



Dipl.-Ing. (ETH) Harry Hondius, Chaudfontaine/Belgien

## Eine Niederflur-Entwicklung der belgischen Bombardier-BN-Werke

Prototyp-Fahrzeug im Test-Lauf

239

BN S. A., eine Fusion von S. A. La Bruggeoise et Nicaise & Delcuve und S. A. Les Ateliers Métallurgiques Nivelles, mit Werken in Brugge und Manage, ist seit 1986 eine 90%ige Tochter des kanadischen Bombardierkonzerns, zu dem auch die Firma Rotax in Wien gehört, die Fahrzeuge unter Lizenz der DUEWAG in Österreich herstellt. Die belgische Waggonindustrie spielte bis in die zwanziger Jahre eine wichtige Rolle auf den Weltexportmärkten (Abb. 1, 2). 1947 [1] kauften La Bruggeoise und Les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC) bei der Saint-Louis Car Cy und Westinghouse einen PCC-Wagen und schlossen einen Lizenzvertrag mit der Transit Research Corporation für die Fabrikation des PCC-Wagens in Europa.

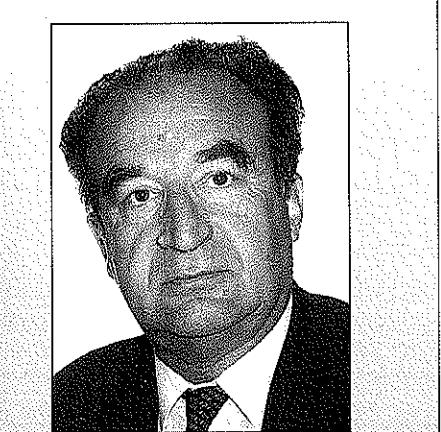
Von 1948 bis 1974 hat diese Kombination für Den Haag, Brüssel, Antwerpen, Gent und Belgrad 634 PCC-Wagen gebaut einschließlich der unter Sublizenz gebauten Wagen für St. Etienne (F), Marseille und Stockholm. Sie waren ausgerüstet mit B2 (1935) und B3 (1947)-Drehgestellen, die von BN im Laufe der Jahre wesentlich verbessert wurden. In den Jahren 1970 bis 1990 wurden für Brüssel, St. Etienne, Den Haag und Amsterdam 373 Gelenkfahrzeuge, hauptsächlich basierend auf der PCC-B3-Drehgestelltechnologie, hergestellt oder sind noch im Bau.

Von 1981 an wurde der PCC-Accelerator für 134 neue GLT-8 Fahrzeuge für Den Haag durch Holec-Chopper [2] ersetzt. Die letzten 45 Fahrzeuge für Amsterdam [3] sind mit Holec-Drehstrommotoren und einer entspre-

chenden Steuerung ausgerüstet. Das sind total 1007 Fahrzeuge in 42 Jahren (Abb. 3). Interessant ist, daß die Prager Waggonfabrik CKD-Tatra-Schmidcov ebenfalls 1947 mit TRC einen Lizenzvertrag abgeschlossen hat, was dazu führte, daß von 1951 bis 1989 22 582 Fahrzeuge mit PCC-B3-Drehgestellen und größtenteils mit Acceleratorsteuerungen an die Comecon-Länder und Ägypten geliefert wurden [4, 5, 6]. Rechnet man mit nicht ganz 5000 Exemplaren, angefertigt in den Vereinigten Staaten von 1935 bis 1951, und 1007 von BN sowie etwa 400 Fahrzeugen, die vom italienischen Lizenznehmer der TRC, CGE, zwischen 1946 und 1960 hergestellt wurden, so kommt man auf fast 29 000 PCC oder direkt davon abgeleitete Fahrzeuge. Das ist eine Rekordanwendung einer robusten Technologie über einen Zeitraum von 55 Jahren.

Die PCC-Technologie, wenn auch modernisiert, eignet sich nur für Niederflur(NF)-Fahrzeuge mit etwa 10% NF-Anteil. Die Antriebsleistung pro Drehgestell von  $2 \times 40$  kW ist für die 60% Variante zu gering und überhaupt ist das B3-Drehgestell heute als „technologisch betagt“ zu bezeichnen.

Konfrontiert mit zunehmendem Interesse an Niederflur-Fahrzeugen mit 350 mm durchgehendem Fußboden, vor allem in England, Frankreich und den Beneluxländern, in welchen BN primär ihre Absatzmärkte sieht, hat die Firma beschlossen, selber einen Prototyp zu entwickeln. Dabei konnte man zurückgreifen auf zwei belgische Entwicklungsprojekte, das TAU- und das GLT-Projekt, auf die kurz eingegangen wird.



DER AUTOR

Dipl.-Ing. (ETH) Harry Hondius (58) ist unabhängiger Berater und Publizist auf dem Gebiet der Nahverkehrs- und Eisenbahntechnik. Nach Beschäftigungen bei der Rheinbahn und der GVBA, bei Beijnes Wagons, Krauss Maffei und BBC arbeitete er von 1959 bis 1961 in der Diesellokomotivabteilung der Sulzer AG, Winterthur. 1962 bis 1979 folgte eine Karriere im Energiebereich in den Niederlanden, die bis zur Funktion des Direktors der Neubauabteilung der N.V. Nederlandse Gasunie führte. Daran anschließend war der Autor bis 1988 Generaldirektor der Internationalen Frankiphilal Gesellschaft, Lüttich.

### Das TAU-Projekt (Transport-Automatisé-Urbain)

Von 1977-1987 beteiligte BN sich an einem vom belgischen Staat finanzierten Projekt, einer automatischen Mini-Metro (TAU) auf Metterspur. Die Führung dieses Projektes lag beim Centre de Recherches Technologiques du Hainaut (CRTH). Beteiligte waren ACEC,

Abb. 1: 16%-Niederflurfahrzeug für die Ekebergbahn, Oslo. 1927

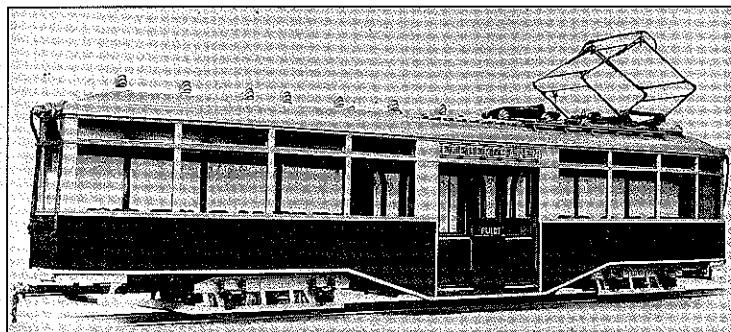
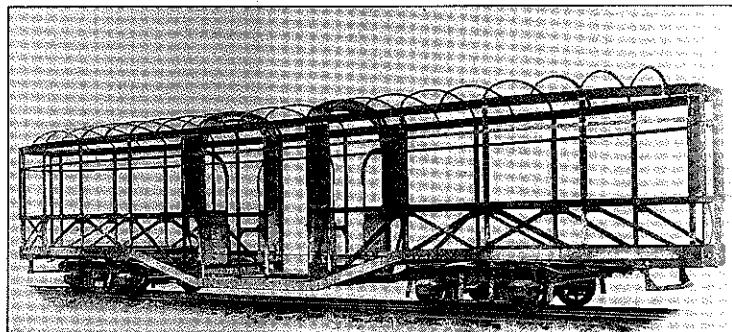


Abb. 2: Stahlgerippe des Niederflurfahrzeugs (Abb. 1)



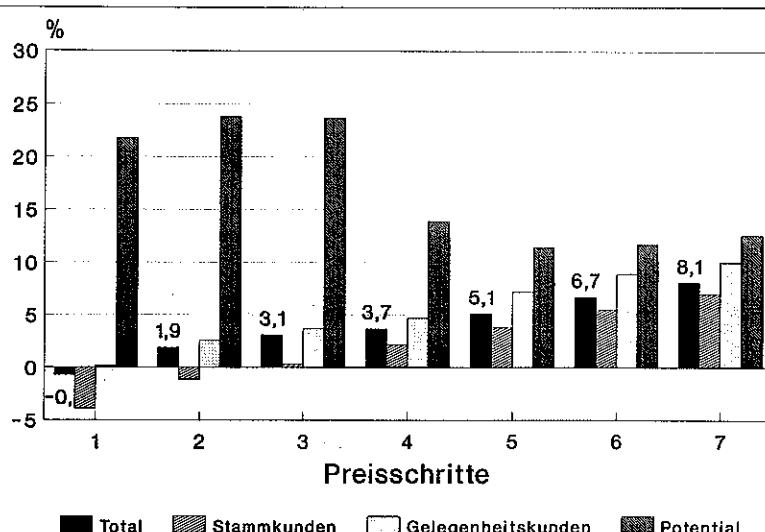


Abb. 3: Prozentualer Erlöszuwachs

- ist die Bedeutung einzelner Produkteigenschaften für das Präferenzverhalten des Befragten ermittelbar,
- kann der Gesamtnutzen nicht erhobener, aber gewünschter Produktalternativen durch Kombination der Eigenschaftsausprägungen errechnet werden.

Für die Kommunikationspolitik können besonders bedeutsame Eigenschaften bzw. Ausprägungen in der Werbung gezielt berücksichtigt werden.

Für die Preispolitik können durch Berechnung von Preis-Absatz-Funktionen Preisabschwellenbereiche aufgezeigt werden.

Da die Wahrscheinlichkeit des Produktkaufs mit dem Anwachsen des Produktnutzens zu-

nimmt, können in Form von Marktpositionierungen von eigenen existierenden Produkten gegenüber geplanten oder konkurrierenden Produkten Abschätzungen der Markttchancen bzw. -risiken vorgenommen werden.

Hauptvorteil des Conjoint-Verfahrens gegenüber konventionellen Erhebungstechniken ist die *gemeinsame Messung* verschiedener Produktdimensionen. Bei konventionellen Methoden neigt der Befragte dazu, wenn er mit einer Reihe von Produkteigenschaften konfrontiert wird, für die er angeben soll, wie wichtig sie für ihn sind, den Idealzustand auszuwählen. Beim Conjoint Measurement wird der Befragte in den meisten Fällen dazu gezwungen sein, Kompromisse zu schließen – wie in der Realität auch. So darf beispiels-

weise der Preis nicht isoliert von der Leistung des Produktes gesehen werden. Der Kunde entscheidet niemals allein aufgrund des Preises, sondern wählt Preis und wahrgenommene Leistung gegeneinander ab. Die Conjoint Measurement-Technik trägt dieser Tatsache Rechnung.

## Literatur

- [1] Vgl. Kucher, E.; Simon, H., Conjoint-Measurement-Durchbruch bei der Preisentscheidung, in: Handels Manager 3/1987, S. 29, sowie Albers, S., Schätzungen von Nachfragereaktionen auf Variationen des Angebots und Leistungsangebotes im öffentlichen Personennahverkehr, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaften 4/1983, S. 212 f.
- [2] Auch als Konjunktur Analyse oder Verbundmessung bezeichnet; vgl. Backhaus, K. u. a., Multivariate Analysemethoden, eine anwendungsorientierte Einführung, 5. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1989, 345 ff.
- [3] Es gibt beim Conjoint Measurement zwei Erhebungsmethoden: Die Profilmethode oder Full Conjoint Approach, bei der der Befragte konkrete Produkteurteilung vorgelegt bekommt und diese entsprechend ihrer subjektiv empfundenen Nutzenstiftung eine Rangordnung bringen muß und die Zwei-Faktoren-Methode, die auch als Trade-Off-Analyse oder wise Approach bezeichnet wird, bei der der Befragte immer jeweils nur zwei Faktoren gleichzeitig betrachtet und gegeneinander abwägen muß. Die Zwei-Faktoren-Methode gilt, was die Ansprüche an die Auskunftsson angeht, als leichter zu bewältigende Bewertungsaufgabe; vgl. Backhaus, K. u. a.; a.a.O., S. 349 f.
- [4] Heutige Pkw-Nutzer, die täglich oder fast täglich VGN-Gebiet unterwegs sind und in Gebieten ihres Wohnsitz haben, die bereits jetzt gut durch den ÖPNV erschlossen werden. IV-Stammkunden, also Personen, die (fast) täglich im VGN-Gebiet mit ihrem Auto unterwegs sind und in Gebieten wohnen, die heute nur schlecht durch den ÖPNV erschlossen werden, blieben aus der Untersuchung ausgeklammert, aus dieser Zielgruppe auf absehbare Zeit vermutlich kaum neue ÖPNV-Zeitkarten-Kunden gewinnbar werden.



Von Prof. Dr.-Ing. **Hans Fricke** und Prof. Dr.-Ing. **Klaus Pierick**  
Technische Universität Braunschweig

1990, 240 Seiten mit 82 Bildern und 2 Tabellen, Geb. DM 62,-  
ISBN 3-519-05020-X

Die ordnende und strukturierende Beschäftigung mit dem Gesamtsystem Verkehr hat aufgrund der elektronischen Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten der Systeme dazu geführt, daß die praktizierte Sicherungsmethodik des Verkehrs, besonders die des öffentlichen

Verkehrs, einer systematischen Analyse mit dem Ziel der Fortschreibung in die Technologiegeneration der Elektronik unterzogen werden mußte.

In dem vorliegenden Buch werden sowohl die theoretischen Grundlagen als auch die Anwendung der entwickelten Sicherungsmethoden und die Verfahren der Sicherheitsbewertung behandelt.



**B.G. Teubner**  
Postfach 801069  
7000 Stuttgart 80



Abb. 3: Dritter PCC-Wagen in Europa. HTM 1002, von St. Louis Car Cy./Westinghouse, von BN auf 2200 mm gebracht, 1949, und acht-achsiger Gelenkwagen Typ 11G der GVB-Amsterdam, 1990



Abb. 4: TAU-Fahrzeug (Transport-Automatisé-Urbain), BN/ACEC, der Teststrecke in Jumet. Länge:  $2 \times 8750$  mm, Breite 2060 mm, Leergewicht 16 t. Vmax: 72 km/h

BN und eine Kombination von belgischen Bau- und Beratungsfirmen.

Die Idee war, quasi als Antwort auf die vollautomatischen Mini-Metros auf Gummireifen, eine im Energieverbrauch viel günstigere Stahlvariante vorzulegen, die extrem kurze Radien von 10 m betrieblich befahren konnte [7]. Dies sollte zusammen mit verbesserten Baumethoden zu niedrigeren Investitionen pro U-Bahn-Kilometer in Relation zu klassischen Systemen führen.

Von 1982 bis 1987 wurde vom CRTH in Jumet eine 2,5 km lange, meterspurige Teststrecke betrieben, auf der die TAU-Prototypfahrzeuge (Abb. 4) erprobt wurden. Um die Baukosten niedrig zu halten, waren die Wagen – Achsfolge Ao'1'1'Ao-Ao'1'1'Ao' – nur

2060 mm breit, 3000 mm hoch und  $2 \times 8750$  mm lang. Deren Gewicht betrug nur 16 t, und sie waren so entworfen, daß sie Kurven von nur 10 m Radius befahren konnten (Abb. 5). Für diese Wagen entwickelte BN verschiedene gelenkige Maximum-Traction-Drehgestelle, deren Räder sich in den Kurven radial einstellen konnten (Abb. 6 und 7) sowie mit Losräder und Raddurchmessern von 600 bzw. 270 mm, einem Radstand von 1160 mm und einem Gewicht von 1,6 t. Die vier angetriebenen Räder (90% Adhäsion), Radlast (leer) 1,8 t, hatten ACEC-Gleichstromnabenmotoren mit einer Leistung von  $\pm 20$  kW (Abb. 8). Die Stromabnahme geschah über ein von unten bestrichenes 950-V-Drehstrom-Dreischienensystem. Eine Gleichrichtersteuerung diente zur Erzeugung von Gleichstrom. Es wurde demnach der umgekehrte Weg wie

bei den heutigen Antrieben üblich beschriften. Mit diesen Drehgestellen konnten insgesamt 375 000 km Erfahrungen gesammelt werden.

Das Projekt wurde 1988 fallengelassen. Es können eine Anzahl von Gründen angegeben werden.

– Das Königreich Belgien wurde am 1. Januar 1988 regionalisiert. Die danach zuständige Region Wallonien stellte für den Bau eines 15-km-Systems in Lüttich keine Mittel mehr zur Verfügung. Es war vorgesehen, die Linie Herstal-Jemeppe in etwa sieben Jahren zu bauen und dann 20 Mio. Reisende/Jahr mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 30 km/h zu befördern. Durch die Bahn sollten ca. 70 Omnibusse ersetzt werden.

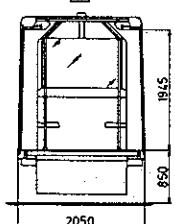
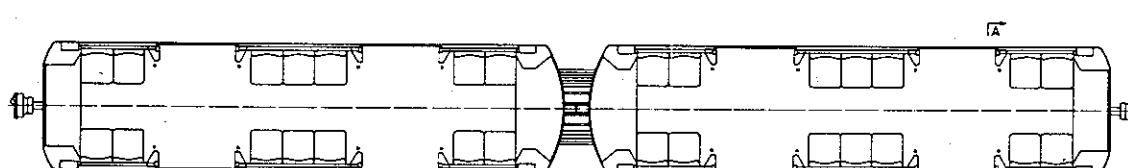
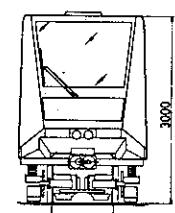
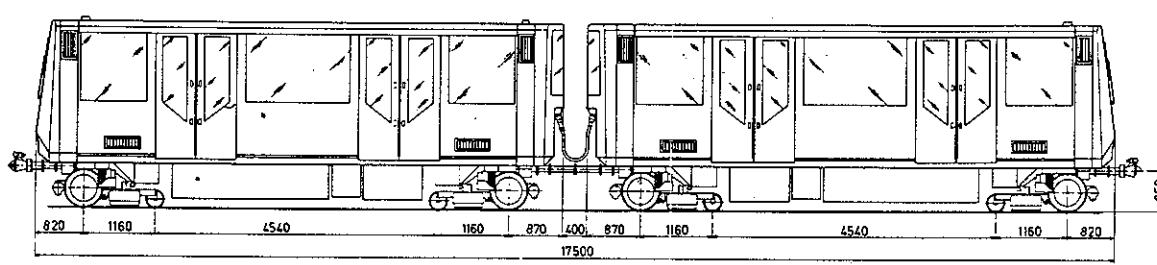


Abb. 5: TAU-Fahrzeug, BN/ACEC, Maßskizze

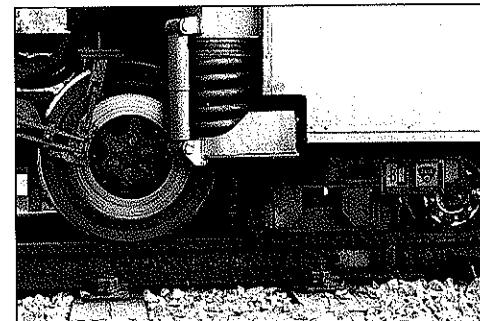
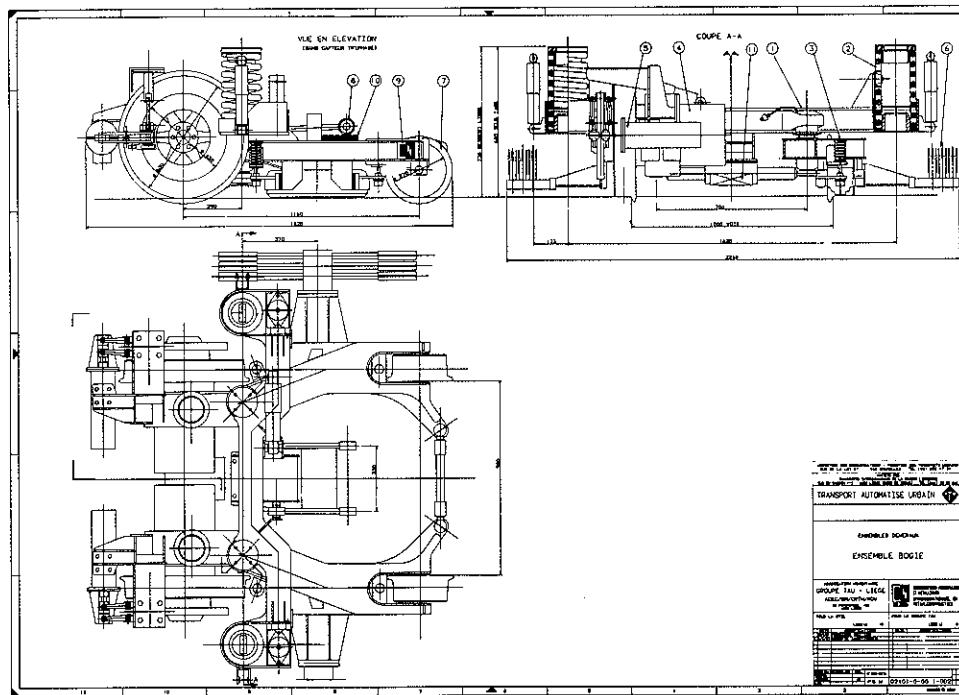


Abb. 6 und 7: TAU (Transport-Automatisé-Urbain) Maximum-Traction-Drehgestell. Zwei Seitenrahmen mit zentralem Querträger, Losräder. Jede Gleichstromradnabenmotor-Kombination ist drehbar im Rahmen gelagert, also radiale Einstellung der Triebradpaare in den Kurven. Primärgefederung durch SAB-gummigefedertes Rad. Sekundärfederung durch Spiralfeder. Zwei Lenker verbinden Wagenkasten und Querträger. Horizontalstoßdämpfer zwischen Querträger und Wagenkasten

– Die ACEC Transport Division erlebte wirtschaftlich eine schwierige Periode und wurde 1988 mit ihrer Düsseldorfer Tochter Kiepe von GEC-Alsthom erworben. Alsthom ist ei-

ner der großen Stimulatoren hinter dem weltweiten Verkauf der Matra-VAL-2006 und 2560 Systemen (Lille 25 km, Toulouse 9,7 km, Paris/Orly 7 km, Budapest 4,2 km, Tapei 12 km, Jacksonville, Chicago US (Abb. 8, 9).

– Die BN zog sich schließlich auch deshalb zurück, weil bei der Realisierung eines solchen Systems der größte Teil der Geldmittel in die Infrastruktur hätte investiert werden müssen.

### Das GLT-Projekt (Guided-Light-Transit)

Parallel dazu wurde ab 1985 das GLT-(Guided Light Transit)-System mit Führungsstrecke in der Mitte entwickelt [10]. Die erste

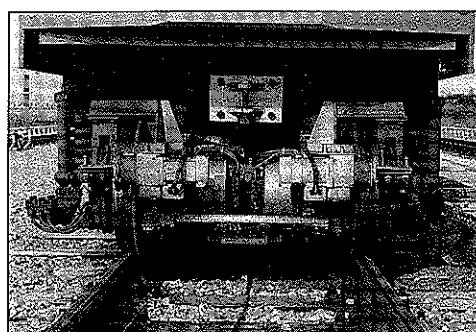


Abb. 8: TAU: Kopfansicht der Gleichstromnabenmotoren

Ausführung dieses dieselelektrischen Fahrzeugs wurde 1985 anlässlich der UITP-Veranstaltung in Brüssel auf einer kurzen Strecke vor dem Ausstellungsgelände vorgeführt. Zwei Doppelgelenk-Fahrzeuge (Abb. 9) werden als Teil einer Touristenlinie von 4 km zwischen Jemelle und Rochefort (Abb. 10) betrieben und die Entwicklung wird ständig perfektioniert. Jede Achse des Fahrzeugs wird im Schienenbetrieb von einem kleinen Radgestell geführt (Abb. 11).

Gegenüber der O-Bahn von Mercedes-Benz hat dieses System folgende Vorteile aufzuweisen:

– Alle Achsen sind geführt, man kann daher im Schienenbetrieb gekuppelt fahren, und das bei der Ausführung mit rein elektrischem Antrieb im Prinzip in beiden Richtungen gleich schnell.

– Die Führungsstrecke kann im Pflaster bei Kreuzungen (Abb. 12) usw. gut von anderen Verkehrsteilnehmern gekreuzt werden.

Die Nachteile sind:

– Die hohen Kosten, weil nicht so standardisiert wie die Omnibusse.

– Man kann keine Niederflurausführung bauen. Durch das Führungsgestell ist die minimale Höhe auf etwa 550 mm begrenzt.

Ein drittes Fahrzeug wurde nie komplett fertiggestellt und wird in eingelenkiger Ausführung als Basis für das LRV 2000 Fahrzeug gebraucht.



Abb. 9: GLT. Zwei Fahrzeuge in Jemelle. Das linke in Dieselbetrieb, das rechte in Oberleitungsbetrieb. Ein durch eine Mittelschiene gelenktes Radgestell steuert die Räder. Länge 24,57 m, Breite 2470 mm, Bodenhöhe 800 mm, Leergewicht 26 t, 190 kg/Platz, 2 x 100 kW ABB E-Motoren, 1 x 260 kW Detroit Diesel, Diesel-elektrisches Aggregat

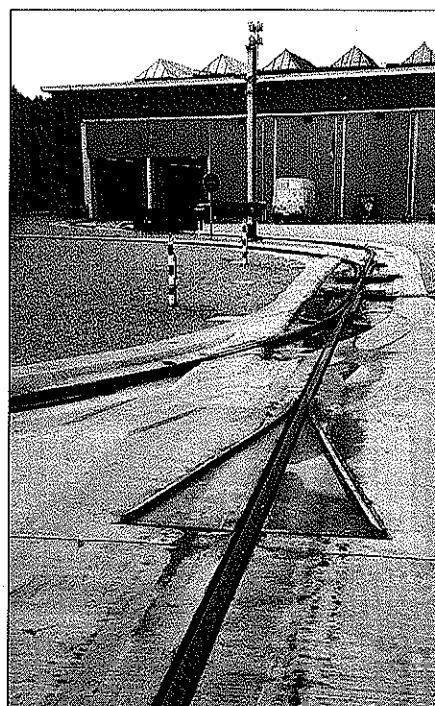
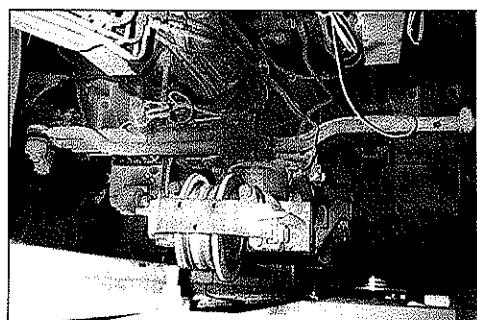
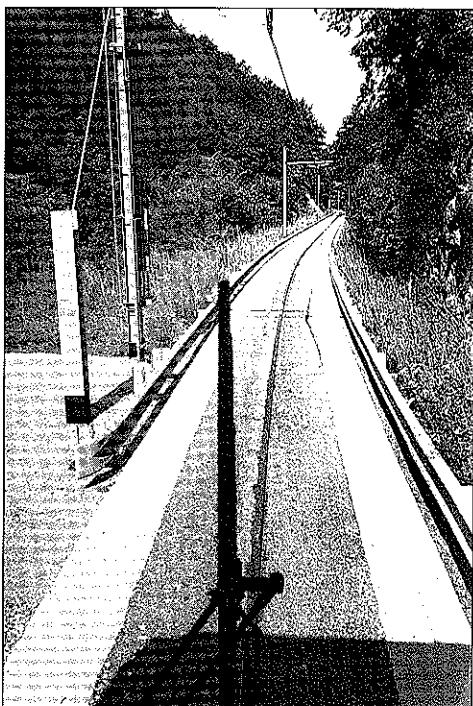


Abb. 10 (links): GLT-System (Guided-Light-Transit) Strecke Jemelle - Rochefort, 600-V-Oberleitungsbetrieb mit Mittelschiene. Hier werden Beton-Fahrbahnen verwendet. Eine Alternative sind Fahrbahnen aus Stahl, direkt auf Schwellen befestigt. Die Leitplanke dienen der Sicherheit

Abb. 11 (oben): GLT-System, Radsteuerung. Raddurchmesser 220 mm

Abb. 12 (rechts): GLT-System, Jemelle, Einfädelungsstation des Rad-Steuergestells

## Das Testfahrzeug LRV 2000

### Das Drehgestell

Herzstück des LRV-2000 (Abb. 13) ist das BAS 2000 Gelenk-Drehgestell. Es basiert auf zwei Prinzipien:

– der Radialsteuerung der Räder in den Kurven und

– dem Maximum-Traction-Arrangement (75% Adhäsion), so daß die Radkästen möglichst klein ausfallen. (Interessant ist festzustellen, daß damit das Maximum-Traction-



Abb. 13: BN-LRV 2000, 100%-NF-Testfahrzeug (72 % echter Niederflur, ENF). Abstände Bug - Befestigungspunkte der Drehgestelle - Heck des Fahrzeugs: 3193 + 8477 + 6778 + 1850 mm. Länge des Vorderwagens 9820 mm, des Hinterwagens 10 478 mm

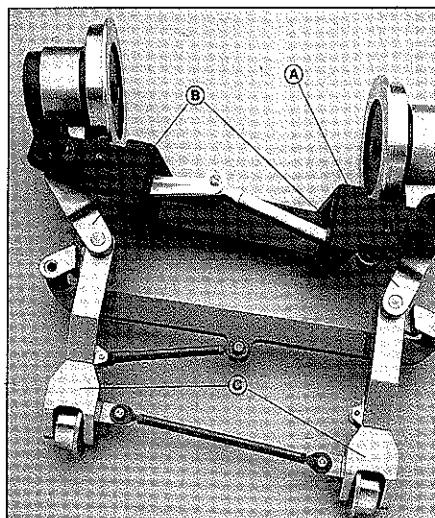


Abb. 14: BN-Modell des Drehgestells mit radial eingestellten Rädern. Man erkennt Träger A und die Rahmen B und C

Drehgestell wieder auferstanden ist [11, 13].)

Die 100% Niederflur(NF)-Bedingung führt zu:

- der Anwendung von Losrädern, mit einer Durchmesser von 675 mm für die angegebenen Räder und 375 mm für die anderen Räder.
- Radnabenmotoren in Drei-Phasen-Asynchronausführung, die über ein Planetengetriebe ein gummigefedertes Rad (Bauart Schumacher) antreiben. Eine weltweite Neuentywicklung.

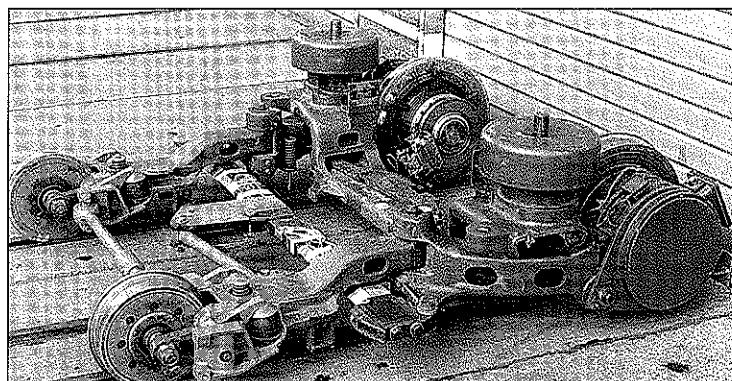


Abb. 15: BN, BAS 2000 Drehgestell. Schienenbremsen nicht einge-hängt. Hinweis auf die Primärfederung direkt oberhalb des Anlenkpunktes der Rad/Motorgruppe

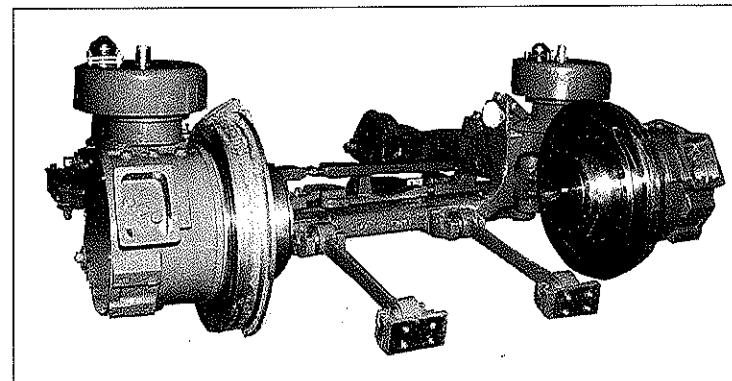


Abb. 16: Das Drehgestell von der Motorseite gesehen. Mit Hinweis auf die Lenker mit dem Wagenkasten und die Drehpunkte der Rad/Motorgruppe

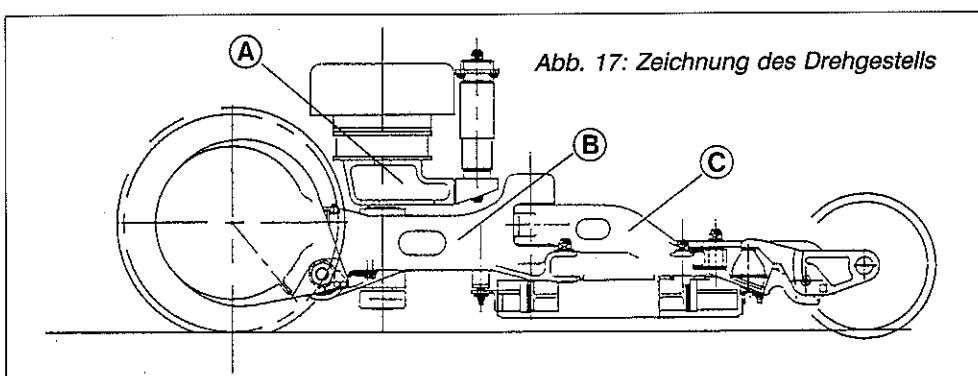


Abb. 17: Zeichnung des Drehgestells

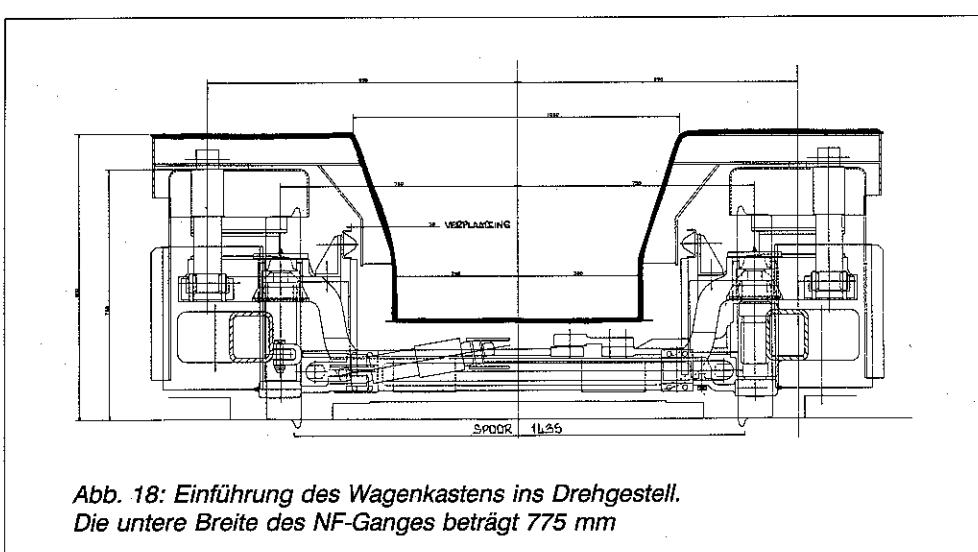


Abb. 18: Einführung des Wagenkastens ins Drehgestell.  
Die untere Breite des NF-Ganges beträgt 775 mm

Das Drehgestell (Abb. 14, 15, 16, 17) wiegt komplett 2,8 t. Besser müßte es Fahrgestell heißen, da die Räder sich in Kurven radial einstellen und das Ganze sich gegenüber dem Wagenkasten nicht dreht. Der Radstand in den Geraden beträgt 1900 mm.

Die Sekundärfederung ist folgendermaßen aufgebaut: Der Wagenkasten ruht über zwei Luftfedern auf einem Schwanenhalsträger A aus Stahlguß, der mit zwei Lenkern, die die Zug- und Bremskräfte aufnehmen, mit dem Kasten verbunden ist. Das Luftfederungssystem läßt Seitenausschläge des Kastens von 30 mm zu. Gummianschläge fangen die Seitenkräfte auf. Zwei vertikale und ein horizontaler Koni-Stoßdämpfer dienen zur Schwingungsdämpfung (Abb. 18). Der Träger A ruht auf den beiden Stahlguß-Rahmen B über zwei in SKF-Rollenlagern gelagerten Drehzapfen. Die Rahmen B sind also gegenüber A drehbar. Die Aufhängung eines Drehzapfens läßt eine kleine Relativbewegung von einem Rahmen B gegenüber A zu, um Schienenhöhenunterschiede kompensieren zu können.

Das Motorgehäuse der Radnabenmotor-Antriebskombination ist mit in Gummi gelagerten Bolzen mit seinem Rahmen B verbunden. Diese Befestigung läßt eine gewisse Vertikalsbewegung zu. Als Primärfederung fungiert eine über diesen Bolzen plazierte, horizontal arbeitende Gummi-Metallfeder. Die Rahmen

**WUPPERGLANZ SCHNELLREINIGER**

IM IN- UND AUSLAND BEWÄHRT FÜR DIE AUSSEN-  
UND INNENREINIGUNG ALLER GROSSFAHRZEUGE

WUPPERGLANZ · Kurt Friedewald & Co · Wuppertal-Elberfeld

reinigt

schnell

gründlich



Die Stadt Aachen

sucht zum nächstmöglichen Zeitpunkt für das Planungamt, Abteilung Verkehrsplanung, eine(n)

## MITARBEITER/IN der Fachrichtung Bauingenieurwesen/Verkehrsplanung.

Als Beauftragte/r für den öffentlichen Personenverkehr bearbeitet der/die Stelleninhaber/in unmittelbar alle Aufgaben, die der öffentliche Nahverkehr in einer Großstadt stellt und die im unmittelbaren Zusammenhang damit stehen. Zum Aufgabengebiet gehört auch die Koordinierung mit den Verkehrsträgern.

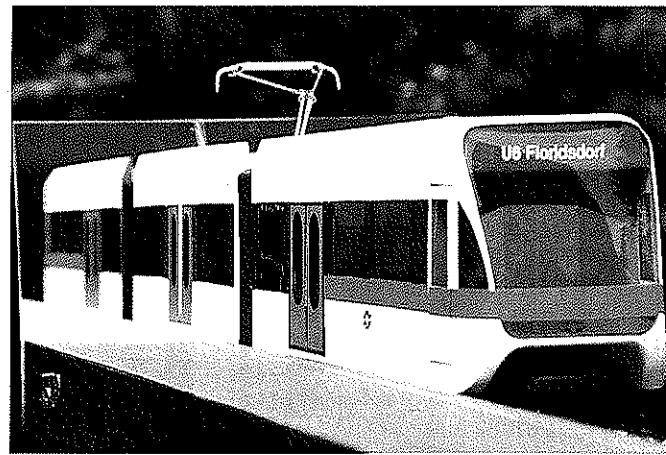
Der/die Stelleninhaber/in sollte Erfahrung im Aufgabenbereich haben.

Die Arbeitsbedingungen richten sich nach dem Bundesangestelltentarifvertrag (BAT).

Interessierte Bewerber/innen werden gebeten, die erforderlichen Unterlagen (handgeschriebener Lebenslauf, Lichtbild, Fotokopien von Zeugnissen und Beschäftigungsnachweisen) bis 4 Wochen nach Erscheinungsdatum dieser Anzeige zu senden an den

**Oberstadtdirektor, Personalamt,  
Postfach 12 10, 5100 Aachen**  
unter dem Kennzeichen „A 61/30“.

Der Oberstadtdirektor



### Bombardier-Rotax-Wien

Donaufelder Straße 73-79, A-1211 Wien  
Tel. 02 22/25 56 45-125, Telex (47) 114 791  
Telex Zentrale 25 56 45/200 od. 25 91 383

### NIEDERFLURFAHRZEUGE VON BOMBARDIER

In Wien arbeitet BRW an einem U-Bahn-Niederflurfahrzeug, welches im Wageninneren völlig stufenlos begehbar ist. Bei der U-Bahn-Linie 6 ist die Perronhöhe lediglich 340 mm und die Einstiegs- und Ausstiege entsprechen diesem Niveau. Die Fahrzeuggbreite dieser 3teiligen Zweirichtungs-Triebfahrzeuge beträgt 2650 mm, die Länge 27,30 m.

Bereits im Probebetrieb fährt die 100%-Niederflurstraßenbahn von BN in Belgien. Das Fahrzeugkonzept kann fast allen Bedürfnissen von Straßen- oder Stadtbahnen angepaßt werden. Zwischen drei oder vier Wagenkästen mit unterschiedlichen Breiten zwischen 2,20 m und 2,70 m für Ein- oder Zwei-Richtungsbetrieb sind möglich.

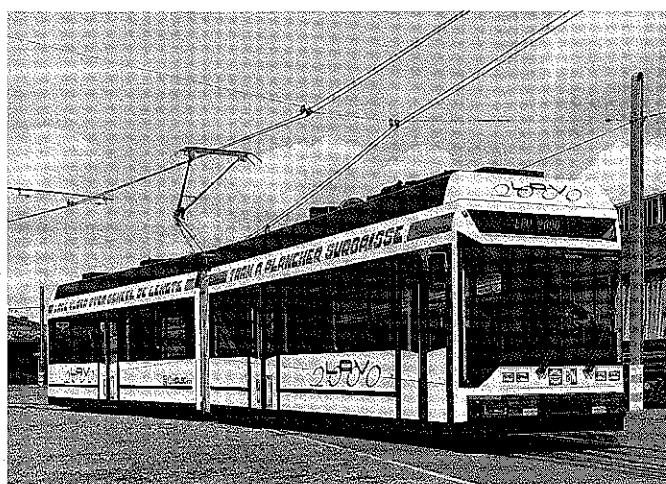
Herausragendste Innovation ist das Drehgestell BAR 2000 mit ein- oder zweifachem Gelenk (für 25 bzw. 15 m Kurven-Radius) mit einem Reibungsgewicht von 75%. Pro Drehgestell werden zwei 40 kW Asynchron-Motoren eingesetzt. Das Konzept dieses Drehgestelle hat sich während langjähriger Erprobung bewährt.

BRW und BN gehören zur international tätigen Bombardier Gruppe und verbinden Tradition mit zukunftsorientierter, umweltfreundlicher Technik für den Fahrgast.



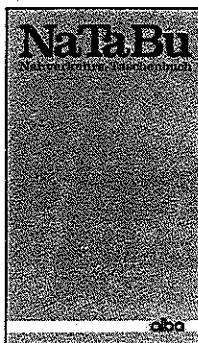
BN S. A.  
AVENUE LOUISE 65  
B. 1050 BRUXELLES

TELEX 61 736 BRUNAG B  
TEL. 02/5 35 55 11  
FAX 02/5 39 10 17



Ob in Verkehrsbetrieben, den einschlägigen Verbänden, in Beratungsunternehmen oder in der gesamten Verkehrsmittelindustrie: das NaTaBu gehört zum täglichen Handwerkszeug.

In Vorbereitung: **NaTaBu '91**



Für Ihre Werbung bietet gerade diese intensive Leser-Nutzung ein ideales Umfeld.

**Versäumen Sie es deshalb nicht, im nächsten NaTaBu mit einer Anzeige dabei zu sein.**

**Anzeigenschluß ist am 28. September 1990**

Bitte Insertionsunterlagen anfordern bei:  
ALBA Fachverlag · Postfach 32 01 08 · 4000 Düsseldorf 30



B sind über in gummigelagerte Drehzapfen mit den Stahlguß-Rahmen C verbunden, die über Gummifedern auf den gummigefederten Pony-Rädern ruhen. Die Rahmen B und C sind über fein einstellbare Spurstangen miteinander verbunden. Alle Drehpunkte befinden sich in der vertikalen Radebene, so daß keine Torsionsmomente auf die Drehgestellrahmen übertragen werden. Die Radbelastung (leer) der angetriebenen Räder beträgt 3 t.

Das Gewicht des Fahrzeugs wird über die Luftfederung auf die Rahmen A übertragen, die es über die Drehzapfen auf die Rahmen B (75%) und C (25%) weiterleiten. Von den Rahmen B belastet es über die Gummi-Pri-

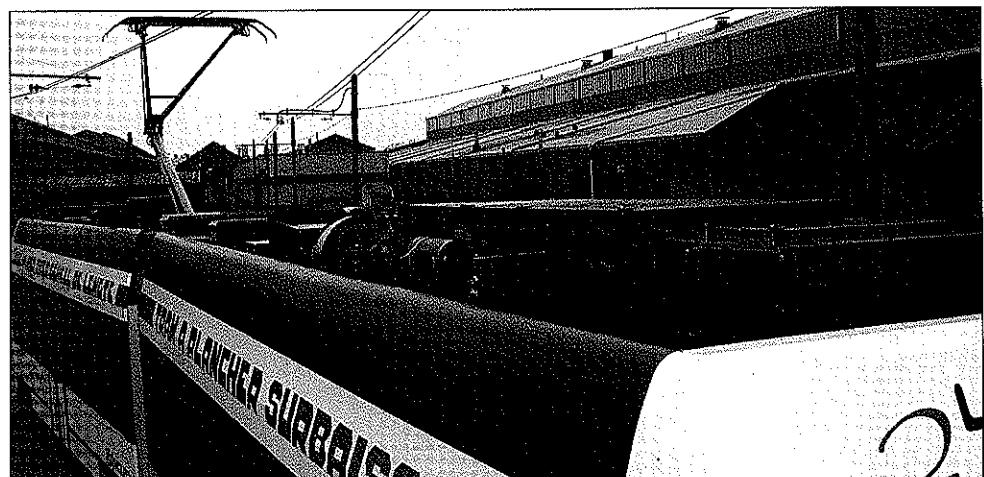


Abb. 19: Anordnung der Elektronik auf dem Dach

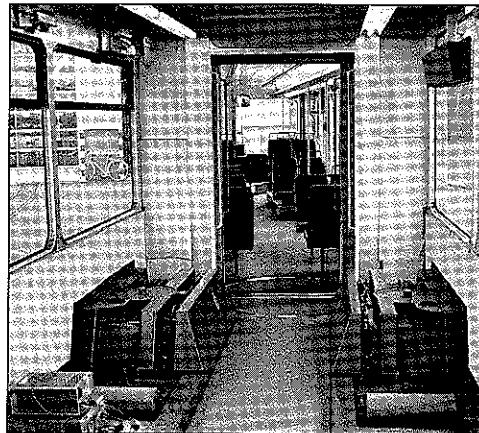


Abb. 20: Innenraum, vom Hinterwagen in den Vorderwagen blickend. Die Podeste sind durch Anwendung des Maximum-Traction-Prinzipes relativ kurz, daher 72% ENF

märfederung das Motorgehäuse und von dort über die Außenlager direkt die gummigefederten Radsätze. Die Motorachse und das Planetengetriebe werden nicht vom Gewicht belastet. Das Motorgehäuse stützt sich nur über das gummigefederte Rad auf die Schienen ab.

## Die elektrische Ausrüstung

Der wassergekühlte Holec-Radnabenmotor hat eine Leistung von 38 kW, ein max. Drehmoment von 400 Nm und eine maximale Drehzahl von 4220 U/min. Er treibt das zugehörige Rad über ein Hurth-Planetengetriebe, das von BN entworfen ist, an (Reduktion 1:7,512). Das Holec-Steuersystem ist identisch mit dem System, das in Amsterdam für die sich in der Auslieferung befindenden 11G- und 12G-Typen verwendet wird [3]. Es besteht aus einem von einem Mikroprozessor gesteuerten Netz- und Bremschopper

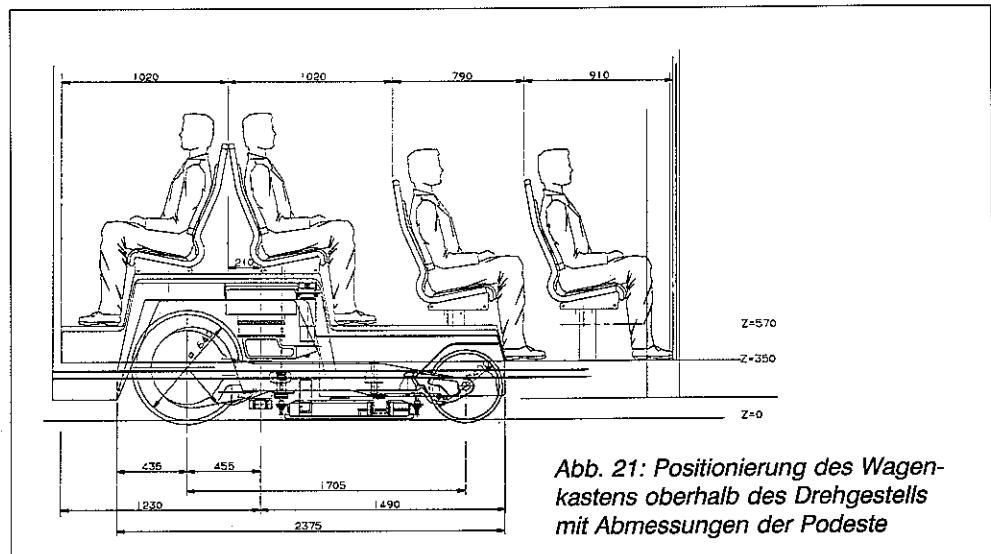


Abb. 21: Positionierung des Wagenkastens oberhalb des Drehgestells mit Abmessungen der Podeste

Abb. 22: Einstiegspartie mit ausfahrbarem Trittbrett auf 250 mm. BN-Außenschwenktüren





Tabelle 1: Niederflurstraßenbahnen, Podeste und Stufen

Verkehrs- betrieb	Länge über Kasten (m)	% NF*	% ENF <sup>2</sup>	Anzahl Türen Insgesamt	Anzahl Türen im NF-Teil	Anzahl Stufen
60 à 70% NF-Fahrzeuge						
1. Bern	31	72	67	6	6	2 (x 2)
2. Bochum	28,6	± 69 <sup>3</sup>	± 66 <sup>3</sup>	3	3	1 (x 2)
3. Kassel	28,8	62	59	5	3	2 (x 2)
4. Grenoble	29,4	61	55	4	4	2 (x 2)
5. Flat	22,2	56	52	4	4	2 (x 2)
100% NF-Fahrzeuge						
1. Socimi	14	100	74	4	4	-
2. BN	20,2	100	72	3	3	-
3. VÖV	26,69	100	64	5	5	-
4. Bremen	26,5	100	62	4	4	-

\* % NF: Länge NF-Teil (290-350 mm)/Länge über Kasten; <sup>2</sup> % E(ffektiver) NF: Länge NF-Teil × Wagenbreite minus Oberfläche Podeste/Länge über Kasten × Wagenbreite; <sup>3</sup> Geschätzt vom Autor.

und einem Dreiphasenwechselrichter mit Spannungzwischenkreis, der jeweils vier Motoren steuern kann. In diesem Falle sind es also entweder die drei Motoren pro Wagenseite, die so gesteuert werden können, daß sie das gleiche Drehmoment liefern, oder vier andere. Die Leistung genügt nicht, um alle sechs Motoren gleichzeitig mit Strom zu versorgen. Für die Leistungselektronik wird eine Freon-Siedekühlung verwendet. Die gesamte Steuerung, mit Ausnahme von zwei Steuerelektronikschranken, ist auf dem Dach untergebracht (Abb. 19). Im Hauptführerstand wird eine Pedalbedienung verwen-

det. Im Führerstand am anderen Ende befindet sich eine Handbedienung.

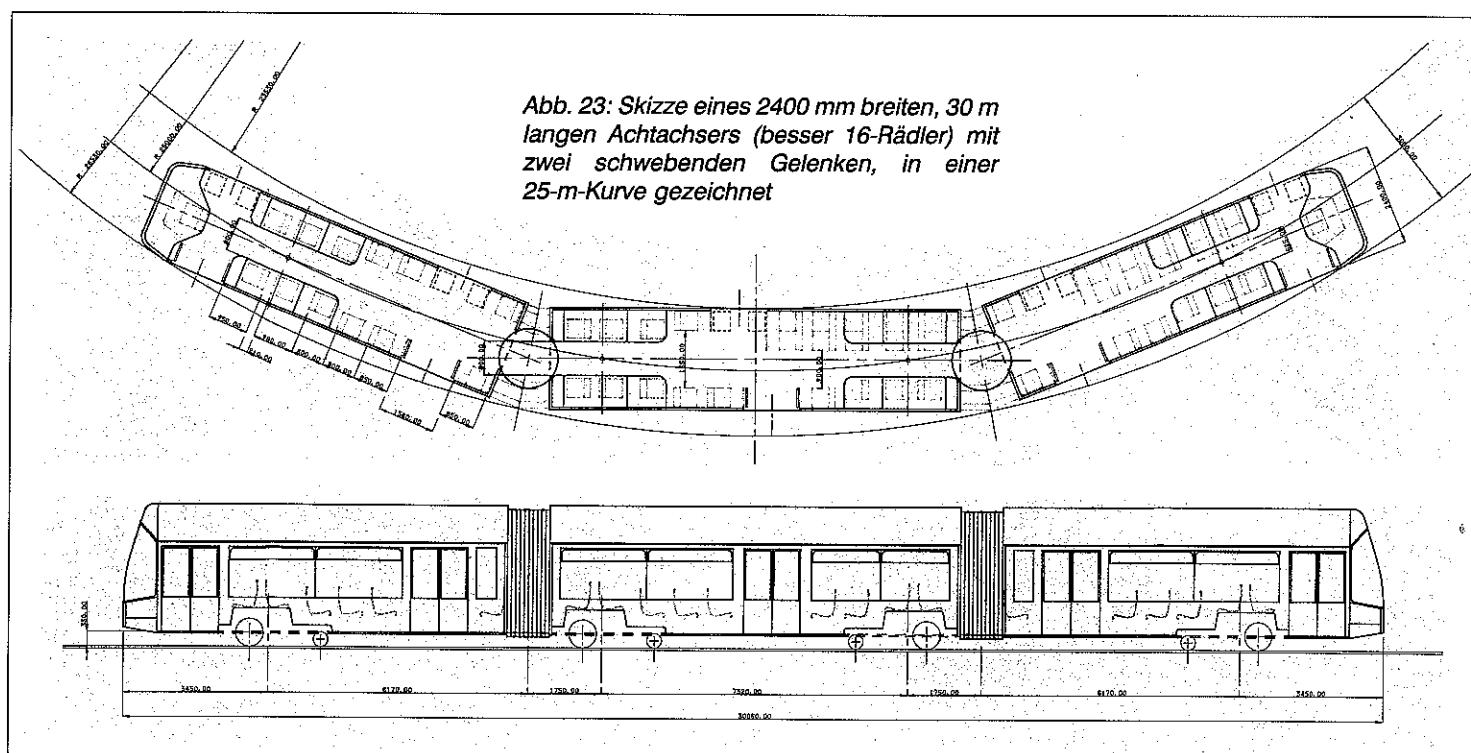
Es wird eine kombinierte Nutz-/Widerstandsbremse verwendet. Eine elektrohydraulisch bediente, nicht ventilierte Scheibenbremse ist an der Innenseite des Rades vorgesehen. Die Kleinräder sind nicht abgebremst. Die Schienenbremsen haben eine Haftkraft von 5000 daN.

#### Der Wagenkasten

Dieses ER-Fahrzeug mit zwei Führerständen hat die Achsanordnung Ao' 1', Ao' 1', 1' Ao'.

Es hat ein schwebendes Gelenk und auf rechten Seite drei 1300 mm breite BN-Benschwenktüren. Der Boden befindet sich auf 350 mm über SOK. Die Radkästen (Abb. 20) verlangen, daß in der 2470 mm breiten Ausführung (vier Stühle in der Breite) 12 den 44 Sitzen auf Podesten angebracht sind (Abb. 21). Es gehört damit zu den podestenfahrenden Fahrzeugen. Wie Tabelle 1 zeigt, ist im Vergleich mit anderen 100%-Niederflurfahrzeugen mit einem echten Niederflur von 72% hoch dotiert [14]. Ein ausschiebbares Trittbrett auf 250 mm (Abb. 22) kann wahlweise betätigt werden, wenn keine nächstgelegene Haltestelle angefahren wird. Das Fahrzeug hat einen Cor-Ten-Rahmen. Die Seitenwände und das Dach sind eine Aluminiumkonstruktion nach Patent M 500 der Alusuisse; sie sind am Chassis, unter Zwischenfügung von Butafil, festgeschraubt. Die Sekuritfenster sind verklebt. Ein schwebender, d. h. ein unter Hinzufügung eines Gummis auf dem Rahmen liegender Holzrahmen sorgt für eine wesentliche Abschirmung der Fahrwerkgeräusche.

Es handelt sich um ein Testfahrzeug, in dem man alle Techniken erproben will, ehe man zusammen mit einem Verkehrsbetrieb einen Prototyp entwickelt. Man hat diese Lösung vorgezogen, um Zeit zu gewinnen. Man hat am Ende eine 50%ige Entwicklungsförderung vom Staat zu erhalten. Abbildung 23 zeigt eine Skizze eines 2,4 m breiten dreigelenkigen Prototyp-Entwurfes mit einer Länge von 30 m.





Rolf A. Künzle lic. iur., Zürich

## Die Trolleybusse in der Schweiz

Wann kommt der Niederflur-Trolleybus?

Die ersten Inbetriebnahmen von Trolleybussen in der Schweiz erfolgten in den Jahren 1938 bis 1939. Bereits damals basierte man bei der Herstellung von Trolleybussen auf Chassis und Karosserien der Autobusse. Dabei beschränkte man sich auf zweiachsige Frontlenk-Fahrzeuge mit einer Länge von 10,5 m und einer Breite von 2,4 m sowie einer gesamten Platzzahl für 70 Passagiere. Die Gleichstromausrüstung bestand aus einer 600-Volt-Anlage, die elementweise von den Straßenbahnen übernommen wurde. Probleme entstanden damals vor allem bei den Hinterachsantrieben, die durch das, verglichen mit dem Autobus, viel größere Drehmoment des elektrischen Antriebes, überlastet wurden.

Nebst verschiedenen technischen Verbesserungen am Fahrzeug und im elektrischen Bereich, war die namhafteste Weiterentwicklung beim Trolleybus der Bau von Gelenkwagen, wobei in der Schweiz die ersten Fahrzeuge dieser Bauart im Jahre 1957 in Betrieb genommen wurden.

Damals erfolgte die Einführung von Trolleybus-Betrieben vor allem zur Erreichung einer besseren Unabhängigkeit von fossilen Treibstoffen. Es war Kriegszeit und Dieselöl war so knapp, daß selbst Autobusse auf Holzvergaser- oder Karbidgasbetrieb umgestellt werden mußten. Gerade in der Schweiz, mit den guten vorhandenen Wasserkraftwerken, war das Ausweichen auf elektrische Antriebe auch bei Pneufahrzeugen naheliegend.

Heute verfügen folgende Schweizerische Verkehrsbetriebe nebst anderem Rollmaterial über Trolleybusse:

Azienda Comunale dei Transporti Città di Lugano

Basler Verkehrsbetriebe

Städtische Verkehrsbetriebe Bern

Cie des Transports en commun de La Chaux-de-Fonds

Transports en commun de Fribourg

Transports publics de la région lausannoise SA

Cie des Transports en commun de Neuchâtel environs

Transports publics genevois

Verkehrsbetriebe Biel

Verkehrsbetriebe der Stadt Luzern

Verkehrsbetriebe der Stadt Schaffhausen

Verkehrsbetriebe der Stadt St. Gallen

Verkehrsbetriebe Zürich

Transports publics Vevey-Montreux-Chillon-Villeneuve

Winterthurer Verkehrsbetriebe

Das Trolleybus-Streckennetz in der Schweiz weist zur Zeit eine Länge von 361,5 km auf. Gesamthaft befinden sich auf diesem annähernd 800 Trolleybusse im Einsatz.

### Zukunft der Trolleybus-Betriebe in der Schweiz

Zur Schonung der Umwelt wurden in den letzten Jahren in der Schweiz Gesetze ausgearbeitet, die zu sehr eingreifenden Maßnahmen zwingen. Hier sei Art. 11, Abs. 3, des Umweltschutz-Gesetzes (USG) erwähnt, wonach Emissionsbegrenzungen verschärft werden müssen, wenn feststeht oder zu erwarten ist, daß bestehende Umweltbelastungen schädlich sind oder lästig werden. Daraus resultierte die Luftreinhalteverordnung (LRV), nach welcher die Kantone, und in Zürich beispielsweise auch die Stadtgemeinde, Maßnahmenpläne aufstellen müssen, wenn einer oder mehrere Emissionsgrenzwerte überschritten werden.

Daß von diesen Maßnahmen nicht nur der Verkehr, sondern auch die Industrie, die Heizungen und viele andere Sparten betroffen werden, ist naheliegend. In dem für den Einsatz der Fahrzeuge maßgeblichen Bereich Verkehr sollen die kantonalen Behörden durch bauliche, betriebliche, verkehrslenkende oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen übermäßige Emissionen beseitigen, wenn insbesondere verschärzte Fahrzeugvorschriften nicht ausreichen.

So ergeben sich beispielsweise für den Kanton Zürich für die Zeit von 1990 bis zum Jahr 2000 folgende verkehrspolitische Randbedingungen und Ziele:

- Beibehalten der konstanten Verkehrsfläche;
- Keine Zunahme der öffentlichen Parkplätze;



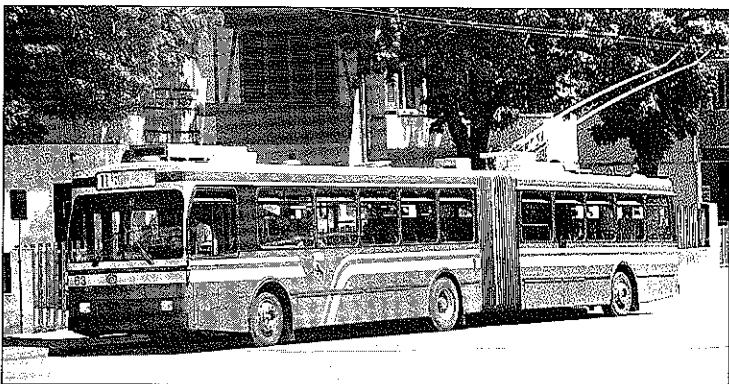
### DER AUTOR

Rolf A. Künzle lic. iur. (50) ist seit 1979 Direktor (Leiter) der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ). Nach Bankpraktikum und Jura-Studium an der Universität Zürich erfolgte 1966 die Promotion zum lic. iur. Daran schloß sich eine zweijährige Gerichtspraxis an. 1968 wurde der Autor zum Sekretär der industriellen Betriebe der Stadt Zürich und 1972 zum Abteilungssekretär gewählt. In diesen Jahren lag das Schwergewicht der Aufgaben in den Geschäften der VBZ, der Wasser- und der Gas-Versorgung.

- Angebotserweiterung des öffentlichen Verkehrs;
- Wachsender Transitverkehr;
- Steigerung des Motorfahrzeugbestandes nur noch 2–4% pro Jahr.

Konkret wurden zwischen den Gemeinden, Städten und kantonalen Behörden Pläne mit einer Vielzahl von Maßnahmen erstellt, die beispielsweise umfassen:

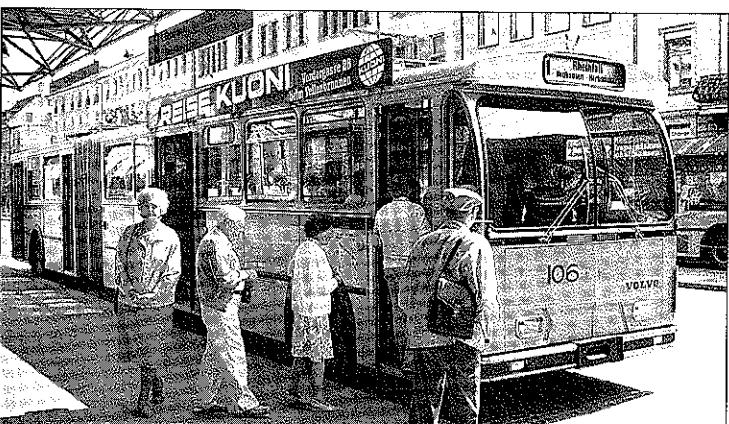
- Förderung des Trolleybus-Betriebes;
- Maßnahmen zugunsten der Busbeschleunigungen;
- Schaffung tangentialer Buslinien;
- Ersatzprogramm für ältere Busse (evtl. Ersatz von Dieselmotoren durch Antriebsaggregate mit alternativen Energien);
- Ausbau der Park-and-Ride-Anlagen;
- Leerfahrtenverminderungen;
- Geschwindigkeitsreduktion auf Hauptstraßen (außerorts von 80 auf 70 km/Std., innerorts von 50 auf 40 km/Std.);
- Geschwindigkeitsreduktion auf Quartierstraßen (30 km/Std.);
- Reduktion privater Fahrzeug-Abstellplätze;



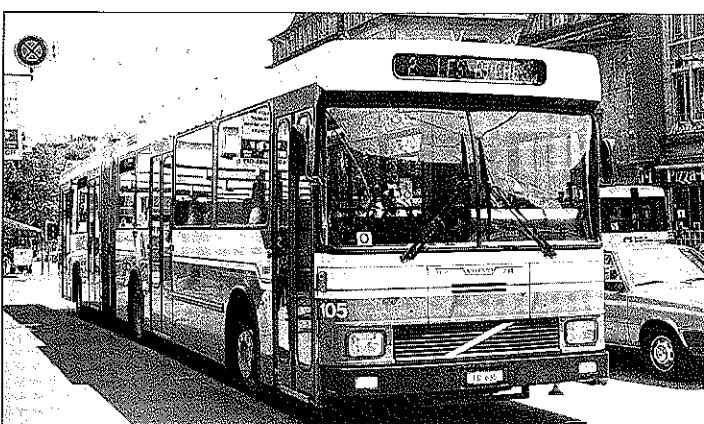
Verkehrsbetriebe Bern: Fahrzeug FBW



Verkehrsbetriebe Neuenburg: Fahrzeug FBW



Verkehrsbetriebe Schaffhausen: Fahrzeug Volvo



Verkehrsbetriebe Fribourg: Fahrzeug Duo-Bus Volvo/ABB/Hess



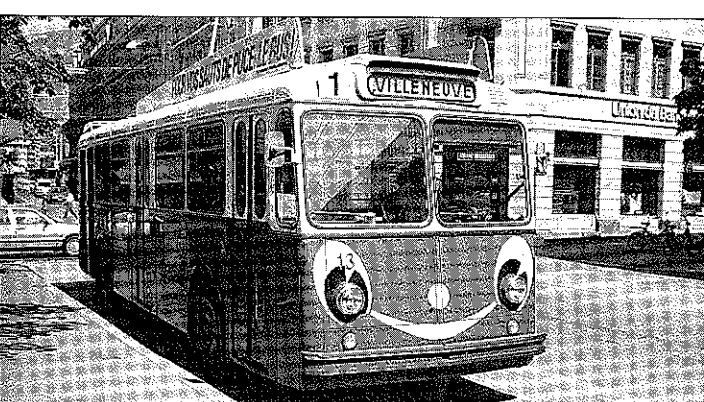
Verkehrsbetriebe St. Gallen: Fahrzeug NAW



Verkehrsbetriebe Luzern: Fahrzeug NAW/Siemens/Hess



Verkehrsbetriebe Zürich: Fahrzeug Mercedes-Benz O 405 GTZ



Verkehrsbetriebe Vevey/Montreux/Chillon



Verkehrsbetriebe Vevey/Montreux/Chillon: Fahrzeug Trolleybus Anhängerzug FBW

- Reduktion der Parkplätze für die öffentliche Verwaltung;
- Einführung von Parkleit-Systemen;
- Erhöhung der Parkierungsgebühren;
- Reduktion der Parkplätze für Betriebsangestellte;
- Fahrzeugsteuer nach lufthygienischen Kriterien;
- Verkehrsberuhigungsmaßnahmen;
- Reduktion der Attraktivität des Individualverkehrs;
- Aufklärungen über schadstoffarmes Fahren;
- Sperrzonen für Dieselfahrzeuge;
- Förderung des kombinierten Verkehrs Schiene – Straße.

Alleine im Kanton Zürich schätzt man die Umweltschäden am Wald, an der Gesundheit, an Landwirtschaft, Garten und insbesondere an den Gebäuden auf 500 Mio. Franken pro Jahr, wobei sich das Letztere ungefähr auf die Hälfte dieses Gesamtbetrages beläuft.

Entgegen diesen Schäden wird für das gleiche Gebiet während den nächsten zehn Jahren mit Investitionen gegen die Luftverschmutzung von ca. 810 Mio. Franken gerechnet. Berücksichtigt man dieses enorme Schadenpotential, so dürften die Kosten für die Umstellung von Autobus- auf Trolleybus-Betrieb – auch bei hohem finanziellem Engagement, unter Berücksichtigung der guten Öffentlichkeitswirkung – durchaus vertretbar sein.

Bereits im Jahre 1984 verlangten deshalb der Stadt- und Gemeinderat von Zürich die Umstellung von fünf Autobuslinien auf Trolleybus-Betrieb sowie die Verlängerung drei bestehender Trolleybus-Linien. Dabei war nicht nur die Reduktion von Abgasen, sondern auch der geräuschärmeren Betrieb des Trolleybusses maßgebend.

In der Zwischenzeit sind die Verkehrsbetriebe Zürich im Begriff, zwei der vorgesehenen Autobuslinien umzustellen und eine Trolleybus-Linie zu verlängern. Die Länge der beiden umzustellenden Auto-/Trolleybus-Linien beträgt 14,6 km und die bestehende Trolleybus-Linie ist um 4,3 km zu verlängern. Dafür sind beim Preisstand April 1989 Investitionen von 70 Mio. Franken erforderlich. In diesem Betrag ist die Beschaffung von 36 Gelenk-Trolleybussen, die Stromversorgung und Fahrleitungen sowie auch der Bau der Haltestellen eingerechnet. Obwohl dieses ganze Maßnahmenpaket, ausgenommen der Verlängerung der Trolleybus-Linie, fast ausschließlich eine Maßnahme für den Umweltschutz darstellt, wurden bis zum heutigen Projektstand diese Ausgaben widerspruchlos akzeptiert.

Dieses Beispiel verdeutlicht, wie stark die heutigen Umweltschutzbestrebungen und damit die Umstellung von Autobus- auf Trolleybus-Betrieb gefördert werden. Dagegen scheinen Hinweise auf die Ästhetik, das durch Fahrleitungen und Masten beeinträchtigte Stadtbild sowie auch die betrieblichen und wirtschaftlichen Nachteile des Trolleybus-Einsatzes, belanglos zu sein.

## Technische Entwicklung des Trolleybus-Betriebes

Seit dem Bau der ersten Trolleybusse waren sowohl die Industrie wie auch die verantwortlichen Verkehrsbetriebe stets bestrebt, das System Trolleybus zu verbessern. Insbesondere wurde dabei angestrebt:

- Bessere Verkehrssicherheit der Trolleybusse;
- Bessere elektrische Sicherheit der Fahrzeuge;
- Leichtere Bedienbarkeit;

- Erreichen der Normalgeschwindigkeiten des Individualverkehrs;
- Verbesserung der Weichen und Fahrleitungssysteme;
- Reduktion der Stromabnehmerentgleisungen;
- Höhere Geschwindigkeit über Weichen, Abzweigungen und in Kurven;
- Größeres seitliches Ausweichen gegenüber der mittleren Fahrspur;
- Geringerer Unterhaltsaufwand;
- Erreichung einer langen Lebensdauer (entsprechend anderer Elektrofahrzeuge);
- Autonome Fahrt (mit Notfahreinrichtung) bei Stromausfall;
- Fahrzeuge basierend auf serienmäßigen Autobussen;
- Anwendung möglichst vieler Apparate und Einrichtungen von Autobussen.

Viele dieser technischen Ziele konnten realisiert werden, so daß sich heute der Trolleybus ohne Behinderung des übrigen Verkehrs sicher und zuverlässig einsetzen läßt. Wegen des relativ hohen Beschaffungspreises hat sich nicht nur in der Schweiz sondern auch international in vielen Betrieben der Grundsatz durchgesetzt, daß wenn Trolleybusse eingesetzt werden, dies Gelenkwagen oder in einzelnen Städten Zweiachsbusse mit Anhängern sein müssen. Wo der zweiachsige Trolleybus als Solowagen fährt, stößt er an wirtschaftliche Grenzen.

## Zukünftige Trolleybusse

Die Modernisierung der Trolleybusse sollte im gleichen Rahmen erfolgen wie dies auch bei den in viel größeren Serien hergestellten Autobussen geschieht. Der Fahrerplatz und auch die Erleichterungen für die Bedienung des Fahrzeuges sollten dem Autobus ebenbürtig sein. Höhere Beschaffungs- und betriebliche Kosten sind, je nach Markenwahl und Strompreis, unvermeidlich. Unakzeptabel wären beim Einsatz von Trolleybussen jedoch Nachteile zu Lasten der Passagiere. Der Fahrkomfort dürfte keinesfalls schlechter und die Fahr- respektive Reisegeschwindigkeit auch nicht namhaft tiefer sein. Hierzu sei auf einige technologische Änderungen der letzten Jahre bei Bussen hingewiesen.

- Es fällt auf, daß moderne Autobusse sowohl im Fahrzeuginneren wie auch außen nicht mehr wesentlich lauter sind als Trolleybusse.
- Auch der übrige Fahrkomfort ist bei neuen Autobussen nicht mehr schlechter als bei Trolleybussen mit zwangsweise reduzierter Kurvengeschwindigkeit.

- Ebenso steht fest, daß beim Autobus respektive beim Dieselmotor nennhafte Verbesserungen der Abgaswerte, sei es durch moderne Motorentechnologien, Partikelfilter oder in Kombination mit Oxydationskatalysatoren erreicht wurden, womit sich das Abgasproblem des Busses entschärft.
- Durch schwefelarmes Dieselöl werden weitere Umweltbelastungen des Autobusses reduziert.
- Moderne Autobusse weisen, verglichen mit früheren Wagen, wesentlich geringere Störanfälligkeit und spezifisch geringeren Treibstoffverbrauch auf.
- Bei Autobussen, insbesondere bei Niederflurwagen, belaufen sich die Beschaffungskosten, verglichen mit Trolleybussen, annähernd auf den halben Preis. Diese Differenz wird, sofern nicht Trolleybusse zukünftig in größeren Serien fabriziert werden, zunehmen.

Dem Trolleybus haftet der Nachteil an, daß das Fahrzeug eine Lebensdauer von 15 bis 20 Jahren aufweist, die elektrische Ausrüstung jedoch – ähnlich wie bei Straßenbahn-

wagen – für einen Einsatz von ca. 30 Jahren konzipiert ist.

- Deutliche Preisdifferenzen ergeben sich auch zuungunsten des Trolleybusses bei den Ersatzteilen.

Will man den Trolleybus längerfristig nicht zu Grabe tragen, so ist es unbedingt erforderlich, dieser Situation Rechnung zu tragen.

Nachdem offensichtlich wurde, daß Niederflur-Autobusse nicht in jedem Fall zu Niederflur-Trolleybussen umgebaut werden können, wurde vom schweizerischen VöV eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die sich mit dem Bau eines Niederflur-Trolleybusses befassen soll. Dabei sei nicht verschwiegen, daß sich preislich große Vorteile ergeben würden, wenn – wie dies beispielsweise beim Mercedes O 405 G respektive dem daraus abgeleiteten O 405 GT der Fall ist – ebenfalls serienmäßige Niederflur-Gelenkautobusse zu Trolleybussen umgerüstet werden könnten.

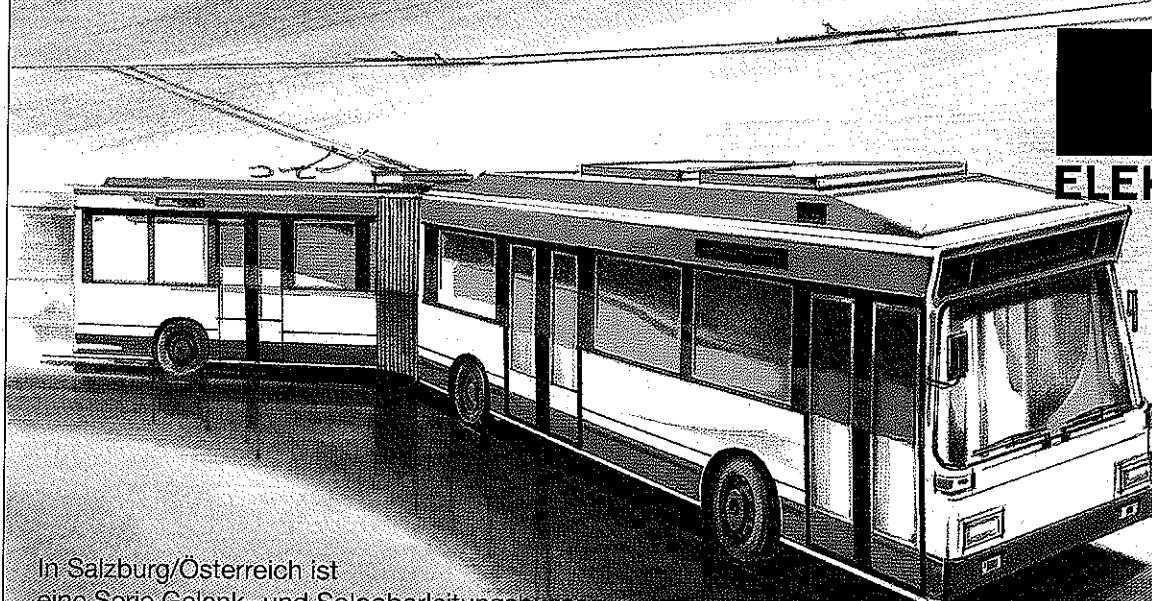
Die bisherigen Erfahrungen zeigen jedoch, daß bei einem Niederflurwagen der verfügbare Raum unter dem Wagenboden für die ganze Aufnahme der elektrischen Trolley-

bus-Antriebsausrüstung, der Steuerung, Nebenaggregate und auch der Notfalleinrichtungen zu knapp ist. Nach dem heutigen Stand der Technik müssen deshalb Apparate auf dem Wagendach montiert werden. Dies führt zu Neukonstruktionen des Chassis, der Karosserie oder auch einer kompletten Fahrzeuge sowie der elektrischen Ausrüstung. Der heutige Preis eines solchen Niederflur-Gelenktrolleybusses gleichen Einstiegsverhältnissen wie bei einem Niederflur-Gelenkautobus, dürfte über 1 Mio. Schweizer Franken betragen. Der Export von Niederflur-Gelenktrolleybussen ist aufgrund der hohen Kosten und der Tatsache, daß Trolleybusse auf Linien mit eher höheren Frequenzen und in dichtbesiedeltem Gebiet eingesetzt werden, nicht zu erwarten.

So hoffen wir in der Schweiz, in absehbarer Zeit moderne Niederflur-Gelenktrolleybusse zum Schutze der Umwelt und zur Zufriedenheit unserer Passagiere im vollen Einvernehmen mit den politischen Zielen der Behörden einzusetzen zu können.

(Quellenangabe und Auskünfte:  
A. Brechbühl, stv. Direktor VBZ)

## Wieder eine Wagenlänge voraus:



KIEPE

ELEKTRIK

In Salzburg/Osterreich ist  
eine Serie Gelenk- und Solooberleitungsbusse  
mit unserem neuartigen Drehstrom

GTO-DIREKT-PWM-TRAKTIONS-UMRICHTER

in Betrieb gegangen.

Eine weitere Serie ist in Bau.

D-4000 DÜSSELDORF 13  
(WEST-GERMANY)  
POSTFACH 130540  
TELEFON (0211) 7497-1  
TELEFAX (0211) 7497-300  
TELEX 8581471



## Kostendeckung von Wege-Infrastrukturen

Mit dem Problem des *Road Pricing* beschäftigen sich Politik und Wissenschaft seit anderthalb Jahrhunderten. Aber erst in den sechziger und siebziger Jahren, als durch klassisch gewordene Untersuchungsberichte die Bedeutung des Straßenverkehrsproblems in den Städten erkannt worden war, wurden erste Initiativen ergriffen. Mit dem starken Verkehrszuwachs in den achtziger Jahren, vor allem seit seiner Beschleunigung ab 1985, erhielt das Problem drängende Aktualität, die schließlich auch im *Runden Tisch 80* der CEMT mündete.

Die in den Verdichtungsräumen zunehmenden Staubildungen hemmen das Wirtschaftswachstum, was wirksame Gegenmaßnahmen erforderlich macht. Konkurrenztritt in wachsendem Maße das Umweltmotiv dem ökonomischen zur Seite: Luftverschmutzung und Lärmbelästigung führen zu gleichen oder ähnlichen Plänen, zu denen heute nicht zuletzt *Road Pricing* gehört.

*Road Pricing* in ganz anderem Sinne aber ist das Thema der Wegeberichte von vier europäischen Ländern: In dem Bericht aus Belgien sind mit akribischer Sorgfalt alle Einnahmequellen (bis zu Autoradios) und ebenso alle Ausgaben (bis zu Verkehrsunfällen) zusammenge stellt und werden Salden gezogen. Im französischen Bericht wird die gesamte Betriebswirtschaft der Autobahnen der letzten 30 Jahre dargestellt, endend mit dem Kooperationsplan "teletelling" unter Einbeziehung von Spanien und Italien. Der Bericht aus Dänemark bezieht sich im wesentlichen auf das *Link*-Projekt, das der verbesserten Verbindung zwischen den skandinavischen Ländern und dem Kontinent dienen soll. Die Schweiz schließlich stellt in ihrem Wegebericht neue Kostenaufteilungssysteme für Straßen- und Benutzerkategorien heraus.

Der größte Druckraum des *Round Table 80* ist jedoch den Untersuchungen von Goodwin und Jones vom verkehrswissenschaftlichen Institut der Universität Oxford über die politischen und strategischen Möglichkeiten des *Road Pricing* im Verdichtungsraum gewidmet. Die weit gespannten, eindrucksvollen Darlegungen gruppieren sich um die Schlüsselfragen: warum *Road Pricing* bisher nicht funktioniert hat und wie man es im Hinblick auf veränderte Technologien und die Politik der privaten Finanzierung und Regulierung heute verwirklichen kann.

Verwirklichung und konkrete Planung des Systems ist in Europa in der Tat relativ selten anzutreffen. Die Verfasser rechnen die Stadt Bergen und die Städte Florenz und Athen dazu. Eine konkrete Planung haben die Niederlande mit der Einführung eines elektronisch gesteuerten *Road Pricing* im Laufe der neunziger Jahre festgeschrieben.

Als wesentlicher Hinderungsgrund für *Road Pricing* wird vor allem die feindselige Einstellung der Bevölkerung gegenüber der erwarteten Bevorzugung der wohlhabenderen Pkw-Fahrer, aber auch der Zweifel an der Aufnahmefähigkeit des an sich schon überlasteten ÖPNV gesehen. Bei vielen Betrachtungen des *Road Pricing* wird daher die Forderung herausgestellt, daß ihre Einführung mit wesentlichen Verbesserungen des ÖPNV verbunden sein müsse. Diese müßten jedoch deutlich sichtbar sein: nicht etwa nur die Vergrößerung der Wagenfolge auf bestehenden Linien. Vielmehr müßten zum Beispiel neue Linien eingerichtet und deutliche Fahrpreissenkungen stattfinden. Ebenfalls klar war für alle *Road Pricing*-Untersuchungen, daß das System der Bevölkerung als Paket angeboten werden sollte: als Werkzeug des Verkehrsmanagements, dessen Einnahmen dem Bau neuer Straßen oder der Verbesserung des ÖPNV zugute kommen soll.

Goodwin vertritt die Auffassung, daß in manchen Verdichtungsräumen die Straßenverstopfung mit den üblichen Regulierungs- und Besteuerungsmaßnahmen nicht mehr beherrscht werden kann. Dann und auch dort, wo die Belastung der Bevölkerung mit  $CO_2$  und dem vorhandenen Lärmpegel drastisch artikuliert wird, ist als ultima ratio *Road Pricing* einzuführen. Man werde sehen, daß das System eine Reihe deutlicher Vorteile zeigt.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts haben die Entwicklungen in Südostasien deutlich gemacht, daß *Road Pricing* technisch beherrschbar und finanziell erfolgreich betrieben werden kann und in der Lage ist, die gewünschte Verkehrsverringerung in den Stadtzentren zu erreichen. Singapore offeriert eine *Low-Tech-Lösung*, wodurch die Verkehrsverstopfung in bestimmten Stadtbezirken und zu bestimmten Zeiten gesteuert wird. Dies geschieht mit einer Plakette an der Windschutzscheibe, wie dies auch in Bergen praktiziert wird. Das High-Tech-Demonstrationsprojekt in Hongkong mit polyzentrischen Stadtzentren macht eine zeitliche und räumliche

Neuverteilung des Verkehrs erforderlich: Hier wird durch ein in den Unterboden des Fahrzeugs eingeschweißtes Nummernschild und jeweils eine in den Straßenboden eingesetzte Doppelschleife durch die am Straßenrand stehenden Detektoren eine Passier- oder Aufenthaltszeit festgehalten und zum Computer weitergeleitet. Als eindeutige Voraussetzung für das Gelingen gilt in beiden Städten ein gut ausgebauter ÖPNV. Aber auch konsequentes Verkehrsmanagement und Verkehrsprioritäten für den Bus sind erforderlich. Besonderer Vorteil des Hongkong-Verfahrens ist die kostenlose Einfahrt in die Cities am Abend und an Sonntagen, worauf die Ladengeschäfte ausgerichtet sind.

In Nordamerika hat *Road Pricing* bis heute noch nicht Fuß fassen können, in Westeuropa, wie erwähnt, auch nur in wenigen Städten. Die Verfasser sehen aber die Chancen des Systems durch die breiter werdende Umweltschutzbewegung, mit der Forderung zum Beispiel von Geschwindigkeitsveränderungen, erheblich wachsen. Dabei sei aber eine Vergrößerung des Einzugsnetzes und die Einbeziehung des Lieferverkehrs sowie von Linien-Bussen erforderlich. Zu den ersten Interessenten wird Rom mit der höchsten  $CO_2$ -Konzentration in der Welt gerechnet.

Ein Forscherteam, das vor kurzem die Thematik in Oxford erörterte, hat nach dem im CEMT-Bericht abgedruckten Protokoll die Bedeutung von *Road Pricing* dahingehend zusammengefaßt, daß es besser zur Bändigung extensiver Verkehrsströme geeignet sei als Parkplatzbeschränkung oder exzessive Besteuerung. Es absorbiere auch mehr Pkws in der City. Bestätigt wird auch die Notwendigkeit gut ausgebauten ÖPNVs oder glaubwürdig geplanter Verbesserungen.

Die ökonomischen und technischen Probleme des *Road Pricing* gelten heute als gelöst. Freilich können sie noch nicht so leidenschaftslos wie etwa ein Parkverbot in der Einbahnstraße diskutiert werden. Dabei spielt – wie mit vielfachen Beispielen belegt – die Wirksamkeit konventioneller Maßnahmen zur Verkehrsverbesserung eine maßgebliche Rolle. Die Parkplatzbeschränkung erreicht nach einer umfangreichen Untersuchung von TRRL im Kosten-Nutzen-Verhältnis allerdings nur 35% von *Road Pricing*. Populärer, aber im allgemeinen weniger effizient sei der ÖPNV, und zwar differenziert nach Bus und Bahn. An den

Ergebnissen diverser Busprioritätsprogramme wurde abgelesen, daß Busspuren und Kreuzungsprioritäten keine Auswirkung auf das Verhalten von Pkw-Fahrern hatten, im Gegensatz zu Fahrpreissenkungen, wobei der Zuwachs aber durchweg von Fußgängern stammte. Auch Expresslinien und Rufbusse zogen signifikante Zahlen neuer Fahrgäste an, jedoch seien ebenfalls wenige davon Pkw-Fahrer. Selbst Park-and-ride-Programme hätten nicht den erwarteten Erfolg gezeigt. Demgegenüber sind U-Bahnen auch für den Pkw-Fahrer attraktiv.

Natürlich müßte bei dieser Betrachtungsweise der extreme Investitionsunterschied von Bus und Schiene in Betracht gezogen werden. Auch die Stadtbahn und der Minibus müßten beleuchtet werden. Und im übrigen ist der ÖPNV von fundamentalerer Bedeutung, als normalerweise angenommen wird, weil, wie Mogerridge (1986) festgestellt hat, die durchschnittliche Straßengeschwindigkeit in großen verstopften Städten sich im Gleichgewicht mit den durchschnittlichen ungebrochenen Reisegeschwindigkeiten auf dem zuständigen ÖPNV sowohl innerhalb als auch zur City befindet.

Der ÖPNV sei daher der Schlüssel einfluß bei der Auflösung der Netzverstopfung, und seine Verbesserung sei folglich wichtiger als z. B. der Bau neuer Straßen.

In der zusammengefaßten Diskussion der vorgelegten Berichte greift der Runde Tisch diese These auf, indem er den wesentlichen Inhalt der *radikalsten Maßnahmen im Verkehrsmanagement Europas* nämlich den der neuen Regierung von West-Berlin herausstellt. Danach soll der ÖPNV durch Absenkung der allgemeinen Höchstgeschwindigkeit, durch Verringerung des Verkehrs und der Parkmöglichkeiten, durch Einführung einer täglichen Steuer von einer Mark je Einwohner zur Bezugsschaltung des ÖPNV sowie durch Anordnung von Vorfahrtsregelungen für Busse in eine entscheidende Position gebracht werden. Diese Maßnahmen sollen den modal split in Berlin auf 50% anheben.

Im übrigen beschäftigt sich die Diskussion des Runden Tisches im wesentlichen mit dem *Road Pricing* auf Autobahnen. Hierzu bietet der umfangreiche Bericht von Goodwin et al. nebst umfangreicher Bibliographie eine überaus vielseitige Lektüre.

Rudolf Gutknecht