymetrically beyond the rails.

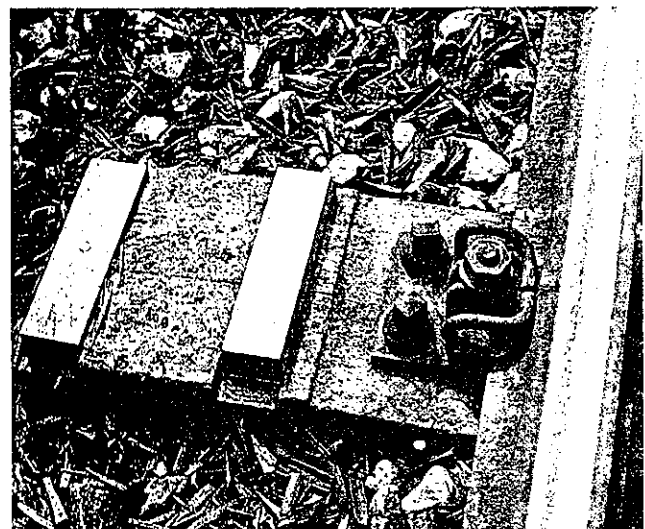
On the right hand side of the guideway, the rail head together with the guideway beam serves as the running surface for the inside tyre of the twin wheel unit.

Three different guideway systems were installed along the 900 m long guided bus route in Wittenbergstrasse, each one varying in choice of materials and method of installation. The smallest radius of curve on the route amounts to 250 m and the max. longitudinal gradient is 6%.

For the application in question, the guideway systems designed by Zueblin and Richtberg fulfill the technical requirements.



Nuten fräsen (System Züblin)
Grove cutting (Zueblin system)



Hartholz-Zwischenlager (System Züblin)
Hard wood tongues (Zueblin system)

- System Züblin -

Bei dem von der Fa. Ed. Züblin AG gelieferten System bestehen die Fahrbahn­balken aus Betonfertigteilen, die jeweils 5,20 m lang sind. Sie werden auf jeder zweiten Querschwellen des Gleisrostes festgeschraubt.

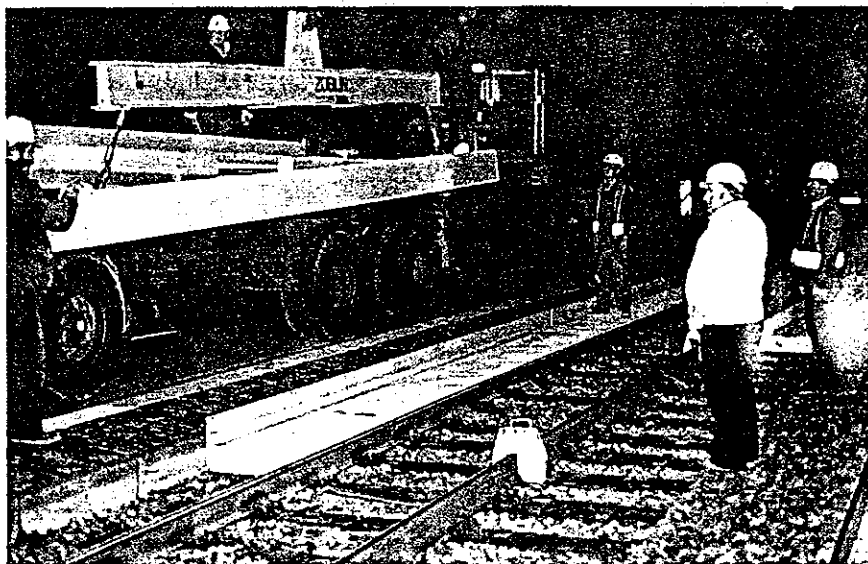
Für den Anwendungsfall Essen wurden zwei Versionen des Leitbordes realisiert:

Linksseitig ist das Beton-Leitbord mit dem Betonfahr­bahn­balken integriert; rechtsseitig besteht das Leitbord aus einem Stahlwinkel, der mit der Stahlarmierung des Betonfahr­bahn­balkens verbunden ist.

Zur Montage des Fahr­bahn­balkens wird eine Nutenfräsmaschine auf einem Laufgestell über die Schienen­strecke geführt. Sie benutzt die Schienenoberkante als Hö­hens­schablone und fräst in die seitlich überstehenden Schwellenoberflächen auf jeder Seite zwei Nuten maßgenau ein. In diese Nuten werden Hartholzwischenlager eingepaßt, auf die die Fahr­bahn­balken abgesetzt werden. Die Befestigung der Fahr­bahn­balken an den Schwellen erfolgt durch handelsübliche vorgespannte Schwellenschrauben.

Die horizontalen Längskräfte werden über die Federringe der Schwellenschrauben und über die Reibung an den Holz­wischen­lagern in die Schwellen abgeleitet.

Die horizontalen Querkräfte werden von den Hartholzwischen­stücken in den Gleisrost abgetragen.



Montage Fahr­bahn­balken (System Züblin)
Mounting of guideway beams (Zueblin system)

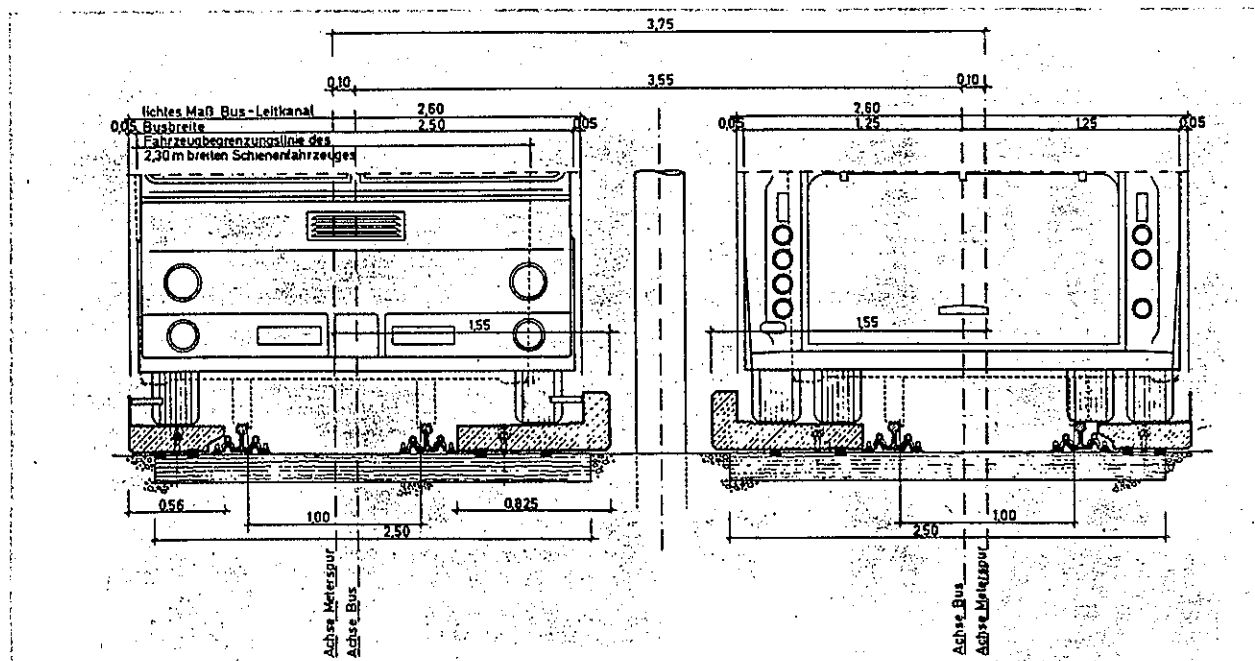
- The Zueblin System -

The system designed by Messrs. Ed. Zueblin AG consists of guideway sections made of prefabricated concrete with a length of 5.20 m. These are bolted onto every second sleeper along the track. For application in Essen two kinds of guide rails have been realized: on the left side, the concrete rail is fitted in together with the concrete guideway beam; on the right side, the rail consists of a steel girder which is bonded to the steel reinforcement of the guideway beam.

In order to install the guideway beams, a groove cutter is led along the rail track

on a moving carriage. Using the upper surface of the rail as a measure of height, it cuts two precise grooves in the surface of the sleepers where they project out on either side. Hard wood tongues are slotted into the grooves on top of which the guideway beams are placed. The guideway beams are then fixed onto the sleepers with commercially available sleeper screws.

The horizontal longitudinal forces are transmitted to the sleepers via the suspension rings of the sleeper screws and the friction along the wooden tongues. The horizontal lateral forces are transmitted by the hardwood tongues into the rail track.



Querschnitt Bahn-/Bus-Mischfahrweg / Cross section of tram/bus joint guideway

- System Richtberg -

Der Spurbusfahrweg der Fa. Karl Richtberg GmbH & Co KG unterscheidet sich von den beiden anderen Varianten durch die weitgehende Verwendung von Holz als Konstruktionsmaterial.

Der Fahrweg besteht aus einer Holz-Stahl-Verbundkonstruktion. Die Fahrbahnfläche wird von Holzbalken (Angelique-Hartholz und imprägnierte Eiche) gebildet, die Spurführungsschenkel sind aus Stahlprofilen angefertigt.

Der Spurbusfahrweg wird in vormontierten Elementen, die jedem Kurvenradius angepaßt werden können, von ca. 5,85 m Länge angeliefert.

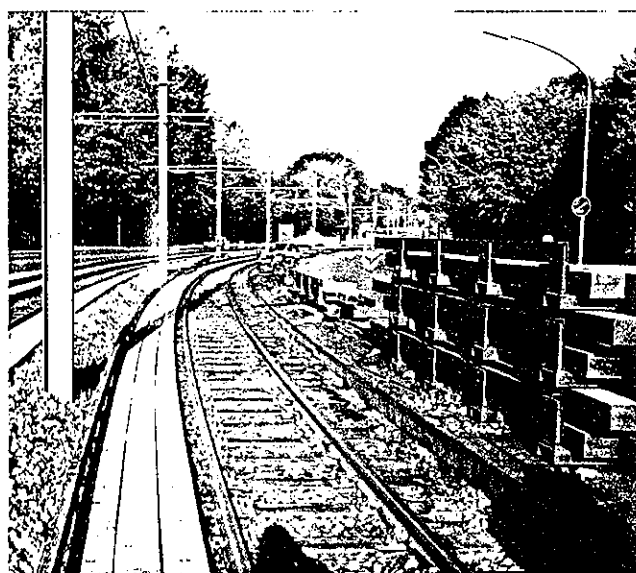
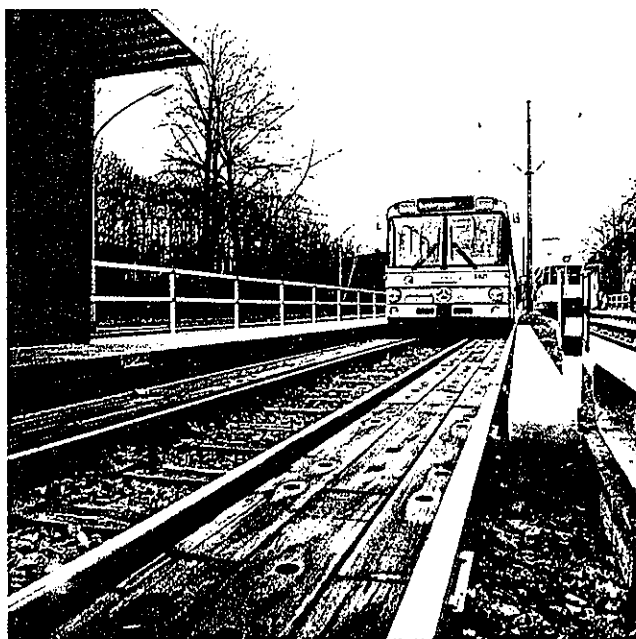
- The Richtberg System -

The guideway construction proposed by Messrs. Karl Richtberg GmbH & Co

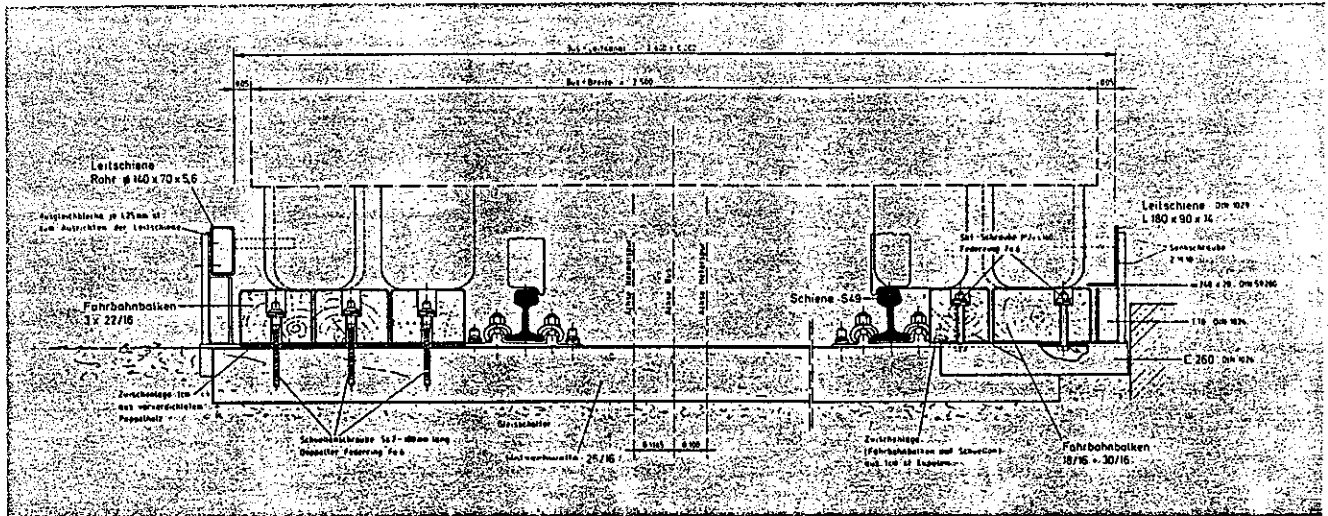
KG differs from the other two varieties due to the considerable use of wood in the design.

The guideway takes the form of a wood and steel compound construction. The guideway surface is made up of wooden beams (Angelique hardwood and impregnated oak). The sides of the guideway are made of steel girders.

The guideway is delivered in the form of prefabricated elements with a length of approx. 5.85 m. They can be adapted to any radius of curve.



Bus-/Bahn-Mischfahrweg (System Richtberg)
Bus/tram joint guideway (Richtberg system)



Querschnitt Bahn-/Spurbus-Mischfahrweg (System Richtberg)
Cross section tram/bus joint guideway (Richtberg system)

Die Längsschwellen sind 2,60 m lang und um 0,65 m gegeneinander versetzt. Jede Längsschwelle wird durch zwei Schwellenschrauben mit doppeltem Federring mit den Querschwellenden verbunden.

Zwischen jeder zweiten Schwelle befinden sich angeschraubte U-förmige Stahlprofile. Sie dienen zum einen dem Querverbund zwischen den Längsbalken und zum anderen zur Befestigung der Spurführungskanten. An den angeschweißten Stahlblechprofilen der Querkonsolen befinden sich die angeschraubten Leitborde. Die Befestigung der Leitborde ermöglicht eine sehr genaue und einfache Einstellung derselben während und nach der Montage.

Die Querschwellenköpfe werden im Auflagerbereich der Längsbalken plangehobelt. Zwischen den Quer- und Längsbalken wird eine etwa 1 cm starke Zwischenschicht aufgelegt.

Die Ableitung der horizontalen Querkraft erfolgt über die Schwellenschrauben in den Gleisrahmen. Die Längskräfte werden zum Teil ebenfalls über die Schwellenschrauben und die Reibung zwischen den Holzteilen in die Querschwellen abgeleitet. Ein anderer Teil wird über die untergeschraubten U-Profile direkt in das Schotterbett eingeleitet.

Zur Erhöhung des Haftreibungswertes auf den Fahrbahnbohlen wurde eine Sandschicht aufgeklebt. Sie hat sich im Fahrbetrieb bewährt und bleibt

auch langfristig auf den Schwellen haften.

Die Fahrwegkonstruktion aus Holzbalken bietet einen hohen Fahrkomfort. Die Fahrgäste bemerken das Überfahren der Fugen wegen der versetzten Anordnung der Längsschwellen nicht.

The longitudinal beams are 2.60 m long and laid alongside each other off-set by 0.65 m. Each longitudinal beam is fixed to the lateral sleepers by means of two sleeper screws furnished with double suspension rings.

Between every second sleeper u-formed steel girders are screwed on. On the one hand they serve to provide a lateral connection between the longitudinal beams and on the other hand they fasten the guide rails. The screwed guiding borders are fitted together with the welded sheet steel elements of the lateral brackets. The setting of the guiding borders makes it possible to adjust them in a very precisely and simple way during installation.

The lateral sleeper heads are planed smooth at the point where the longitudinal beams are laid. A 1 cm-thick layer of wood is laid between the lateral and longitudinal beams.

Absorption of the horizontal lateral forces in the rail frame is effected via the sleeper screws. Longitudinal forces are partially conducted into the lateral sleepers

via the sleeper screws and the friction between the wooden parts. The remaining longitudinal forces are conducted direct into the crushed rock bed via the U-forces girders screwed underneath.

In order to increase the coefficient of adhesion on the guideway beams, a layer of sand was stuck on the surface. This has proved very effective in operation and remains fixed to the beams for long periods.

Construction of the guideway using wood provides a high degree of passenger comfort. Passengers do not even notice the vehicle driving over the joints due to the off-set design.

- System Krupp -

Das Fahrwegsystem der Fa. Krupp Handel GmbH besteht aus einer Beton-Stahl-Verbundkonstruktion.

Das System beruht auf der Grundidee, die Fahrbahn balkene möglichst spannungsfrei im Hinblick auf dynamische Gleisrostbewegungen zu verlegen.

Dazu wurde ein elastisches Auflager zwischen den Fahrbahn balken und den Schwellen entwickelt.

Die einzelnen Fahrbahn balken sind 3,85 m lang. Die Fahrbahn fläche besteht aus einer vorgefertigten Stahlbetonplatte. Den Spurführungsschenkel bilden 20 mm starke Flachstahlbänder, die an den Außenkanten der Fahrbahn balken verschraubt sind.

Die Auflagerung der Fahrwegelemente auf den Querschwellen erfolgt über eine Vergußschicht.

Bei dem verwendeten System „S“ werden die Fahrbahn balken alle 2 m an

den Schienenstrang angeschraubt. Die Befestigung erfolgt über Kontermuttern am Schienensteg und an der Fahrbahnplatte.

- The Krupp System -

The guideway system of Messrs. Krupp Handel GmbH consists of a bonded concrete and steel design.

This system is based on the idea that the guideway beam should, if possible, be laid unbraced because of the dynamic movement of the pile-work.

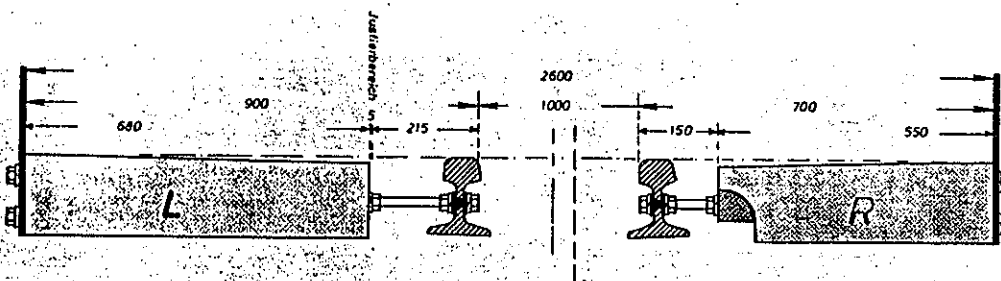
To achieve this, an elastic support has been developed to go between the guideway beam and the sleeper.

The individual guideway beams are 5.85 m in length. The surface of the guideway consists of prefabricated reinforced concrete plates. The sides of the guideway are formed of 20 mm thick

flat steel strips screwed onto the outside edge of the guideway beam.

The guideway elements are supported on the sleepers by means of an elastic grouting.

With System "S", which is in use the guideway beams are bolted, approx. every 2 m, directly onto the rail stem. The bolts are fixed with lock nuts at the rail stem and on the guideway plate.



Querschnitt Fahrwegelement (System Krupp)
Cross section guideway element (Krupp system)

Weichen

Wie bereits erwähnt, sollen die Spurbusse einen ganz besonderen Vorteil bieten: das Befahren vorhandener Stadtbahn- und Straßenbahn-Tunnel.

Für diesen geplanten Mischbetrieb in Essen müssen Möglichkeiten geschaffen werden, um auch Verzweigungen befahren zu können.

Die dazu erforderlichen Weichensysteme müssen besonderen Anforderungen genügen:

- Kombinationsmöglichkeit mit einer Schienenweiche;
- geringe Konstruktionshöhe unter Fahrbahn- bzw. Schienenoberkante;
- elastische Lagerung der Schienenweiche im Schotterbett.

Nach diesen Kriterien wurde folgender Weichentyp für die Teststrecke Wittenbergstraße ausgewählt.

Die kombinierte Straßenbahn-/Busweiche der Schmiedewerke Krupp-Klöckner GmbH Bochum basiert auf einer Kombination Vignolweiche/ Hubkantenweiche.

Die Spurführungskanten in fahrzeugprofilfreien Bereichen wurden entsprechend den Fahrwegachsen fest mit den Schwellen verbunden, während die profilkreuzenden Spurführungskanten versenkbar angeordnet sind.

Je nach Verzweigungsrichtung durchdringt die jeweils linke oder rechte

Spurführungskante die Fahrschiene der anderen Verzweigungsrichtung in auf Schienenoberkante abgesenktem Zustand. Im Kreuzungsbereich muß daher die Oberseite der Spurführungskante als schleifender Schnitt des Schienenprofils ausgebildet sein.

Der Umstellungsvorgang geschieht nun nach dem Hubkantenprinzip in vertikaler Richtung über einen Weg von 180 mm.

Switches

As already mentioned, guided buses are intended to offer a very special advantage: The use of existing underground, light rail and tram tunnels.

For the planned mixed operation in Essen, alternatives have to be found to enable vehicles to run on branch lines as well.

The necessary system of switches has to fulfill special requirements:

- possibilities for combination with a rail switch;
- low construction height under the guideway or surface of the rails;
- elastic bearing of the rail switch in the road metal bedding.

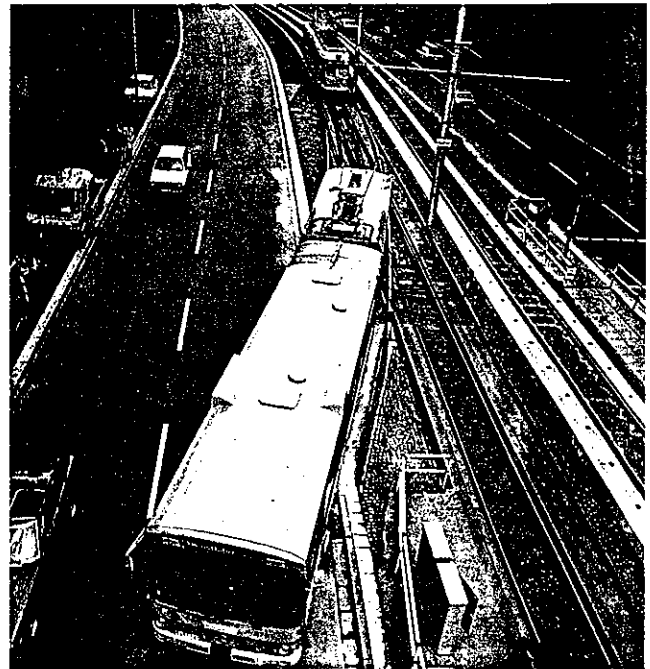
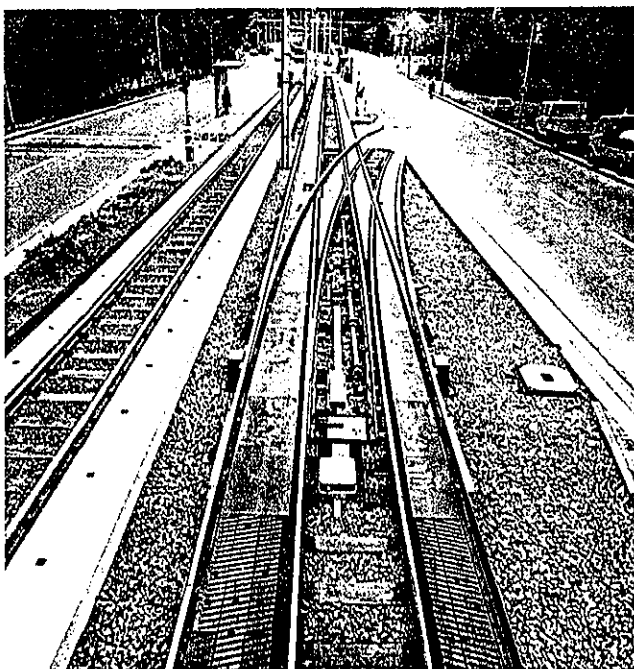
On the basis of these criteria, the following type of switch was chosen for the test route along Wittenbergstrasse.

The combined tramway/bus switch, produced by Messrs. Krupp-Klöckner, limited liability company, bases on a combination of vignol standard switch/ lifting edge switch.

The guide rail edges in sections free of vehicle profile were fixed to the sleepers along a line corresponding to the guideway axes, while the guide rail edges crossing the vehicle profile were installed so that they could be raised and lowered.

Depending on the direction of branching, the left hand or right hand guide rail edge penetrates the rails of the other branching direction at a level lowered to the surface of the rails. At the crossing, therefore, the surface of the guide rail edge must be designed as a looped cutout in the profile of the rail.

Switching is now effected on the lifting edge principle in a vertical direction of 180 mm.



Kombinierte Bahn-/Spurbusweiche (System Krupp) / Joint tram/guided bus switch (Krupp system)

Die Weichenabdeckung dient auch als Fahrbahn für die Omnibusse und besteht aus 20 mm dicken Riffelblechen. Diese Bleche sind auf einer Unterkonstruktion befestigt, die mit den Holzschwellen verschraubt ist.

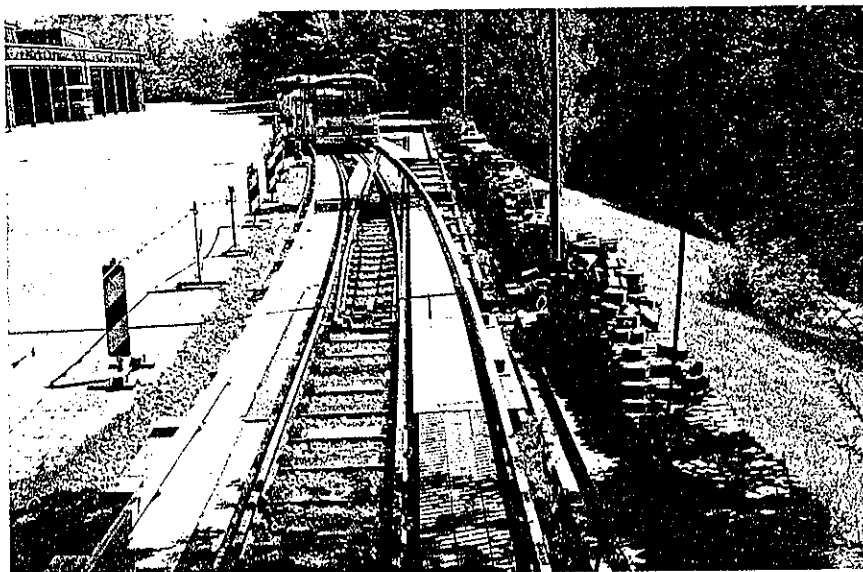
Die Hubkantenweiche ermöglicht ein Abzweigen des Spurbusses aus dem im Normalbetrieb in Geradeausfahrt geschlossenen Spurkanal.

Dieser Weichentyp ist für den Neubau einer kombinierten Strecke entwickelt worden. In der Anwendung auf einer bestehenden Schienenweiche weist er jedoch einen Nachteil dadurch auf, daß für einen Einbau in einer Spurbusweiche die bereits vorhandene Schienenweiche ersetzt werden muß.

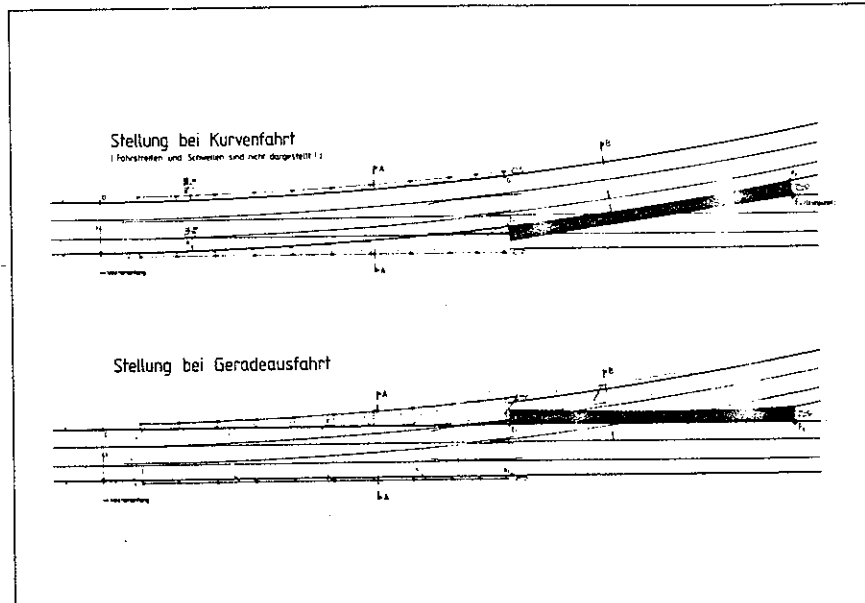
Die Fa. Ed. Züblin AG entwickelte daher parallel dazu den Prototyp einer Biege-Schwenkkantenweiche.

Die Biege-Schwenkkantenweiche bewegt sich über den Gleisen, ist also von der Gleisweiche sowohl in der Montage als auch im Betrieb unabhängig. Die Spurführungskanten im profilbegrenzenden Bereich sind in zwei gleich lange Teile aufgeteilt. Die am Weichenanfang liegenden werden elastisch gebogen, während die anderen schwenkbar sind und auf Rollen über die Fahrbahn laufen.

Das Herzstück der Weiche besteht aus einem liegenden Fachwerkträger, dessen Gurte die Leitborde darstellen. Der bei Geradeausfahrt als Leitbord dienende Gurt ist gerade, der bei einer Abzweigungsfahrt beanspruchte gekrümmt.



Biege-Schwenkkantenweiche (System Züblin)
Bending rail switch (Zueblin system)



Schema Biege-Schwenkkantenweiche (System Züblin)
Scheme of bending rail switch (Zueblin system)

Biegeleitkanten und Schwenkbalken bewegen sich gleichzeitig, bis sie in Weichenmitte zusammentreffen und mit Ausnahme eines maximal 15 mm breiten Spaltes eine durchgehende Leitkante bilden. Die Stellzeit beträgt ca. 3,5 Sekunden. Getestet wird dieser Weichentyp insbesondere für den Tunnelbetrieb.

The cover of the switch also serves as the roadway for the buses and consists of 20 mm-thick fluted steel sheets. These sheets are attached to a framework underneath which, in turn, is screwed onto the sleepers.

The lifting edge switch permits buses travelling straight ahead in the fixed guideway trough for normal operation to branch off.

This kind of switch has been developed for the new construction of a combined track. Nevertheless, in practice it shows a disadvantage, which is due to the fact, that for installation of a bus switch the already existing shunt must be replaced.

Messrs. Ed. Zueblin AG has, therefore, designed a further switch of the bending rail type.

The bending rail switch moves above the rails, which makes it independent of the rail switch both in operation and installation. The guideway beam edges in the profile limiting section are divided into two equal long parts. The parts at the front of the switch are bent elastically while the other parts run horizontally over the roadway on rollers.

The frog of the switch consists of a horizontal truss whose belts are formed by the guide rails. The belt which acts as guide rail during straight ahead operation is straight, and the one which comes into effect during branching is bent.

The bent edge and horizontally moving beam move at the same time until they meet in the centre of the switch and form a continuous guiding edge, with the exception of a gap of maximum 15 mm. Switching time is approx. 3.5 seconds. This type of switch is being tested particularly for use in tunnels.

Die Haltestellen

Haltestellen sind die Aushängeschilder eines Verkehrsunternehmens. Sie sind Ausgangs- und Endpunkt jeder Fahrt und tragen nicht unerheblich dazu bei, daß die Fahrgäste zufrieden oder auch unzufrieden sind.

Deshalb dürfen Haltestellen nicht ausschließlich nach betrieblichen Gesichtspunkten angelegt und ausgestattet werden. Sie müssen in gleichem Maße den Anforderungen der Fahrgäste nach Komfort, Sicherheit und Erreichbarkeit entsprechen.

Ältere oder behinderte Fahrgäste sowie Fahrgäste mit Kinderwagen haben oft erhebliche Schwierigkeiten beim Ein- und Aussteigen, besonders dann, wenn Stufen zu überwinden sind.

Dadurch entstehen Unfallgefahren, und es kann in Verkehrsspitzenzeiten zu ärgerlichen Verspätungen kommen.

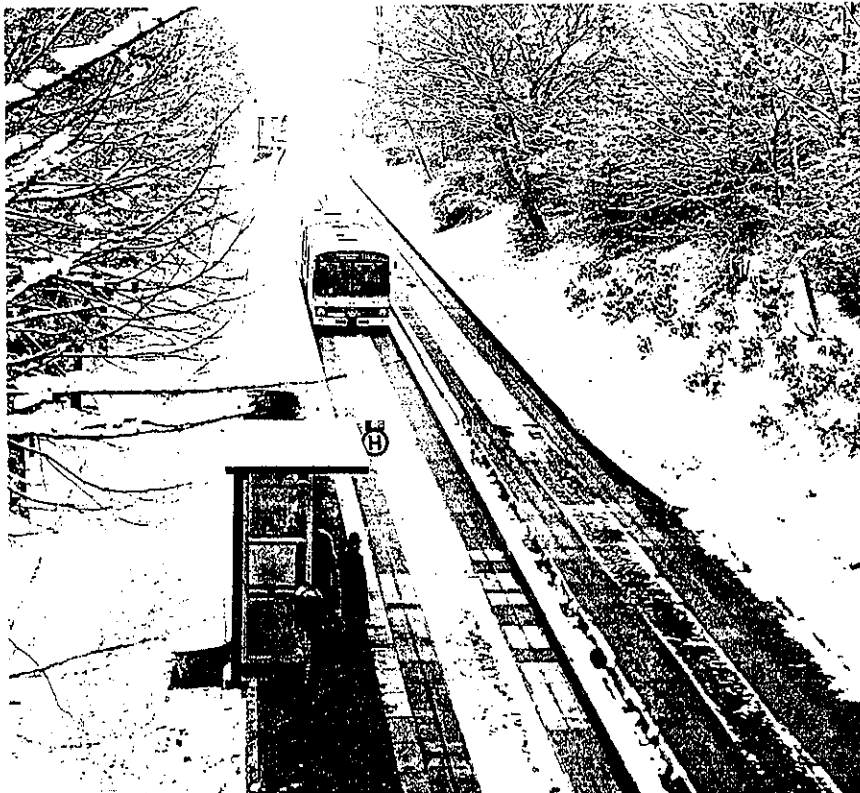
Diesen Schwachpunkt im Busverkehr können Haltestellen mit niveaugleichen Ein- und Ausstiegen beseitigen.



Einstiegsituation Bus
Boarding condition bus



Einstiegsituation Bahn
Boarding condition tram



Stops are the signboards of a transit company. They are the beginning and end of every trip and contribute considerably to the passengers' ultimate satisfaction or dissatisfaction.

For this reason, stops should not be designed and furnished only with operating conditions in mind. They must also meet passenger requirements regarding comfort, safety and be within easy reach. Old and handicapped passengers or passengers with prams often face considerable problems boarding and deboarding, especially when there are steps to be negotiated.

They increase the danger of accident and, in peak traffic times, can cause annoying delays.

The weaknesses in bus transportation can be overcome by furnishing stops with level boarding and deboarding facilities.

Die mit Hilfe der Spurführung genaues Fahren möglich ist, können auch Haltestellen mit erhöhten Fahrgastplattformen problemlos angefahren werden. Eine konstruktive Änderung der Fahrzeuge ist dafür nicht nötig.

Die Haltestellenplattformen liegen 30 cm über dem Fahrwegniveau und damit in Höhe der ersten Busstufe. Der Zugang vom Bürgersteig zur Haltestellenplattform erfolgt über Rampen mit einer Neigung von 4 %.

Die Benutzung wird damit vor allem für behinderte Fahrgäste und für das Mitführen von Kinderwagen wesentlich erleichtert.

Diese Ein- und Ausstiegserleichterung wurde von den Fahrgästen in Essen besonders positiv aufgenommen.

Für den gemeinsamen Betrieb von spurgeführten Bussen und Bahnen im Tunnel ist der niveaugleiche Einstieg beim Bus eine zwingende Voraussetzung. Hier wären auch konstruktive Lösungen am Fahrzeug denkbar, z. B. Klappstufen. Darüber



hinaus müßten Überlegungen angestellt werden, den Bus von der starren Bindung an rechtsseitige Bussteige zu lösen. Der Einbau von weiteren Türen auf der linken Fahrzeugseite ist bei allen Serienfahrzeugen problemlos zu realisieren.

Due to the fact that track guidance makes it possible to steer the bus with absolute precision, bus stops with raised passenger platforms present no problems. No structural alterations are necessary to the vehicle.

The bus stop platforms lie 30 cm above the guideway surface which puts them on a level with the first step of the bus. Passengers can reach the platform from the sidewalk via a ramp with a 4 % gradient.

The use for handicapped passengers and people with children is made considerably easier.

This ease of boarding and deboarding was very positively assessed by the passengers on the test facility in Essen.

As far as the joint operation of guided buses and light rail vehicles in tunnels is concerned, level boarding and deboarding is absolutely essential. To achieve this it would be possible to make certain structural changes to the vehicles e.g. folding steps. Moreover, consideration must be given to releasing the bus from the strict right-hand-side entry and exit. Additional doors on the left hand side can be installed in all series production vehicles without a problem.



Die Fahrzeuge

The vehicles

Neue Technologien in konventionellen Bussen

Als Spurbus wird in Essen zukünftig der neu entwickelte Standardlinienbus SL II bzw. der entsprechende Gelenkbus eingesetzt.

Diese Busgeneration ist die Weiterentwicklung des bekannten und bewährten Standardlinienbusses SL I. Sie zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- höherer Komfort für die Fahrgäste,
- bessere, weithin sichtbare Fahrgastinformation und
- nach neuesten Erkenntnissen ergonomisch gestalteter Fahrer-Arbeitsplatz.

Bereits vorhandene Standardbusse können nachträglich mit relativ geringem Aufwand mit der mechanischen Spurführung nachgerüstet werden. An den Fahrzeugen sind außer neuen Achsschenkeln und geringfügigen Vergrößerungen der vorderen Radausschnitte keine wesentlichen Veränderungen erforderlich.



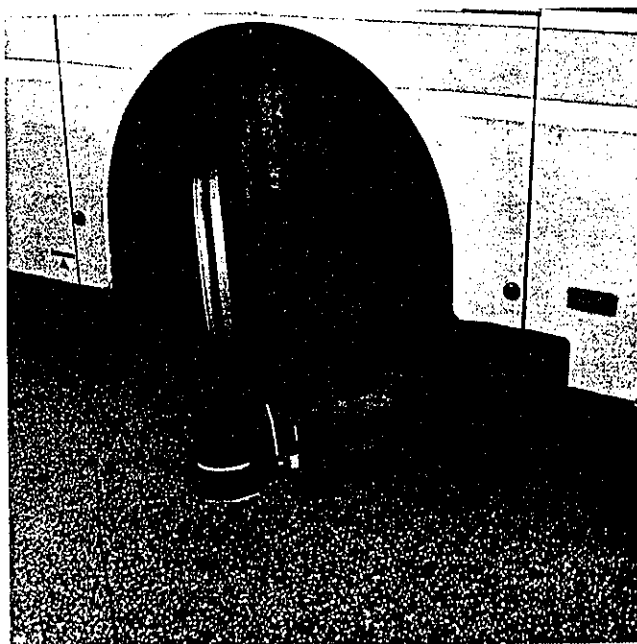
New technologies in conventional buses

The newly developed second generation Standard Bus SL II and the relevant articulated bus will be used in future as guided buses in Essen. This generation of buses is the result of further development of the familiar Standard Bus SL I. They are characterized by the following features:

- a higher degree of passenger comfort,

- improved, much more visible passenger information,
- ergonomically designed driver cabs developed on the basis of the most up-to-date research.

Existing standard buses can, at relatively low expense, be equipped with mechanical track guidance. With the exception of new stub axles and a slight enlarging of the front wheel openings, the vehicles require no major alterations.



Mechanische Spurführungseinrichtung: links Bauart Daimler-Benz, rechts Bauart MAN
Mechanical track guidance equipment: left Daimler-Benz system, right MAN system

Mechanische Spurführung

Auf der Spurbuslinie in Essen werden nachgerüstete Standard- und Standard-Gelenkbusse der Fa. Daimler-Benz AG, Stuttgart, und der Fa. MAN AG, München, eingesetzt.

Die mechanische Spurführungseinrichtung erlaubt das Lenken der Fahrzeuge ohne Zutun der Fahrer. Diese automatische Lenkung erfolgt durch horizontale, unmittelbar vor den Vorderrädern angeordnete Gummiführungsrollen, die an fahrbahnseitigen Führungskanten geführt werden. Die Taster mit den Führungsrollen sind direkt mit den Achsschenkeln der Vorderräder verbunden. Weicht der Bus von der durch die Führungskanten vorgegebenen Sollspur ab, wird die Spurbabweichung über Führungsrolle, Tastarm und Achsschenkel unmittelbar korrigiert.



Spurführungsunterbrechung an einem Überweg / Break of guide rail at crossing



Einfahrtsbereich Fulerumer Straße / Entry section Fulerumer Strasse

Mechanical track guidance

On the guided bus routes in Essen, re-equipped standard transport buses and standard articulated buses from Daimler-Benz AG, Stuttgart, and MAN AG, Munich, are in service.

The mechanical track guidance equipment allows the vehicle to be steered without any action being taken by the driver. This automatic steering is effected by rubber guide rollers positioned horizontally directly in front of the wheels which are guided along the sides of the guide rails installed on the guideway. The guide arms with the guide rollers are directly connected to the stub axles of the front wheels. If the bus moves away from the nominal track determined by the guide rails, the deviation will be immediately corrected via the guide roller, guide arm and stub axle.

Der Übergang von Handlenkung zur mechanischen Spurführung erfolgt ohne zusätzliche Stelleinrichtungen. Die mechanische Spurführungseinrichtung zeichnet sich somit durch einfache Konstruktion, hohe Zuverlässigkeit und Wartungsfreiheit aus.

Im Straßenverkehr außerhalb der Spurführungsstrecken werden die Spurbusse wie normale Serienbusse gelenkt.

Die automatische Lenkung erlaubt gegenüber der Handlenkung eine Reduzierung der Fahrbahnbreite von 3,50 m auf 2,60 m je Fahrspur. Da nur die Vorderräder der Busse automatisch gelenkt werden, erfolgt je nach Kurvenradius und Fahrdynamik ein natürlicher Spurversatz der Hinterachsen. Die Streckentrassierung in der Fulerumer Straße ist so gewählt, daß die Spurbreite von 2,60 m einheitlich beibehalten werden kann.

An die Spurbusse werden hinsichtlich Zuverlässigkeit und Sicherheit grundsätzlich dieselben Anforderungen gestellt wie an manuell gelenkte Busse.

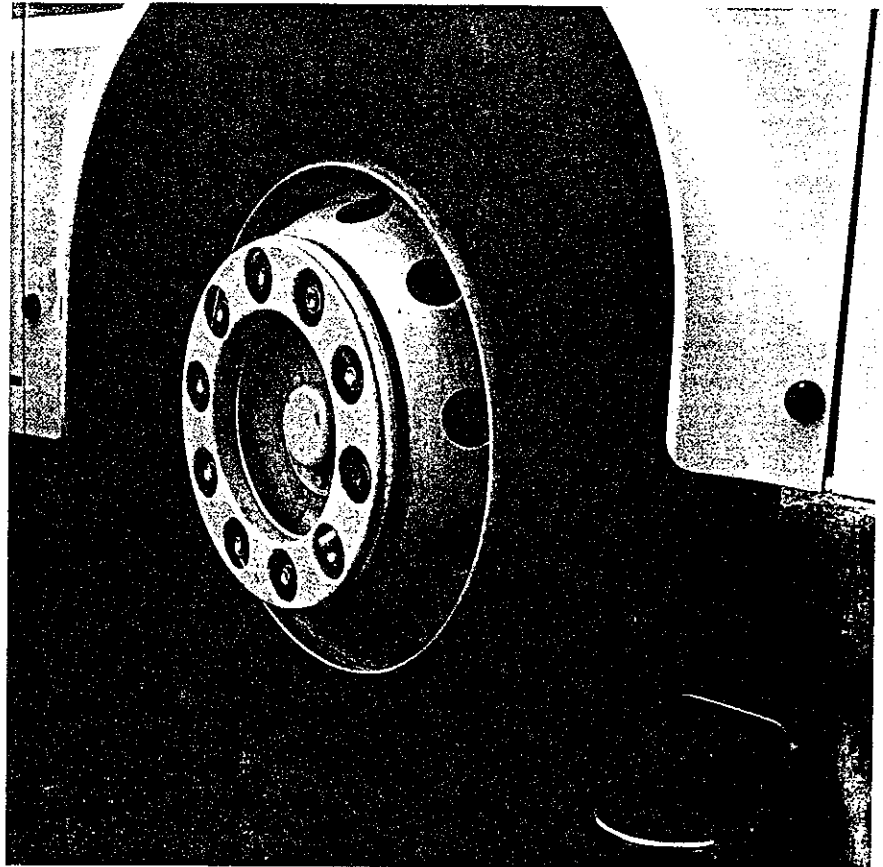
Trotz der hohen Zuverlässigkeit der Serienfahrzeuge muß die Möglichkeit eines Fahrzeugausfalles auf der Spurführungsstrecke berücksichtigt werden. Um bei defektem Antrieb die Fahrzeuge aus der Spurführungsstrecke herauschieben zu können, sind alle Spurbusse mit einem Heck-Koppelmaul ausgerüstet. Das Ausschieben kann im Notfall problemlos durch den nachfolgenden Spurbus erfolgen.

Die in den Einzelreifen montierten Notlaufsegmente ermöglichen eine eingeschränkte Weiterfahrt auch bei Reifendefekten.

Switching into guided bus can be done without the need of additional adjusting equipment. Mechanical track guidance is thus characterized by its simplicity of design, high degree of reliability and low level of maintenance required.

In normal street traffic outside the guideway, the guided bus is steered as a standard bus.

In contrast to manual steering, automatic steering permits a reduction in the width of the bus lane from 3.50 m to 2.60 m in each direction. As only the front wheels of the bus are steered automatically, the rear axle of the bus fol-



Defekter Reifen mit Notlaufsegment
Damaged tyre with emergency operation segment

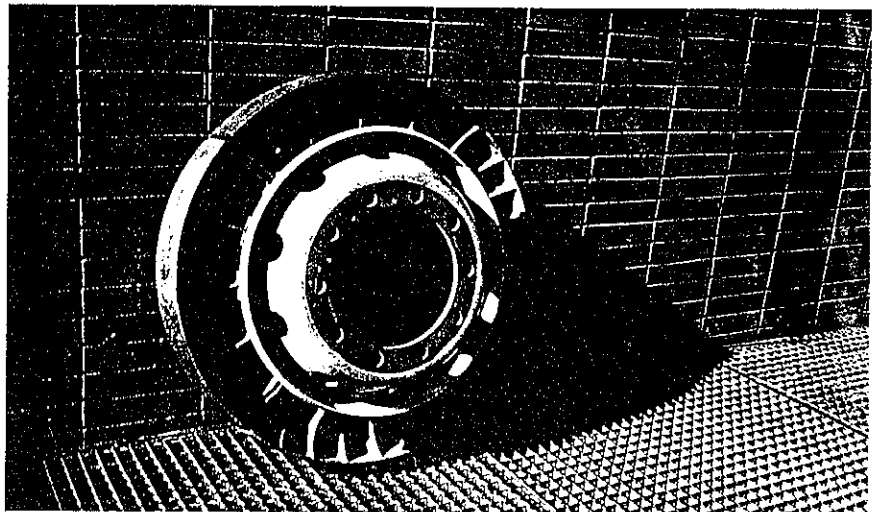
lows a natural track, depending on the radius of curve and the vehicle dynamics. The route alignment in Fulerumer Strasse was chosen so that the track width of 2.60 m could remain uniform throughout its entire length.

As far as safety and reliability are concerned, guided buses must fulfill the same demands as manually steered buses.

Despite the high degree of reliability of series produced vehicles, the possibil-

ity of a breakdown on the guided track section must be taken into account. In order to be able to push a bus with a damaged engine out of the guideway, all guided buses are equipped with a rear mounted coupling. In an emergency, the bus can be pushed out of the guideway by the following bus.

The emergency operation segments mounted on each tyre enable the bus to drive for a short distance even when the tyres are damaged.



Notlaufsegment / Emergency operation segment

Die Sicherheit der Busse wird durch die mechanische Spurführung noch erhöht. Die Fahrzeuge werden in jeder Fahrsituation sicher innerhalb der Führungskanten gehalten. Die vorangegangenen Erprobungen haben bewiesen, daß schlechteste Witterung mit Schnee und Glatteis, ungleicher Kraftschluß oder das Platzen eines Reifens die Busse nicht von ihrer vorgegebenen Fahrspur abbringen.

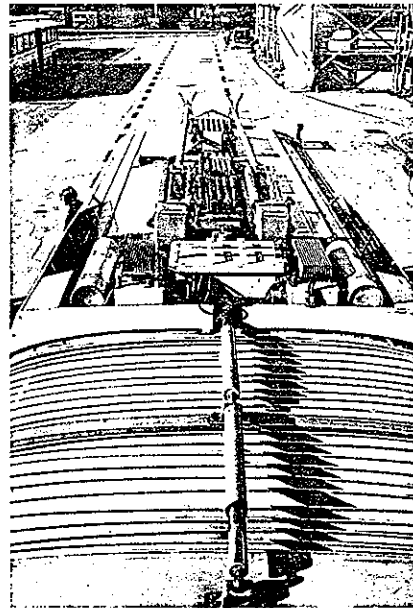
Alle Spurbusse sind mit geräuschgekapselten Dieselmotoren ausgerüstet. Beim Vorbeifahren mit konstanter Geschwindigkeit sind auf offener Straße praktisch nur noch die Rollgeräusche zu hören. Auch das Geräusch bei beschleunigter Vorbeifahrt wird durch die Kapselung wesentlich gedämpft. Eine deutliche Verringerung der Geräuschemission erfolgt auf der Spurführungsstrecke durch die seitlichen Führungsbürde und durch die schallschluckende Wirkung des Füllmaterials zwischen den Fahrzeugschienen.

Duo-Bus

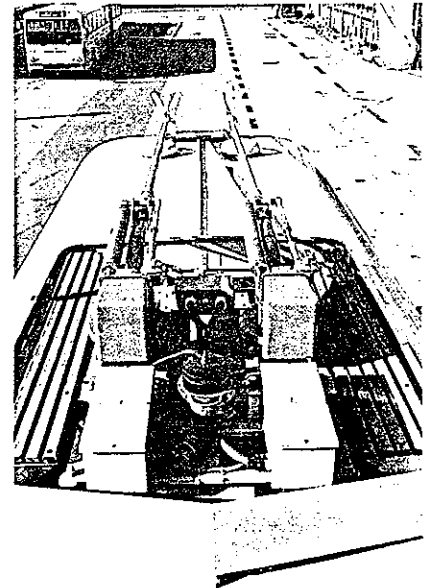
Da die zur Mitbenutzung erwogenen Tunnelabschnitte nur für Straßenbahnbetrieb vorgesehen waren, gibt es keine Be- und Entlüftungseinrichtungen.

Der Einsatz von Dieselnissen im Tunnel ist daher nur in einem schadstofffreien Betrieb möglich. Wegen der bestehenden Infrastruktur wurde auf elektrischen Antrieb mit Energieversorgung über Fahrleitung zurückgegriffen.

Der Einsatz von Obussen als Spurbusse scheitert daran, daß Essen im



Dornier-Stromabnehmer
auf Daimler-Benz Duo-Bus
*Dornier power collectors
on Daimler-Benz Duo-bus*



Dornier-Stromabnehmer
auf MAN Duo-Bus
*Dornier power collectors
on MAN Duo-bus*

oberirdischen Verkehr nicht über ein geschlossenes Fahrleitungssystem verfügt, wie es für Obusse nötig wäre. Die vollständige Ausrüstung jener Buslinien, die auch im Tunnel verlaufen sollen, mit Fahrleitungen ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sowie unter städtebaulichen Aspekten an der Oberfläche kurzfristig nicht realisierbar.

Bus safety is increased by mechanical track guidance. Under all driving conditions the vehicles are secured within

the guideway beams. Tests carried out to date have shown that under the worst possible weather conditions with snow and ice, in the case of uneven adhesion to the roadway or if a tyre bursts, the vehicles do not leave their predetermined track.

Alli guided buses are equipped with silenced diesel engines. When driving by at a constant speed on the open road, all that can be heard is the sound of the wheels. The silencing equipment also damps the sound of acceleration effectively. There is a noticeable reduction in noise emission on the guideway itself, caused by the lateral guidance rails and the noise absorption characteristics of the road bed level.

Duo-bus

As the existing tunnels were only planned for trams, there is no venting equipment. The deployment of diesel buses in the tunnels is, therefore, only possible in emission-free mode.

Due to the existing infrastructure electric drive supplied via power transmission lines has been resorted to.

The deployment of trolley buses in Essen is not possible as the city does not have a continuous system of power transmission lines available above ground. Construction of power transmission lines on the surface for those bus routes which also use the tunnels is temporarily not possible for both economic and town planning reasons.



Duo-Bus und Straßenbahn auf der Strecke an der Wittenbergstraße
Duo-bus and tram on the track at Wittenbergstrasse

Die Lösung lag in der Entwicklung von Bussen mit zwei voneinander unabhängigen Antrieben: einem elektrischen, abgasfreien Antrieb für den Tunnelbetrieb und einzelne oberirdische Streckenabschnitte sowie dem Dieselantrieb für den flexiblen Einsatz der Busse in der Fläche.

Dieses Duo-Bus-Konzept wurde unter Beteiligung verschiedener Firmen mit Förderung des BMFT verwirklicht. Mit Duo-Bussen werden seit 1979 in Esslingen a. N. Betriebserprobungen im Linienbetrieb durchgeführt.

Durch den Einsatz derartiger Duo-Busse besteht über den elektrischen Betrieb im Tunnel hinaus die Möglichkeit, auch oberirdisch auf bestimmten Streckenabschnitten elektrisch als Oberleitungsbus zu fahren, wo dies aus Gründen des Umweltschutzes von besonderem Vorteil ist.

Als Basis dienen in Essen seit 1983 zwei Gelenkbusse, ausgestattet mit Diesel- und elektrischem Antrieb. Ab 1986 kommen weitere 18 Duo-Busse zum Einsatz.



Duo-Bus-Prototyp der Firmen Daimler-Benz / AEG
Duo-bus (proto)type of the firms Daimler-Benz / AEG

The solution lay in the development of buses with two independent drive systems: an electric, emission-free drive for use in tunnels and certain selected route sections above ground and a diesel drive for a flexible regional deployment of the vehicles.

This Duo-bus concept was realized in a cooperative venture of various different companies with sponsorship of the Federal Ministry of Research and Technology (BMFT). Since 1979, Duo-bus operation has been under test in Esslingen a.N. in linehaul service.

Deployment of Duo-buses makes it possible to use the advantages of electrical, trolley bus drive systems on certain route sections, outside the tunnels, where this is of special environmental desirability.

In Essen, two articulated buses equipped with both diesel and electric drive systems have been in service since 1983 with another 18 Duo-buses planned for deployment in 1986.



Duo-Bus-Prototyp der Firmen MAN / SIEMENS
Duo-bus (proto)type of the firms MAN / SIEMENS

Der Duo-Bus von Daimler-Benz wird sowohl im Elektro- als auch im Dieselmotorbetrieb über die dritte Achse angetrieben – analog dem Serien-Schub-Gelenkbus.

Der Dieselmotor mit Automatgetriebe ist wie beim Dieselmotorbus im Fahrzeugheck angeordnet. Der Elektromotor liegt mittig unterflur im Nachläufer vor der Hinterachse. Beide Motoren wirken auf die Doppelantriebsachse.

Ein von der Fa. AEG entwickelter Mischstrom-Reihenschlußmotor dient als Fahrmotor. Seine Leistung von 180 kW erlaubt bei der gewählten Getriebeübersetzung eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h und das Befahren von Steigungen bis 12%. Er wird durch einen Gleichstromsteller gesteuert.

Da Gleichstromsteller und die dafür erforderliche Motordrossel unmittelbar neben dem Motor angebracht sind, ist nur ein Gebläse zur Kühlung aller Aggregate notwendig.

Der geringe Durchmesser des Fahrmotors (445 mm) erlaubt den Einbau auch in den SL II, ohne die Bodenfreiheit zu verändern oder die geforderte Bodenfreiheit einzuschränken.



Duo-Bus und Straßenbahn auf der Strecke an der Wittenbergstraße
Duo-bus and tram on the track at Wittenbergstrasse

The Duo-bus designed by Daimler Benz is driven via the third axle in both diesel and electric operation in the same way as their series production pusher articulated bus.

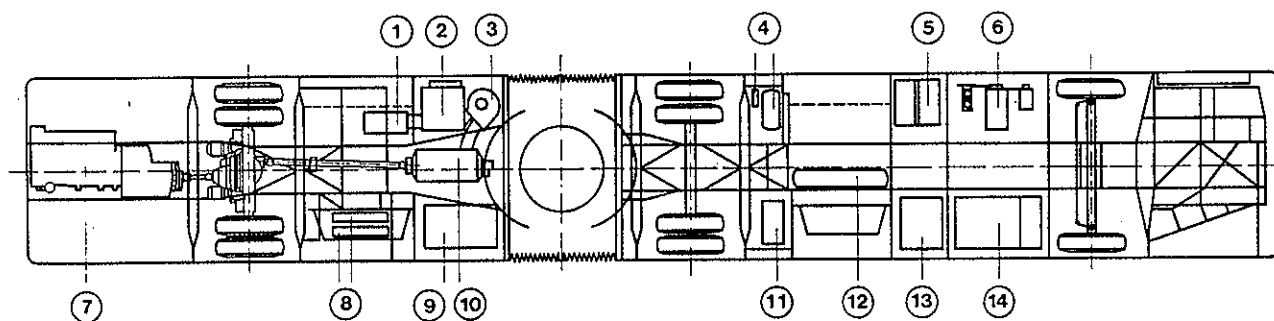
The diesel engine with the automatic transmission is situated in the rear end as in the diesel articulated bus. The electric motor is situated centrally below the floor, in front of the rear axle in the trailer. Both engine and motor drive a tandem drive axle.

A mixed current series motor developed by AEG serves as the drive motor.

Its power rating of 180 kW permits, with the selected gear ratio, a top speed of 60 km/h and a climbing performance on gradients up to 12%. It is controlled by a chopper control.

Because the chopper control and choke are situated directly beside the motor, it is only necessary to use one fan for cooling purposes.

The small diameter of the drive motor (445 mm) means that it can be installed in the SL II, without making any alteration to the floor height or limiting the ground clearance.



- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Netz- und Motordrossel | 8. Netzkapazitor |
| 2. Chopper | 9. Leistungsschütze |
| 3. Lüfter | 10. E-Fahrmotor |
| 4. Webasto | 11. Lüfterwechselrichter |
| 5. Batterien | 12. E-Heizung |
| 6. Hilfsbetriebsgruppe | 13. Steuerung Hilfsbetrieb |
| 7. Dieselmotor | 14. Tank |

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Line and motor reactor | 8. Line capacitor |
| 2. Chopper | 9. Power contactors |
| 3. Fan | 10. Traction motor |
| 4. Webasto | 11. DC/AC inverter for fan |
| 5. Batteries | 12. Electric heating |
| 6. Auxiliaries | 13. Control for auxiliaries |
| 7. Diesel engine | 14. Fuel tank |

Geräteanordnung im Unterwagen (Daimler-Benz Duo-Bus)
Arrangement of apparatus underfloor (Daimler-Benz Duo-bus)

Die Bremsverzögerung wird im Elektrobetrieb über den Fahrmotor erzeugt. Die Bremsenergie wird vom Hilfsbetriebeantriebsmotor und der Elektroheizung aufgenommen und ins Netz zurückgespeist. Sind keine weiteren Energieabnehmer in diesem Abschnitt, wird die Netzurückspeiseenergie den Bremswiderständen zugeführt. Im Dieselmotorbetrieb erbringen Retarder und Motorbremse die Bremsverzögerung.

Die Ansteuerung der elektrischen Bremse ist so eingestellt, daß die mit einer bestimmten Bremspedalstellung vom Fahrer erzielte Verzögerung bei beiden Antriebsarten in etwa gleich groß ist.

Auf dem Dach des Nachläufers sind Stromabnehmer, Bremswiderstände, Umpolschutz, Netzkondensator und Überspannungsableiter untergebracht. Alle übrigen Komponenten befinden sich unterflur.

Zum Wechseln der Antriebsart betätigt der Fahrer Wahltafeln. Die gemeinsame Antriebsachse und der Getriebeausgleich sorgen für ein vergleichbares Fahrverhalten beim Elektro- und beim Dieselantrieb.

Wie andere Gelenkbusse von MAN wird auch der Duo-Bus im Elektro- und im Dieselmotorbetrieb über die Mittelachse angetrieben. Die Nachlaufachse bleibt gelenkt.

Der Dieselmotor mit Automatgetriebe ist im Fahrzeugheck angeordnet und wirkt mit Durchtrieb über das Dreh-

gelenk auf die Mittelachse. Der Elektromotor liegt mittig unterflur im Vorderwagen vor der Mittelachse.

Als Fahrmotor dient ein Gleichstrom-Reihenschlußmotor von Siemens mit 150 kW. Die Steuerungskonfiguration ist hierbei für eine Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h ausgelegt. Auch bei diesem Konzept erfolgt die Steuerung über einen Gleichstromsteller, der zusammen mit der Motordrossel direkt neben dem Fahrmotor angeordnet ist.

In electric operation, the vehicle is braked via the propulsion motor. The braking energy is taken over from the auxiliary motor, the electrical heating and is normally fed back into the line. If there is no other power receiver in this section, the regenerative energy is fed into the brake resistors. In diesel operation the vehicle is braked by the retarder and engine brake.

The electric brakes are adjusted so that the braking performance achieved when the driver uses the brake pedal acts with approximately the same force in both propulsion modes.

The power collector, brake resistors, polarity reversal protector, circuit condenser and surge arrestor are located on the roof of the trailer. All other components are positioned below the floor.

In order to change the mode of propulsion, the driver operates a selector

switch. The combined drive axle and the transmission compensation ensure similar driving characteristics in both electric and diesel operation.

As other MAN articulated buses, the Duo-bus is also driven via the middle axle in both electric and diesel operation. The trailing axle remains steered.

The diesel engine with the automatic transmission is located in the rear end and drives through to the middle axle via the articulated joint. The electric motor is located in the centre of the front car below the floor in front of the middle axle.

The propulsion motor is a DC series motor with a power rating of 150 kW manufactured by Siemens. The control configuration hereby is designed for a top speed of 70 km/h. Motor control in this case is also furnished by a chopper control which, together with the choke is positioned next to the propulsion motor.

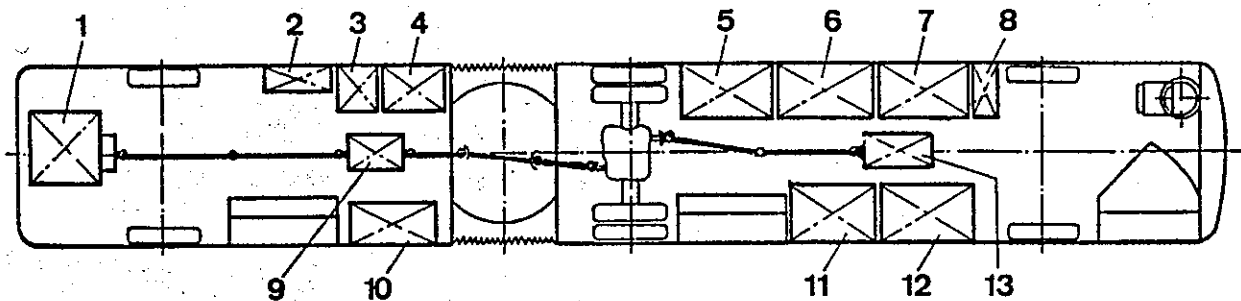
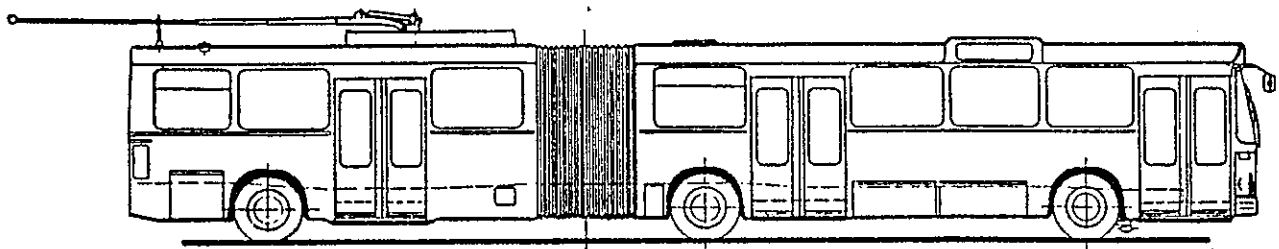
Bild links:
Duo-Bus im Dieselmotorbetrieb

Bild rechts:
Duo-Bus beim Eindrehen
für den Elektrobetrieb

Fig. left:
Duo-bus. using diesel-propulsion

Fig. right:
Duo-bus. attaching the power collectors to the transmission line for electric operation





1 Diesel-Motor
2 Heizung
3 Nebenschalttafel
4 Batterie
5 Schütze
6 Netzfilter
7 Chopper

8 Lüfter
9 Automatgetriebe
10 Diesel-Tank
11 Schalttafel
12 Hilfsbetriebspumpe
13 Elektro-Motor

1 Diesel engine
2 Webasto
3 Electric-box
4 Batteries
5 Contactors
6 Line reactor
7 Chopper

8 Fan
9 Gearbox
10 Fuel tank
11 Electric-box
12 Auxiliaries
13 Fraction motor

Duo-Bus Antriebskonzept MAN

Geräteanordnung im Unterwagen (MAN Duo-Bus) / Arrangement of apparatus underfloor (MAN Duo-bus)

Beide Motoren wirken auf die gemeinsame Antriebsachse. Der Fußboden muß im mittleren Bereich wegen des Fahrmotors geringfügig angehoben werden.

Im Dieselbetrieb dienen Retarder und Motorbremse als Bremsanlagen. Beim Elektrobetrieb erzeugt der Fahrmotor die Bremsverzögerung, wobei über die Netzbremseinrichtung des Gleichstromstellers eine vorrangige Rückeinspeisung von Energie ins Netz erfolgt.

Der Stromabnehmer und die zugehörigen Einrichtungen, wie Bremswiderstände, Umpolschutz, Netzkondensator und Überspannungsableiter, sind auf dem Dach des Nachläufers angebracht.

Heizung, Dieseltank und Starterbatterie sind seitlich unterflur im Nachläufer angeordnet, die Hilfsbetriebsgruppe zwischen der ersten und zweiten Achse unter dem Vorderwagen.

Der Wechsel zwischen den beiden Antriebsarten erfolgt über einen Wahlschalter durch den Fahrer. Die Doppelantriebsachse und das Vorlegegetriebe gewährleisten ein gleiches Fahrverhalten bei beiden Antriebsarten.

Both engine and motor drive the joint driving axle. The floor in the centre section has to be slightly raised to accommodate the propulsion motor.

In diesel operation, the retarder and motor brakes serve as vehicle brakes. In electric operation, the propulsion motor generates the braking force, whereby the regenerative braking system in the chopper control gives priority to energy feed back into the mains.

The power collector and other associated equipment such as brake resistors, polarity reversal protector, circuit

condensor and surge arrestor are positioned on the roof of the trailer.

The heating unit, diesel tank and starter battery are installed at the side, below the floor of the trailer, while the auxiliary operating equipment is located between the first and second axle of the front car.

The change over from one mode of propulsion to the other is effected by driver operation of a selector switch. The double drive axle and the countershaft transmission ensure uniform driving characteristics for both modes of propulsion.

Das Stromabnehmer-system

The power collection system

Im Fahrbetrieb muß der zügige Übergang von Diesel- auf elektrischen Antrieb und umgekehrt gewährleistet sein. Die Duo-Busse wurden deshalb mit zwei nebeneinander liegenden Stangenstromabnehmern der Firma Dornier ausgerüstet, die vom Fahrerplatz steuerbar sind und über selbständige Anlege- und Abzugsvorrichtungen verfügen.

Die Stromabnehmer lassen einen Versatz zur Fahrleitung bis zu 3 m nach links und rechts zu. Dadurch kann auch im nicht-spurgeführten Bereich die Antriebsart jederzeit bei Bedarf gewechselt werden.

Zwei aus Aluminium bestehende Ruten mit jeweils einem Steuergerät, einem Antrieb und einer Verriegelung auf dem Wagendach bilden, zusammen mit einem gemeinsamen Bedienteil, das Stromabnehmersystem.

Das Ein- bzw. Ausdrahten erfolgt zweckmäßigerweise an Haltestellen, da der Bus während dieses Betriebs-



Automatisches Ein- und Ausdrahten
Automatically attachment and disconnection



A rapid change over from diesel to electric mode, and vice versa, is essential in operation. For this purpose, Duo-buses are equipped with two pole-formed power collectors developed by Dornier which lie side-by-side, are operable from the drivers console and are furnished with self-operating attachment and disconnection devices.

The power collector poles permit lateral movement from the power transmission lines of up to 3 m to either the left or right. In this way the mode of propulsion can be changed if required at any time and not solely in guided sections of the route.

The power collection system consists of two aluminium rods, each with a drive unit, a control device and the interlock device on the vehicle roof, together with an operating element for both rods.

Attachment to or disconnection from the overhead wires is effected, for practical reasons, at bus stops. During this process, the bus may not be in a driving

vorganges nicht fahren darf. An der Eindrahtstelle sind zwei Trichter an der Fahrleitung erforderlich. Sie führen die Ruten beim Anlegen an die Leitung. Die Eindrahtstellen müssen daher örtlich genau festgelegt werden.

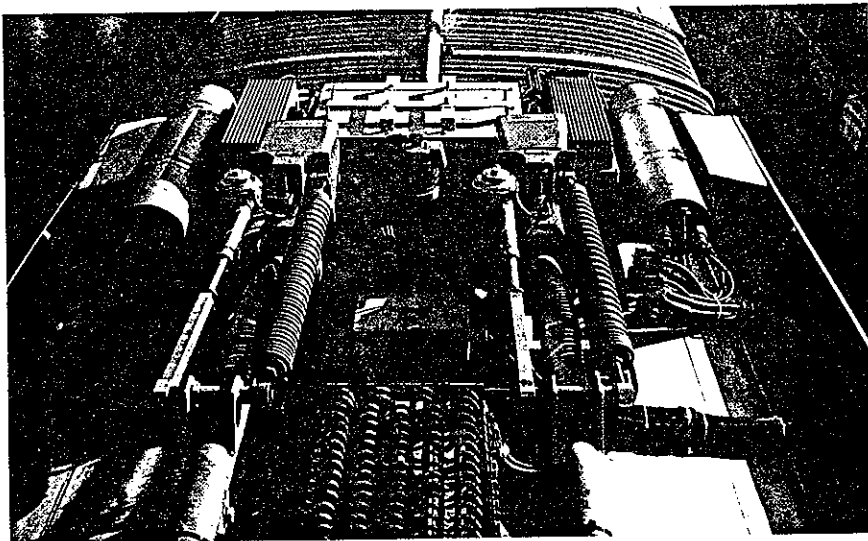
Zum Eindrahten fährt der Fahrer die Eindrahtstelle an und betätigt die „Auf“-Taste an der Bedientafel. Nachdem die Ruten auf eine bestimmte Mindesthöhe angehoben wurden, führen die Trichter die Schleifschuhe zwangsweise an die Fahrleitung heran. Im Fahrbetrieb können die Ruten frei der Oberleitung folgen.

Die Beendigung des Aufdrahtvorganges wird dem Fahrer sowohl optisch als auch akustisch angezeigt. Erst danach wird über einen Meldeimpuls der E-Antrieb freigegeben.

Das Ausdrahten ist an keinen festen Ort gebunden. Nachdem die Ruten abgesenkt sind, werden sie in einer gabelförmigen Halterung im hinteren Teil des Wagendaches verriegelt.

Nach Abschluß des Ausdrahtvorganges erhält der Fahrer wieder ein optisches und akustisches Signal, erst danach erfolgt die Freigabe des Dieselantriebs.

Die Begrenzung der einzelnen Hub- und Schwenkvorgänge beim Ein- und Ausdrahten ist durch Näherungsschalter einstellbar. Falls auf einer Strecke Eindrahtvorgänge mit unterschiedlicher Lage der Fahrdrähte über dem Fahrzeug (z. B. seitlich versetzt wegen der Straßenbahnfahrleitung) notwendig sind, so muß jeder Eindrahttypus vorher eingestellt werden. Über einen Wahlschalter am Bedienteil wird das betreffende Programm vorgewählt und automatisch ausgeführt.



Dachausrüstung des Duo-Busses / Equipment on the roof of the Duo-bus

mode. At the attaching point, two funnels are installed on the power transmission lines. They guide the rod into contact with the power lines.

In order to attach the power collectors to the transmission lines, the driver approaches the attachment point and presses the "up"-key on the console. After the rod has been raised to a certain minimum height, the funnels automatically guide the contact shoe to the transmission line. During driving, the rods can freely follow the overhead wires.

Termination of the attachment procedure is indicated by both an optical and acoustic signal at the driver console. Only after this the electric drive system is free to operate.

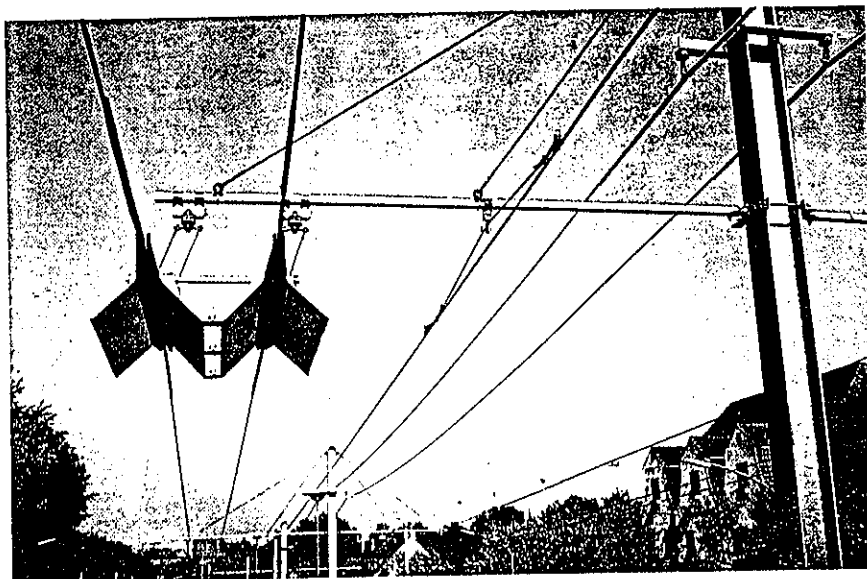
Disconnection is not limited to any specific place. After the rods have been lowered, they are fastened in a fork-

shaped frame at the rear end of the vehicle roof.

After completion of the disconnection procedure, the driver once again receives an optical and acoustic signal. Only then the diesel drive is free to operate.

The limitation of the individual lifting and swinging procedures during attachment and disconnection can be adjusted by means of proximity switches. If, at any point on the route, attachment takes place with the trolley wire differently positioned above the vehicle (e.g. laterally displaced due to interference from tram wires), each attachment variation will have to be pre-adjusted.

The required programme can be pre-selected and automatically effected by means of a selector switch positioned on the operating element.



Eindrahttrichter / Attachment funnels

Die Fahrleitung

Im Essener Tunnel sollen die Busse spurgeführt und elektrisch angetrieben im Mischbetrieb mit der Straßenbahn fahren. Damit stellt sich die Frage nach einer möglichen gemeinsamen Benutzung der Fahrleitungsanlagen.

Als Nennspannung für den Duo-Bus wurden bisher auf der Wittenbergstraße 600 V angewendet. Für künftige weitere Fahrleitungsabschnitte sind 750 V vorgesehen, um Reichweite und Wirkungsgrad zu steigern.

Die gemeinsame Nutzung einer Fahrleitungsanlage durch Bahnen und Busse wäre möglich. Aus betriebs-technischen und sicherheitstechnischen Gründen wurde jedoch eine Lösung mit zwei getrennten Fahrleitungssystemen gewählt.

Um den Fahrdrat der Straßenbahn mitbenutzen zu können, müßten die Busse mit Einholmstromabnehmern auf dem Dach ausgerüstet werden; die Stromrückführung müßte über einen Schleifschuh zur Schiene oder gegebenenfalls zur metallischen Spurführungskante erfolgen.

Diese Art der Stromzu- und -rückführung läßt sich nur auf spurgeführten Strecken anwenden. Das System Spurbus würde damit in wesentlichen

Bereichen seine Flexibilität verlieren.

Für die Funktion „Energiezuführung“ und „Energierückführung“ zwischen Strecke und Fahrzeug mußte also ein System geschaffen werden, das eine hohe betriebliche Zuverlässigkeit mit einer sicheren Energieübertragung – unter den Randbedingungen des gemischten Straßenbahn- und Duo-Bus-Betriebes – verbindet.

In Essen's tunnel, the buses should be electrically driven and run in the guided mode, in combined operation with the tram. This raises the question of the possibility of joint use of the power transmission lines.

Up to now the Duo-bus has been run on 600 V along Wittenbergstrasse. In the future, new stretches of power transmission line are planned to run on 750 V in order to increase both range and efficiency.

Joint use of one power transmission line system would be possible for both rail vehicle and buses. For operational and safety reasons, however, a solution requiring two separate power transmission lines was selected.

The catenary system

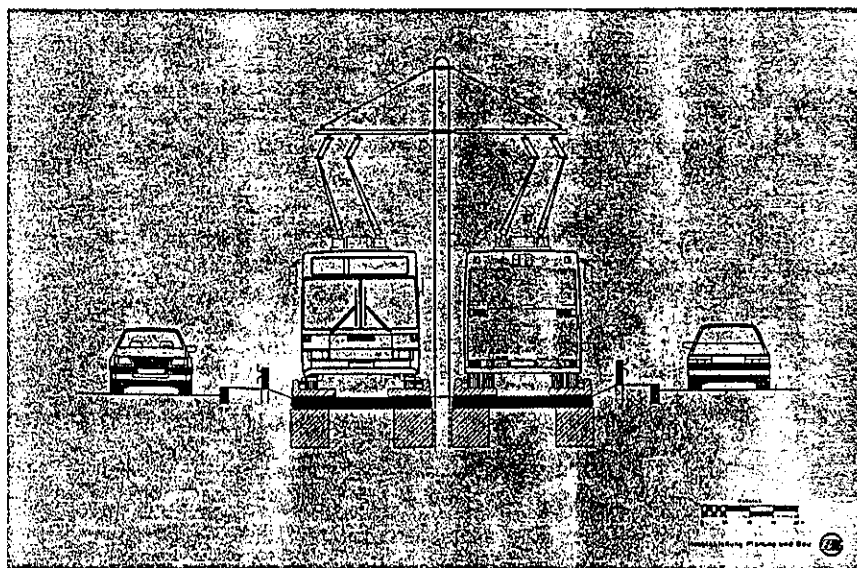
The buses should have power collectors on the roof to use the tram transmission lines; current recovery should be effected via a contact shoe to the rail or otherwise to the metallic guide rail.

This kind of power transmission and recovery can only be used on guided route sections. This would mean that the guided bus system would lose its flexibility in many areas.

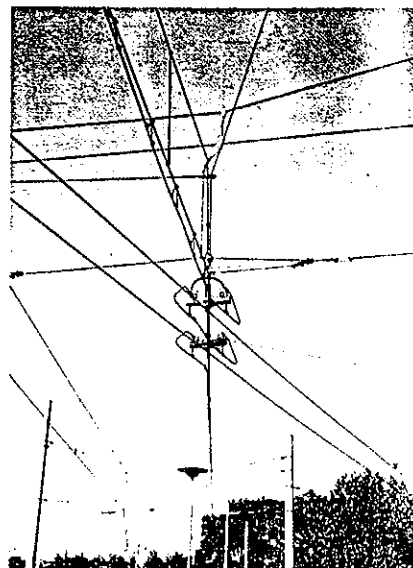
A system had to be found, therefore, for effecting the supply and recycling of current between the track and vehicle, combining a high degree of operational reliability with guaranteed energy transmission under the limiting conditions affecting mixed operation between tram and Duo-bus.

The investigations came up with a solution which largely used standard elements from tram and trolley bus power transmission equipment. The Duo-bus transmission lines are situated outside of the operating radius of the tram power collectors. On the surface this is effected at a common jib arm, which is obliquely suspended, and in the tunnel area at a manoeuvrable clamp, which is laterally situated and hanging from the ceiling.

This system can be installed without limiting or hindering the running tram



Schematischer Querschnitt Spurbusstrecke Kray
Cross section guided bus track Kray



Fahrleitungskreuzung / Intersection of power transmission lines

Die Untersuchungen ergaben eine Systemlösung, die weitgehend auf bekannte Straßenbahn- und Obus-Fahrleitungselemente zurückgreift. Die Duo-Bus-Fahrleitung wird außerhalb der Aktionsbreite des Straßenbahnstromabnehmers angeordnet. Im oberirdischen Bereich erfolgt dies an einem gemeinsamen Ausleger mittels einer Schrägpendelaufhängung, im Tunnelbereich an beweglichen Seitenhaltern, die an der Decke abgehängt sind.

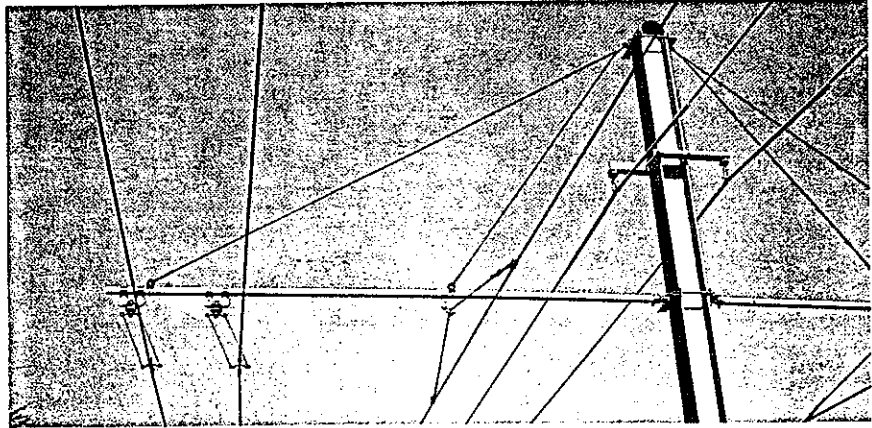
Dieses System läßt sich ohne Einschränkung oder Behinderung des laufenden Straßenbahnbetriebes montieren. Eine Bedingung, die vor allem für die spätere Ausrüstung der Tunnelstrecken unabdingbar ist.

Als Fahrleitungsdraht wird ein silberlegierter Kupferdraht verwendet.

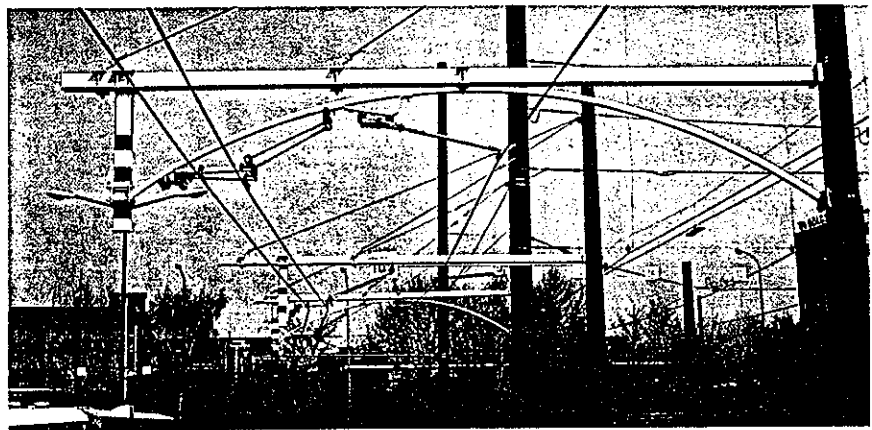
An Kreuzungen werden die Fahrleitungen für die Straßenbahn und den Duo-Bus isoliert ausgeführt. Die Bus-Fahrleitungen laufen ungeschnitten durch. Die Straßenbahnfahrdrähte werden über die Busleitung hinweggeführt, wobei der Bügelstromabnehmer im Kreuzungsbereich auf seitlichen Kufen läuft.

An den Einfädelungsstellen der Duo-Busse sind 1,20 m lange Einfädelungstrichter auf den Fahrleitungen angebracht. Sie erleichtern das Angleiten der Schleifschuhe des halbautomatischen Stromabnehmersystems.

Die Stromversorgung aller Fahrleitungen erfolgt über ein gemeinsames Gleichrichterwerk mit getrennten Umspannern. Sie sichern die galvanische Trennung zwischen dem erdfrei betriebenen Duo-Bus- und dem bahngeerdeten Straßenbahnnetz.



Kombinierte Fahrleitung für Oberflächenbetrieb
Joint catenary system for surface operation



Kombinierte Fahrleitung für Tunnelbetrieb mit niedriger Bauhöhe
Joint catenary system for tunnel operation with low construction height

operations, a condition of particular significance for the future equipping of tunnels.

A copper wire with an alloy of silver is used as the power transmission line.

At intersections, the power transmission lines for the tram and Duo-bus are separated. The bus power lines run straight through without break. The tram transmission lines are situated above those of the bus. In the case of crossing areas the power collector runs by means of lateral skids.

At the attachment points for the Duo-bus, 1.20 m-long funnels are fixed onto the power lines. These facilitate the attachment of the contact shoe of the semi-automatic power collector system.

The electric supply for all the power transmission lines is effected by a joint rectifier with separate transformers. These ensure galvanic separation between the Duo-bus circuit and the rail-grounded tram circuit.

Das Sicherungssystem

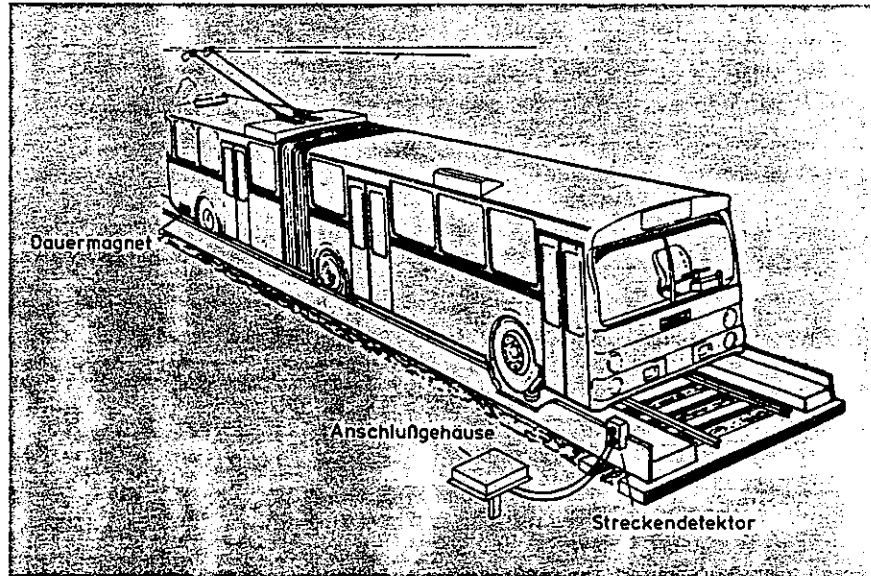
The protection system

Für den beabsichtigten Mischbetrieb von Straßenbahnen und Bussen im Tunnel der Essener Innenstadt müssen die Spurbusse ebenso wie schon heute die Straßenbahnen im Raumabstand durch die Tunnelstrecken geführt werden. Das bedeutet, daß in diesem Bereich die „Fahrt auf Sicht“ durch „Fahrt nach ortsfesten Signalen“ abgelöst wird.

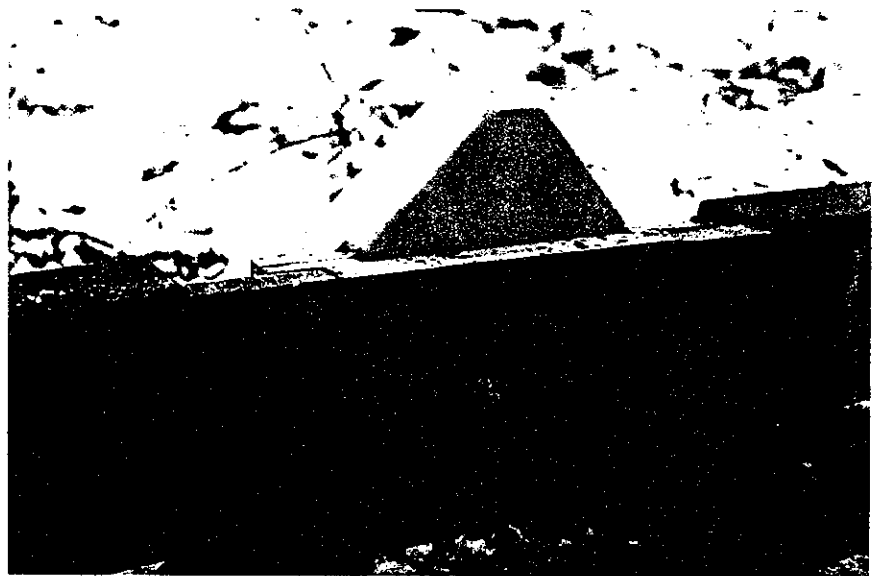
Eine wesentliche Teilaufgabe im Rahmen des Forschungsvorhabens besteht darin, das Verkehrssystem Bus in das vorhandene Zugsicherungssystem einzubinden. Die Fahrzeuge – Bus und Straßenbahn – müssen innerhalb des Sicherungssystems in einem Informationsaustausch mit den Streckeneinrichtungen stehen. Während es für die Schienenfahrzeuge eingeführte und bewährte technische Einrichtungen hierfür gibt, sind nicht alle technischen Verfahren auch auf den Bus übertragbar. So muß das Fahrzeug seinen Standort und – an bestimmten Streckenpunkten – seine jeweilige Geschwindigkeit der Streckeneinrichtung bekanntgeben.



Fahrsperrmagnet / Track magnet



Prinzip des Sicherungssystems / Principle of the security system



Streckendetektor / Route detector

For the planned joint operation of trams and buses in the tunnels of Essen's city centre, the guided buses, like the trams in current operation, must be controlled through the tunnels on a fixed headway. This means that in this section of the route "on sight operation" regulations must be replaced by "block signal operation".

One essential part of the research project concerns the integration of the bus transit system into the existing train protection system.

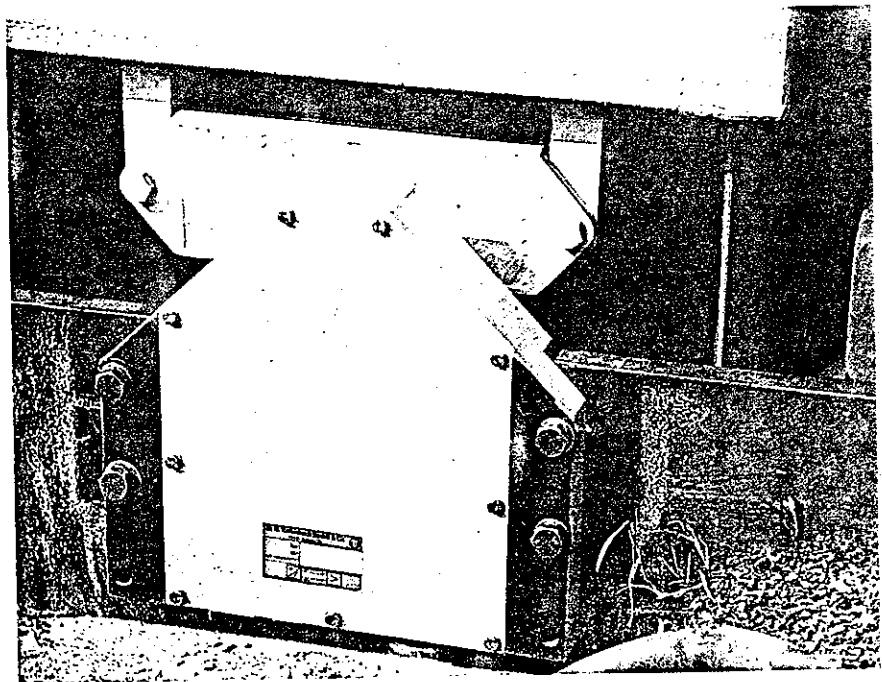
Both the bus and tram vehicles must be involved in an exchange of information with the fixed wayside elements, within the framework of a single vehicle protection system. While there is tried and tested technical equipment for rail operation, it is not possible to transpose all the technical procedures onto a bus system. The vehicles must be able to give details of their location and, at certain points along the route, information about their speed to the wayside elements.

Um das Überschreiten von Grenzwerten (z.B. Geschwindigkeit) oder Befahren belegter Streckenabschnitte zu verhindern, ist ein punktbezogenes Überwachungssystem vorgesehen. Aufgrund der genauen Spurführung der Busse ist das magnetische Zugbeeinflussungssystem, das die Übertragung und Auslösung einer Zwangsbremse bewirkt, auch für den Einsatz einsetzbar.

Anders verhält es sich beim Ortungssystem. Von den Schienenfahrzeugen kann weder das physikalische Prinzip der Achszählung noch das der Gleisstromkreise übernommen werden, da die gummiüberlittenen Räder keine elektrisch leitende Verbindung zwischen zwei Schienen herstellen und keine magnetische oder induktive Beeinflussung bewirken können.

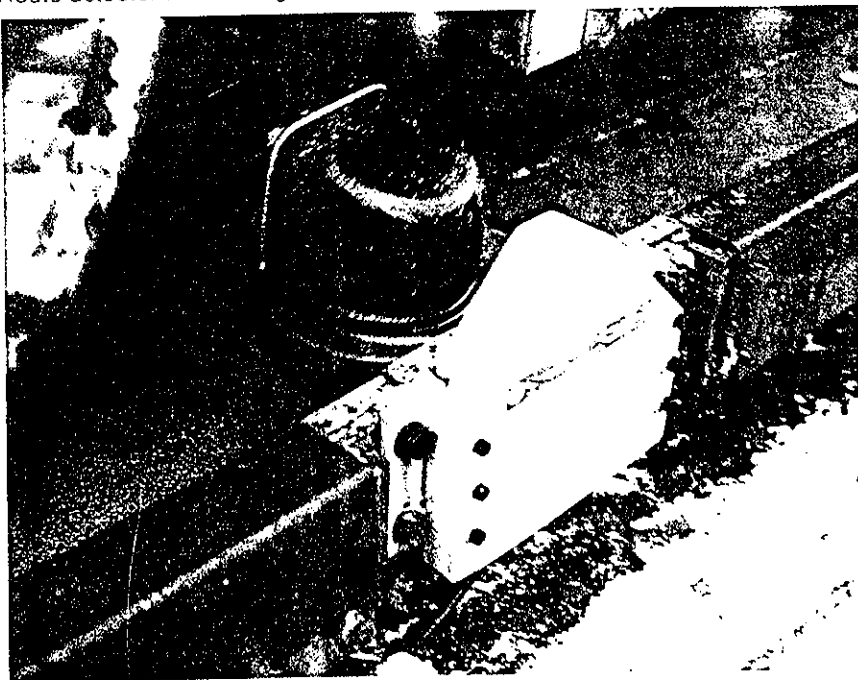
Für die Ortung und Geschwindigkeitsmessung des Busses mußten somit neue Systeme entwickelt werden, die die physikalischen Besonderheiten des Busses berücksichtigen.

Als wichtigste Anforderungen hierfür sollen die Verträglichkeit mit den vorhandenen Systemen und die Zulassung von nur passiven Einrichtungen am Fahrzeug genannt.



Streckendetektor im Übertragungszustand
Route detector transmitting condition

Streckendetektor im Übertragungszustand
Route detector transmitting condition



In order to prevent the exceeding of limiting values (e.g. speed) or entering into occupied route sections, it is planned to use a punctiform control system. Due to the precise track guidance of the buses, the magnetic wayside control which causes the transmission and triggering of an emergency braking system can also be used for the bus.

The location detection system works on a similar principle. Neither the physical principle of an axle count nor that of the track circuit can be taken over from the railway, this is due to the fact that the rubber-tired wheels do not produce an electrically conducting connection between two rails and therefore no magnetic or inductive influence is effective.

For location and speed detection of the bus, new systems had to be developed which took the physical characteristics of the bus into account.

The most important considerations here were adaptability to the existing systems and the licensing of purely passive equipment on the vehicles.

Die abschnittsweise Ortung der Busse mit punktförmiger Erfassung am Anfang und Ende eines Abschnittes und entsprechender logischer Verknüpfung sind bewährte Verfahren, die als Achszählung und Zugschlußmeldung bekannt sind.

Neu bei dieser Anwendung ist der Einsatz von berührungslos arbeitenden Detektoren – auch Näherungsschalter genannt – an vorgegebenen Streckenpunkten.

An den Abschnittsgrenzen wird jeweils ein Streckendetektorpaar – in einem Ausschnitt der Spurführungskante – montiert. Das untere System erkennt berührungslos die Stahlfelge der Spurführungsrolle, und das obere System registriert den am Heck des Busses montierten Dauermagneten.

Beide Detektorsysteme arbeiten physikalisch unterschiedlich. Die nachgeschaltete Relaislogik überprüft das richtige Arbeiten der Detektoren zueinander. Die Relaislogik – angeordnet in einer Relaisgruppe – verknüpft dann zusätzlich das Ergebnis der Bus-Frei- und Besetztmeldung mit dem Freimeldesystem des Schienensystems und gibt ein Gesamt-Besetzt-Frei-Kriterium an die vorhandene Stellwerkstechnik weiter.

Die punktförmige Geschwindigkeitsprüfung arbeitet ebenfalls mit Streckendetektoren. Im 3 m-Abstand sind die Detektoren angeordnet. Ihre Informationen werden von der vorhandenen Stellwerkeinrichtung verarbeitet.

Die Auslösung der Zwangsbremmung bei zu hoher Geschwindigkeit bzw. bei

Überfahren eines Signals wird über einen Gleismagneten im Fahrweg bewirkt. Dieser Gleismagnet löst die Zwangsbremmung in der Straßenbahn oder im Bus aus. Die hierfür erforderliche Fahrzeugeinrichtung der magnetischen Zugbeeinflussung ist in beiden Verkehrssystemen identisch.

Location detection of buses, track section by track section, by means of punctiform interception of signals at the beginning and the end of a track section and the necessary logical connectives are well tested procedures known as axle counting and train identification.

Innovative in this connection is the use of proximity switches at predetermined points along the track.

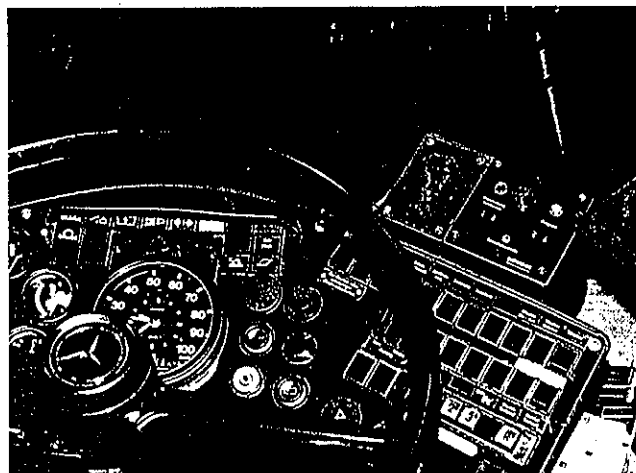
At the boundaries of each track section, a pair of route detectors is installed in the edges of the track guide rails. The bottom system recognizes the proximity of the steel rim of the guide roller and the top system registers the permanent magnets mounted at the rear of the bus.

Both detectors function in a different physical manner. The relay control circuit connected at the outlet checks the detectors to determine whether they are correctly synchronized. The relay control circuit installed as a relay set then, in addition, combines the results of the bus track free/occupied signal with the rail free signal system and transmits an overall free/occupied status signal to the relevant signalling equipment.

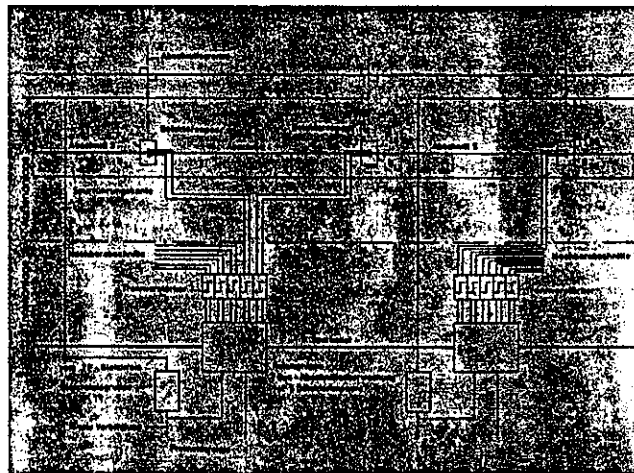
The punctiform speed monitoring system also functions with route detectors, two of which have been installed every three metres. The data obtained here are processed by the relevant signalling equipment.

Triggering of the wayside initiated emergency braking in the event of excessive speed or if a blocking signal has been passed, is effected via track magnet installed in the roadway, which then triggers the emergency braking system in the tram or bus. The vehicle equipment for the magnetic wayside control is identical for both transit systems.

Bedieneinrichtung für Fahrsperrung
Control panel for emergency braking



Schema Sicherungssystem
Scheme of protection system



Erfahrungen mit dem Spurbus

Experiences with the guided bus

Fahrgäste

Im Januar 1981 wurde unter den Fahrgästen auf der Teststrecke Fulerumer Straße und unter den Busfahrern der Linie 166 eine Befragung durchgeführt. Sie sollte zeigen, ob die Spurbus-Technologie angenommen wird und welche Eindrücke und Erfahrungen Benutzer und Fahrer mit der neuen, ungewohnten Fahrweise gewonnen haben.

Um es gleich vorweg zu sagen: Die Ergebnisse waren durchweg positiv.

Den meisten Fahrgästen (ca. 73 %) hatte die Fahrt mit dem spurgeführten Bus gut gefallen. 90 % empfanden das Fahren mit automatischer Spurführung als sicher. Nur ein Viertel der Befragten hat den kleinen Stoß beim Einfädelungsvorgang in die Busspur bemerkt.

Die erwartete Laufruheverbesserung durch die Spurführung und die Fahrbahnelemente wurde von den Fahrgästen bestätigt. Besonders positiv wurde – vor allem von älteren und behinderten Fahrgästen – der niveaugleiche Einstieg aufgenommen.

Befragt, ob sie mit einem spurgeführten Bus auch in einem Tunnel mitfahren würden, sagten 87 % der Fahrgäste „ja“.

Busfahrer

Auch die Busfahrer sind mit der Spurführungstechnologie durchweg zufrieden. Viele meinen, daß ihre Arbeit durch die vollständige Trennung vom Individualverkehr und die geringere Anstrengung beim Fahren auf den Spurführungsstrecken leichter geworden sei.

Beim Einfädeln, bei der Fahrt auf der Geraden und in der Kurve sowie bei der Einfahrt in die Haltestelle sehen jeweils über 95 % der Fahrer keine Schwierigkeiten.

Viele der befragten Busfahrer machten Verbesserungsvorschläge hinsichtlich des Spurbussystems. Am häufigsten wurde vorgeschlagen, den Bordstein-

kontakt der Führungsrollen im normalen Straßenraum durch Absenken der Bordsteine oder Höherstellung der Rollen am Fahrzeug zu beheben. Darüber hinaus wünschten sich viele Busfahrer eine Bevorrechtigung bei der Einfahrt und insbesondere bei der Ausfahrt aus den Spurbusstrecken, z. B. durch Signalanlagen.

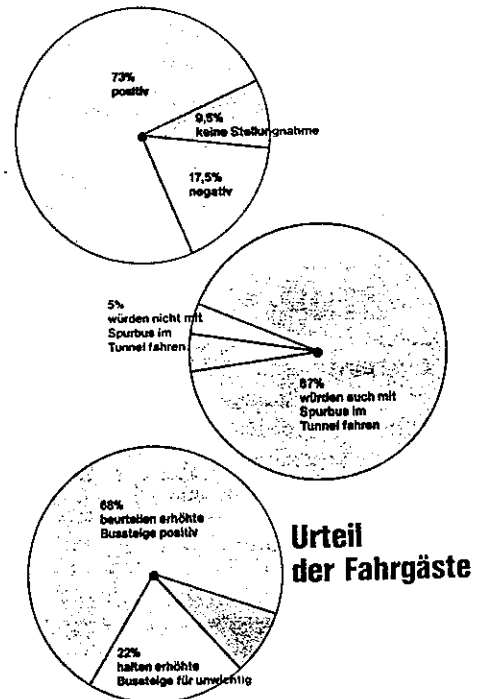
Passenger

In January 1981 a survey was carried out among passengers on the test track along Fulerumer Strasse and among the bus drivers of Line 166. It was intended to show whether guided bus technology was acceptable and what impressions and experience both users and drivers had had with the new and unfamiliar mode of transport.

It must be said, right from the start, that the results were altogether positive.

Most of the passengers (approx. 73 %) enjoyed their journeys with the guided bus. 90 % felt that driving with automatic track guidance was safe. Only 25 % of those asked had felt the small jolt on entering the guide funnel at the start of the track.

The expected improvement in ride quality due to the track guidance and the guideway elements was confirmed by the passengers. An especially positive evaluation, particularly by older or handicapped passengers, was given to the level boarding and deboarding facility. Asked whether they would also drive with a guided bus through a tunnel, 87 % of the passengers said "yes".



Driver

Drivers are also satisfied with guided bus technology. Many of them feel that their job has been made easier by the total separation from private transport and the reduction in stress due to operation in the guided track.

Over 95 % of the drivers experienced no difficulties in entering the guideway, in driving straight and in curved sections or in approaching the bus stops.

Many of the drivers questioned made proposals for improvements to the guided bus system. The most common suggestion concerned contact between the guide rollers and the curb in normal street operation. It was felt that in order to prevent contact, either the curb should be lowered or the rollers raised. Over and above this, many of the drivers wished to get more priority at the entry and especially at the exit points to the guideway, e. g. by means of signals.

Betreiber

Bis Mitte 1986 wurden auf den Spurbusstrecken insgesamt ca. 8 Mio. Wagenkilometer mit Spurbussen zurückgelegt. Davon entfallen etwa 20% auf den spurgeführten Betrieb. Während dieser ganzen Zeit konnten am Fahrweg und an den Spurführungskomponenten keine wesentlichen Mängel festgestellt werden.

Das Einfahren in die Spurbusstrecken, der Betrieb auf diesen Strecken ebenso wie das Fahren mit den Spurbussen im normalen Straßenraum verläuft nach einer kurzen Eingewöhnungszeit problemfrei.

Ein wichtiger Aspekt bei der Unterhaltung der Spurbusstrecken im Hinblick auf einen reibungslosen Betriebsablauf kommt bei winterlichem Wetter zum Tragen. Bei Schnee und Eis müssen Vorkehrungen zur Aufrechterhaltung des Kraftschlusses zwischen Reifen und Fahrbahn vorgesehen werden.

Hierzu dient ein mit Spurführung ausgerüsteter serienmäßiger Lkw, ergänzt mit einem Salz- bzw. Granulat-Streutomaten als Aufsatzgerät. Die zusätzliche Ausrüstung mit einem Hydraulikkran macht dieses Fahrzeug zu einem universell einsetzbaren Streckendienstfahrzeug.

Eine andere Möglichkeit zur Sicherstellung des Betriebsablaufes bei winterlichen Straßenverhältnissen bildet der

Einbau einer Fahrbahnheizung. Aufgrund der hohen Betriebskosten sollten sich derartige Maßnahmen allerdings auf ausgewählte Streckenabschnitte beschränken. In Essen soll ein System mit Fahrbahnheizung auf den Tunnelrampen installiert und erprobt werden.

Insgesamt läßt sich aus Betreibersicht feststellen, daß die Einführung und der Betrieb mit dieser neuen Nahverkehrstechnologie problemlos durchgeführt werden können.

Operator

Until mid 1986 guided buses ran about 8 Mill. vehicle kms on the guided bus lines. 20% of these have been done in guided operation. During this operation time no serious defectivenesses have been stated neither with the guideways nor with guidance components.

Entering the guided sections, operation on these sections as well as driving with the guided buses on normal streets works out problemfree after a short period for accustoming.

An important issue for the maintenance of the guideway sections gets relevant in winter weather conditions to assure undisturbed operation. With snow and ice provisions have to be made to keep up adhesion between tyres and the roadway.

To ensure this, a series production truck has been equipped with track guidance and an automated sander for salt resp. granulate.

Additionally equipped with a hydraulic crane, this vehicle is an universal useable track maintenance vehicle.

The installation of a guideway heating system is another possibility to ensure operation during wintry road conditions. Because of high operating costs, such installations should be limited to specially chosen guideway sections. A guideway heating system will be installed and tested in Essen at the tunnel ramps.

Overall from the operator's point of view it can be stated that the introduction and the operation of this new transit technology can be handled without any problems.



Lkw mit Streutomaten auf Spurstrecke / Truck with automated sander on track

Spurbus nach Essen-Kray

In den vergangenen Jahren hat sich die Verkehrssituation im Essener Ortsteil Kray zunehmend verschlechtert. Durch die Straßenbahnlinie 103 erfolgte die Anbindung des Ortsteils Kray an die Essener Innenstadt. Auf der 4 km langen eigenen Trasse in der Mittellage der Bundesautobahn A 430 sind für den ÖPNV die idealen Voraussetzungen für einen schnellen und störungsfreien Betrieb gegeben. Hingegen ist die Situation im Ortskern von Kray und insbesondere auf der Krayer Straße zwischen der Brückenplatte und der Verzweigung Heinrich-Sense-Weg weitaus schlechter. Diese Straße muß trotz ihrer beengten Verhältnisse eine Vielzahl von Verkehrsaufgaben bewältigen, z.B. ist sie die Hauptverbindungsstraße zwischen Kray und Steele und außerdem Zubringer zur Bundesautobahn A 430 für den nördlichen Grenzbereich der Städte Essen und Gelsenkirchen.

Daher kam es durch die Mittellage der Straßenbahngleise bei zurückgestautem Linksabbiegeverkehr sowie bei entgegenkommenden größeren Nutzfahrzeugen immer wieder zu schweren gegenseitigen Behinderungen zwischen Schienen- und Kraftfahrzeugen.

Aufgrund dieser Situation wurde in Kray beschlossen, die Straßenbahn aus den engen Straßen herauszunehmen und auf der Brückenplatte der A 430 enden zu lassen. Dies hätte allerdings den Zwang zum Umsteigen für viele Fahrgäste bedeutet.



Guided bus to Essen-Kray

During the past few years, the traffic situation in Essen's Kray district have become steadily worse. The tram route 103 has connected up the district of Kray with Essen's city center. The 4 km-long stretch of separated roadway along the middle of the federal motorway A 430 provides the ideal conditions for a rapid, uninterrupted operation of public transit services. In contrast, the situation in the center of Kray and especially along Krayer Strasse between Brueckenplatte and the branching at Heinrich-Sense-Weg is very much worse. Despite its narrow character, this street has to cope with a number of traffic problems e.g. it is the

main connecting road between Kray and Steele and, moreover, the feeder route to the federal motorway A 430 for the northern district limits of Essen and Gelsenkirchen.

For this reason there has been a considerable amount of mutual disruption between rail and road vehicles, due to the axial positioning of the tram lines, when there is a tailback of vehicles turning left or large utility vehicles coming straight down the road. Due to this, it was decided in Kray to take the tram out of the narrow street and terminate the tram route at the bridge plate of the A 430. This would, however, mean that a large number of passengers would be forced to transfer.

Zur Lösung dieser vielschichtigen Verkehrsprobleme bot sich der Spurbus an.

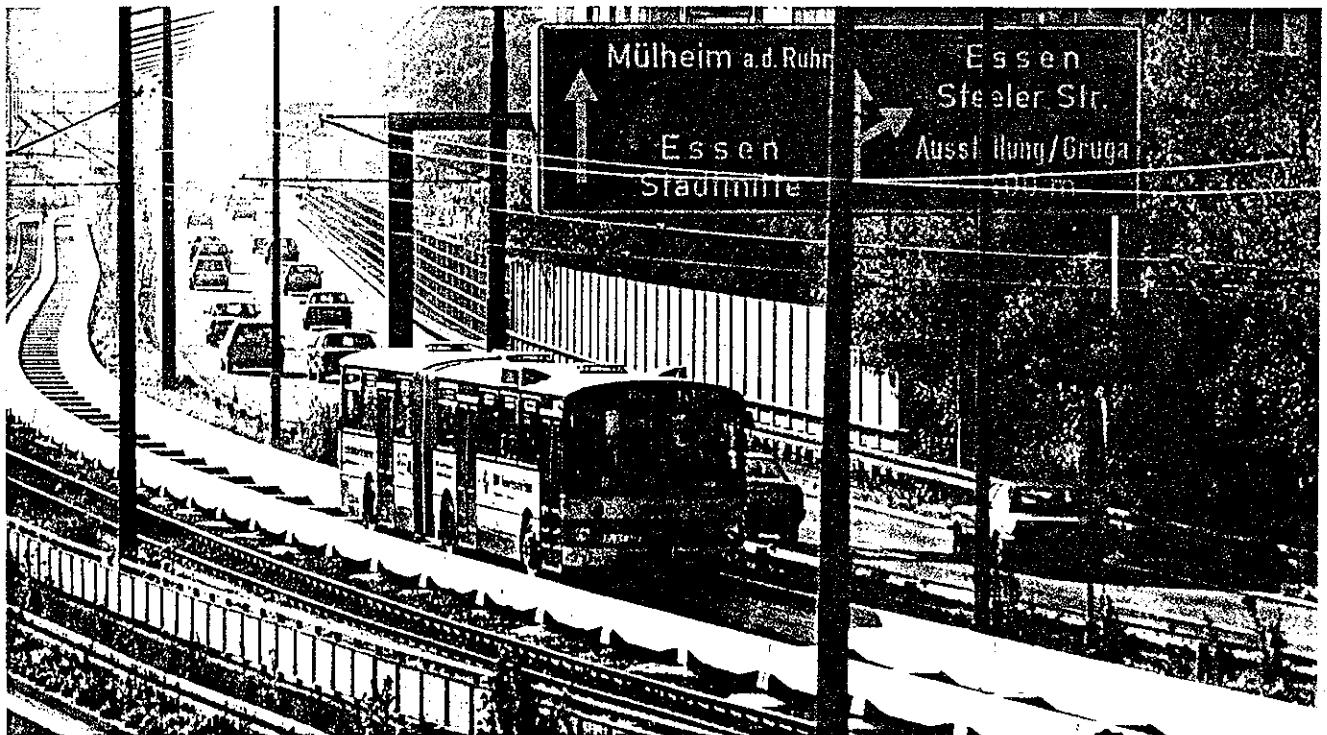
Da der Diesel-Spurbus gegenüber der Straßenbahn für die Anlieger von Kray durch Abgasemissionen doch Nachteile aufweist, hat sich die Essener Verkehrs-AG dafür entschieden, ab 1986 spurgeführte Duo-Busse einzusetzen.

Die Linienführung wird dabei weitgehend der ehemaligen Straßenbahnführung entsprechen. Gegenüber der

bisherigen Straßenbahnbedienung ergeben sich durch den Spurbus eine Reihe von Vorteilen:

The guided bus was able to provide a solution to this complex traffic problem.

The diesel guided bus, in contrast to the tram, would prove disadvantages to the residents in Kray, due to the exhaust emission. Therefore, the Essener Verkehrs-AG has decided to deploy guided Duo-buses, starting 1986. The route is largely the same as the former tram line. However, in contrast to the tram operation, there are a number of advantages in using the guided bus:



Spurbusfahrweg Kray, erster Bauabschnitt / Guided bus track to Kray, first part of construction

- Der Bus ist in den engen Straßen wesentlich flexibler, kann entgegenkommenden Fahrzeugen ausweichen und Hindernisse im öffentlichen Straßenraum sowohl direkt als auch großräumig umfahren.
- Aufgrund des geringeren Fahrzeuggewichtes ist in der Gesamtbilanz der Energieverbrauch und damit auch die Umweltbelastung beim Energieerzeuger niedriger.
- Die bisherige Straßenbahntrasse im Zuge der A430 wird auch zukünftig dem öffentlichen Nahverkehr erhalten bleiben.
- Auf eigenen Spurführungsabschnitten verkehrt er ebenso schnell, sicher und vom Individualverkehr unabhängig, kann jedoch bei Störungen notfalls auf öffentliche Straßen ausweichen.
- Die störenden Eingriffe in das Stadtgefüge sowie die optischen Beeinträchtigungen sind deutlich geringer.
- Da nur dort, wo es sinnvoll ist, eine eigene Infrastruktur erstellt wird, ergeben sich, ebenso wie durch den

Fahrzeug-Großserienbau, geringere Investitions- und Unterhaltungskosten.

- Durch die Gummibereifung ist er bei elektrischem Antrieb leiser, Erschütterungen auf die umliegende Bebauung werden gedämpft, störende Kurvengeräusche treten nicht auf.
- Das reine Bussystem ermöglicht die Zusammenfassung des Umsteigepunktes Kray Nord Bf. und damit eine attraktivere Gestaltung. Die Umsteigebeziehungen, auch zur Bundesbahn, werden kürzer.

- The bus is much more flexible. It can avoid confrontation with vehicles coming straight ahead, and drive around obstacles on the public roads directly and in a wider area as well.

- Due to the lower vehicle weight, there is an overall reduction in energy consumption and therefore less environmental disruption.

- The former tram right-of-way along A430 will remain available for use by future transit systems.

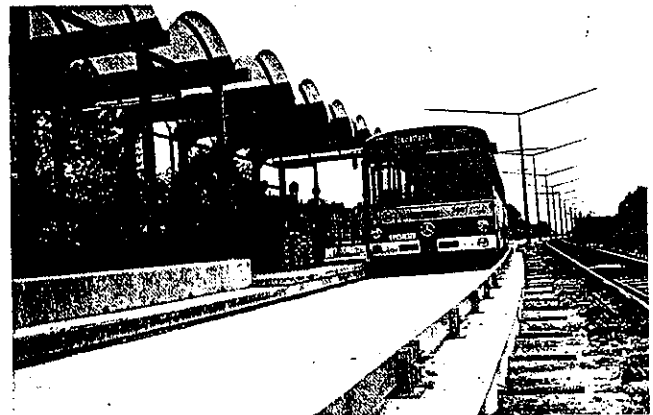
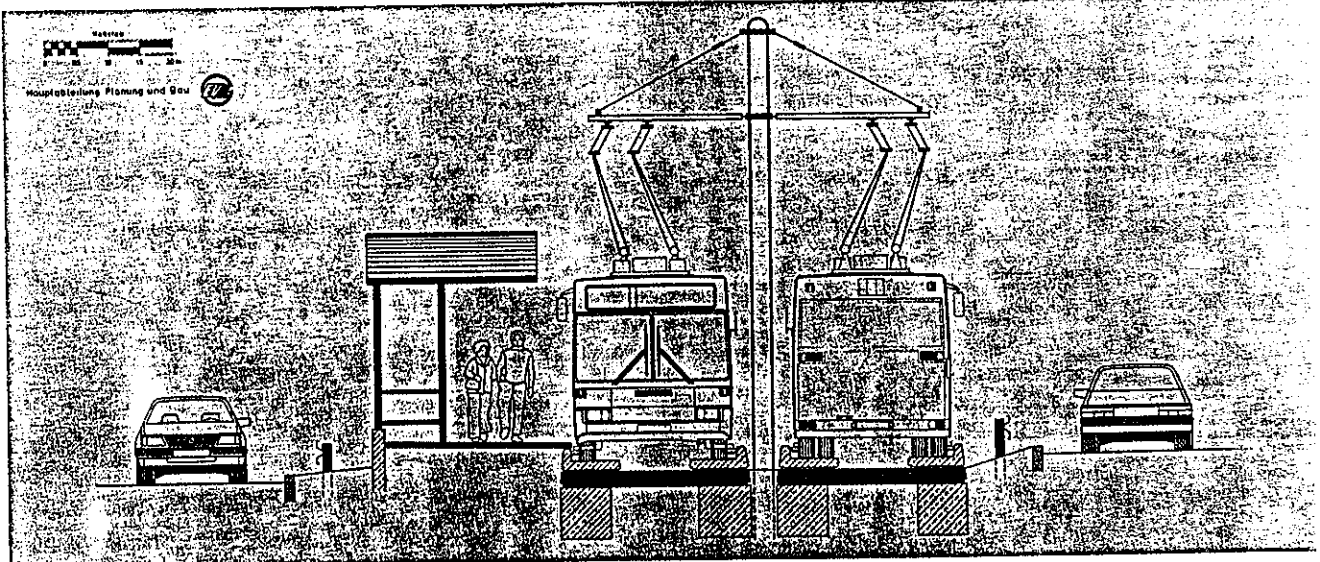
- On its own guideway, it can drive fast, safely and independently of private vehicles. It can also, however, use the public roads in the case of disruption.

- Disturbing effects on the urban structure and the disagreeable optical effect are considerably reduced.

- Specific infrastructure will only be set up where it is essential, which, together with large-scale series production of the vehicles means lower capital investment and maintenance costs.

- The rubber tyred wheels are quieter in electrical operation. Vibrations affecting surrounding buildings are damped out and there is no disturbing noise created in the curves.

- The bus only system permits a restructuring of the transfer point Kray Nord Bf to a more attractive design. Transfer distances, also to the German Federal Railways, are shorter.



Schema und erster Bauabschnitt Kray / Scheme and first part of construction Kray

Spurbusbetrieb im Tunnel

Die Erfahrungen mit dem Spurbus-System im Fahrgastbetrieb auf den Streckenabschnitten Fulerumer Straße und Wittenbergstraße waren positiv. Die Systemkomponenten haben ihre Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb bewiesen. Fahrer und Fahrgäste haben die neue Technologie positiv aufgenommen.

Daher wird nun mit der Detailplanung zur Erweiterung des Spurbusbetriebes auch im vorhandenen Tunnel begonnen. Dieser Tunnel in der Essener Innenstadt ist ca. 2 km lang und wird z.Z. im Vorlaufbetrieb von Straßenbahnen genutzt.

Im Endzustand soll diese Tunnelstrecke mit den Spurbusstrecken Fulerumer Straße, Wittenbergstraße und der Strecke in Richtung Ortsteil Kray zu Demonstrationslinien verknüpft werden.

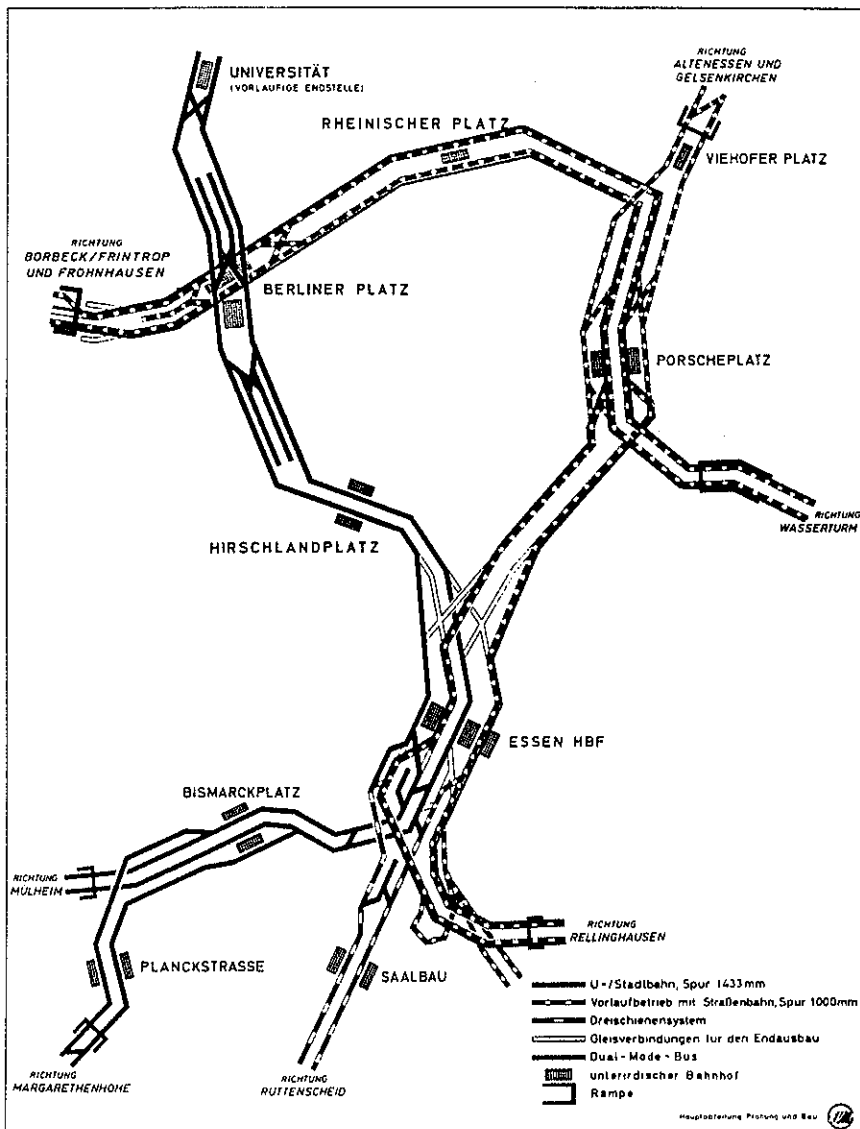
Guided bus operation in tunnels

Experiences gained in using the guided bus system in passenger operation along the route Fulerumer Strasse and Wittenbergstrasse were positive. The system components have proved themselves reliable under constant

use. Both drivers and passengers have welcomed the new technology.

For this reason detailed planning for expanded operation of the guided bus in existing tunnels is being started. The tunnel in question is located in the city center of Essen and is approx. 2 km in length. It is currently being used by trams and a light rail system.

Eventually this stretch of tunnel will be connected together with the guided bus route sections along Fulerumer Strasse and Wittenbergstrasse and the route in direction to Kray, into demonstration lines.



Geplante Führung des Spurbusses im Tunnel
Planned guided bus track in tunnel

Bei erfolgreichem Ausgang des Projektes würde der öffentliche Nahverkehr in Essen über ein äußerst vielseitiges und attraktives Bussystem verfügen. Dies wäre eine ideale Ergänzung zum bestehenden Stadtbahnsystem und würde eine flexible Anpassung an die Verkehrsanforderungen ermöglichen.

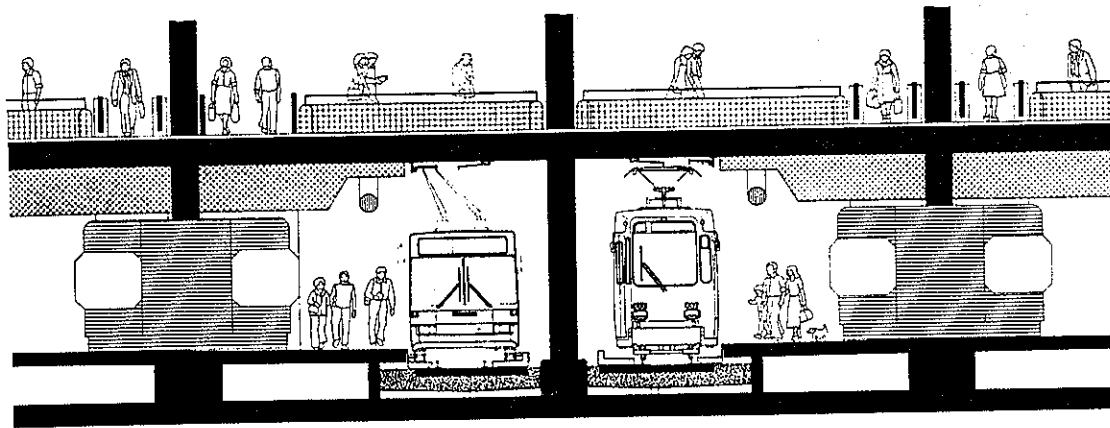
Das Baukastenprinzip des Dual-Mode-Bus-Systems gestattet entsprechend den jeweiligen Anforderungen eine teilweise, stufenweise oder ergänzende Anwendung der einzelnen System-

komponenten. Damit wird der bedarfsgerechte und wirtschaftliche Ausbau des Busverkehrs zu einem leistungsfähigen Gesamtverkehrssystem möglich.

When the project will have been successfully completed, the public transit authorities in Essen will have a versatile and attractive bus system at their disposal. This would provide an ideal

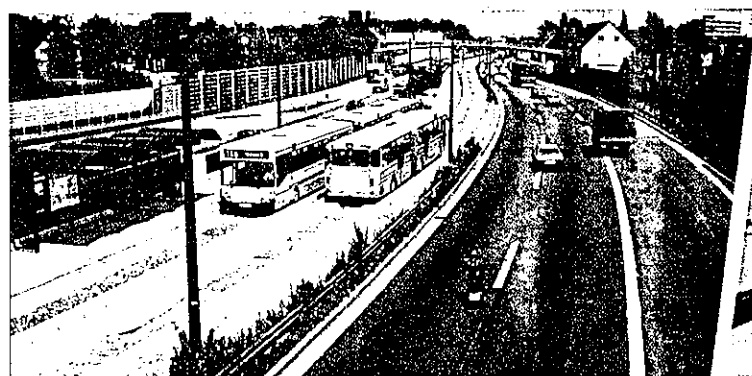
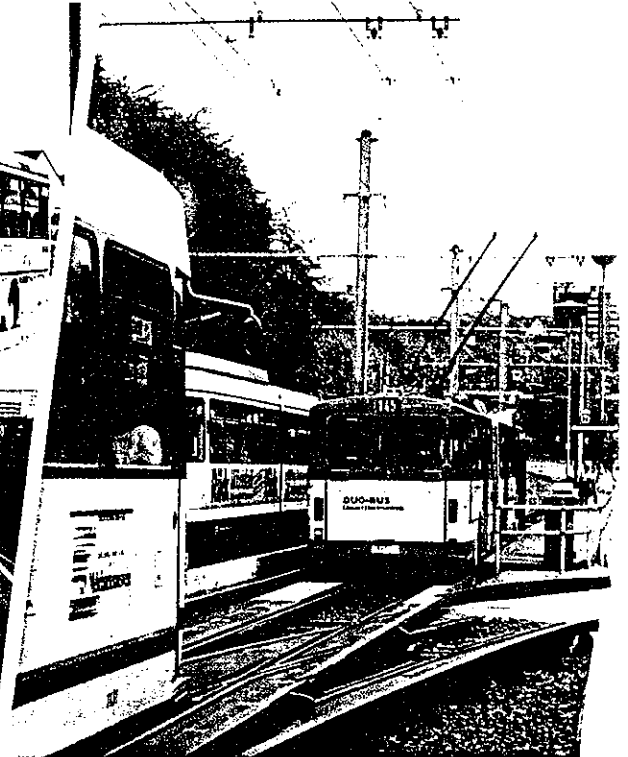
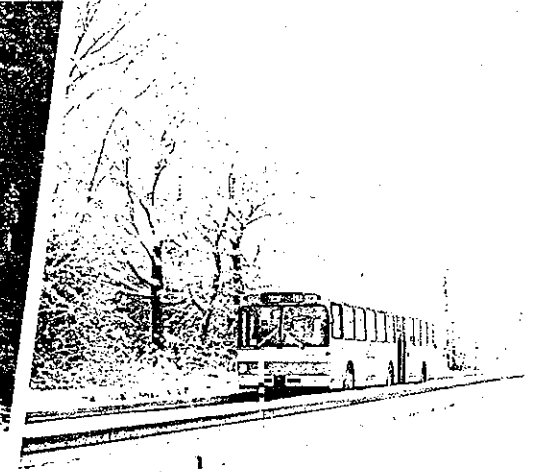
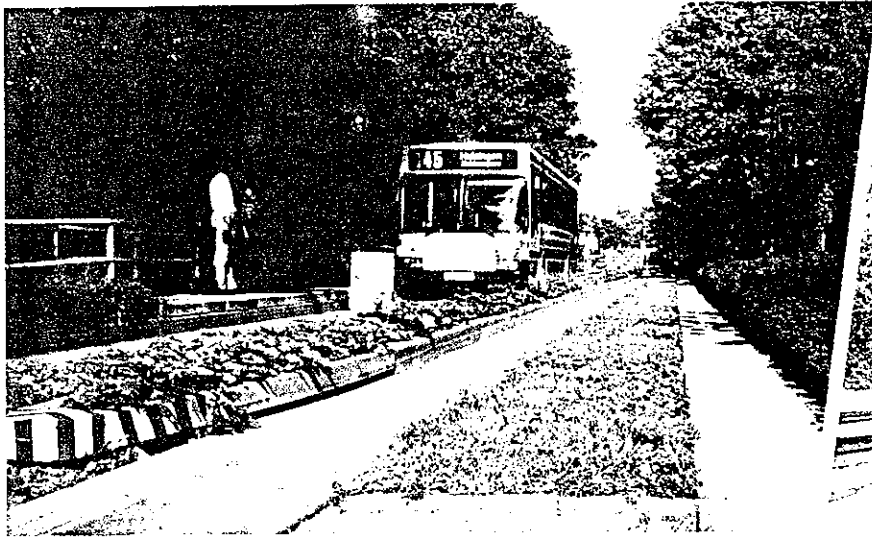
complement to the existing light rail system and permit the authorities to adapt themselves better to changing transport requirements.

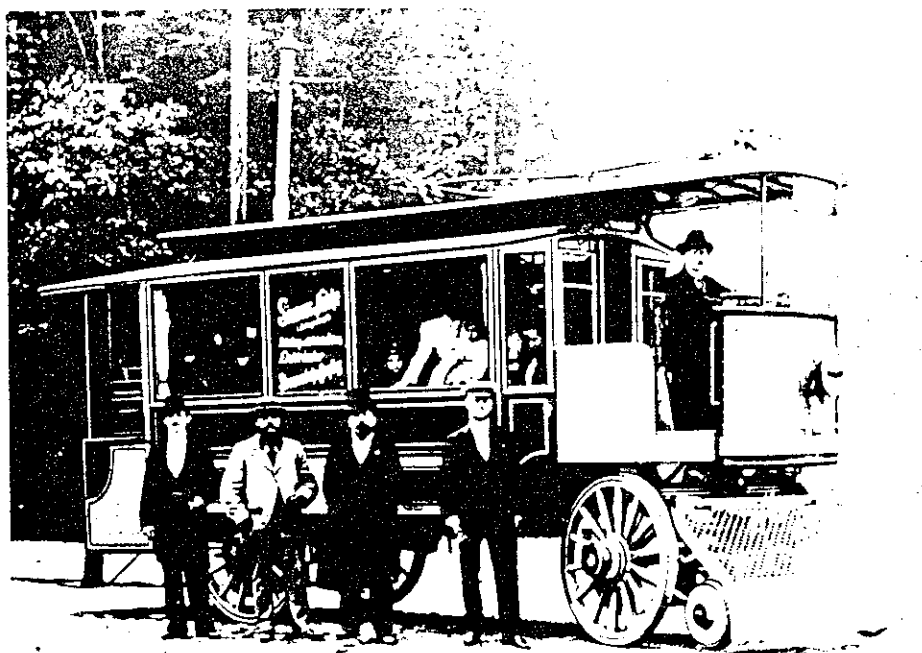
The modular construction principle of the guided bus system permits a partial, step-by-step or supplementary application of the individual system components to meet relevant transport demand. This enables the bus transit facility to be expanded into an efficient overall transit system economically and in accordance with demand.



Hauptabteilung Planung und Bau

Querschnitt einer Tunnelhaltestelle (Porscheplatz) für Mischbetrieb von Straßenbahn und Duo-Bus
Profile of a tunnel station (Porscheplatz) used by mixed operation of tram and Duo-bus





**Siemens
& Halske
1899**

*Elektr. Omnibus für Gleisbetrieb mit Oberleitungsspeisung
und für gleislosen Betrieb mit Batteriespeisung
4 Motoren je 5,5 kW, 525 V, 1000 U/min*

**GL
420187**

Spurbus 1899 und 1988



ESSENER STRASSENBAHN

