

Elektrische Ausrüstung der
Niederflur-Stadtbahnwagen K4000
der Kölner Verkehrs-Betriebe AG

Electrical Equipment for
Low-Floor Light Rail Vehicle K4000
of the Kölner Verkehrs-Betriebe AG

Druckschrift-Nr.
Leaflet No.

Kiepe 00 KV 7 DE



Die Kölner Verkehrs-Betriebe AG (KVB) betreiben ein ca. 270 km langes Linienstreckennetz. Für den Betrieb der in Ost-West-Richtung verlaufenden Linien 1, 7, 8 und 9 steht seit März 1999 eine Flotte von 120 modernen Niederflur-Stadtbahnwagen vom Typ K4000 zur Verfügung. Die Auslieferung dieser Fahrzeuge, bei deren Gestaltung die Belange der Fahrgäste, der Fahrer und des Wartungspersonals in den Vordergrund gestellt wurden, erfolgte in drei Losen zu je 40 Stück. Seit der Inbetriebnahme des ersten Fahrzeuges im September 1995 weisen diese zuverlässigen Fahrzeuge eine Gesamtleistung von weit über 35 Mio. km auf. Im August 2000 entschied sich die KVB, 4 weitere baugleiche Fahrzeuge zu bestellen.

Kiepe zeichnete sich als Systemlieferant verantwortlich für die Projektierung, Lieferung und Inbetriebsetzung der gesamten elektrischen Ausrüstung dieser Niederflur-Stadtbahnwagen. Neben dem kompletten Antriebsstrang lieferte Kiepe unter anderem die statischen Bordnetzumrichter, das Fahrgast-Informationssystem sowie die Heizungs- und Lüftungsanlage.

Insbesondere bei der Antriebstechnik wurden elektronische Systeme eingesetzt, die hinsichtlich Gewicht, Energieverbrauch und Wartungsaufwand Maßstäbe setzten. Aufgrund der positiven Erfahrungen wurden diese Komponenten auch bei der Herstellung ähnlicher Fahrzeuge eingesetzt und finden sich beispielsweise auch in den Fahrzeugen der Städte Düsseldorf (NF-GT-L), Saarbrücken (S1000) und Croydon (CR4000) wieder. Weiterentwickelte Komponenten des K4000 werden in den hochflurigen Stadtbahnwagen der Serie K5000 eingesetzt.

Jedes Fahrzeug ist mit zwei direkt an der Netzspannung betriebenen GTO-Puls-Wechselrichtern ausgestattet. Diese speisen je zwei wartungsfreie, voll abgedeckte Drehstrom-Asynchronmotoren in gekapselter, eigenbelüfteter Bauart. Mit diesem Antriebskonzept ist unter anderem eine Energie-Rückgewinnung von ca. 35% möglich.

Die Mikroprozessorsteuerung mit integrierter Schleuder- und Gleitschutzfunktion gestattet ein ruckfreies Anfahren und Abbremsen der Fahrzeuge. Der Fahr-/Brems-Steuerschalter ist mit einer Tempomatfunktion ausgerüstet, die dem Fahrer die Bedienung der Fahrzeuge erleichtert. Die meisten Steuerungsfunktionen werden über ein serielles Datenbussystem mit Datenprotokoll nach CAN Standard abgewickelt. Alle sicherheitsrelevanten Funktionen werden zusätzlich mittels separater Steuerleitungen überwacht, die gleichzeitig eine Rückfallebene bei Busausfällen bilden. Über den Zugbus ist eine Zugverbandsfahrt von bis zu vier Fahrzeugen möglich.

Für die Bordnetz-Stromversorgung kommen je zwei statische Bordnetzumformer in Modulbauweise mit IGBT-Technik zum Einsatz, die ebenso wie die anderen elektronischen Kiepe Produkte mit dem Diagnose-System ausgerüstet sind. Dieses durchgängige Diagnosesystem kann ebenfalls als Meilenstein in der Entwicklung der Antriebssysteme bezeichnet werden.

Cologne Transit Authority, KVB (Kölner Verkehrs-Betriebe AG) operates a network of approximately 270 km in length. As from March 1999 a fleet of 120 modern low-floor light rail vehicles of type K4000 is in service on the East-West routes 1, 7, 8 and 9. The delivery of these vehicles was split up into three batches of 40 vehicles each. Commissioning of the first vehicle took place in September 1995. Since then the total mileage of this reliable fleet exceeds 35 Million km. 4 additional vehicles of type K4000 have been ordered by KVB in August 2000.

The design of the vehicle is governed as much as by the passengers' needs as by the requirements of the operators and the maintenance personnel. Kiepe was responsible for the design, delivery and commissioning of the entire electrical system of these low-floor vehicles. This includes the entire propulsion system, the auxiliary power supply, the passenger information system and all heating and ventilation units.

The electronic components used, especially those of the propulsion system, can be considered as milestones with reference to low weight, low energy consumption and reduced maintenance requirements. Due to the outstanding service history, these components are also used in the vehicles built for other cities such as Düsseldorf (NF-GT-L), Saarbrücken (S1000) and Croydon (CR4000). The new high-floor vehicles of type K5000 are also equipped with components derived from the K4000.

The vehicles are equipped with two GTO direct pulse inverters (DPU 211) that are directly fed from the overhead line. These power two maintenance-free asynchronous traction motors each. The fully sprung motors are completely sealed and self ventilated. The design of the propulsion system allows the regeneration of up to 35 % of the energy used for traction.

The microprocessor control with its embedded spin/slide correction system allows a jerk-free acceleration and deceleration of the vehicle. The master controller group is equipped with a cruise-control setting, which allows the vehicle to cruise at a given speed. All system controls use a data bus that operates according to the internationally standardized CAN protocol. All functions that have an impact on safety in general are monitored using dedicated control lines that also serve on a back-up level. The train bus allows data transmission within a train consisting of up to four vehicles.

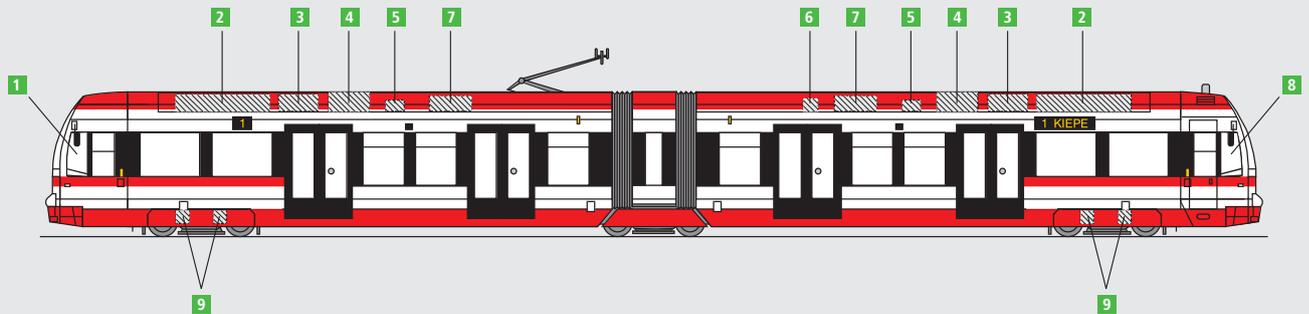
The two independent auxiliary static converters using state-of-the art IGBT technology are also equipped with a diagnosis and monitoring system. This powerful tool that monitors all electronic components helps to cut down maintenance costs to a minimum.



Fahrerstand
Driver's cab



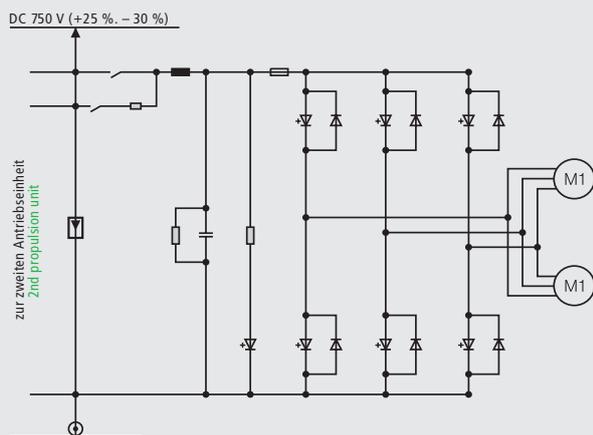
Die K4000-Fahrzeuge Nr. 4120 und Nr. 4001
im Betriebshof Merheim
Low-floor LRV No. 4120 and No. 4001
in the depot and workshop Cologne-Merheim



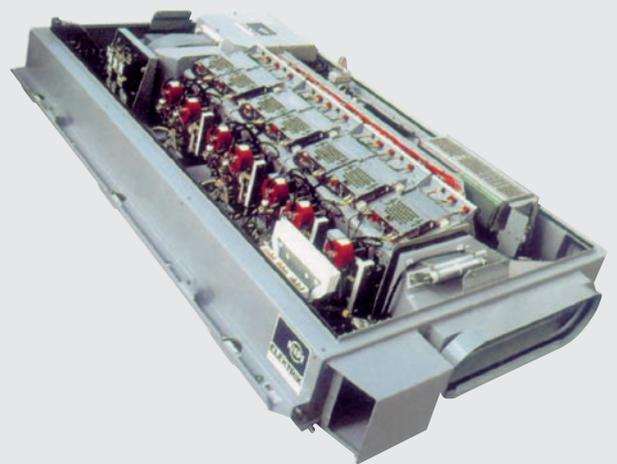
- 1 Fahrerstand 2
- 2 Direkt-Pulsumrichter
- 3 Bordnetzumrichter
- 4 Heizung und Lüftung
- 5 Bremswiderstand
- 6 Batterie
- 7 Klemmenkasten, Sicherungen, und Schütze
- 8 Fahrerstand 1
- 9 Traktionsmotoren

- 1 Driver's cab 2
- 2 Direct pulse inverter
- 3 Static converter
- 4 Heating and ventilation unit
- 5 Braking resistor
- 6 Batteries
- 7 Terminal boxes, fuses and contactors
- 8 Driver's cab 1
- 9 Traction motors

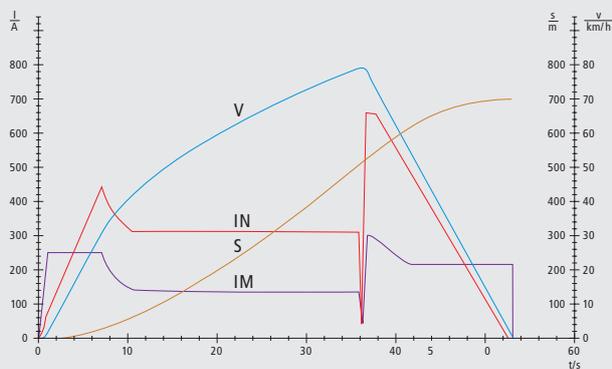
Hauptstromlaufplan
Main circuit schematics



Direkt-Pulsumrichter
Direct pulse inverter

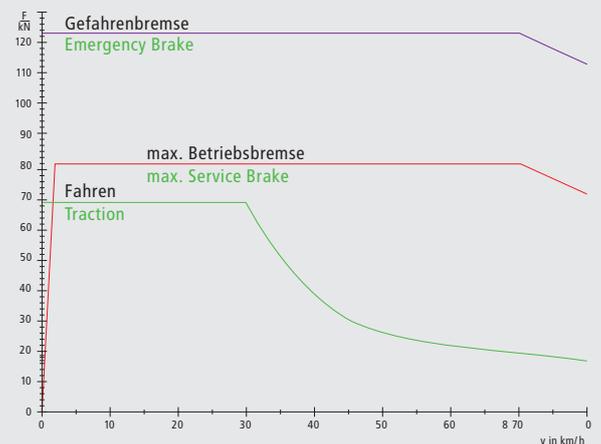


Fahrschaubild für besetztes Fahrzeug
Running curves for loaded vehicle



- | | | | |
|----|-----------------|----|---------------|
| IM | Motorstrom | IM | Motor current |
| IN | Netzstrom | IN | Line current |
| s | Weg | s | Distance |
| t | Zeit | t | Time |
| v | Geschwindigkeit | v | Speed |

Zug- und Bremskraftverlauf
Traction and braking effort



TECHNISCHE DATEN

Bauart	6-achsiger zweiteiliger 70 %-Niederflur-Stadtbahn- Zweirichtungs-Gelenktriebwagen
Typ	K4000
Spurweite	1.435 mm
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h
Beschleunigung (beladen)	1,3 ms ⁻²
Bremsverzögerung (beladen)	1,4 ms ⁻²
Notbremsung	3,0 ms ⁻²
Netzspannung	DC 750 V (+20 %, -30 %)
Radsatzfolge (nach DIN 300 52)	Bo' +2' +Bo'
Fahrzeuglänge über Kupplung	29.200 mm
Wagenkastenlänge über Blech	28.400 mm
Wagenkastenbreite über Blech	2.650 mm
Wagenkastenhöhe über SO	3.360 mm
Fahrwerk-Mittenabstand	10.100 mm
Traktions-Drehgestell-Achsabstand	1.800 mm
Mittleres Fahrwerk-Radsatzabstand	1.900 mm
Einstiegshöhe über SO	400 mm
Fahrzeugmasse (nach DIN 25 008)	35 t
Sitzplätze	68 (74) + 1
Stehplätze (4 Personen/m²)	117
Raddurchmesser (neu/abgenutzt)	630/550 mm
Getriebeübersetzung	7,225 : 1
Fahrmotoren-Umrichter	2 GTO-Direkt-Pulsumrichter Kiepe DPU 221 DC 750 V (+20 %, -30 %)
Ausgangsleistung (je Umrichter)	280 kW/310 kVA 100 % ED
Ausführung	direkt am Netz betriebener Pulswechselrichter
Kühlung	Heatpipe-Kühlung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> · GTO-Technik, Ansteuerung der Treiberstufen über Lichtleiter · ruckfreies Anfahr- und Bremsverhalten · Wirkung der generatorischen Bremse bis zum Stillstand des Fahrzeuges · kombinierte Nutz- und Widerstandsbremse · kontaktfreie Fahr-/Brems-Richtungsumschaltung
Steuergerät	2 Elektronische Fahr-Bremsregler Kiepe EFB 221
Kühlung	natürliche Konvektion
Anschlußspannung	DC 24 V (+25 %, -30 %)
Ausführung	Betriebsablaufsteuerung über Mikroprozessor <ul style="list-style-type: none"> · Schleuder-/Gleitschutz · Rückrollsicherung · Netzstrombegrenzung · Netzzurückspeisung mit kontinuierlicher Überwachung der Netzaufnahmefähigkeit · Ereignis-/Fehlerspeicher · Betriebsdatenerfassung/ Diagnose/Fehleranalyse mittels PC
Fahrmotoren	4 querliegende, gekapselte, eigenbelüftete Drehstrom-Asynchronmotoren, voll abgedeckt
Typ	4 LXA 1442
Leistung (je Motor)	120 kW
Nennspannung	640 V
Nennstrom	140 A
Nennfrequenz	80 Hz
Nennrehzahl	2.366 min ⁻¹
max. Drehzahl	5.600 min ⁻¹
Masse	345 kg
Wagenbus	Bord-Informations- und Steuersystem Kiepe BISS für den Datenaustausch zwischen den Fahrzeug-Subsystem-Steuergeräten mit integrierter Diagnose und Störungsmeldung
Zugbus	Bord-Informations- und Steuersystem Kiepe BISS Datenaustausch zwischen den einzelnen Fahrzeugen im Zugverband (max. 4 Fahrzeuge möglich)
Bordnetz	2 statische Bordnetzumrichter Kiepe BNU 402 in Modulbauweise mit IGBT-Technik
Ausgang (je Umrichter)	3 AC 400/230 V, 50 Hz, 7,5 kVA, DC 24 V, 150 A Gesamtstrom davon max. 50 A für Batterieladung
Batterie	DC 24 V, 270 Ah

Änderungen vorbehalten.

TECHNICAL DATA

Type of vehicle	articulated 6-axle 70 % low-floor light rail vehicle, bi-directional
Designation	K4000
Rail gauge	1,435 mm
Maximum speed	80 km/h
Acceleration (fully loaded)	1.3 ms ⁻²
Deceleration (fully loaded)	1.4 ms ⁻²
Emergency brake deceleration	3.0 ms ⁻²
Voltage	DC 750 V (+20 %, -30 %)
Wheel arrangement (according to DIN 300 52)	Bo' +2' +Bo'
Vehicle length over coupler faces	29,200 mm
Car body length	28,400 mm
Car body width	2,650 mm
Car body height above top of rail	3,360 mm
Distance between bogie centers	10,100 mm
Motor bogie axle base	1,800 mm
Trailer bogie wheel base	1,900 mm
Height of entrance level above top of rail	400 mm
Empty vehicle operating weight (according to DIN 25 008)	35 t
Seated passengers	68 (74) + 1
Standees (4 persons/m²)	117
Wheel diameter (new/worn)	630/550 mm
Gear ratio	7.225 : 1
Traction inverters	2 GTO direct pulse inverters Kiepe DPU 221 DC 750 V (+20 %, -30 %)
Input voltage	DC 750 V (+20 %, -30 %)
Output (each)	280 kW/310 kVA (continuous)
Type	pulse inverter directly operated on the mains
Cooling	heat-pipe cooling
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> · GTO-technology, triggering of the gate drive units via fiber optics · jerk-free acceleration and deceleration · dynamic braking to vehicle standstill · combined regenerative and rheostatic brake · contactor-less changeovers between motoring/braking and forward/reverse operation
Control unit	2 electronic drive brake control units Kiepe EFB 221
Cooling	natural convection
Supply	DC 24 V (+25 %, -30 %)
Type	Control by microprocessor of: <ul style="list-style-type: none"> · wheel spin/slide correction · roll-back protection · line current limitation · regenerative braking with continuous supervision of line receptivity · event/fault storage · service data recording, diagnosis and fault analysis via PC
Traction motors	4 transverse, encapsulated, self-ventilated three-phase asynchronous motors, fully sprung
Typ	4 LXA 1442
Power (each)	120 kW
Rated voltage	640 V
Rated current	140 A
Rated frequency	80 Hz
Rated speed	2,366 min ⁻¹
Maximum speed	5,600 min ⁻¹
Weight	345 kg
Vehicle bus	On-board information and control system Kiepe BISS with protocol according to CAN standard for data transfer between vehicle subsystem controls with central recording of diagnosis and error messages
Train bus	On-board information and control system Kiepe BISS with protocol according to CAN standard data transfer between vehicles when operating in trains consisting of up to 4 vehicles
Auxiliary power supply	2 static converters Kiepe BNU 402 using IGBT-technology
Output (each)	3 AC 400/230 V, 50 Hz, 7.5 kVA DC 24 V, 150 A of which up to 50 A for battery charging
Battery	DC 24 V, 270 Ah

Subject to change without notice.