

# MVB

## (Multi-function Vehicle Bus)

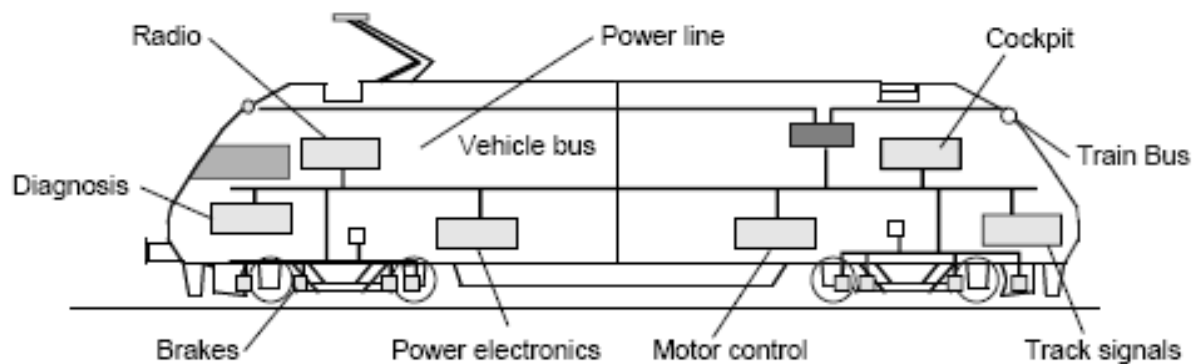
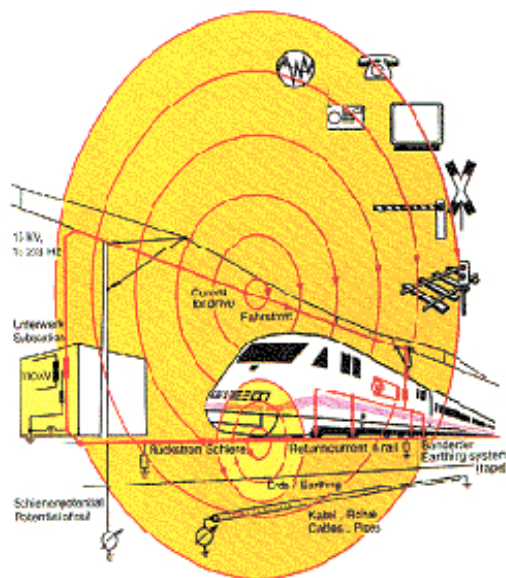


Figure 6. MVB layout in a locomotive.

Vertiefungsmodul: Embedded Control WS 2005  
Autor: B.Wagner  
Klasse: E3b  
Ort Datum: Burgdorf, Winter 2006

# Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Geschichte:</b>	<b>3</b>
<b>2. Markt und Einsatzgebiete:</b>	<b>3</b>
2.1 Einsatzgebiete:	3
2.2 Markt:	3
<b>3. Anwendungsmodel:</b>	<b>4</b>
3.1 Wie wird dieses System eingesetzt?	4
<b>4. Technologie:</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Zugriffsverfahren:</b>	<b>5</b>
4.1.1 Periodische und sporadische Mediumzuteilung	5
4.1.2 Quellenadressierte Prozessdatenübertragung	6
4.1.3 Rundverteilung von Prozessvariablen und Verkehrsspeicher	7
4.1.4 Das Sicherheitskonzept	8
4.1.5 Das Verfügbarkeitskonzept	9
<b>4.2 Telegramme:</b>	<b>10</b>
4.2.1 Aufbau der Telegramme:	10
4.2.2 Zwei verschiedene Telegramme:	11
4.2.3 Zeiten	11
<b>5. Installationstechnik:</b>	<b>12</b>



# 1. Geschichte:

Die Eisenbahner machen es vor: der internationale Feldbus für zeitkritische und ausfallkritische Anwendungen rollt seit bald zehn Jahren auf dem Schienennetz- als Zugreisende sind Sie wahrscheinlich schon damit gefahren.

Die internationale Eisenbahnunion (UIC, Utrecht) und die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC, Genf) haben in zehnjähriger Arbeit ein Datennetzwerk standardisiert, welches die strengen Anforderungen der Datenübertragung an Bord von Schienenfahrzeugen erfüllt. An dieser Entwicklung waren Eisenbahngesellschaften und Herstellerfirmen beteiligt. Dadurch wird die weltweite Interoperabilität der Schienenfahrzeuge und die Austauschbarkeit ihrer Ausrüstung möglich.

Der MVB baut auf den Erfahrungen der Schweizerischen Lokomotiven 460 seit 1990 auf.

Die Produktion der Bauteile liegt in Händen der ABB.

# 2. Markt und Einsatzgebiete:

## **2.1 Einsatzgebiete:**

Das Haupteinsatzgebiet des MVB liegt bei Zügen. Daneben findet er auch Anwendungen im Controlling von Starkstromanlagen.

Im Gegensatz zum Zugbus, welcher die Fahrzeuge eines Zuges verbindet, verbindet der Fahrzeugbus MVB die Ausrüstung an Bord der einzelnen Fahrzeuge.

## **2.2 Markt:**

Weltweit wird der MVB in über 600 Fahrzeugen verwendet.

## 3. Anwendungsmodell:

### 3.1 Wie wird dieses System eingesetzt?

Der MVB arbeitet mit 1,5 Mbit/s über optische Faser oder verdrehte Aderpaare. Er kann bis zu 4096 intelligente Steuerungen und einfache E/A Geräte verbinden.

In der Tabelle sind alle wichtigen Daten zusammengefasst.

Property	Characteristics	
Communications medium	Copper: twisted wire pair, biased RS 485	Optical fibres and active star coupler
Topography	Bus	Star
Extension	30m for RS 485 segment with 32 taps	2000m
Redundancy	Duplicated media: send on both, receive on one. Redundant masters with rotation	
Gross data rate	1.5 Mb/s	
Response Time	Typical 4µs, maximum 43µs	
Address space	4095 physical devices, 4095 logical ports, 8-bit station address for messages	
Frame size (useful data)	16, 32, 64, 128 and 256 bits	
Medium access control	Centralised master. Mastership transfer by token passing for back-up masters	
Bus management	background polling of devices, service messages, bus configuration	
Regular operation	Periodic polling for <i>process data</i>	Sporadic access for <i>message data with arbitration</i>
Application	Process variables	Remote procedure call
Logical link control	Broadcast of source-addressed process data	Slave-to-slave <i>datagrams</i>

Der Aufbau der Busstruktur ist zweikanalig, wobei an Wagenübergängen die Kanäle getrennt verlegt werden. Damit, und mit der Realisierung von Backbone-Strukturen in den einzelnen Wagen, wird eine höhere Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit erreicht. Der Datenaustausch auf dem Bus wird von einem oder mehreren Busverwaltern koordiniert. Die Datenübertragung erfolgt asynchron, dass heisst jeder Rechner oder Busverwalter verfügt über einen eigenen Taktgeber (Clock).

## 4. Technologie:

### 4.1 Zugriffsverfahren:

#### Kurz:

Der MVB funktioniert nach dem Master-Slave Prinzip.

Der Master kann an jeder Stelle im Bus platziert werden. Um die Verfügbarkeit zu erhöhen, können mehrere Masters am gleichen Bus angeschlossen sein. Diese wechseln untereinander das „Mastership“ mit einem Token. D.h. es ist immer nur ein Master Administrator.

Der Bus arbeitet mit dem Protokoll, welches auf dem Prinzip der synchronen, zyklischen Datenübertragung von quelladressierten Nachrichten (siehe 4.1.2) beruht. Dadurch wird ein deterministisches Verhalten garantiert, welches einerseits die Echtzeitkriterien erfüllt und andererseits die Fehlertoleranz erhöht.

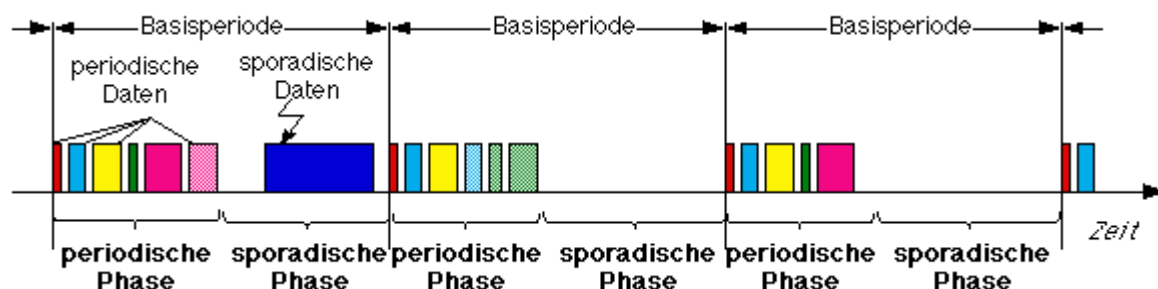
#### Ausführlicher:

### 4.1.1 Periodische und sporadische Mediumzuteilung

Der Fahrzeugbus transportiert zwei Arten von Daten:

1. **Prozessvariablen (*periodisch*)** sind kurze Daten (16 bis 256 Bits), die den Zustand des Zuges widerspiegeln, z.B. Geschwindigkeit oder Fahrbefehle. UIC verlangt, dass innerhalb eines Fahrzeuges alle zeitkritischen Variablen (unter allen Bedingungen) in weniger als 16 ms von Applikation zu Applikation wandern. Innerhalb eines Zuges (vom Fahrzeugbus zum Zugbus und wieder zu einem Fahrzeugbus) sind 100 ms zulässig. Um diese Zeiten unter allen Bedingungen einhalten zu können, werden die Prozessvariablen zyklisch übertragen.
2. **Meldungen (*sporadisch*)** tragen längere Informationen, z.B. für Diagnose oder Netzverwaltung. Die Meldungsgrösse variiert zwischen wenigen Bytes bis zu Megabytes. Von den Meldungen wird zwar eine kurze Übertragungszeit erwartet, aber es darf auch mal länger werden. Darum werden Meldungen bedarfsorientiert (sporadisch) übertragen, ohne Garantie für die Zustellzeit, aber mit Empfangsquittung.

Periodische und sporadische Daten werden in den Geräten separat behandelt, sie teilen sich abwechselungsweise den Bus, wie Figur 7 zeigt:

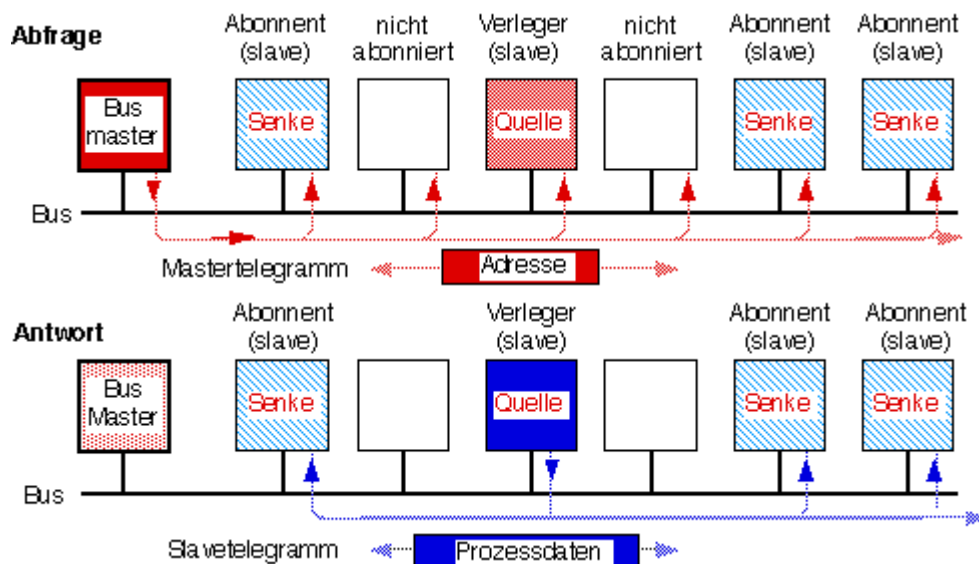


Der Busmaster unterteilt die Buszeit in Basisperioden. Eine Basisperiode dauert 1 ms. Die periodische Phase belegt einen Anteil jeder Basisperioden, welcher von Periode zu Periode variieren kann, aber 2/3 der Perioden nicht überschreitet. Während der periodischen Phase fragt der Busmaster die einzelnen Variablen nach einer vordefinierten Reihenfolge. Jede Variable hat eine vordefinierte individuelle Periode, die von 1 ms bis zu 1024 ms einstellbar ist.

Zwischen zwei periodischen Phasen findet die sporadische Phase statt. In dieser Zeit fragt der Master nach Geräten, die sporadische Daten zu übertragen haben. Falls kein Gerät antwortet, bleibt die sporadische Phase unbenutzt. Falls genau ein Gerät antwortet, leitet der Master die Ereignisdaten an den oder die Empfänger weiter. Falls mehrere Geräte gleichzeitig antworten, legt der Master durch Arbitration die Reihenfolge fest. Die Zeit, während der ein Gerät auf die Beantwortung seiner Abfrage wartet, kann mehrere Basisperioden in Anspruch nehmen, obwohl die Arbitration fair ist, weil die Anzahl beteiligter Geräte nicht vorausgesagt werden kann.

#### 4.1.2 Quellenadressierte Prozessdatenübertragung

Prozessdaten werden grundsätzlich an alle Geräte im Bus gesendet. Der Master sendet zunächst ein Telegramm mit der Adresse der Prozessdaten. Jedes Gerät schaut nach, ob es an diese abonniert ist oder nicht. Das Quellgerät, welche diese Daten produziert, sendet darauf den Wert der Daten an alle Geräte. Diejenigen Geräte die abonniert sind, behalten die Daten. Jedes Gerät führt dazu eine Tabelle seiner abonnierten Daten. Diese Übertragungsart wird als quellenadressierte Rundverteilung bekannt. Sie wird auch von zeitkritischen Bussen wie WorldFIP oder Fieldbus Foundation (IEC 61158) verwendet. Die Prozessdaten sind somit unabhängig von den Geräten.



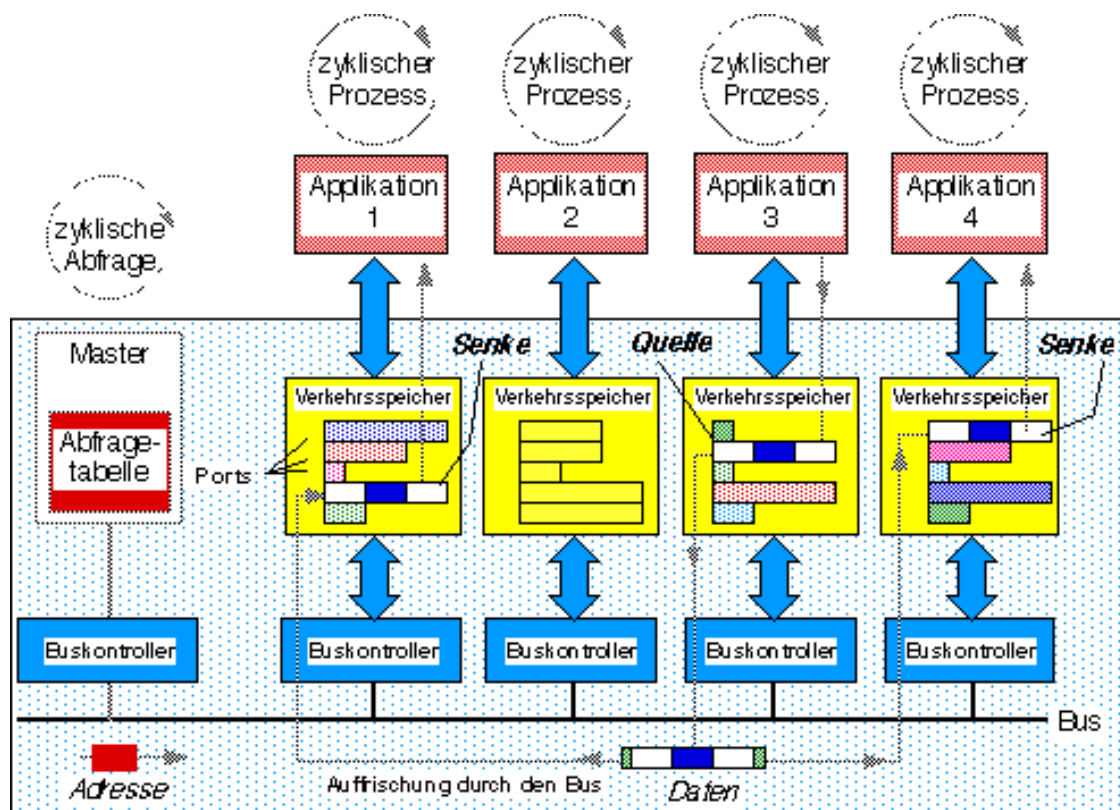
Quellenadressierte Verteilung

### 4.1.3 Rundverteilung von Prozessvariablen und Verkehrsspeicher

Der Buskontroller wickelt den Verkehr selbständig ab und legt die Prozessdaten in einer kleinen Datenbank ab, dem Verkehrsspeicher. Der Verkehrsspeicher ist die Schnittstelle zwischen Bus und Anwendung, er entkoppelt Busverkehr und Applikationsverkehr. Eine Applikation liest aus dem Verkehrsspeicher zu einem beliebigen Zeitpunkt wie aus einem globalen Speicher. Der Verkehrsspeicher sichert die Datenkonsistenz, auch wenn mehrere Applikationen auf dem gleichem Gerät den Verkehrsspeicher lesen.

Aus Effizienz werden mehrere Prozessvariable in einem Prozessdatentelegramm verpackt. Auf dem MVB kann jedes Gerät bis zu 4096 Prozessdaten abonnieren.

Applikationen arbeiten meist zyklisch, ihre Zyklen sind untereinander und vom Buszyklus unabhängig, obwohl sie mit dem Busverkehr synchronisiert werden können, wie die folgende Figur zeigt:



Rundverteilung von Prozessvariablen und Verkehrsspeicher

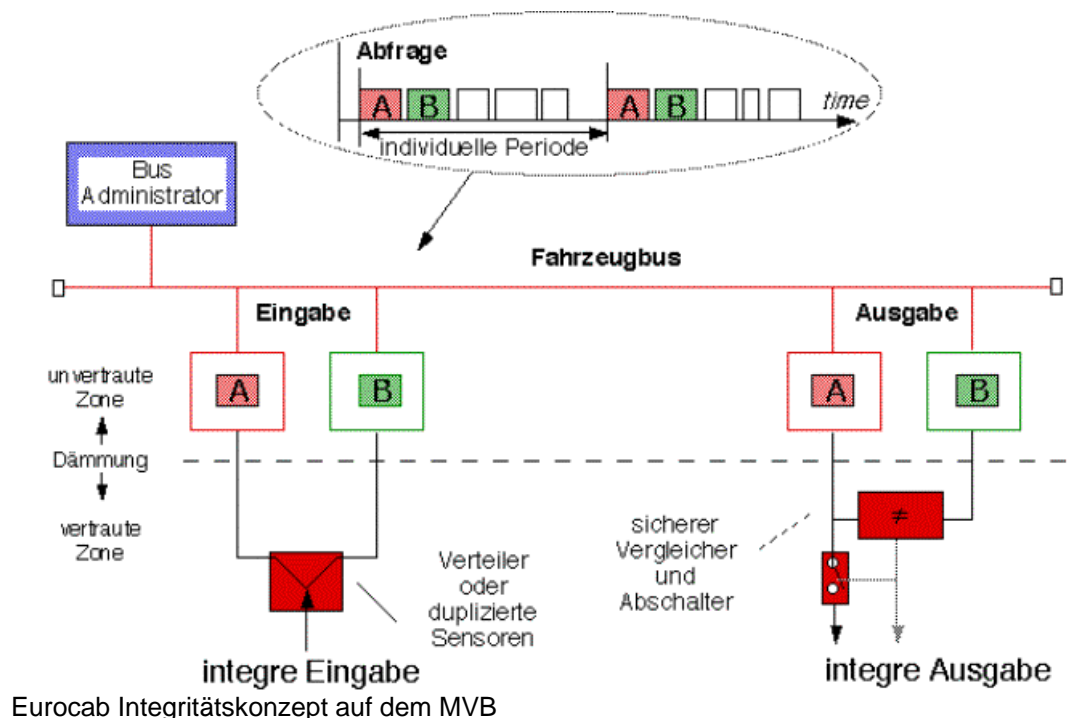
Der Applikationsprozessor braucht also nur zum Zweck der Synchronisierung, z.B. am Anfang einer Basisperiode unterbrochen zu werden. Damit ist eine deterministische Datenübertragung garantiert von Applikation zu Applikation durch die periodische Natur aller beteiligten Prozesse.

Da Prozessdaten mit ihrer individuellen Periode wiederholt werden, braucht es keine zusätzlichen Protokolle, um verlorene Daten (zum Beispiel bei Übertragungsfehler) zu wiederholen. Auch braucht es keine Flusskontrolle, da die neuen Daten stets die vorherigen überschreiben. Um gegen Dauerausfälle gewappnet zu sein, wird jedes Prozessdatum mit einem Zähler versehen, der anzeigt, wie lange die Daten schon im Verkehrsspeicher seit der letzten Auffrischung durch den Bus oder die Applikation weilen. Die Anwendung liest die Daten regelmässig aus dem Verkehrsspeicher, und kann diese verwerfen wenn der Zähler einen zu hohen Wert anzeigt. Überdies kann jede Variable durch eine Checkvariable gesichert werden, die vom Hersteller gesetzt wird. Bei sicherheitsgerichteter Übertragung kommt eine globale Sicherung hinzu.

#### 4.1.4 Das Sicherheitskonzept

Im Rahmen des ETCS-Projektes (European Train Control System) zur Vereinheitlichung der Europäischen Eisenbahnsignalisierung wurde das Eurocab-Sicherheitskonzept entwickelt. Bei diesem Konzept werden weder Bus noch Geräten vertraut, denn obwohl Fehler auf dem Bus unwahrscheinlicher sind als Gerätefehler, ist ihre Wahrscheinlichkeit doch hoch.

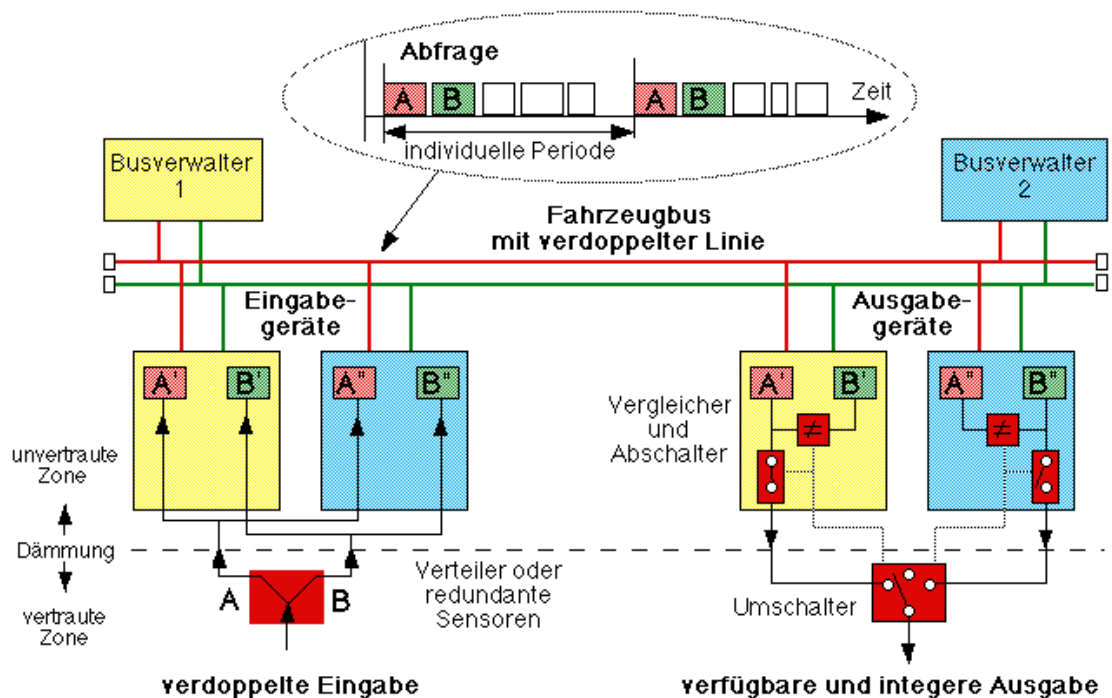
Die Daten werden grundsätzlich redundant aus zwei verschiedenen Geräten verschickt, unter Ausnützung der Annahme, dass bei einer seriellen Übertragung der gleiche (mehrfach)-Fehler nicht genau gleich bei aufeinanderkommenden Telegrammen eintritt (siehe Figur). Überdies werden die Daten mit einem Zeitstempel und einer Quellenauthentifizierung versehen, welche Teile der Checksumme (implizite Information) sind und von verschiedener Software (A/B) ausgewertet werden. Auf weiteren Optimierungen (z.B. Übertragung der Daten durch ein Gerät und der Checksumme durch das andere Gerät) wurde verzichtet, um die Implementierung einfach zu halten. Der Busverkehr wird dadurch nicht verdoppelt, denn es gibt nur wenige sicherheitskritischen Variablen und Geräte.





#### 4.1.5 Das Verfügbarkeitskonzept

Die erhöhte Sicherheit wird mit Hardware-Redundanz erkauft. Dadurch sinkt die Verfügbarkeit des Leitsystems und damit des Zuges. Aus diesem Grund wird die Verdoppelung der Geräte auch zur Erhöhung der Verfügbarkeit herangezogen. Alle Kommunikationskomponenten (Busleitungen, Busverwalter) sind grundsätzlich doppelt ausgelegt - einfache Strecken werden aber dort verwendet, wo dies unkritisch ist. Zu jedem kritischen Gerät gehört ein Ersatzgerät, welches bei Ausbleiben des Lebenszählers des kritischen Gerätes seine Funktion übernimmt. Gleichzeitig liefert das Ersatzgerät die redundanten Daten zur Gewährung der Sicherheit. Fällt ein Gerät aus, so hängt die Sicherheit des Zuges nur noch am Ersatzgerät. Je nach Anwendung darf dann bis zum nächsten Bahnhof oder bis zum Nachtdepot gefahren werden. Die Rundverteilung quellenadressierten Daten erlaubt eine elegante Umschiffung des Quittungsproblems und eine geringe Busbelastung. Die Umschaltung des Busmasters erfolgt in wenigen Millisekunden, diejenige des Ersatzgerätes erfordert einige 100 ms. Dies bleibt unterhalb der Spanne, bei welcher eine Notbremsung eingeleitet würde.



Eurocab Integritäts- und Verfügbarkeitskonzept

## 4.2 Telegramme:

### 4.2.1 Aufbau der Telegramme:

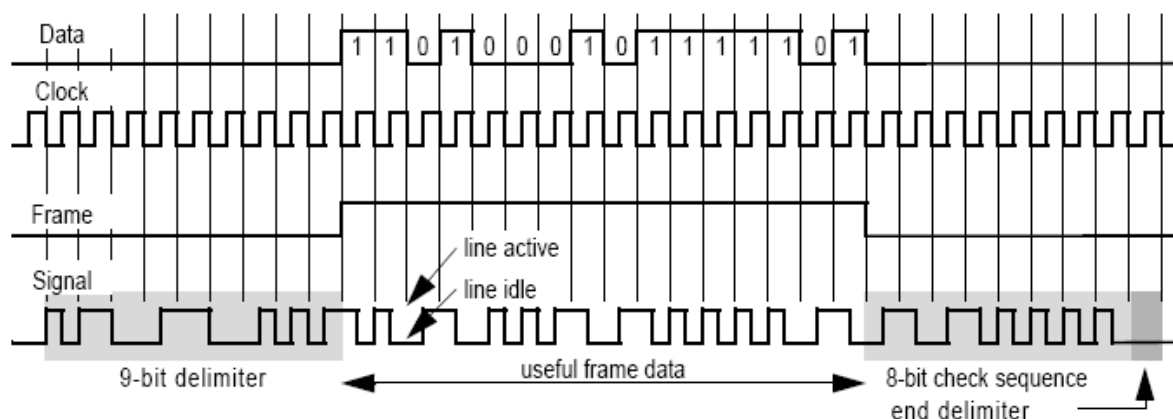
Die Daten sind mit dem Manchestercode codiert. Wegen der Manchestercodierung kann der Clock aus dem Datenstrom zurück gewonnen werden. Somit wird die Synchronisation sichergestellt.

Am Anfang eines Frames (Telegramm) steht ein 9 Bit langer Header (delimiter) und am Ende eine 8 Bit Prüfsequenz (end delimiter).

Der **Header** (delimiter) wird für die Synchronisation verwendet. Um die Headerbits von den Datenbits unterscheiden zu können, verletzt die Headerbitfolge dreimal die Regeln der Manchestercodierung.

Damit die Synchronisation erhalten bleibt, besitzen Masterframes und Slaveframes unterschiedliche Headers (delimiters).

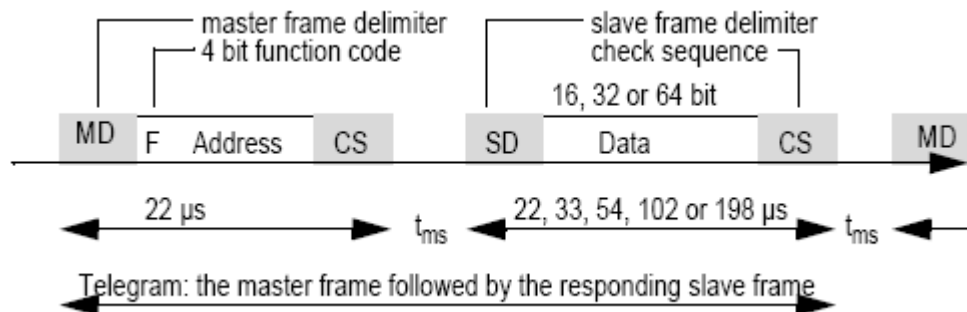
Die **Prüfsequenz** wird über mindestens 64 Datenbits gebildet. Dazu wird der sehr sichere „TC57 Telecontrol“ Algorithmus verwendet, welcher eine Hanning Distanz von 6 gewährleistet. Zusammen mit dem Manchestercodierung erhält man am Ende eine Hanning Distanz von ungefähr 8 (mit Glasfaserübertragung).



### 4.2.2 Zwei verschiedene Telegramme:

Der Multifunction Vehicle Bus verwendet zwei Arten Frames:

1. Den Masterframe, wird vom Busmaster gesendet (links in Abb.).
2. Den Slaveframe, wird von den Slaves gesendet (rechts in Abb.).



Das Masterframe unterscheidet sich ein wenig vom Slaveframe. Erstes enthält eine 4-Bit Funktionscode, der den Befehl und die Grösse des erwartenden Slaveframes enthält sowie ein 12-Bit Feld für Adressen und Paramter. Sowohl das Master- als auch das Slaveframe werden via Broadcast verschickt.

### 4.2.3 Zeiten

Die Antwortzeit  $t_{ms}$  steht in Abhängigkeit zur Kabellänge. Längerer Weg = längere Verzögerung. Die Antwortzeit darf nicht mehr als 42.7 µs betragen.

Die Zeit zwischen dem Ende eines Masterframes und dem Anfang der dazugehörigen Antwort eines Slaves, muss zwischen 1.4 µs und 4 µs liegen.

## 5. Installationstechnik:

### Wie werden Installationen durch den Praktiker realisiert?

Zu diesem Punkt habe ich trotz langer Suche (ca. 6 Stunden) nicht viel gefunden.

Hierzu nur ein Beispiel eines Datenbuskabels, Liste von MVB-Komponenten und ein Bild eines MVB Buskopplers.

### Datenbus Kabel MVB:



### MVB Komponenten:

#### Bus Controllers:

- BAP 15 (Texas Instruments, obsolete)
- MVBC01 (VLSI, in production, includes master logic)
- MVBC02 (E2S, in production, includes transformer coupling)

#### Repeaters:

- REGA (in production)
- MVBD (in production, includes transformer coupling)

#### Medium Attachment Unit:

- OGF: fully operational and field tested (8 years experience)
- ESD: fully operational and field tested (with DC/DC/opto galvanic separation)
- EMD: lab tested, first vehicles equipped

#### Stack:

- Link Layer stack for Intel 186, i196, i960, 166, 167, Motorola 68332, under DOS, Windows, VRTX,...

#### Tools:

- Bus Administrator configurator
- Bus Monitor, Download, Upload, remote settings



**ricos<sup>TP</sup> BC-MVB**  
**modularer Buskoppler MVB**