

---

**VDV-Schrift**

**301-3**  
02/2020

---

Internetprotokoll basiertes integriertes  
Bord-informationssystem IBIS-IP

---

Teil 3: Netzwerkinfrastruktur/Network infrastructure

---

**Gesamtbearbeitung**  
Ausschuss für Telematik und Informationssysteme (ATI)



# Internetprotokoll basiertes integriertes Bord-informationssystem IBIS-IP

---

## Teil 3/ Part 3: Netzwerkinfrastruktur / Network Infrastructure

---

### **Gesamtbearbeitung**

Unterausschuss für Telematik (UA-Telematik)

### **Autorenverzeichnis**

Torsten Franke, Aachen  
Rene Fischli, Schaffhausen  
Dietmar Klein, Köln  
Henry Meyer, Schwerin  
Berthold Radermacher, Köln  
Simon Schrenk, Köln  
Peter Schüßler, Berlin  
Dirk Weißer, Karlsruhe  
Andreas Krause, Köln

Der Anwender ist für die sorgfältige und ordnungsgemäße Anwendung der Schrift verantwortlich. Stellt der Anwender Gefährdungen oder Unregelmäßigkeiten im Zusammenhang mit der Anwendung dieser Schrift fest, wird eine unmittelbare Benachrichtigung an den VDV erbeten. Eine Haftung des VDV oder der Mitwirkenden an der Schrift ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen.

© Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. Köln 2015 | Alle Rechte, einschließlich des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen oder datenverarbeitungstechnischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten.

---

## Vorwort

Diese VDV-301-3 beschreibt die Anforderungen an die Netzwerkinfrastruktur eines IP basierten integrierten Bordinformationssystems (IBIS-IP).

Neben den Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften, werden insbesondere Anforderungen an die Architektur unterschiedlicher Netze auf dem Fahrzeug beschrieben.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass auf Fahrzeugen verschiedene Netzwerke existieren, die unterschiedliche Aufgaben bewerkstelligen. Einige dienen der Fahrzeugsteuerung und oder der Sicherung eines Zuges und haben damit Aufgaben der funktionalen Sicherheit (Safety) zu bewältigen. Bei Änderungen an diesen Netzwerken (Hardware oder Software) sind aufwendige Zulassungsprozesse des Fahrzeuges zu vollführen, um einen sicheren Transport zu garantieren.

Informationssysteme wie ein IBIS werden dagegen im Betrieb häufig in Struktur und Software den Anforderungen angepasst. Aus diesem Grunde wurde IBIS-IP nur für nicht sicherheitskritische Anwendungen entwickelt und konzipiert.

Trotzdem sind bestimmte Kopplungen der unterschiedlichen Netzwerke im Betrieb gewünscht um Informationen aus den Steuerungsnetzen wie z. B. Statusinformationen von Komponenten, Ladezustände von Batterien, etc. den unterschiedlichen Betriebsteilen für ihre Aufgaben bereitstellen zu können. Wie eine solche Kopplung prinzipiell erfolgen kann, ist in dieser VDV-Schrift dargestellt.

Die VDV 301-3 verweist dabei auf bestehende nationale, europäische und internationale Normen und Standards die bereits am Markt etabliert sind, um somit eine maximale Unterstützung bei Ausschreibungen zu ermöglichen.

## Foreword

This VDV 301-3 describes the requirements for the network infrastructure of an IP-based integrated on-board information system (IBIS-IP).

In addition to the requirements for the physical requirements, requirements for the architecture of different networks on the vehicle are described.

It shall be taken into account that different networks exist on vehicles that perform different tasks. Some serve to control the vehicle and/or to secure a train and thus have to cope with safety tasks. If changes are made to these networks (hardware or software), complex approval processes for the vehicle shall be carried out in order to guarantee safe transport.

Information systems such as IBIS, on the other hand, are often adapted to requirements in terms of structure and software during operation. For this reason, IBIS-IP was developed and designed only for non-safety-critical applications.

Nevertheless, certain couplings of the different networks in operation are desired in order to be able to provide information from the control networks such as status information of components, charge states of batteries, etc. to the different operating parts for their tasks. How such a coupling can in principle take place is described in this VDV document.

The VDV 301-3 refers to existing national, European and international norms and standards which are already established on the market, in order to provide maximum support for tenders.

---

# Inhaltsverzeichnis / Content

<b>Vorwort</b>		<b>4</b>
<hr/>		
<b>Foreword</b>		<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Scope</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>9</b>
2.1	Einleitung	9
2.2	Normative Basis	9
2.2.1	Anwendungsgebiet Bus	9
2.2.2	Anwendungsgebiet städtischer Schienenverkehr	10
2.2.3	Leitungen auf Kupferbasis	10
2.2.4	Lichtwellenleiter LWL	11
2.2.5	Drahtlose Kommunikation (WLAN)	11
2.3	Schnittstellen - Stecker und Buchsen	11
2.3.1	Verbindungsmechanismen	11
2.3.2	Geeignete Steckverbindungen	12
2.3.2.1	Typ 1: Stecker an Geräten und Switches	12
2.3.2.2	Typ 2: Stecker zwischen Kabeln	13
2.3.2.3	Typ 3: Stecker zwischen dauerhaft verbundenen Fahrzeugen/Triebwagen	13
2.3.2.4	Typ 4: Stecker zwischen Fahrzeugen/Triebwagen, die dynamisch gekuppelt	13
2.3.2.5	Typ 5: Service-Zugang für Konfiguration und Diagnose	13
2.3.3	Codierung und Pin-Belegung	13
2.3.4	Verkabelung von Endgeräten mit Switches	14
<hr/>		
<b>2</b>	<b>Requirements</b>	<b>15</b>
2.1	Introduction	15
2.2	Normative Basis	16
2.2.1	Application area Bus	16
2.2.2	Application area Light Rail	16
2.2.3	Copper-based cables	17
2.2.4	Fibre optic cable LWL	17
2.2.5	Wireless communication (WiFi)	17
2.3	Interfaces – Plugs and sockets	18
2.3.1	Connection methodes	18
2.3.2	Suitable plug connections	18

2.3.2.1	Type 1: Connectors on devices and switches	18
2.3.2.2	Typ 2: Connectors between cables	19
2.3.2.3	Typ 3: Connector between permanently connected vehicles/cars	19
2.3.2.4	Typ 4: Connector between vehicles/railcars, dynamically coupled	19
2.3.2.5	Typ 5: Service access for configuration and diagnostics	19
2.3.3	Coding and pin assignment	19
2.3.5	Cabling of end devices with switches	20

---

<b>3</b>	<b>Netzwerkstruktur (Topologie)</b>	<b>22</b>
3.1	Fahrzeug	22
3.2	Netzwerk im Zug	22
3.3	Verbindung zwischen „IBIS-IP-Zugnetz“ und „IBIS-IP-Fahrzeugnetz“	23
3.4	Einsatz von Switches	23
3.4.1	Unmanaged Switch	23
3.4.2	Managed Switch	24

---

<b>3</b>	<b>Network structure (Topology)</b>	<b>25</b>
3.1	Vehicle	25
3.2	Network in a train	26
3.3	Connection between „ IBIS-IP train network“ and „ IBIS-IP vehicle network“	26
3.4	Use of Switches	26
3.4.1	Unmanaged Switch	27
3.4.2	Managed Switch	27

---

<b>4</b>	<b>Schirmung und Erdung</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>Shielding and grounding</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>Power over Ethernet (PoE)</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>Power over Ethernet (PoE)</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Wagenübergang</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Vehicle interchange</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Versionshistorie / Version History</b>	<b>31</b>

<b>Regelwerke – Normen und Empfehlungen / References</b>	<b>32</b>
<b>Tabellenverzeichnis / directory of tables</b>	<b>34</b>
<b>Abbildungsverzeichnis / directory of figures</b>	<b>35</b>
<b>Impressum / Imprint</b>	<b>36</b>

# 1 Anwendungsbereich

Die VDV 301-3 beschreibt Anforderungen für Fahrzeuge des Öffentlichen Verkehrs, die allgemein in die Kategorien KFZ (Busse, O-Busse) und Schienenfahrzeuge (Light/Heavy Rail) unterteilt werden.

Dieses Dokument umfasst Festlegungen und Empfehlungen für die physikalischen Basiskomponenten des IBIS-IP wie Leitungen/Kabel und Schnittstellen/Stecker. Weiterhin werden Switches und Wagenübergänge betrachtet. Hierbei werden die Vorgaben bestehender internationaler Standards und Normen wie IEEE 802.3 oder „EN 13149-8 Öffentlicher Verkehr - Planungs- und Steuerungssysteme für Straßenfahrzeuge - Teil 8: Physikalische Schicht für IP-Kommunikation“ berücksichtigt.

Die Empfehlungen der VDV 301 beziehen sich ausschließlich auf nicht sicherheitsrelevante Systeme. Eine Anwendung auf sicherheitsrelevante Systeme ist nicht vorgesehen. Die etwaige Verknüpfung nicht sicherheitsrelevanter mit sicherheitsrelevanten Systemen muss durch eine Rückwirkungsfreiheit des verbindenden Gateways, auch Datendiode genannt sichergestellt sein. Eine Datendiode kann z. B. über geeignete Hardwaremaßnahmen realisiert werden.

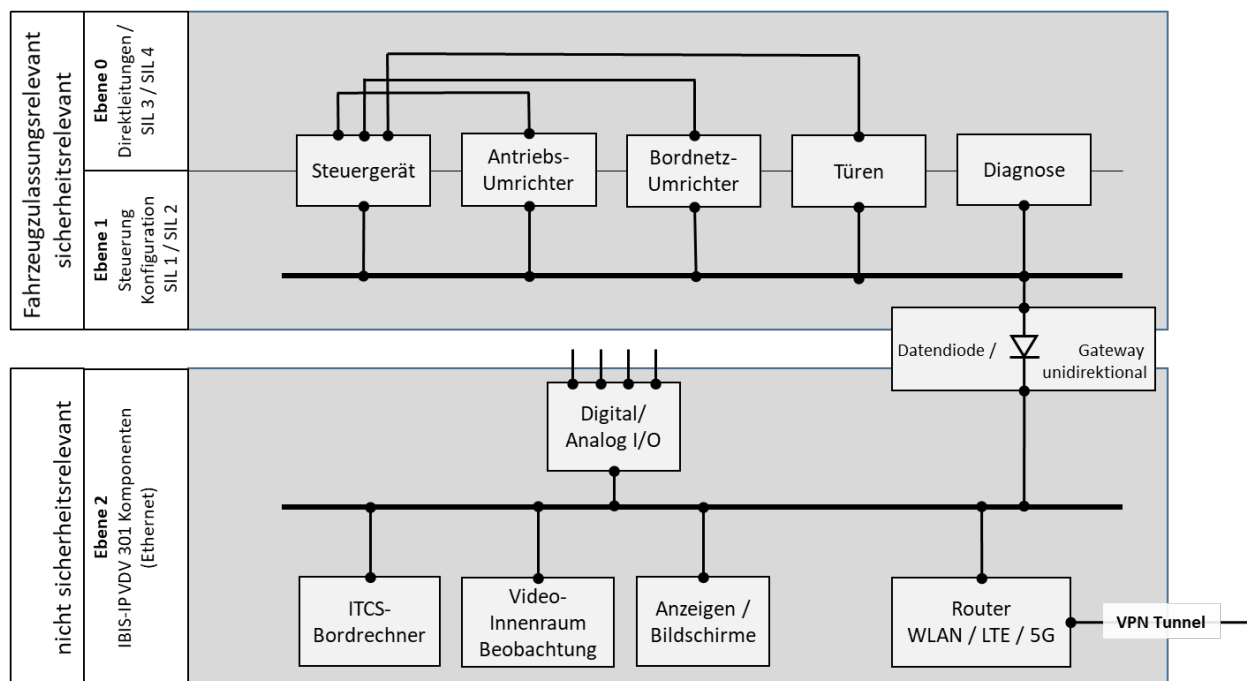


Abbildung 1 Darstellung der Verknüpfung von getrennten sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Netzwerken

Damit wird ermöglicht, dass Informationsflüsse zwischen sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Systemen erfolgen können sowie Informationssperren in umgekehrter Richtung greifen und somit die funktionalen Sicherheitsanforderungen gewährleistet werden.

Eine Beeinflussung der Ebene 0/1 durch die Ebene 2 kann z. B. durch I/O Schnittstellen wie z. B. digitale Relais- oder analoge Ausgänge, die auf dedizierte Eingänge der Ebene 0/1 einwirken, ermöglicht werden. Hierbei sind die Risikobetrachtungen für die Ebene 0/1 zu beachten. Diese Beeinflussungsmöglichkeit ist dabei unabhängig von den Netzwerken.

# 1 Scope

The VDV 303-3 describes requirements for public transport vehicles, which are generally divided into the categories of motor vehicles (buses, trolleybuses) and rail vehicles (light/heavy rail).

This document contains specifications and recommendations for the basic physical components of IBIS-IP such as cables and interfaces. Switches and car transitions are also considered. The specifications of existing international standards and norms such as IEEE 802.3 or "EN 13149-8 Public transport - Planning and control systems for road vehicles - Part 8: Physical layer for IP communication" are taken into account.

The recommendations of VDV 301 refer exclusively to non-safety-related systems. An application to safety-relevant systems is not planned. The possible linking of non-safety-relevant with safety-relevant systems must be ensured by the absence of feedback of the connecting gateway, also called data diode. A data diode can, for example, be implemented using suitable hardware measures.

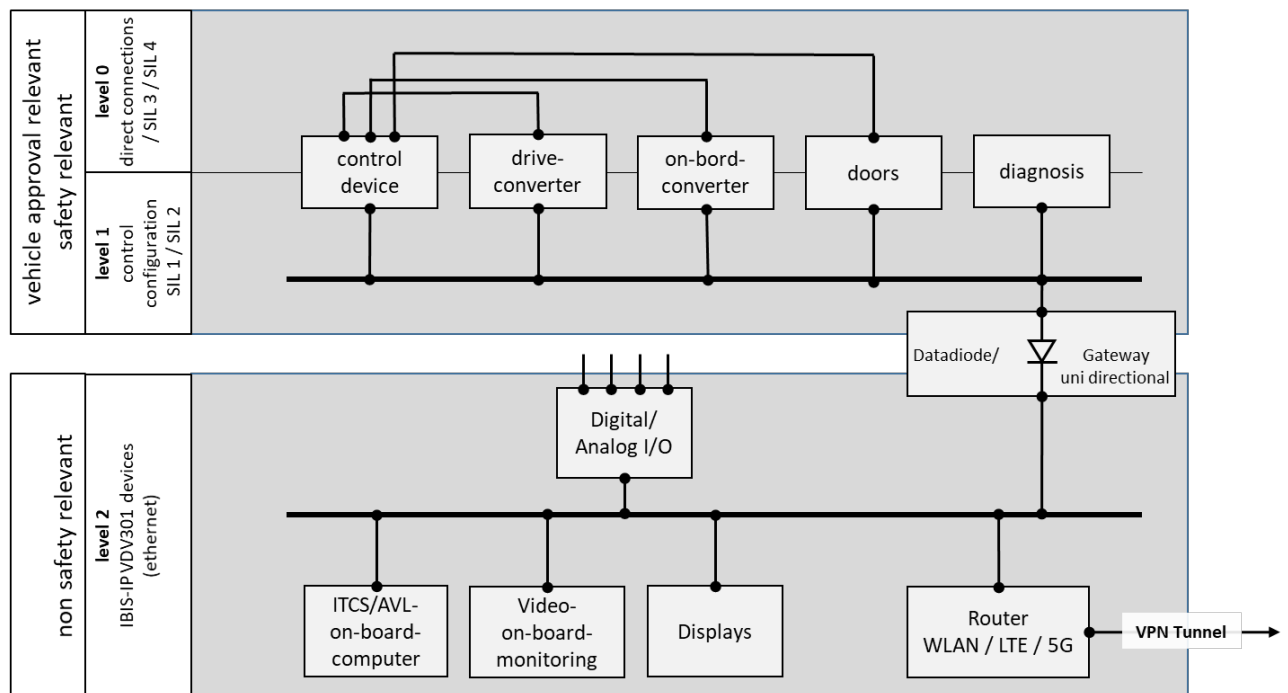


Figure 1 Representation of the linking of separate security-relevant and non-safety-relevant networks

This makes it possible that information flows take place between safety-relevant and non-safety-relevant systems as well as information locks be effective in the opposite direction, thus ensuring that functional safety requirements are met.

Level 0/1 can be influenced by level 2, for example, by I/O interfaces such as digital relay or analog outputs that act on dedicated level 0/1 inputs. The risk analysis for level 0/1 must be taken into account. This influence is independent of the networks.



---

## 2 Anforderungen

### 2.1 Einleitung

Die Verkabelung ist das Rückgrat einer Kommunikationsplattform und eilt der aktiven Datentechnik technologisch voraus, sie sollte daher zukunftsorientiert ausgelegt werden. Auf dieser Grundlage müssen, neben den technologisch notwendigen auch eine Vielzahl physikalischer Umgebungsbedingungen betrachtet werden. Normen und Standards unterstützen die Entwicklung von Netzwerk- und Verkabelungskonzepten und ermöglichen die erforderliche Sicherheit und Überprüfbarkeit.

Weiterhin werden für ein IP-basiertes Netzwerk elektronische Komponenten wie z. B. Switches benötigt, für die weitere Anforderungen auf den ÖPNV-Fahrzeugen gelten.

Wesentlich bei der Festlegung einer Kommunikationsbasis ist neben der Frage der Technik auch die Balance zwischen Investition und Betriebskosten. Zur Unterstützung dieser Entscheidung werden nachfolgend Anforderungen definiert, die den verschiedenen Anwendungsbereichen Rechnung tragen.

Bei einer Fahrzeugumrüstung bzw. Fahrzeugneubeschaffung sollten auf Grund der schnellen Entwicklung im Netzwerkbereich und den steigenden Anforderungen der Datenübertragung die Kabel der höchsten Kategorie und Netzwerkkomponenten der neuesten Generation eingesetzt werden. Hierbei sind die Zulassungsanforderungen für das jeweilige Fahrzeug zu berücksichtigen und die kommerziellen und betrieblichen Aspekte zu betrachten.

### 2.2 Normative Basis

Je nach Anwendungsgebiet sind unterschiedliche Normen zu beachten. Folgende Anwendungsgebiete lassen sich unterscheiden:

- Bus
- Städtischer Schienenverkehr

Die in diesen Bereichen referenzierten Normen überschneiden sich teilweise.

Hierbei ist zu beachten, dass

- EMV-Normen auf eine reine Verkabelung nicht angewandt werden können. Eine Verkabelung kann nur in Kombination mit den zugehörigen elektronischen Geräten als System EMV-konform sein.
- für Switches sind die EMV-Normen relevant und im Folgenden auch ausgeführt.
- die aufgelisteten Normen stellen die derzeit hauptsächlich zur Anwendung kommenden Normen dar. Die folgenden Auflistungen sind jedoch nicht abschließend.

#### 2.2.1 Anwendungsgebiet Bus

Folgende Normen gelten in diesem Bereich:

- ECE R10      Elektromagnetische Verträglichkeit (Funkentstörung)
- ECE R118     Feuerbeständigkeit von in Bussen verwendeten Werkstoffen

- ISO 16750-x Straßenfahrzeuge- Umgebungsbedingungen und Prüfungen für elektrische und elektronische Ausrüstungen
- VDV 410 Nachrichtentechnische Verkabelung in Linienbussen des ÖPNV

### 2.2.2 Anwendungsgebiet städtischer Schienenverkehr

Die Norm EN50155 „Bahnanwendungen - Fahrzeuge - Elektronische Betriebsmittel“ deckt sowohl EMV sowie Normen bezüglich Umgebungsbedingungen und Brandschutznormen ab.

Die EN50155 referenziert in diesen Teilen auf

- EN 50121-3-2 Bahnanwendungen - Elektromagnetische Verträglichkeit - Teil 3-2: Bahnfahrzeuge - Geräte
- EN 50125-1 Bahnanwendungen - Umweltbedingungen für Betriebsmittel - Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen
- EN 61373 Bahnanwendungen - Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen - Prüfungen für Schwingen und Schocken
- EN 45545-x Bahnanwendungen - Brandschutz in Schienenfahrzeugen
- IEC 62443-x Cyber-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme
- VDV 160 Grundanforderungen an die elektrische Ausrüstung von Stadt- und U-Bahn-Fahrzeugen

### 2.2.3 Leitungen auf Kupferbasis

Grundsätzlich sollten bei der Auswahl von Leitungen und Kabel folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Adäquate Abschirmung
- Adäquater Brandschutz wie z. B. Halogenfreiheit
- Flexibilität der Leitungen wie z. B. Vermeidung starrer Leiter bzw. Volldraht und Bevorzugung von Litzen

Für Leitungen auf Kupferbasis, welche für den Aufbau von Kommunikationsnetzen verwendet werden, ist grundsätzlich die Norm IEEE 802.3 maßgeblich. In dieser Normenreihe sind die Anforderungen an Netzwerkleitungen definiert.

Grundsätzlich wird für eine Standardverkabelung mind. 100Base-T empfohlen. Bei Nutzung datenintensiver Anwendungen wie CCTV und/oder IP-basierter Rückspiegelsysteme wird der Einsatz von 1000Base-X Technologie empfohlen.

Netzwerk	Kabel Kategorie
100 Base-T	<b>CAT 5</b>
1 GBase-T	<b>CAT 5e</b>
10 GBase-T	<b>CAT 6A, oder CAT 7</b>

CAT 6 Kabel sind auf Grund der Längenbeschränkung auf 55m nicht geeignet.

In Abhängigkeit des EMV-Konzeptes, wie z. B. in der EN 13149-8 beschrieben, sollte ein geschirmtes Kabel zur Anwendung kommen. Kabel ab Kategorie CAT 6<sub>A</sub> besitzen eine solche Schirmung.

#### 2.2.4 Lichtwellenleiter LWL

Die Lichtwellenleiter (LWL) halten zunehmend Einzug im Fahrzeugbereich. Immer häufiger kommt diese „Glasfaser“-Technologie bereits im Bahnbereich zur Anwendung. Die Vorteile der Anwendung liegen im Besonderen in der EMV-Neutralität und einer sehr hohen Bandbreitenreserve. Entgegenzusetzen ist neben der bislang sehr mäßigen Verbreitung der Kostenaspekt. Hier sind bei der Beschaffung, dem Einbau (Biegeradius) und der Lebensdauer wesentliche Mehrkosten einzukalkulieren. Lichtwellenleiter sind nicht PoE-fähig und eignen sich daher nicht zur Spannungsversorgung von Geräten.

Für die Anwendung von LWL gelten neben der IEE 802.3 generell die gleichen Anforderungen wie für Kupferleitungen. Allerdings ist die Verbreitung dieser Technologie im Fahrzeug noch sehr jung, sodass hier der Markt noch zeigen wird, welche zukünftigen Normen zu erfüllen sind.

Derzeit liegen keine Erfahrungen zur Nutzung von LWL-Kabeln im Bereich von IBIS-IP vor. Aus diesem Grunde erfolgen keine weiteren Spezifikationen zu den zu verwendenden LWL-Kabeln und Komponenten.

#### 2.2.5 Drahtlose Kommunikation (WLAN)

Die drahtlose Datenübertragung stellt hohe Datenübertragungsraten bereit und ermöglicht somit eine Anbindung von Geräten innerhalb oder außerhalb des Fahrzeuges. Diese Technologie kann auch bei Retrofit-Installationen zwischen zwei gekuppelten Wagen verwendet werden.

Für die Anwendung von WLAN gelten die Anforderungen der Standardfamilie IEEE 802.11. Bei der Entscheidung für eine WLAN basierte Systemlösung sollten die damit einhergehenden zusätzlichen Aspekte wie Konzeption der Netzwerke im Fahrzeuge, Sicherheit, Störanfälligkeit, RAMS/LCC sowie die höheren Anschaffungskosten berücksichtigt werden.

### 2.3 Schnittstellen - Stecker und Buchsen

Stecker und Buchsen sind wesentliche Verbindungselemente für die Verkabelung im Fahrzeug. Beim praktischen Einsatz dieser Schnittstellen kommt es teilweise zu fehlerhafter Anwendung, die sich in der Leistungsfähigkeit eines Netzwerks niederschlagen kann.

#### 2.3.1 Verbindungsmechanismen

Innerhalb der Verbindungselemente ist eine Reihe von Verbindungsmechanismen auf dem Markt verfügbar. Hierbei geht es zunächst noch nicht um die Steckverbindungen selbst, sondern den Anschluss der einzelnen Kabellitzen an die Stecker-Pins. Krimptechnik und Federzugmechanismen kommen derzeit bevorzugt zum Einsatz. In jedem Fall sind bei der Auswahl geeigneter Techniken die erhöhten Anforderungen an die Kontaktierung zu berücksichtigen, da die Kontakte in Fahrzeugen erhöhten Belastungen wie Vibrationen, Schocks und Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Siehe hierzu auch EN 50155.

### 2.3.2 Geeignete Steckverbindungen

Grundsätzlich gilt, dass alle Normen, die für Leitungen und Kabel gelten, auch für die Steckverbindungen zur Anwendung kommen.

Für die Ethernet Verkabelung sollen

- Endgeräte und Switche mit Buchsen (female) und
- Kabel mit Steckern (male) ausgeführt werden.

Gemäß EN 13149-8 können Steckverbindungen, abhängig von der jeweiligen Anwendung, in fünf Kategorien eingeteilt werden.

#### 2.3.2.1 Typ 1: Stecker an Geräten und Switches

Die Unterscheidung in Geräte und Switches gemäß EN 13149-8 wird in folgender Hinsicht ergänzt bzw. präzisiert:

Für drahtgebundene Ethernet-Verkabelungen (Kupfer) wird grundsätzlich der Einsatz von M12 Steckverbindungen empfohlen.

In besonderen Anwendungsfällen sind M12-Steckverbindungen nicht mit den gängigen nationalen Anforderungen in Einklang zu bringen, da eine Reihe von Geräten mit Hilfe von Kontaktiervorrichtung wie Montageplatten, Backplanes, 19“-Racks oder Multifunktionssteckern angeschlossen werden. Diese Art der Montage hat sich insbesondere aus Sicht der Instandhaltung und schnellen Austauschbarkeit bewährt und soll auch zukünftig möglich sein.

Derartige Kontaktiervorrichtungen sind im Fahrzeug in der Regel ortsfest montiert. Zwischen Gerät und Kontaktiervorrichtung erfolgt die elektrische Kontaktierung durch andere Ausführungen von Steckverbindungen wie beispielsweise Multifunktionsstecker oder spezifischer Backplane-Lösungen. Auch derartige Steckverbindungen erfüllen die komplexen Anforderungen an eine hohe Überrasungsqualität und sind daher als Alternative zu M12 zulässig. Zu beachten ist, dass eine zum Einsatz kommende alternative Steckverbindung die Konnektivität laut IEEE 802.3 sicherstellen muss.

Dies ist in folgender Tabelle nochmals zusammengefasst:

	EN 13149-8	VDV 301-3
Stecker an Switches	M12	M12
Stecker an Geräten (ohne Kontaktiervorrichtung)	M12	M12
Stecker zwischen Kontaktiervorrichtungen und Fahrzeugverkabelung	Nicht beschrieben	<b>keine Empfehlung</b> , es kommen derzeit zur Anwendung z.B. D-Sub-Stecker, direkte Verkabelung, etc. . Die Tauglichkeit für die Netzwerk Technologie (100/1G/10G Base-T) ist dabei zu prüfen.
Stecker zwischen Gerät und Kontaktiervorrichtung	Nicht beschrieben	<b>Keine Empfehlung</b> , es kommen derzeit zur Anwendung z.B. D-Sub-Stecker, VG-Leisten, DIN-F-Stecker, etc.. Die Tauglichkeit für die Netzwerk Technologie (100/1G/10G Base-T) ist dabei zu prüfen.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Steckerarten für verschiedene Anwendungsgebiete

### 2.3.2.2 Typ 2: Stecker zwischen Kabeln

Wie in der EN 13149-8 beschrieben wird hierfür ein M12 Stecker empfohlen. Um eine höhere mechanische Belastbarkeit zu erreichen, können auch M12 Stecker, die auch im industriellen Bereich zum Einsatz kommen, verwendet werden.

### 2.3.2.3 Typ 3: Stecker zwischen dauerhaft verbundenen Fahrzeugen/Triebwagen

Die EN 13149-8 spricht hierfür keine Empfehlung aus. Aufgrund der hohen Lebensdauer von Traktionsfahrzeugen (Tram, Bahn) ist i.d.R. eine spezifische Lösung erforderlich, die sich an den Gegebenheiten der jeweils verwendeten Kupplung orientiert.

### 2.3.2.4 Typ 4: Stecker zwischen Fahrzeugen/Triebwagen, die dynamisch gekuppelt

Die EN 13149-8 spricht hierfür keine Empfehlung aus. Aufgrund der hohen Lebensdauer von Traktionsfahrzeugen (Tram, Bahn) ist i.d.R. eine spezifische Lösung erforderlich, die sich an den Gegebenheiten der jeweils verwendeten Kupplung orientiert.

### 2.3.2.5 Typ 5: Service-Zugang für Konfiguration und Diagnose

Aufgrund der weiten Verbreitung und Akzeptanz werden Steckverbindungen vom Typ RJ 45 (8P8C gemäß IEEE 802.3) in Form einer Anschlussdose / Buchse oft verwendet.

Aus IT-Sicherheitsgründen wird empfohlen, den Servicezugang unzugänglich für Unbefugte wie z.B. Fahrgäste oder Fahrer auszuführen.

### 2.3.3 Codierung und Pin-Belegung

Es lassen sich ausschließlich für Typ 1 und Typ 2 Stecker-Definitionen für die Kodierung festlegen:

- Typ1 und Typ 2 Stecker
  - 100MBit, M12/4-adrig, D-kodiert
  - 100MBit, 1G/10G, M12/8-adrig, X-kodiert

Gemäß EN 13149-8 wird die folgende Pin-Belegung festgelegt:

Abbildung 2 M12 Verbindungen 4 polig		Pin	Funktion	PoE(PSE)
	1	TX+ Transmit Data +	DC -	
	2	RX+ Receive Data +	DC +	
	3	TX- Transmit Data -	DC -	
	4	RX- Receive Data -	DC +	
		<b>Gehäuse:</b> Schirm		

Tabelle 2 Pinbelegung der TP/TX-Schnittstelle bei PoE für Einspeisung auf die signalführenden Aderpaare

Abbildung 3 M12 Verbindungen 8 polig		Pin	Signal	100Base-Tx	1000 Base-T	PoE (PSE)
	1	MDX1+	Transmit Data +	BI_DB+	DC -	
	2	MDX1-	Transmit Data -	BI_DB-	DC -	
	3	MDX0+	Receive Data +	BI_DA+	DC +	
	4	MDX0-	Receive Data -	BI_DA-	DC +	
	5	MDX2+	nicht benutzt	BI_DC+		
	6	MDX2-	nicht benutzt	BI_DC-		
	7	MDX3-	nicht benutzt	BI_DD-		
	8	MDX3+	nicht benutzt	BI_DD+		
		<b>Gehäuse:</b> Schirm				

Tabelle 3 Pinbelegung einer TP-M12-Buchse 8-polig, X-codiert

### 2.3.4 Verkabelung von Endgeräten mit Switches

Es wird empfohlen, Stecker und Kabel entsprechend der notwendigen Bandbreiten auszuwählen. An beiden Kabelenden sollten die gleichen Stecker-Kodierungen verwendet werden. Empfohlene Konstellationen sind der Abbildung 4 zu entnehmen.

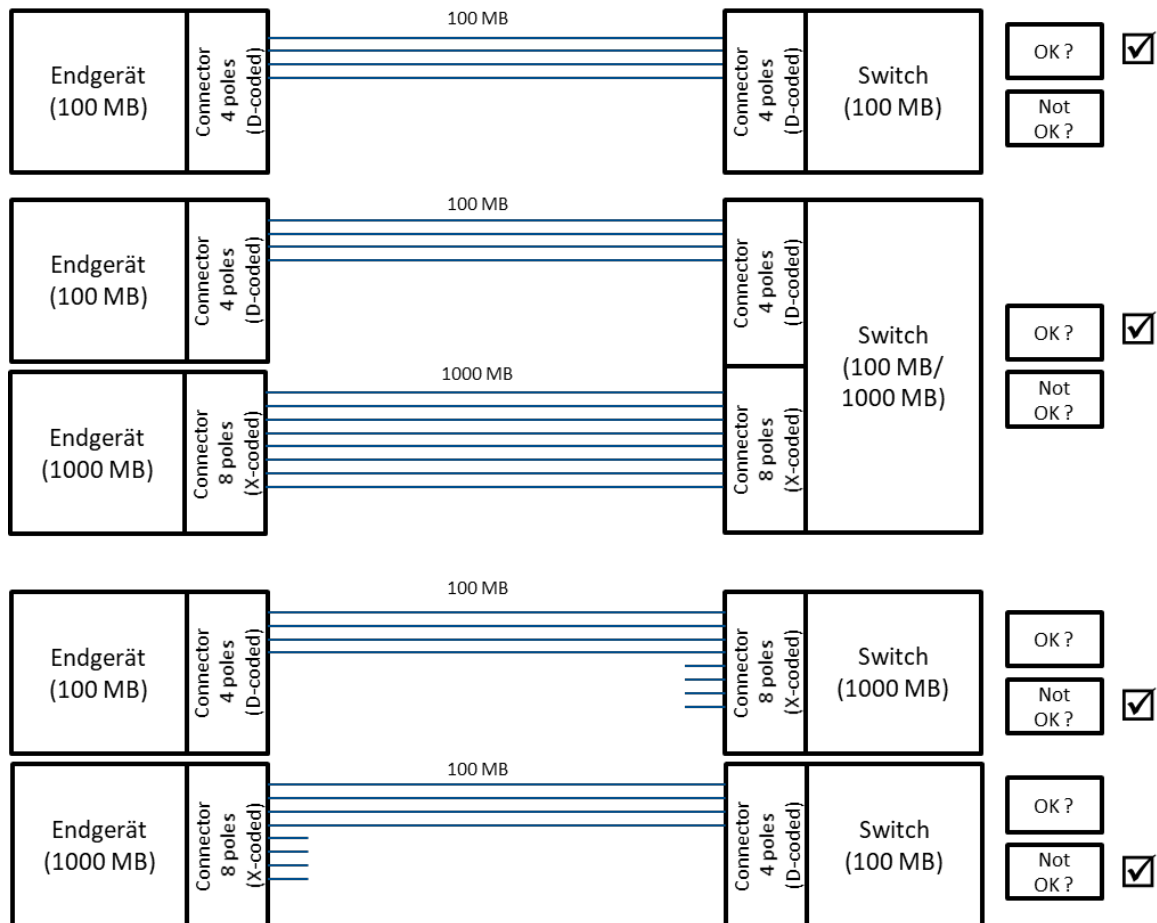


Abbildung 4 Konstellationen der Verkabelung von Endgeräten und Switches

## 2 Requirements

### 2.1 Introduction

Cabling is the backbone of a communication platform and is technologically ahead of active data technology; it should therefore be future-oriented. On this basis, a multitude of physical environmental conditions shall be considered in addition to the technologically necessary ones. Norms and standards support the development of network and cabling concepts and enable the necessary security and verifiability.

Furthermore, an IP-based network requires electronic components such as switches for which additional requirements apply to public transport vehicles.

In addition to the question of technology, the balance between investment and operating costs is essential when defining a communication basis. To support this decision, requirements are defined below that take into account the various application areas.

When retrofitting or procuring a new vehicle, cables of the highest category and network components of the latest generation should be used due to the rapid development in the network sector and the increasing requirements of data transmission. Here, the approval

requirements for the respective vehicle must be taken into account and the commercial and operational aspects must be considered.

## 2.2 Normative Basis

Depending on the field of application, different standards shall be observed. The following application areas can be distinguished:

- Bus
- Urban rail transport

The standards referenced in this areas partly overlap.

It should be noted here that

- EMC standards cannot be applied to pure cabling. Cabling can only be EMC-compliant in combination with the associated electronic devices as a system.
- The EMC standards are relevant for switches and are described below.
- the standards listed represent the standards which are currently mainly applied. However, the following lists are not exhaustive.

### 2.2.1 Application area Bus

The following standards apply in this area:

- ECE R10 Electromagnetic compatibility (radio interference suppression)
- ECE R118 Fire resistance of materials used in buses
- ISO 16750-x Road vehicles - Environmental conditions and tests for electrical and electronic equipment
- VDV 410 Cabling of Telecommunication Facilities in Line-Service Buses for the Public Transport

### 2.2.2 Application area Light Rail

The EN50155 standard "Railway applications - Vehicles - Electronic equipment" covers both EMC and environmental and fire safety standards.

EN50155 refers in these parts to

- EN 50121-3-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock - Appliances
- EN 50125-1 Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 1: Equipment on rolling stock
- EN 61373 Railway applications - Railway rolling stock equipment - Tests for vibrations and shocks
- EN 45545-x Railway applications - Fire protection in rail vehicles
- IEC 62443-x cyber-security for industrial automation systems
- VDV 160 Basic Requirements to the Electrical Equipment of Light Rail Vehicles and Metro vehicles



### 2.2.3 Copper-based cables

In principle, the following aspects should be taken into account when selecting wires and cables:

- Adequate shielding
- Adequate fire protection e.g. halogen-free
- Flexibility of the cables e.g. avoidance of rigid conductors or solid wires and preference of strands

The IEEE 802.3 standard is generally applicable for copper-based cables used to set up communication networks. This series of standards defines the requirements for network cables.

In principle, at least 100Base-T is recommended for standard cabling. When using data-intensive applications such as CCTV and/or IP-based rear-view mirror systems, the use of 1000Base-X technology is recommended.

Network	Cable Category
100 Base-T	<b>CAT 5</b>
1 GBase-T	<b>CAT 5e</b>
10 GBase-T	<b>CAT 6a, or CAT 7</b>

CAT 6 cables are not suitable due to the length restriction to 55m.

Depending on the EMC concept, as described e.g. in EN 13149-8, a shielded cable should be used. Cables from category CAT 6A upwards have such a shielding.

### 2.2.4 Fibre optic cable LWL

Fiber optic cables are increasingly finding their way into vehicles. This "glass fiber" technology is already being used more and more frequently in the railway sector. The advantages of the application lie in particular in the EMC neutrality and a very high bandwidth reserve. In addition to the very moderate spread to date, the cost aspect must be countered. Considerable additional costs have to be taken into account for procurement, installation (bending radius) and service life. Fiber optic cables are not PoE-capable and are therefore not suitable for supplying power to devices.

In addition to IEE 802.3, the same requirements generally apply to the use of fiber optic cables as to copper cables. However, the spread of this technology in vehicles is still very recent, so that the market will show which future standards have to be fulfilled.

Currently there is no experience in the use of fiber optic cables in the IBIS-IP area. For this reason, no further specifications will be made for the fibre optic cables and components to be used.

### 2.2.5 Wireless communication (WiFi)

Wireless data transmission provides high data transmission rates and thus enables the connection of devices inside or outside the vehicle. This technology can also be used for retrofit installations between two coupled cars.

The requirements of the standard IEEE 802.11 family apply to the use of WiFi. When deciding on a WiFi-based system solution, the associated additional aspects such as the design of the networks in the vehicle, safety, susceptibility to faults, RAMS/LCC and the higher acquisition costs should be taken into account.

## **2.3 Interfaces – Plugs and sockets**

Plugs and sockets are essential connecting elements for wiring in the vehicle. The practical use of these interfaces sometimes leads to faulty application, which can be reflected in the performance of a network.

### **2.3.1 Connection methodes**

Within the fasteners, a number of fastening mechanisms are available on the market. This does not initially involve the plug connections themselves, but the connection of the individual cable strands to the plug pins. Crimping technology and spring tension mechanisms are currently preferred. In any case, the increased requirements for contacting shall be taken into account when selecting suitable technologies, since the contacts in vehicles are exposed to increased loads such as vibrations, shocks and temperature fluctuations. See also EN 50155.

### **2.3.2 Suitable plug connections**

In principle, all standards that apply to wires and cables also apply to the plug connections.

For Ethernet cabling, the following standards should apply

- End devices and switches with female sockets and
- cable with plugs (male).

According to EN 13149-8, plug connections can be divided into five categories, depending on the respective application.

#### **2.3.2.1 Type 1: Connectors on devices and switches**

The distinction between devices and switches in accordance with EN 13149-8 is supplemented and specified in the following respects:

The use of M12 connectors is generally recommended for wired Ethernet cabling (copper).

In special applications, M12 plug connections cannot be brought into line with current national requirements, as a number of devices are connected using contacting devices such as mounting plates, backplanes, 19" racks or multi-function plugs. This type of assembly has proven itself particularly from the point of view of maintenance and rapid interchangeability and should also be possible in the future.

Such contact devices are usually fixed in the vehicle. The electrical connection between the device and the contacting device is made by other types of plug connections such as multi-function plugs or specific backplane solutions. Such plug connections also meet the complex requirements for high transfer quality and are therefore permissible as an alternative to M12. It should be noted that an alternative connector used shall ensure connectivity in accordance with IEEE 802.3.

This is summarized again in the following table:

	<b>EN 13149-8</b>	<b>VDV 301-3</b>
Plug at Switches	M12	M12
Plug at IBIS-IP devices (without contacting device)	M12	M12
Plug between contacting device and vehicle cabling	Not described	<b>no recommendation</b> , Currently D-Sub connectors, direct cabling, etc. are used. The suitability for the network technology (100/1G/10G Base-T) has to be tested.
Plug between IBIS-IP devices and contacting device	Not described	<b>no recommendation</b> , Currently D-Sub plugs, VG strips, DIN-F plugs, etc. are used. The suitability for the network technology (100/1G/10G Base-T) has to be tested.

Table 1 Summary of connector types for different application areas

### 2.3.2.2 Typ 2: Connectors between cables

As described in EN 13149-8, an M12 connector is recommended for this purpose. In order to achieve a higher mechanical load capacity, M12 connectors that are also used in industrial applications can also be used.

### 2.3.2.3 Typ 3: Connector between permanently connected vehicles/cars

EN 13149-8 does not recommend this. Due to the long service life of traction vehicles (tram, railway), a specific solution is usually required which is oriented to the conditions of the coupling used in each case.

### 2.3.2.4 Typ 4: Connector between vehicles/railcars, dynamically coupled

EN 13149-8 does not recommend this. Due to the long service life of traction vehicles (tram, railway), a specific solution is usually required which is oriented to the conditions of the coupling used in each case.

### 2.3.2.5 Typ 5: Service access for configuration and diagnostics

Due to their wide distribution and acceptance, RJ 45 plug connections (8P8C according to IEEE 802.3) in the form of a junction box / socket are often used.

For IT security reasons, it is recommended that service access be made inaccessible to unauthorised persons such as passengers or drivers.

## 2.3.3 Coding and pin assignment

Connector definitions for coding can only be defined for type 1 and type 2:

- Type 1 and Type 2 Connector
  - 100MBit, M12/4-wire, D-coded
  - 100MBit, 1G/10G, M12/8-wire, X-coded

According to EN 13149-8 the following pin assignment is determined:

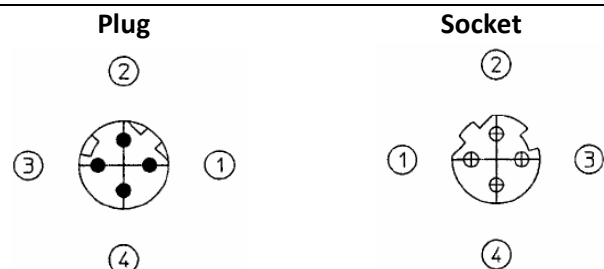
Figure 2 M12 connectors 4 poles		Pin	Function	PoE(PSE)
		1	TX+ Transmit Data +	DC -
		2	RX+ Receive Data +	DC +
		3	TX- Transmit Data -	DC -
		4	RX- Receive Data -	DC +
		<b>Housing: Shield</b>		

Table 2: Pin assignment of the TP/TX interface for PoE for feeding into the signal-carrying wire pairs

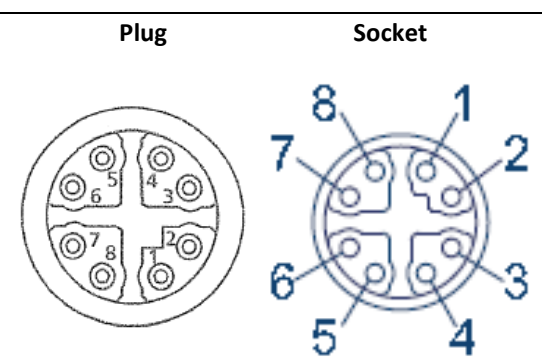
Figure 3 M12 connectors 8 poles		Pin	Signal	100Base-Tx	1000 Base-T	PoE (PSE)
		1	MDX1+	Transmit Data +	BI_DB+	DC -
		2	MDX1-	Transmit Data -	BI_DB-	DC -
		3	MDX0+	Receive Data +	BI_DA+	DC +
		4	MDX0-	Receive Data -	BI_DA-	DC +
		5	MDX2+	Not used	BI_DC+	
		6	MDX2-	Not used	BI_DC-	
		7	MDX3-	Not used	BI_DD-	
		8	MDX3+	Not used	BI_DD+	
		<b>Housing: Shield</b>				

Table 3 Pin assignment of a TP-M12 socket 8-pin, X-coded

### 2.3.5 Cabling of end devices with switches

It is recommended to select connectors and cables according to the required bandwidths. The same connector coding should be used on both cable ends. Recommended constellations are shown in Figure 4.

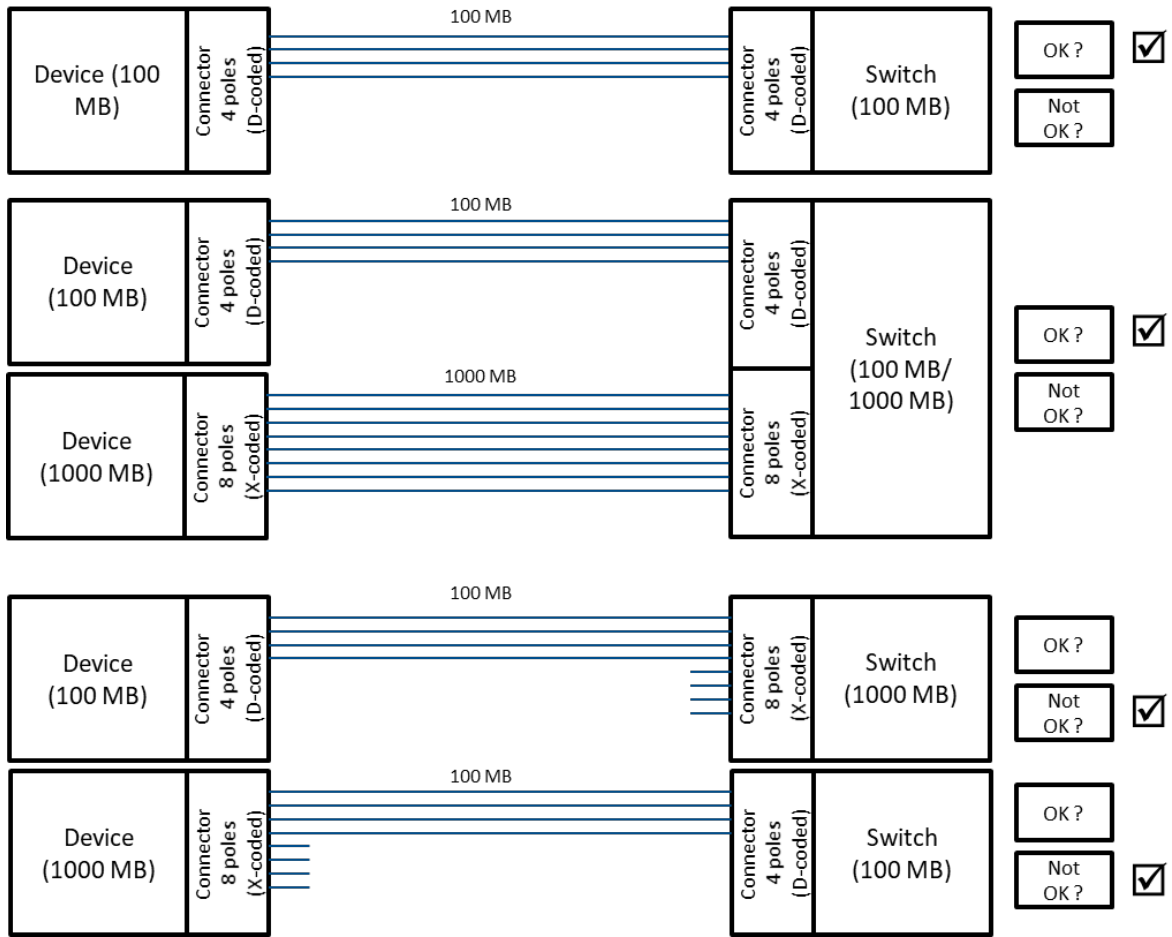


Figure 4 Constellations of the cabling of end devices and switches

## 3 Netzwerkstruktur (Topologie)

### 3.1 Fahrzeug

Die Netzwerkstruktur ist ein essentieller Bestandteil einer leistungsfähigen „Physik“ im Fahrzeug und lässt sich in zwei verschiedenen Konzepten darstellen. Zum einen ist für Fahrzeuge mit relativ geringer räumlicher Ausprägung, wie z.B. Busse, eine Stern-Topologie ausreichend.

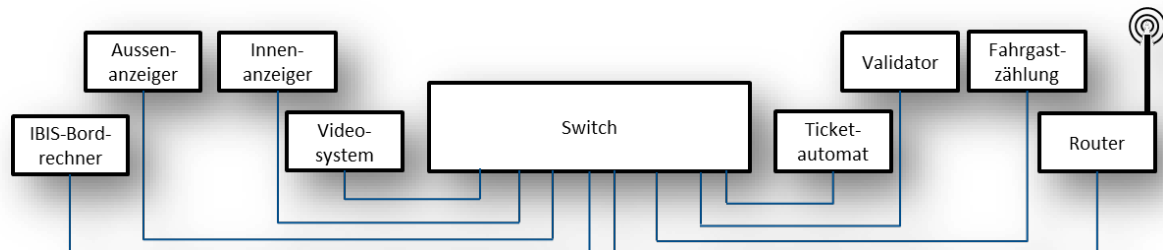


Abbildung 5 Einfache Sternverkabelung wie sie in Omnibussen typischerweise zum Einsatz kommt

Alternativ können auch Ringtopologien zur Anwendung kommen, um eine noch höhere Verfügbarkeit zu erzielen. Diese sind hier nicht beschrieben.

Die maximale Ausbreitung der Datenleitungen ist bei Ethernet stets auf max. 100m begrenzt. U.U. sollte, wie in vielen Prüfnormen enthalten, die maximale Ausbreitung von 80m nicht überschritten werden.

Im Fahrzeug wird die Vergabe von festen IP Adresse für gleiche Einbauorte empfohlen. Die IP Adresse kann sowohl im Gerät (Variante A) als auch über den Anschluss eines „managed Switch“ (Variante B) fest eingestellt werden. Damit vereinfacht sich der Austausch von schadhafte n Geräten, da diese stets die gleichen IP Adressen haben (Variante A) oder zugewiesen bekommen (Variante B).

Beispiel:	Anzeiger 1	192.168.0.181
	Anzeiger 2	192.168.0.182
	Anzeiger 3	192.168.0.183
	Anzeiger 4	192.168.0.184
	Anzeiger 5	192.168.0.185

Für die Variante A befinden sich Einstellmöglichkeiten an den Anzeigern, an denen die Einbauposition wie bisher einzustellen ist und damit eine festgelegte IP Adresse zugeordnet wird.

### 3.2 Netzwerk im Zug

Das „IBIS-IP-Zugnetz“ stellt eine Netzwerkverbindung für nicht sicherheits relevante Komponenten zwischen allen Fahrzeugen eines Zuges dar. Die Ausführung der Verbindung

zwischen zwei Fahrzeugen ist nicht Bestandteil dieser Schrift. Konzepte für die Kopplung von Fahrzeugen sind in der VDV 301-2-14 beschrieben.

Jedes Fahrzeug erhält im „IBIS-IP-Zugnetz“ eine eindeutige IP Adresse.

Für das „IBIS-IP-Zugnetz“ und das „IBIS-IP-Fahrzeugnetz“ sollten jeweils separate Kabel genutzt werden. Neben der vereinfachten logischen Netzgestaltung, sind die Netze auch physikalisch getrennt, so dass sich beispielsweise elektrische Probleme im Kupplungsbereich nur im „IBIS-IP-Zugnetz“ auswirken, jedoch nicht im „IBIS-IP-Fahrzeugnetz“.

### **3.3 Verbindung zwischen „IBIS-IP-Zugnetz“ und „IBIS-IP-Fahrzeugnetz“**

Die Verbindung zwischen „IBIS-IP-Zugnetz“ und „IBIS-IP-Fahrzeugnetz“ erfolgt grundsätzlich über einen Router. Es sind aber auch andere Technologien z.B. die Verwendung von VLANs möglich.

Die Leistungsfähigkeit der Router ist so auszuwählen, dass neben den IBIS-IP Funktionen auch weitere Netzwerkfunktionalitäten gewährleistet werden können.

Der Router stellt grundsätzlich das Gateway für das IBIS-IP-Fahrzeugnetz dar. Damit kann gleichzeitig über den Router die Verbindung des IBIS-IP-Fahrzeugnetzwerkes zu einem WLAN oder öffentlichen Netz gewährleistet werden.

Für die verschiedenen Funktionen sind entsprechende Routingtabellen zu erstellen. Diese Tabellen sind wiederum in allen Routern identisch, so dass die Datenversorgung beim Austausch von Geräten sich auf die Einstellung der entsprechenden Fahrzeugadresse beschränkt.

Die IBIS-IP-Dienste und die Netzwerkkonzepte mit IBIS-IP-Zugnetzen und IBIS-IP-Fahrzeugnetzen sind detailliert in der VDV 301-2-14 beschrieben.

### **3.4 Einsatz von Switches**

Für die strukturierte Verteilung der Komponenten und eine effiziente Anbindung an das Netzwerk sind (intelligente) „Verteiler“ (Switches) notwendig. Darüber hinaus sind grundsätzlich die Anforderungen wie bei Kabeln einzuhalten, jedoch sind insbesondere die EMV-Anforderung zu berücksichtigen.

Es werden zwei Arten von Switches unterschieden:

- unmanaged Switch
- managed Switch

Allgemein gilt die Empfehlung zusätzlich zu den benötigten Ports am Switch Reserveports vorzusehen um zukünftige Erweiterungen zu ermöglichen. Bei managed Switches ist die Bereithaltung eines zusätzlichen Service Port zu empfehlen.

#### **3.4.1 Unmanaged Switch**

Diese Switches zeichnen sich durch die niedrige Komplexität aus, die ersatzweise in den Endgeräten integriert werden muss. Hier ist keine Konfiguration auf dem Switch erforderlich, sodass auch die Hardware kostengünstiger ist. Dieser Umstand beeinflusst auch die Zuverlässigkeit solcher Geräte durch eine besonders niedrige Ausfallhäufigkeit.

### 3.4.2 Managed Switch

Managed Switches sind intelligente Netzwerkkomponenten die vielerlei Steuerungs- und Überwachungsfunktionen des Netzwerks bereitstellen. Diese Komponenten sind selbst parametrierbar und in der Lage angeschlossene Endgeräte mit Parametern wie z. B. IP-Adressen zu versorgen (DHCP).

Grundsätzlich bedarf IBIS-IP keiner managed Switches. Jedoch bieten diese die folgenden ergänzenden Funktionen:

- Quality of Service, ermöglicht die Bevorrechtigung von Diensten wie zum Beispiel Video-Überwachung
- Vergabe von IP-Adressen, zur Detektion der „Einbauposition“ von Komponenten
- Trennung von VLANs
- Ihr Einsatz wird jedoch empfohlen, da es das Management von VLANs im Zusammenspiel mit der automatischen Teilnehmererkennung via Multicast stark vereinfacht. Dabei ist zu beachten, dass diese IGMP (Internet Group Management Protocol) unterstützen, damit die in IBIS-IP vorgesehenen Multicast-Funktionalitäten sinnvoll verwendet werden können.



## 3 Network structure (Topology)

### 3.1 Vehicle

The network structure is an essential component of an efficient "physics" in the vehicle and can be represented in two different concepts. On the one hand, a star topology is sufficient for vehicles with relatively small spatial characteristics, such as buses.

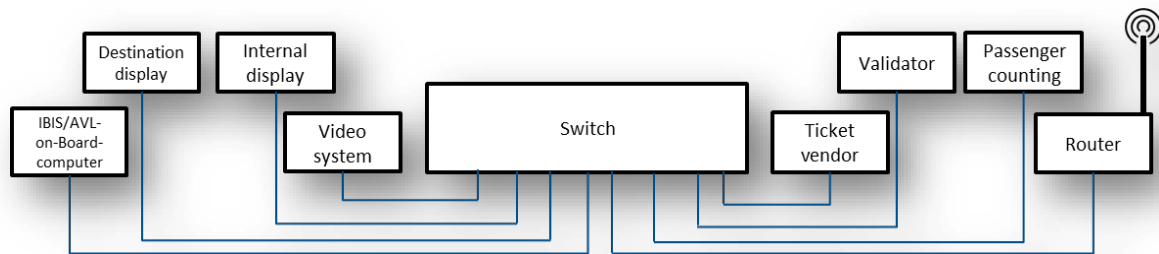


Figure 5 Simple star cabling as typically used in buses

Alternatively, ring topologies can be used to achieve even higher availability. These are not described here.

With Ethernet, the maximum extension of the data lines is always limited to a maximum of 100m. Under certain circumstances, as contained in many test standards, the maximum propagation of 80m should not be exceeded.

In the vehicle, it is recommended to assign a fixed IP address for the same installation locations. The IP address can be permanently set both in the device (variant A) and by connecting a "managed switch" (variant B). This simplifies the replacement of faulty devices, as they always have the same IP address (variant A) or are assigned the same IP address (variant B).

Example:	Display 1	192.168.0.181
	Display 2	192.168.0.182
	Display 3	192.168.0.183
	Display 4	192.168.0.184
	Display 5	192.168.0.185

For variant A, there are setting options on the indicators where the installation position is to be set as before and thus a fixed IP address is assigned.

## 3.2 Network in a train

The 'IBIS-IP train network' provides a network connection for non-safety related components between all vehicles in a train. The execution of the connection between two vehicles is not part of this document. Concepts for the coupling of vehicles is described in VDV 301-2-14.

Each vehicle receives a unique IP address in the " IBIS-IP train network".

The cables for " IBIS-IP train network" and " IBIS-IP vehicle network" should be routed separately. In addition to the simplified logical network design, the networks are also physically separated so that, for example, electrical problems in the coupling area only affect the "train network", but not the " IBIS-IP vehicle network".

## 3.3 Connection between „ IBIS-IP train network“ and „ IBIS-IP vehicle network“

The connection between the " IBIS-IP train network" and the " IBIS-IP vehicle network" is always made via a router. However, other technologies such as the use of VLANs are also possible.

The performance of the routers shall be selected so that other network functions can be guaranteed in addition to the IBIS IP functions.

The router is basically the gateway for the IBIS-IP vehicle network. This allows the connection of the IBIS-IP vehicle network to a WLAN or public network to be guaranteed simultaneously via the router.

Corresponding routing tables shall be created for the various functions. These tables are again identical in all routers, so that the data supply when exchanging devices is limited to the setting of the corresponding vehicle address.

The IBIS-IP services and network concepts with IBIS-IP train networks and IBIS-IP vehicle networks are described in detail in VDV 301-2-14.

## 3.4 Use of Switches

For the structured distribution of the components and an efficient connection to the network (intelligent) "switches" are necessary. In addition, the same requirements as for cables shall always be observed, but EMC requirements in particular shall be taken into account.

A distinction is made between two types of switches:

- Unmanaged Switch
- Managed Switch

In general, the recommendation is to provide reserve ports on the switch in addition to the required ports in order to allow future extensions. For managed switches it is recommended to provide an additional service port.

### 3.4.1 Unmanaged Switch

These switches are characterized by their low complexity, which must be integrated into the end devices as a substitute. No configuration on the switch is required, so the hardware is also less expensive. This circumstance also influences the reliability of such devices through a particularly low failure frequency.

### 3.4.2 Managed Switch

Managed Switches are intelligent network components that provide various control and monitoring functions of the network. These components can be parameterized themselves and are able to supply connected terminal devices with parameters such as IP addresses (DHCP).

Basically, IBIS-IP does not require any managed switches. However, they offer the following supplementary functions:

- Quality of Service, which enables priority to be given to services such as video-supervision
- Allocation of IP addresses, for detection of the "installation position" of components
- Separation of VLANs
- Their use is recommended, however, as it greatly simplifies the management of VLANs in conjunction with automatic subscriber detection via multicast. It should be noted that these support IGMP (Internet Group Management Protocol) so that the multicast functionalities provided in IBIS-IP can be used sensibly.

---

## **4 Schirmung und Erdung**

Zur Schirmung und Erdung sind die Anforderungen der EN 13149-8 (Kapitel 5.7) zu beachten.

## **4 Shielding and grounding**

For shielding and grounding, the requirements of EN 13149-8 (chapter 5.7) shall be observed.

---

## 5 Power over Ethernet (PoE)

Die Stromversorgung über die Ethernet-Leitungen vereinfacht die Verkabelung bei Geräten mit geringer Leistungsaufnahme. So sind bereits heute viele Applikationen wie z. B. IP- Kameras, Accesspoints oder auch Fahrgastzählgeräte mit PoE im Einsatz.

Die Grundprinzipien sind in de IEEE 802.3af/at/bt spezifiziert.

Insbesondere müssen hierbei die Anforderungen der EN 50155 bzgl. der Spannungsunterbrechungen betrachtet werden. Grundsätzlich gibt es hier die Möglichkeit dies im Switch oder in jedem Endgerät vorzunehmen.

## 5 Power over Ethernet (PoE)

The power supply via the Ethernet cables simplifies cabling for devices with low power consumption. Many applications such as IP cameras, access points or passenger counting devices with PoE are already in use today.

The basic principles are specified in IEEE 802.3af/at/bt.

In particular, the requirements of EN 50155 regarding voltage interruptions must be considered. Basically there is the possibility to do this in the switch or in every terminal device.

---

## 6 Wagenübergang

Für den Kupplungsübergang kann jedes Verfahren verwendet werden, welches zur IP-Übertragung verwendet werden kann. U. a. sind folgende Verfahren verfügbar:

- Powerline
- WLAN
- direkte Ethernet-Verbindung über spezielle Steckkontakte
- LWL Verbindung

Kriterien für die Auswahl des Verfahrens sind:

- Kosten der Komponenten und Installation
- Kompatibilität mit bestehenden Systemen
- Bandbreite
- Betriebssicherheit der Lösung

Bei der notwendigen Bandbreite ist zu beachten, dass die meiste Kommunikation lokal im Fahrzeug erfolgt und nicht über die Kupplung geführt wird. Bei der Nutzung von WLAN ist die Beeinflussungsmöglichkeit durch Dritte zu beachten.

## 6 Vehicle interchange

Any method that can be used for IP transmission can be used for the vehicle coupling interchange. Among others, the following technical solutions are available:

- Powerline
- WLAN
- direct Ethernet connection via special plug contacts
- LWL connection

Criteria for the selection of the technical solutions are:

- Cost of components and installation
- Compatibility with existing systems
- bandwidth
- Operational reliability of the solution

With the necessary bandwidth, it should be noted that most communication takes place locally in the vehicle and is not routed between vehicles. When using WLAN, the possibility of interference by third parties must be taken into account.

---

## 7 Versionshistorie / Version History

---

## Regelwerke – Normen und Empfehlungen / References

- (1) ISO 16750-x Straßenfahrzeuge- Umgebungsbedingungen und Prüfungen für elektrische und elektronische Ausrüstungen /  
Road vehicles - Environmental conditions and tests for electrical and electronic equipment
- (2) IEC 62443-x IT-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme /  
IT security for industrial automation systems
- (3) EN 45545-x Bahnanwendungen - Brandschutz in Schienenfahrzeugen /  
Railway applications - Fire protection in rail vehicles
- (4) EN 50121-3-2 Bahnanwendungen - Elektromagnetische Verträglichkeit - Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte /  
Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock - Appliances
- (5) EN 50125-1 Bahnanwendungen - Umweltbedingungen für Betriebsmittel - Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen /  
Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 1: Equipment on rolling stock
- (6) EN 50155 Bahnanwendungen - Fahrzeuge - Elektronische Betriebsmittel /  
Railway applications - Vehicles - Electronic equipment
- (7) EN 61373 Bahnanwendungen - Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen - Prüfungen für Schwingen und Schocken /  
Railway applications - Railway rolling stock equipment - Tests for vibrations and shocks
- (8) CEN/TS 13149-7 Öffentlicher Verkehr - Planungs- und Steuerungssysteme für Straßenfahrzeuge - Teil 7: System- und Netzwerkarchitektur; Englische Fassung CEN/TS 13149-7:2015 /  
Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 7: System and Network Architecture
- (9) CEN/TS 13149-8 Öffentlicher Verkehr - Planungs- und Steuerungssysteme für Straßenfahrzeuge - Teil 8: Physikalische Schicht für IP-Kommunikation; Englische Fassung CEN/TS 13149-8:2013 /  
Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 8: Physical layer for IP communication
- (10) ECE R10 Elektromagnetische Verträglichkeit (Funkentstörung) /  
Electromagnetic compatibility (radio interference suppression)



- (11)ECE R118            Feuerbeständigkeit von in Bussen verwendeten Werkstoffen /  
Fire resistance of materials used in buses
- (12)IEEE 802.3        IEEE Standard for Ethernet
- (13)VDV 160            Grundanforderungen an die elektrische Ausrüstung von Stadt- und U-Bahn-  
Fahrzeugen /  
Basic Requirements to the Electrical Equipment of Light Rail Vehicles and  
Metro vehicles
- (14)VDV 301-1        Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP -  
Teil 1: Systemarchitektur  
IBIS-IP - Part 1: System architecture
- (15)VDV 301-2-x      IBIS-IP - Teil 2-x – Dienste Beschreibungen  
IBIS-IP - Part 2-x – Service descriptions
- (16)VDV 301-2-14    DIENST-TrainSetInformationService /  
DIENST-TrainSetManagementService /  
DIENST-TrainSetDataService  
SERVICE-TrainSetInformationService  
SERVICE-TrainSetManagementService /  
SERVICE-TrainSetDataService
- (17)VDV 410            Nachrichtentechnische Verkabelung in Linienbussen des ÖPNV /  
Cabling of Telecommunication Facilities in Line-Service Buses for the Public  
Transport

---

## Tabellenverzeichnis / directory of tables

Tabelle 1	Zusammenfassung der Steckerarten für verschiedene Anwendungsgebiete	12
Tabelle 2	Pinbelegung der TP/TX-Schnittstelle bei PoE für Einspeisung auf die signalführenden Aderpaare	14
Tabelle 3	Pinbelegung einer TP-M12-Buchse 8-polig, X-codiert	14
Table 1	Summary of connector types for different application areas	19
Table 2:	Pin assignment of the TP/TX interface for PoE for feeding into the signal-carrying wire pairs	20
Table 3	Pin assignment of a TP-M12 socket 8-pin, X-coded	20

---

## Abbildungsverzeichnis / directory of figures

Abbildung 1	Darstellung der Verknüpfung von getrennten sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Netzwerken	7
Abbildung 2	M12 Verbindungen 4 polig	14
Abbildung 3	M12 Verbindungen 8 polig	14
Abbildung 4	Konstellationen der Verkabelung von Endgeräten und Switches	15
Abbildung 5	Einfache Sternverkabelung wie sie in Omnibussen typischerweise zum Einsatz kommt	22
Figure 1	Representation of the linking of separate security-relevant and non-safety-relevant networks	8
Figure 2	M12 connectors 4 poles	20
Figure 3	M12 connectors 8 poles	20
Figure 4	Constellations of the cabling of end devices and switches	21
Figure 5	Simple star cabling as typically used in buses	25

---

## Impressum / Imprint

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)  
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln  
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000  
info@vdv.de · www.vdv.de

### **Ansprechpartner**

Berthold Radermacher  
T 0221 57979-141  
F 0221 57979-8141  
radermacher@vdv.de

---

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)  
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln  
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000  
info@vdv.de · www.vdv.de

---