

Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Feldbusse

Feldbusse: serielle Echtzeit-Kommunikationssysteme

Vorteile:

- **Entfernung zwischen Steuerung/technischer Prozess (m – km)**
- **hardwaretechnisch einfache Prozessankopplung**
 - **standardisierte I/O-Module**
- **Einsparungen im Bereich Verkabelung**

Nachteile:

- **Ggf. erhöhter Softwareaufwand**
- **Ggf. erhöhter Hardwareaufwand (bei einfacher Peripherie)**



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Protokolle

Vorbedingung für Informationsaustausch zwischen Kommunikationspartnern

- Physikalische Verbindung (Kabel, Lichtwellenleiter, Funk, Diskette, etc).

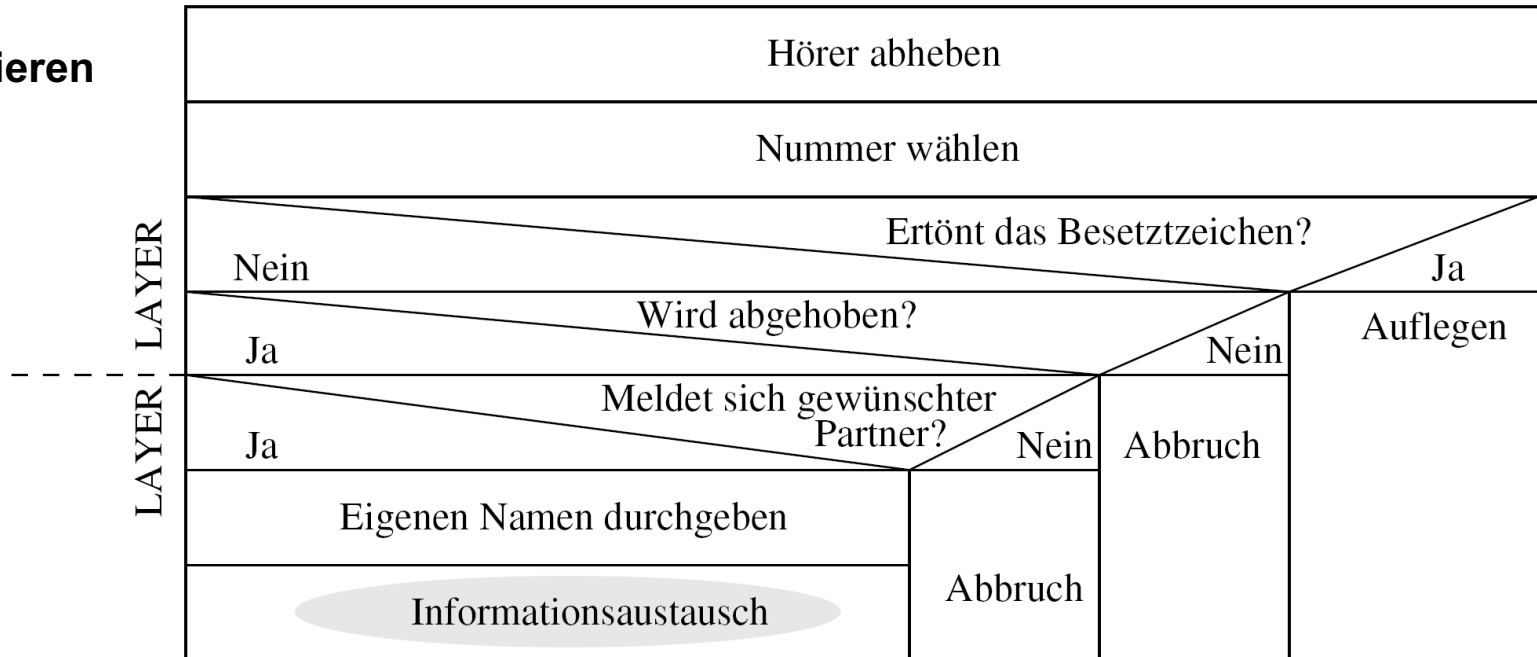
Bidirektionale Kommunikation, mehr als zwei Partner:

- Regeln zu deren Benutzung

Protokoll: (Ablauf-) Vorschrift für die Kommunikation

Beispiel:

- Telefonieren



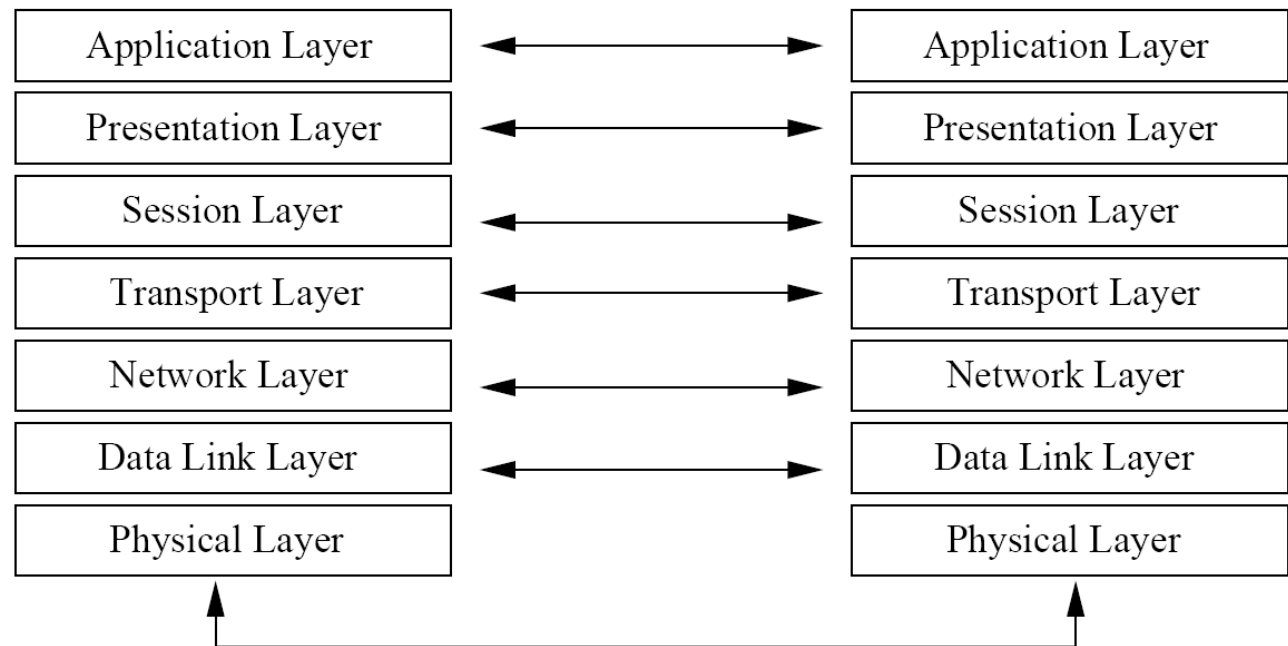
Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Modell zur einheitlichen Beschreibung von Kommunikationssystemen aus
(austauschbaren) Schichten

ISO/OSI Schichtenmodell der Kommunikation

(International Standards Organisation/Open Systems Interconnection)



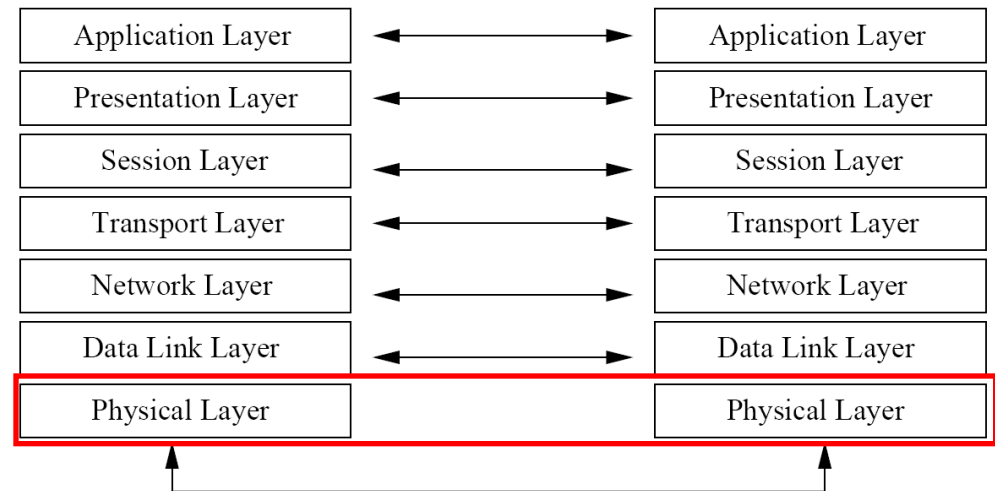
Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Physikalische Schicht (*Physical Layer*, Bitübertragungsschicht)

- Beschreibung der physikalischen Verbindung

- Übertragungsmedium
 - Stecker, Belegung
 - Kabel
- Übertragungsparameter
 - Darstellung von Bits
 - Bitraten
 - Pegel
 - Frequenzen,...



- Ungesichert:

- Bitfehler können auftreten
- Werden gemeldet, wenn erkannt



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Sicherungsschicht (*Data Link Layer*, Verbindungsebene)

Zwei Aufgaben, zwei Sub-Schichten

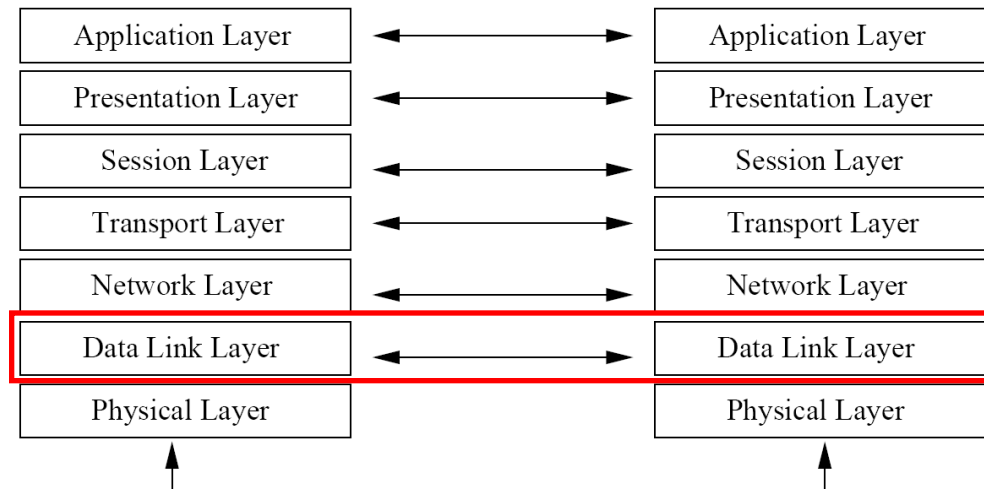
LLC (*logical link control*)

- sichere (d.h. fehlerfreie) Verbindung gewährleisten
- Aufteilen des Bitdatenstromes in Datenrahmen (*frames*)
- Hinzufügen von Prüfsummen
- Flusskontrolle
 - (z.B. Verwalten von Quittungen)

MAC (*medium access control*)

- Konkurrierenden Zugriff auf das Medium regeln
- ggf. aufgetretene Konflikte behandeln

z.B. Ethernet

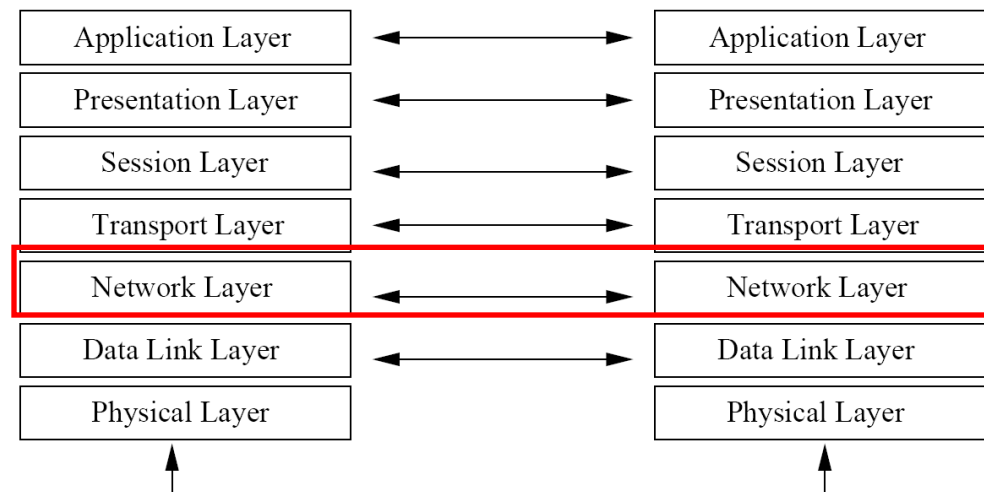


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Netzwerkschicht (*Network Layer, Vermittlungsschicht*)

- Verbindungsaufbau
- Weitervermittlung von Datenpaketen (Routing)
 - Suche nach dem richtigen Datenweg zum Kommunikationspartner über die Adressierung
- Aufbau und Aktualisierung von Routingtabellen
- Flusskontrolle
- z.B. IP

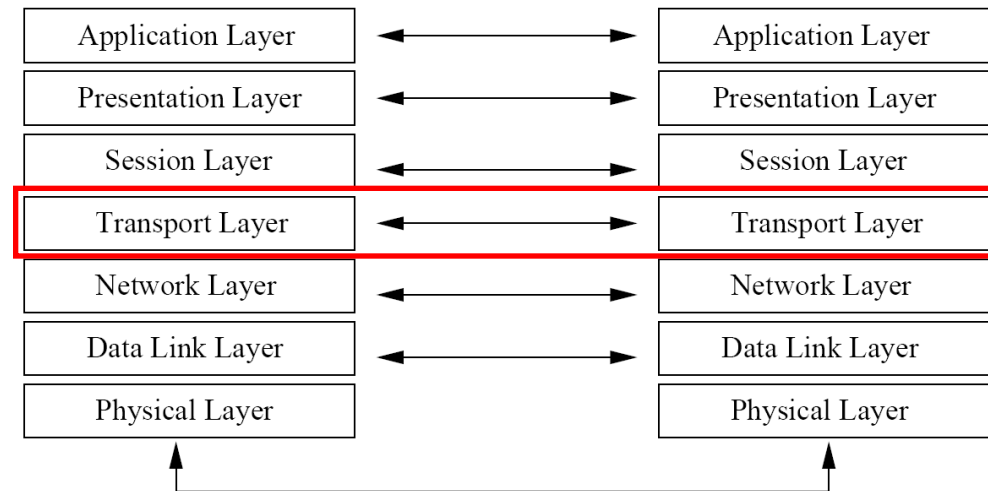


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Transportschicht (*Transport Layer*)

- Bereitstellung einer vollständigen Ende-zu-Ende Kommunikation zwischen Sender und Empfänger
- Segmentierung von Datenpaketen
 - große Datenmengen in kleinere Einheiten verpacken
- Stauvermeidung (engl. *congestion control*)
- z.B. TCP

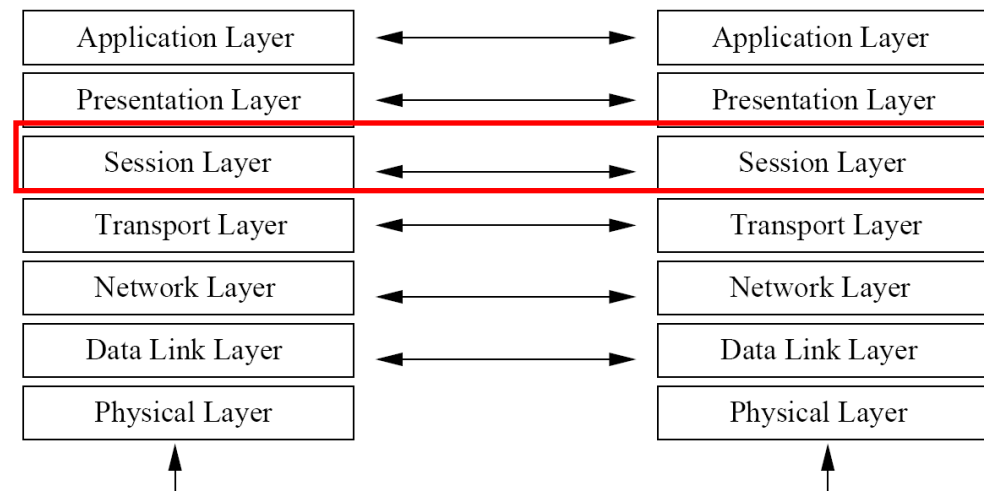


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Steuerungsschicht (*Session Layer*, Sitzungsebene)

- Dienste für einen organisierten und synchronisierten Datenaustausch (z.B. Multimedia: Synchronisation von Bild und Ton)
- Wiederaufsetzpunkte (Token) zur synchronisierten Wiederaufnahme einer Sitzung nach Zusammenbruch der Transportverbindung (Transaktionsmonitore, CICS)
- Selten als eigene Schicht ausgeprägt

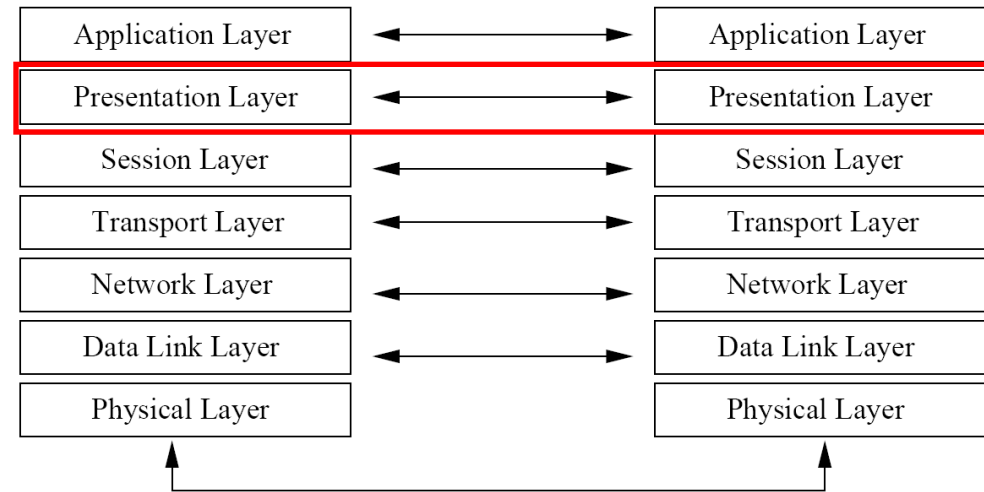


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Darstellungsschicht (*Presentation Layer*)

- standardisiert die Datenstrukturen/Darstellung von Daten
- ermöglicht semantisch korrekten Datenaustausch
- Kodierung, Kompression, Kryptographie
- z.B. XML, XDR, htonx, ntohx

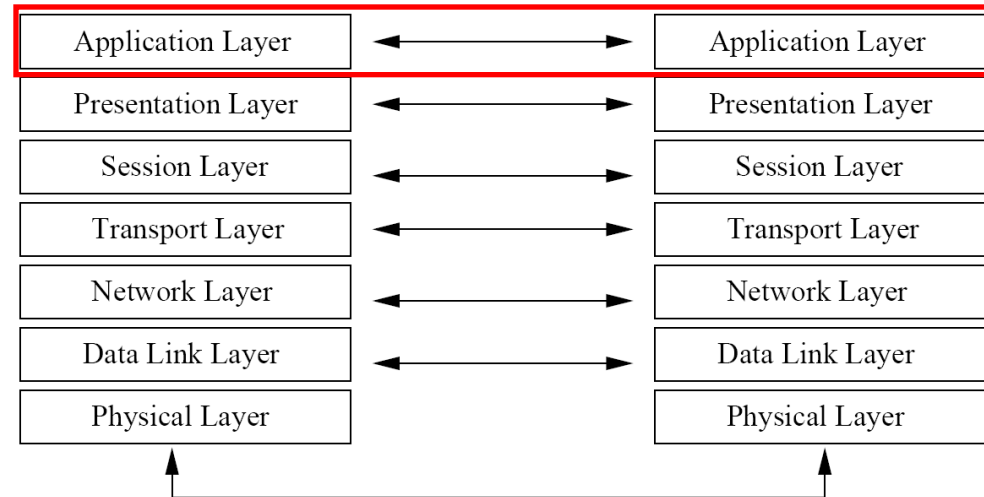


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Schichtenmodell der Kommunikation

Anwendungsschicht (*Application Layer*)

- Anwendungen
- z.B. HTTP, FTP, Mail(SMTP), telnet, rlogin, ...

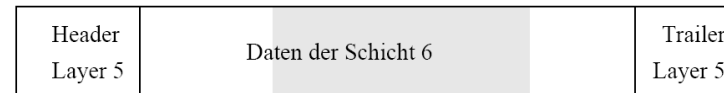
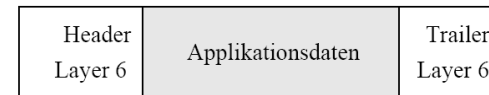


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Paketaufbau

Pro Ebene: Datenpaket aus drei Teilen

- Header
- Datenteil
- Trailer



... und so weiter

Für jede Schicht: Datenteil ist das Paket der darüber liegenden Schicht

Header: statische Informationen zum Paket

- Adressangaben (Absender, Empfänger)
- Längeninformation

Trailer

- Sicherungsinformation (Checksumme)
- Ende-Marker



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Adressierung, Kommunikationsarten

Prinzipiell zwei Adressierungsarten:

- Zieladressierung
 - Adresse des Empfängers, i.A. Gerät/Dienst
- Quellenadressierung
 - z.B. ID einer Nachricht, wird von interessierten Empfängern gelesen

Kommunikationsarten

- 1:1 Kommunikation
- 1:n Kommunikation (Multicast)
 - Nachricht an eine Empfängergruppe (Quellenadressierung)
- 1:any Kommunikation (Broadcast)
 - Nachricht an alle

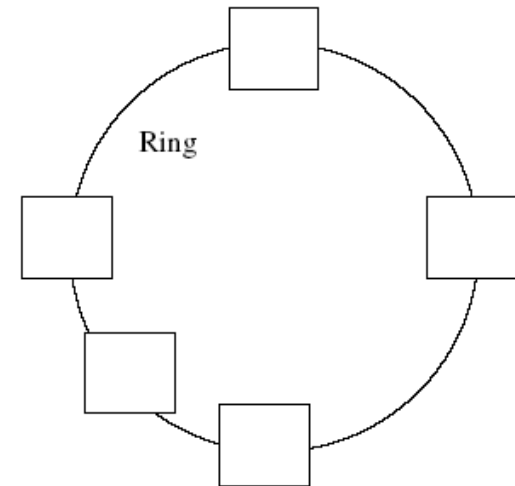
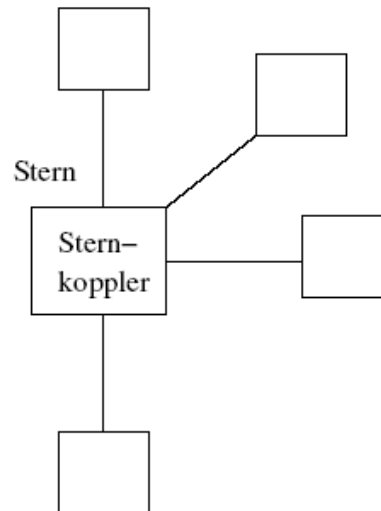
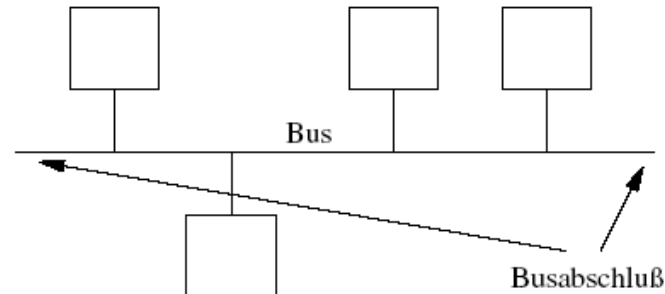


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Physikalische Verbindungsstrukturen

Drei prinzipielle Strukturen, Rechner über ein Kommunikationssystem zu verkoppeln

- Busstruktur
- Sternstruktur
- Ringstruktur



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Physikalische Verbindungsstrukturen

Busstruktur

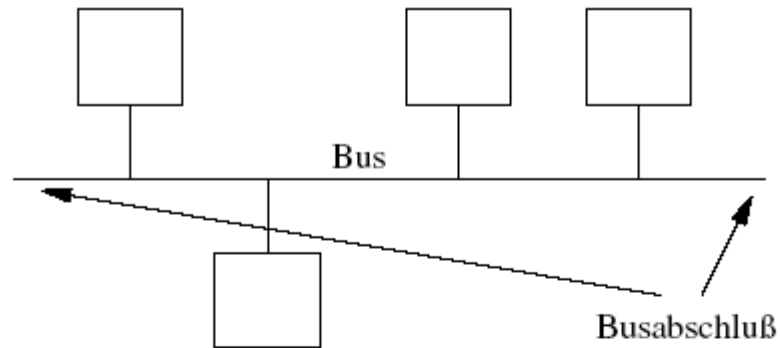
Teilnehmer über einen Übertragungsweg (Bus) verbunden

Buslast: extrem hoch: alle Nachrichten gehen über den Bus

Busarbitrierung durch Protokolle, ggf. (z.B. Ethernet), Verstopfung (*congestion*) bei zu hoher Buslast!!!

Verkabelungsaufwand: äußerst gering

Meist Busabschluss erforderlich (Reflexionen!!!)

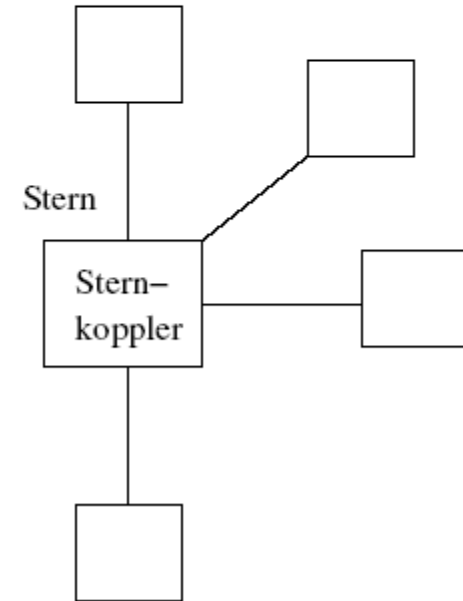


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Physikalische Verbindungsstrukturen

Sternstruktur

- Jeder Teilnehmer über eigene Leitung an zentrale Station (Sternkoppler, Switch, Hub) angeschlossen
- Für harten Realzeitbereich gut einsetzbar, da leicht auf Einhaltung von Echtzeitanforderungen überprüfbar



Sternkoppler

- Vermittler zwischen zwei kommunikationswilligen Teilnehmern (schaltet Kanal durch; leitet Paket weiter)
- erteilt den einzelnen Stationen Sendeberechtigung
- Kann ggf. gleichzeitige Anfragen mehrerer Teilnehmer weiterschalten (Switch)

Last auf den Übertragungsleitungen: relativ gering, nur der Datenverkehr zwischen Sternkoppler und angeschlossener Station

Last innerhalb des Sternkopplers: hoch

Verkabelungsaufwand: hoch (aber heute Standard)



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Physikalische Verbindungsstrukturen

Ringstruktur

Zwei Verbindungen pro Teilnehmer:

- Zur vorhergehenden Station
- Zur nächsten Station

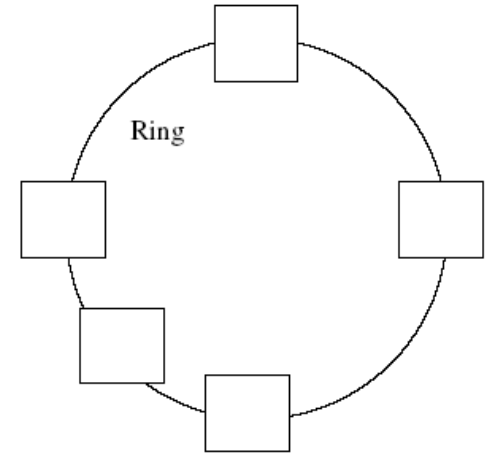
Nachrichten, die eine Station bekommt,
die aber nicht für diese bestimmt sind,
werden am gegenüberliegenden Port weitergereicht

Vorteil: kann Ausfall einer Verbindung zu tolerieren, da jede Station über zwei Wege erreichbar

Last auf den Verbindungen: mittel

Durchsatz hoch, auf sämtlichen Abschnitten kann gleichzeitig übertragen werden

Höhere Verzögerungszeiten

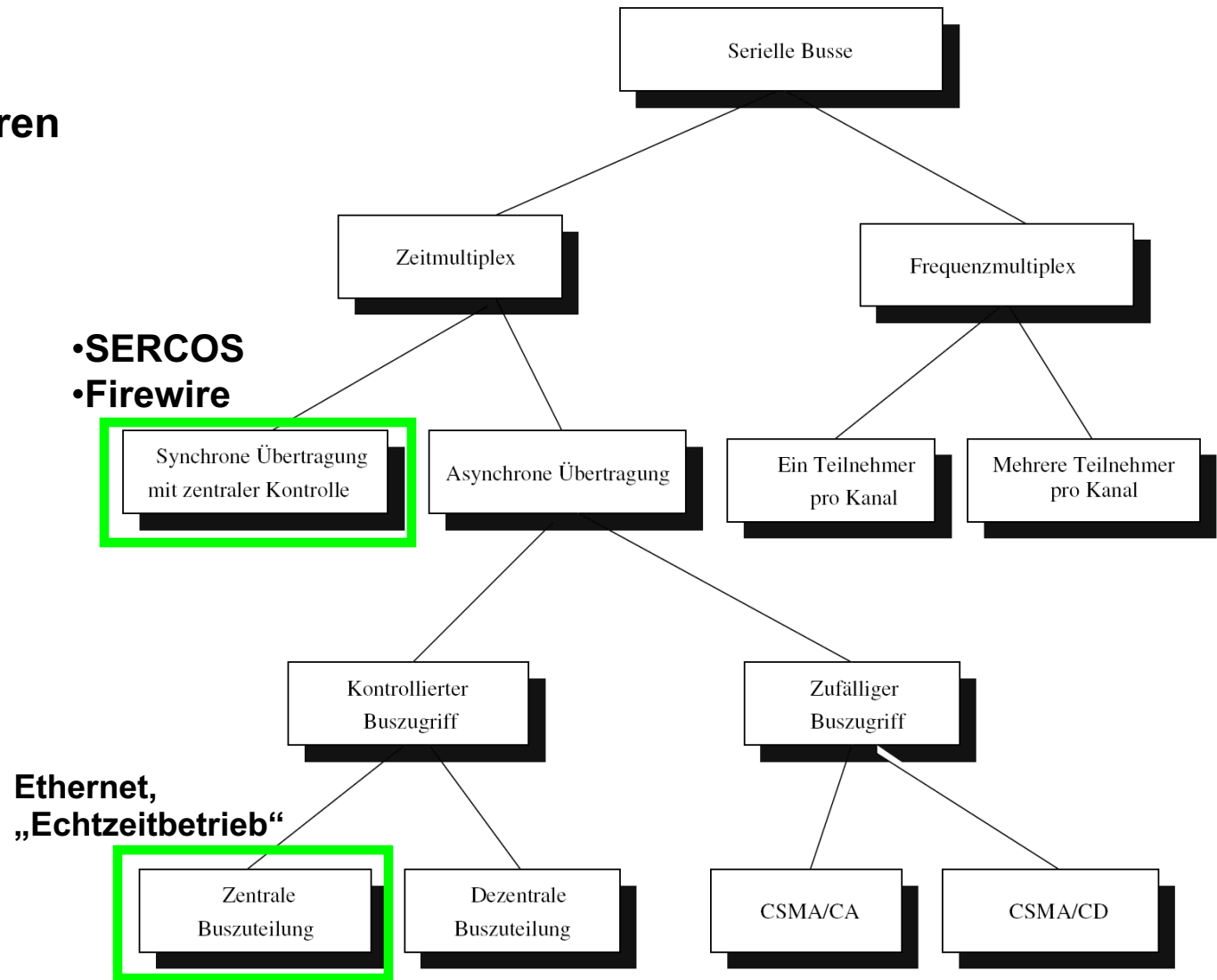


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen

Buszugriffsverfahren

- Zentraler Master



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Buszugriffsverfahren

Zentraler Master

Master koordiniert Kommunikation (Busarbitrierung; Steuerung des lesenden bzw. schreibenden Zugriffs über das Kommunikationsmedium)

- Zentraler Master pollt Teilnehmer
- Zuweisung von Zeitfenstern (TDMA=Time Division Multiple Access)

Ausfall des Masters führt zum Ausfall des gesamten Kommunikationssystems

Realzeiteigenschaften:

Für Systeme mit harten Realzeitanforderungen geeignet

Sicherheitskritischer Master

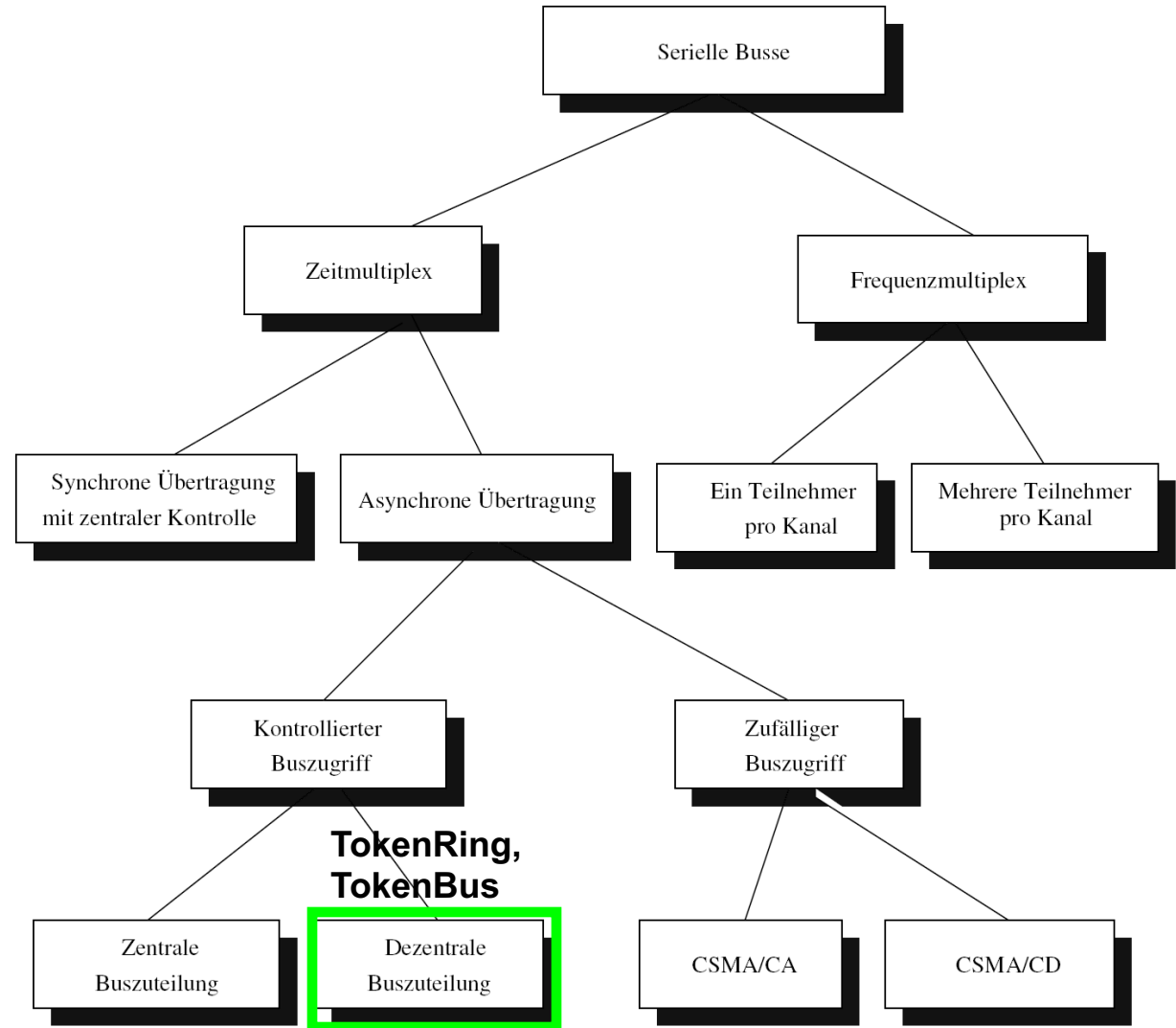


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen

Buszugriffsverfahren

- Token Protokoll



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Buszugriffsverfahren

Token Protokoll (TokenRing, TokenBus)

dezentrale, (verteilte) Buszugriffskontrolle

Prinzip:

- Physikalischer oder logischer Ring
- Im System gibt es ein „Token“ (wird von ausgezeichnetem Teilnehmer erzeugt, wenn länger kein Token vorbeikommt)
- Teilnehmer, der das Token hat, darf den Bus/Ring nutzen und dann das Token an seinen Nachfolger weitergeben
- Nachrichtenübertragung wird jeweils quittiert

Tolerant gegenüber Ausfall von Stationen

Realzeiteigenschaften:

- Echtzeitfähig (deterministisch durch bekannte Anzahl von Teilnehmern und begrenzte Paketlänge)
- In Fehlersituationen Ende des Determinismus : Token-Verlust; doppelte Token

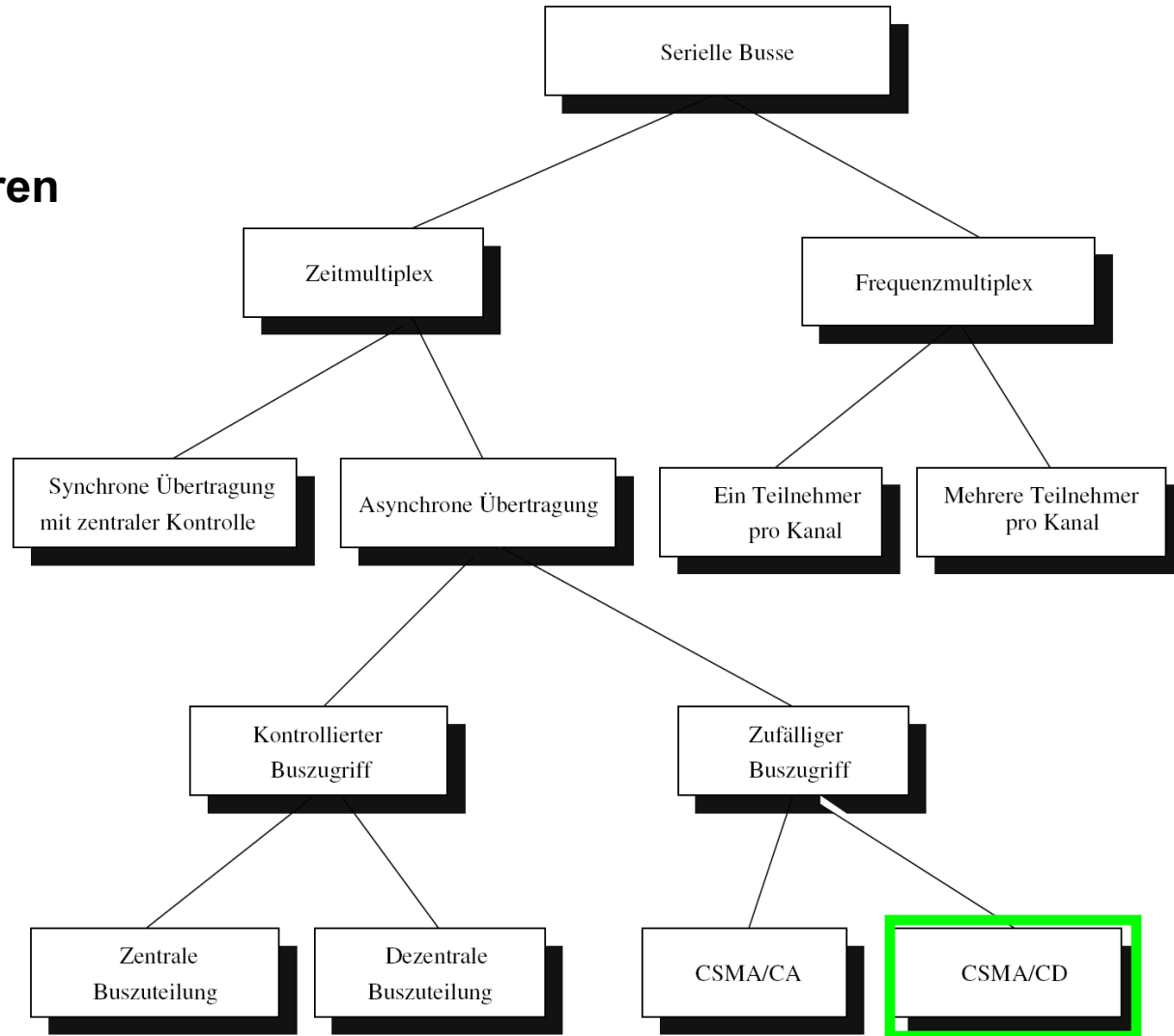


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen

Buszugriffsverfahren

- CSMA/CD



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Buszugriffsverfahren

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

Wichtigstes Protokoll: Ethernet

Prinzip:

- Mithören am Kommunikationsmedium
- Übertragung bei freiem Medium

Problem: Gleichzeitige Übertragung zweier Teilnehmer (Kollision)

Lösung: Teilnehmer horchen auf Kollisionen

Bei Kollision: Senden abbrechen, nach zufälliger Zeit erneut senden

Realzeiteigenschaften:

CSMA/CD ist nicht realzeitfähig

Aber Ethernet ist sehr weit verbreitet, superbillig und superschnell!!!

Siehe später...

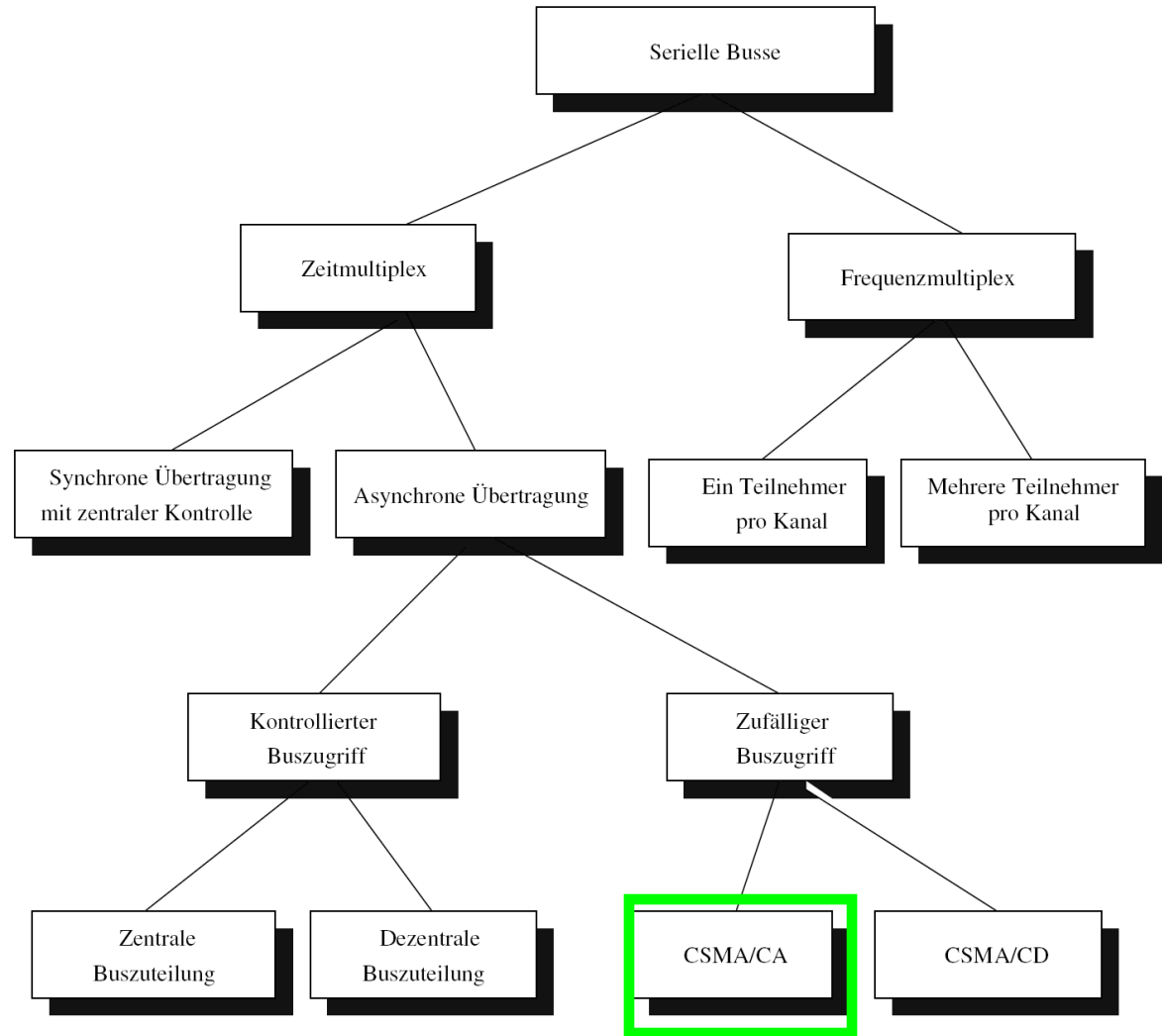


Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen

Buszugriffsverfahren

- CSMA/CA



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Buszugriffsverfahren

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)

Prinzip:

- Übertragung bei freiem Medium
- Mithören am Kommunikationsmedium
- Bitweise Arbitrierung: Dominante (0) und rezessive (1) logische Pegelzustände
- Wer rezessives Bit sendet und dominantes Bit hört, bleibt ruhig und sendet, wenn der Bus frei ist
- Eigene Adresse wird zuerst gesendet
- 0 (nur dominante Bits) ist höchstprioräre Adresse

Wichtigster Vertreter: CANBus

Realzeiteigenschaften:

CSMA/CA ist realzeitfähig für die höchstprioräre Adresse

Robust gegenüber Ausfall von Teilnehmern (solange Fehler keinen dominanten Buszustand erzeugt)



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Feldbusse

Kommunikationsmodelle (nicht nur bei Feldbussystemen)

Publisher Subscriber Modell

- Im Aktor/Sensor-Bereich: Pro Objekt (z.B. Sensorwert)
 - Ein Publisher
 - Kein, ein, mehrere Subscriber
- Publisher benachrichtigt Subscriber zyklisch/bei Änderung (push)

Master Slave Kommunikation

- Umkehrung der Publisher/Subscriber Kommunikation
- Master fordert vom Slave Daten an (polling)



Kommunikation/Feldbusse

Grundlagen/Feldbusse

Prinzipien des Datenmanagements bei periodischer Übertragung:

- **queued**
 - Ankommende Daten in FIFO eingereiht
 - Kein Wert geht verloren
 - Queue muss leer gelesen werden, bis aktuellstes Datum vorliegt
- **buffered**
 - Ankommendes Datum überschreibt letzten Wert
 - Immer das aktuellste Datum, ggf. mit Qualitätsmerkmal (Alter/Gültigkeit)



Kommunikation/Feldbusse

Feldbus-Übersicht

„Feldbussysteme werden heute weniger aus technischen, als vielmehr aus politischen Gründen ausgewählt“

Auswahl unterschiedlicher Feldbussysteme

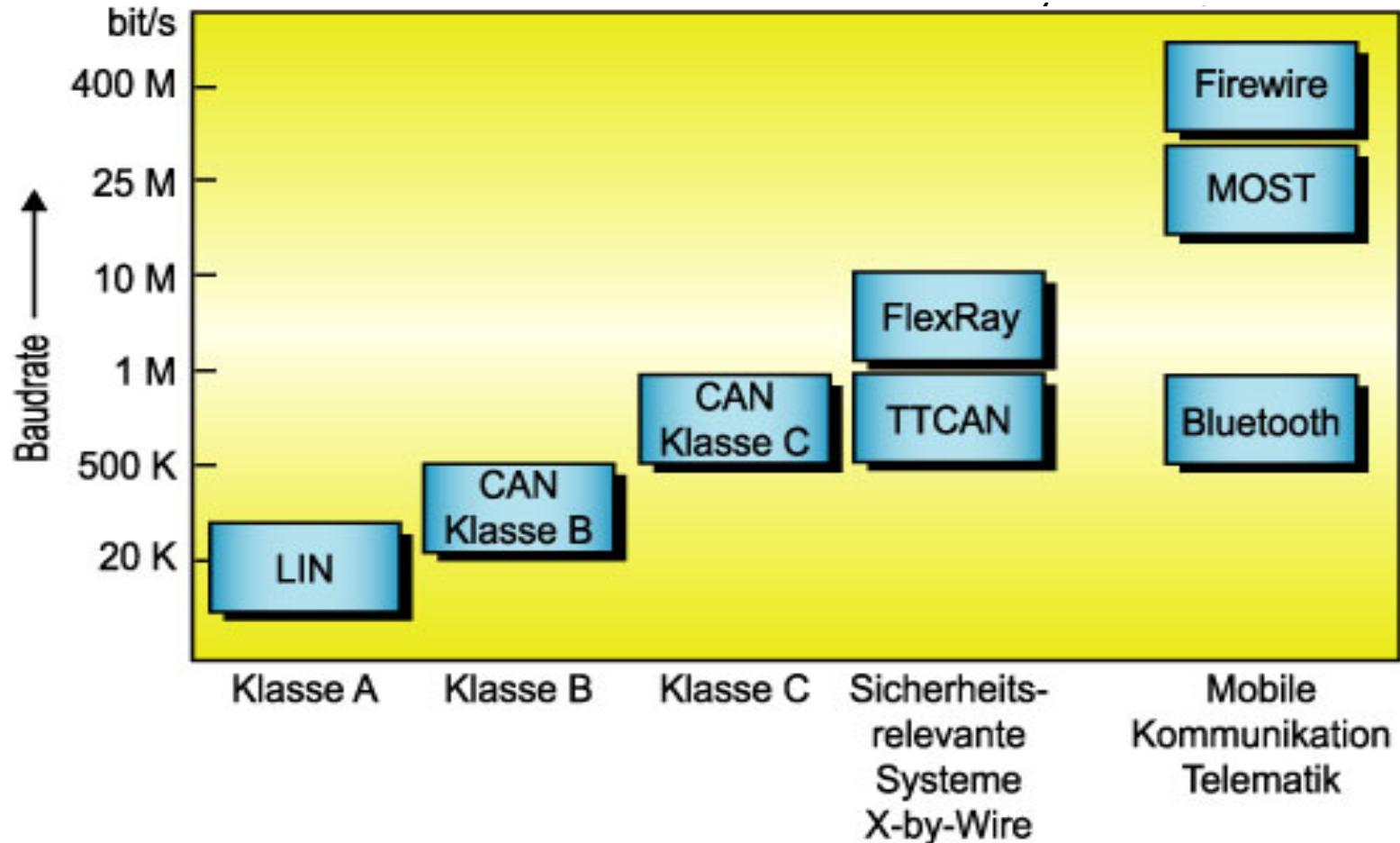
- PROFIBUS IEC 61158/IEC 61784 (in den Ausprägungen FMS, DP, DP/V1, DP/V2 und PA)
- CAN, FlexRay, LIN, MOST (Auto; BMW: CAN, LIN, MOST, FlexRay in einem 7er!!!)
- Interbus-S, ASI (Sensor-Aktor-Busse, Automatisierung)
- LON, LCN, EIB (Gebäudeautomatisierung)
- Industrial Ethernet (ProfiNet, EtherCAT, PowerLink/EPL,...)



Kommunikation/Feldbusse

Feldbus-Übersicht, Automobil

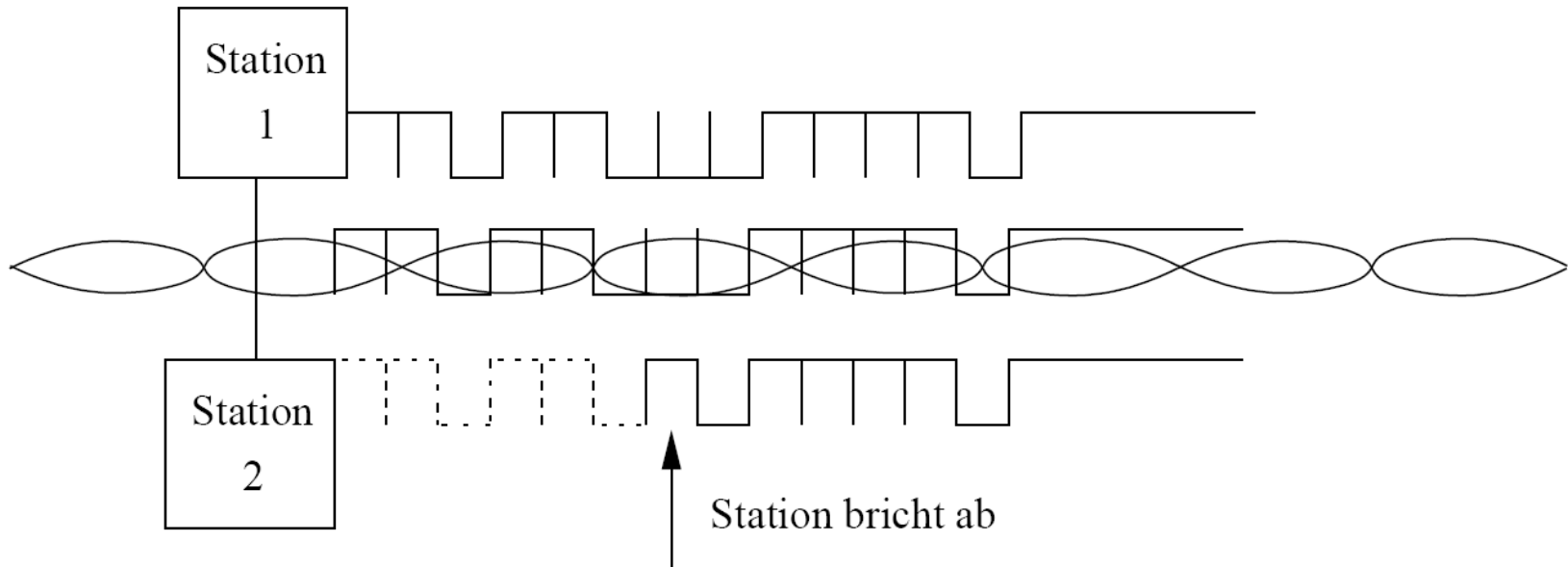
„Das Elektroniksystem beispielsweise des aktuellen 7er BMW (E65) besteht aus fünf Bussen, die 45 bis 75 Steuergeräte miteinander vernetzen und 2500 Signale transportieren... „



Kommunikation/Feldbusse

CAN-Bus

- Ursprünglich Automobilbau, zunehmend Prozessautomatisierung
- Billige Busanschaltung, billiger Zweidrahtbus (auch für LWL spezifiziert)
- Übertragungsraten bis zu 1 Mbit/s
- Datenblocklängen bis zu 8 Byte
- CSMA/CA



Kommunikation/Feldbusse

CAN-Bus

CAN spezifiziert 3 OSI-Schichten: 1, 2, 7 (CANOpen, DeviceNet)

Adresse:

- „Objekttyp“, z.B. Temperatur, Kommando „Fenster auf“,
- Keine Quellen- oder Zieladresse, nur implizit

Bitstuffing (zur Synchronisation der Teilnehmer): Nach 5 gleichwertigen Bits folgt ein „Stuffing Bit“

Korrekt empfangende Station setzen Ack-Feld dominant; Sender hört mit und sendet erneut, wenn er rezessiv sieht

Für CAN sind 4 Frame-Typen definiert:

- Data Frame: Datenübertragung
- Remote Frame: Anforderung von Daten
- Error Frame: Fehlererkennung (6 dominante Bits in Folge)
- Overload Frame: Flußregelung (Empfänger überlastet, wie Error Frame)



Kommunikation/Feldbusse

CAN-Bus

Topologie	Bus
Übertragungsrate (Brutto)	theoretisch 1 Mbit/s (effektiv 500 kBit/s) bei 40 m, 125 kBit/s bei 500 m, 50 kBit/s bei 1000m
Übertragungsrate (Netto)	Reaktionszeit abhängig von Priorität, max. 134 μ s.
Teilnehmeranzahl	physikalisch (Knoten): ca. 30, logische (Komm.partner): Standard CAN 2032, Extended CAN 500 Millionen. Bemerkungen: 2032 Datenobjekte, die auf ca. 30 Teilnehmer zu je ca. 60 Objekten zusammengefaßt werden
Buslänge	Ohne Repeater: 1000 m
Kommunikationsstruktur	Multimaster
Max. Datenfeldlänge	8 Byte
Buszugriffsverfahren (MAC)	CSMA/CA
Dienste	zyklisch : nein, azyklisch : ja
Protokollebenen	1,2,7
Sonstiges	Prioritätsgesteuerte, bitweise Busarbitrierung
Zeitverhalten	deterministisch
Restfehlerwahrscheinlichkeit	Hammingdistanz 6, Restfehlerwahrscheinlichkeit 10-13



Kommunikation/Feldbusse

PROFIBUS

Fünf „Profile“ (Schicht 7) mit identischer Schicht 2 (Token Protokoll)

Ausprägungen	FMS, DP, DP/V1, DP/V2, PA
Topologie	Bus
Übertragungsrate (Brutto)	bis 12 Mbit/s
Teilnehmeranzahl	physikalisch (Knoten): 32 (ohne Repeater), logische (Komm.partner): 125
Kommunikationsstruktur	Multimaster, Master/Slave
Max. Datenfeldlänge	246 Byte
Buszugriffsverfahren (MAC)	Token Protokoll
Protokollebenen	1,2,7
Zeitverhalten	bedingt deterministisch



Kommunikation/Feldbusse

PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification)

Client greift auf Objekte in einem Server (Gerät) zu

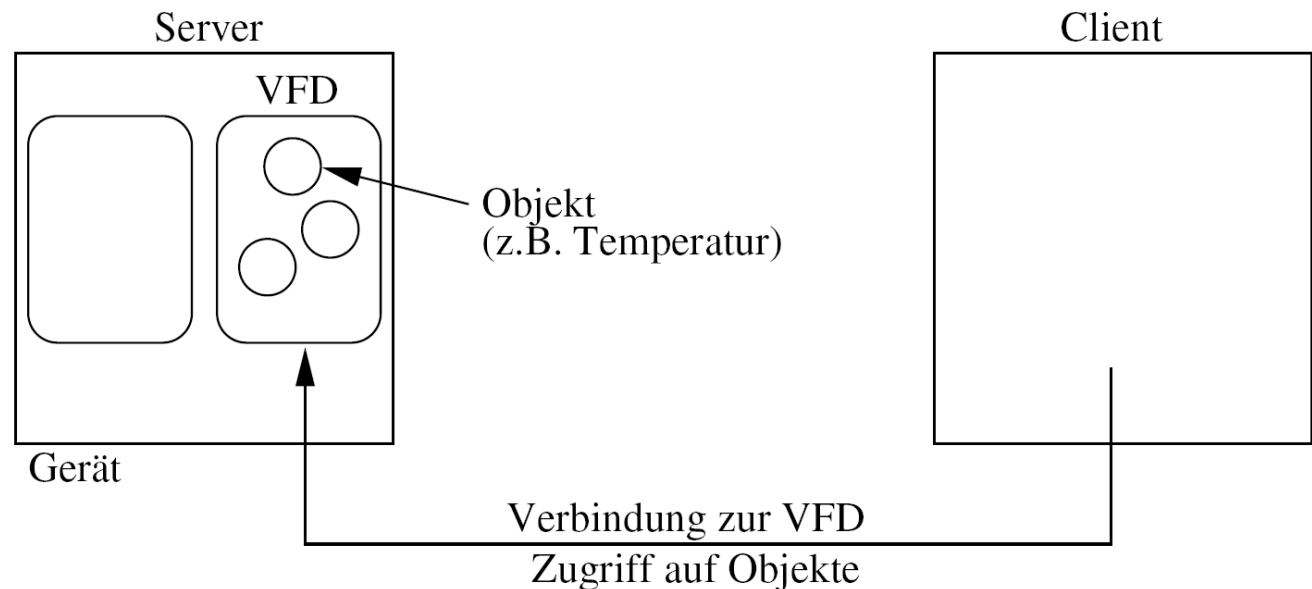
- (z.B. Temperaturwert, Meßbereich, NC-Programm)

Objekte des Servers sind gruppiert (VFD, virtual field device)

Verbindung vom Client nicht zum Gerät, sondern zum VFD

Server überprüft Verbindungsparameter

- Existieren vom Client gewünschte Dienste?
- Zugriffsrechte



Kommunikation/Feldbusse

PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification)

Objekt-Typ abhängige Zugriffs-Dienste

- “Simple Variables” (z.B. Integer-Variablen) lesen und schreiben
- Domains (Programme, Daten für eine Aufgabe) down- und uploaden
- PI (Program Invocation) starten und stoppen

Server-Programm (Interpreter) erforderlich, der Objekte instantiiert

Aufwändige Konfiguration durch den System-Integrator

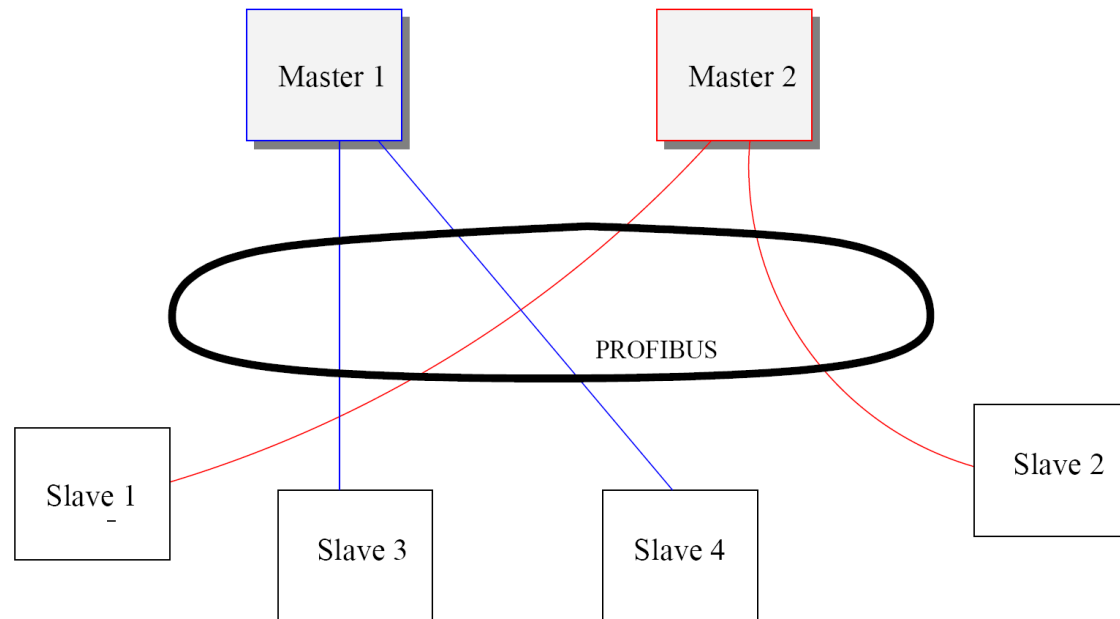
Einsatz in flexiblen Fertigungszellen mit komplexen Geräten (Roboter, NC-Maschinen, Messmaschinen,...)



Kommunikation/Feldbusse

PROFIBUS-DP (Dezentrale Peripherie)

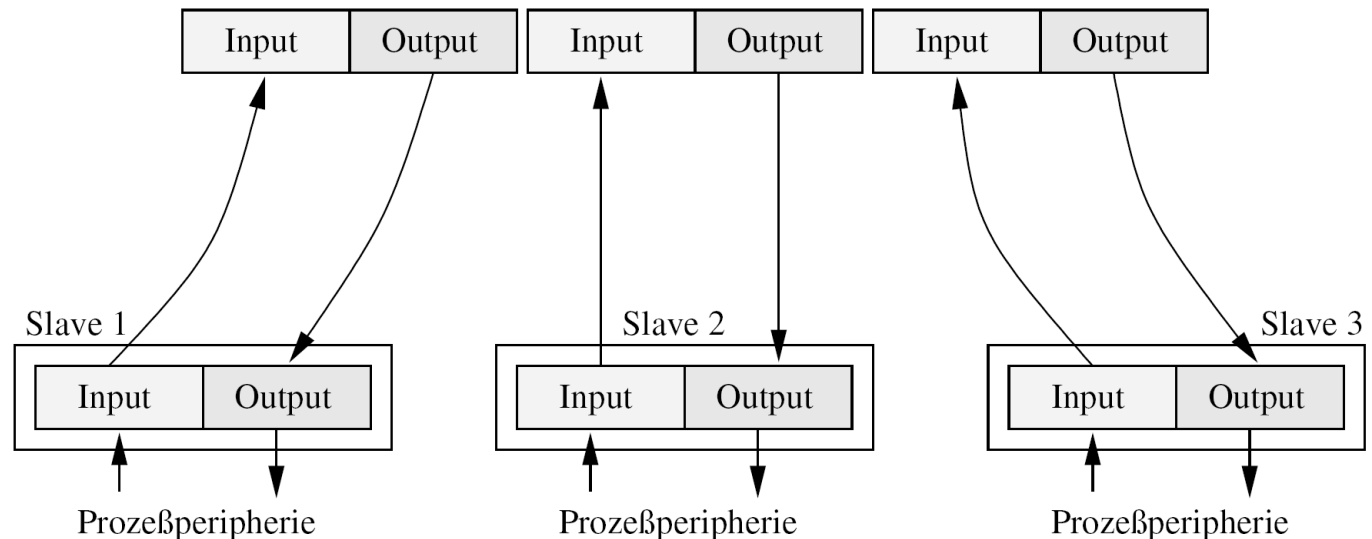
- Master/Slave Bussystem, Master pollt ständig seine Slaves
- mehrere logische DP-Netze (bei gleichzeitigem Betrieb von PROFIBUS FMS) in einem physikalischen Netz



Kommunikation/Feldbusse

PROFIBUS-DP (Dezentrale Peripherie) → PROFINET IO

- Zyklische „Spiegelung“ der Ein- und Ausgabebereiche der Slaves in den Speicher des Masters (keine Info über Alter der Daten), FMS Ersatz, V0:zyklisch, V1:Alarmbehandlung, azyklisch, V2:isochron, Slave2slave, Clocksync; EIA-485 Ltg.
- „Diagnose“: Asynchrone Information für Master, z.B. Slave nicht erreichbar, Slave erwartet Parametrierdaten,...
- Pro Slave:
 - Konfigurationsdatensatz: standardisiert; Art und Anzahl der E-/A-Kanäle
 - Parametrierdatensatz: herstellerspezifisch
Speicher im DP-Master



Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

Ethernet ist nicht deterministisch (s. CSMA/CD)

Aber: Erhebliche Vorteile, insbesondere wg. hoher Verbreitung

- Preiswerte Busanschlaltungen
- Hohe Übertragungsraten (100Mbit und Gigabit-Ethernet).
- Rasche Weiterentwicklung der Anschaltungen.
- Standardisierte und interoperable Übertragungsprotokolle basieren auf TCP/IP und Ethernet (HTTP, RPC, CORBA, FTP, telnet, ...)



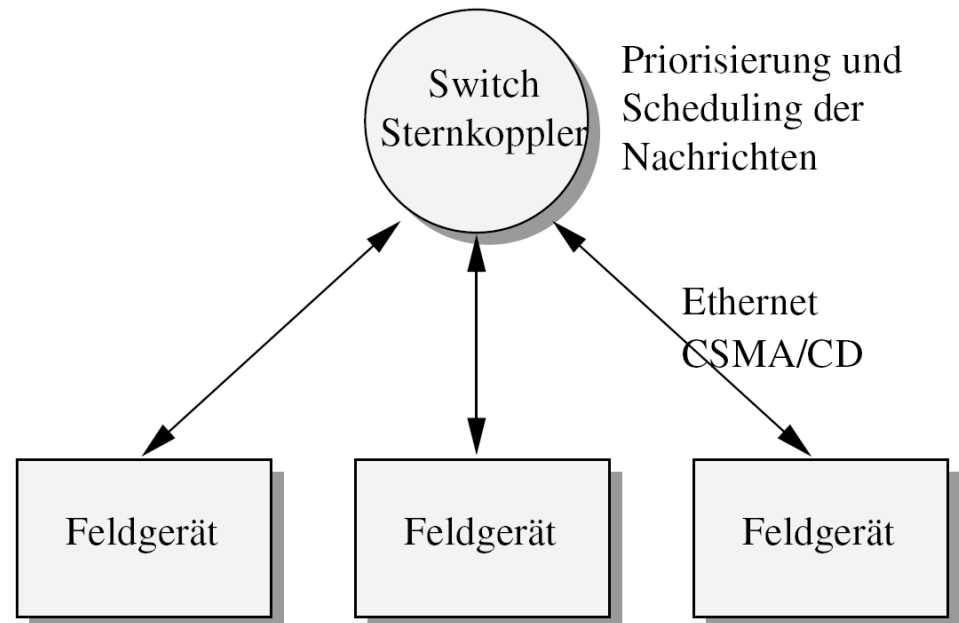
Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

Standardprotokolle (z.B. UDP, TCP,...), auf Ethernet basierend

Echtzeitverhalten kann man dadurch erreichen, dass man

- für eine niedrige Buslast sorgt (kleiner 30 Prozent, s. ThickWire) oder
- eine spezielle Hardwarestruktur verwendet (s.u., Switch vermeidet Kollisionen)
- Kollisionen durch entsprechende Protokolle vermeidet
 - Master-Slave: Master sendet Request, Slave antwortet innerhalb definierter Zeit
 - Somit: prinzipiell keine Kollisionen
- **ACHTUNG: Engpass TCP/IP Stack**
 - (0.5 ms bei 200 MHz Pentium)
 - Gemeinsame Ressource für Echtzeit und Nicht-Echtzeit-Kommunikation



Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

Anforderungen (aus Powerlink, recht allgemein)

- **Standard (Fast) Ethernet als Übertragungsmedium. Verwendung von Standard Hubs und Verkabelung (flexible Patch-Kabel).**
- **Der Datenaustausch soll streng deterministisch erfolgen und harten Echtzeitanforderungen genügen.**
- **Zeitkritische- und nicht zeitkritische Daten müssen gleichzeitig übertragen werden können.**
- **Ein Update der (zeitkritischen) Daten soll in weniger als 500 μ s (bei mind. 10 Stationen) möglich sein.**
- **Durch das Netz soll eine Uhrensynchronisation der beteiligten Stationen mit einer Genauigkeit von $<1\mu$ s möglich sein.**
- **Im Netz sollen mindestens 128 (besser 256) Stationen betrieben werden können.**
- **Das Netz soll Ethernet TCP/IP Pakete übertragen können. Dies darf den deterministischen Echtzeitverkehr nicht beeinträchtigen.**

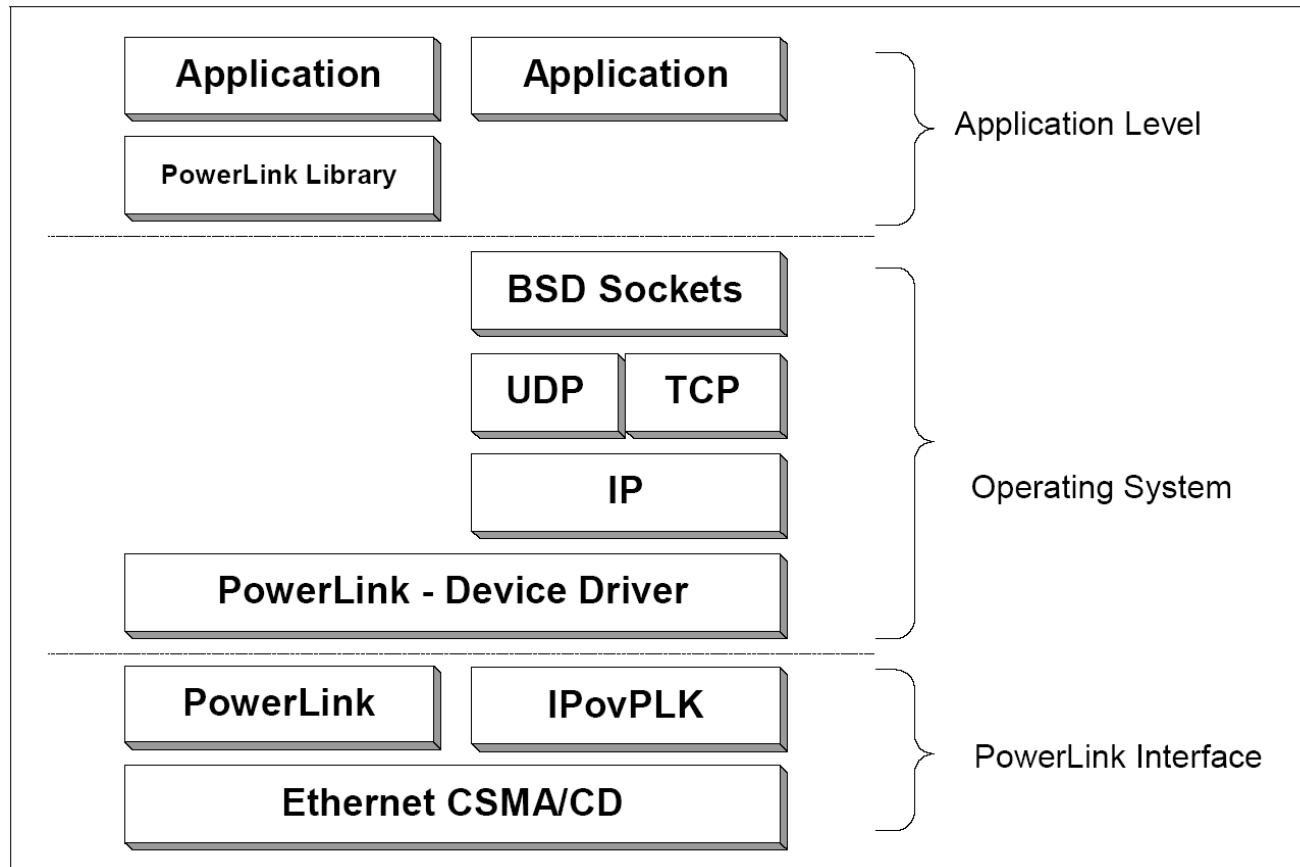


Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

Ethernet Powerlink

Standard-Hardware, Ethernet-Schicht im Protokoll-Stack wird ausgetauscht, hat 2 Eingänge, Ethernettyp-Protokollheader Version 2 0x88ab



Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

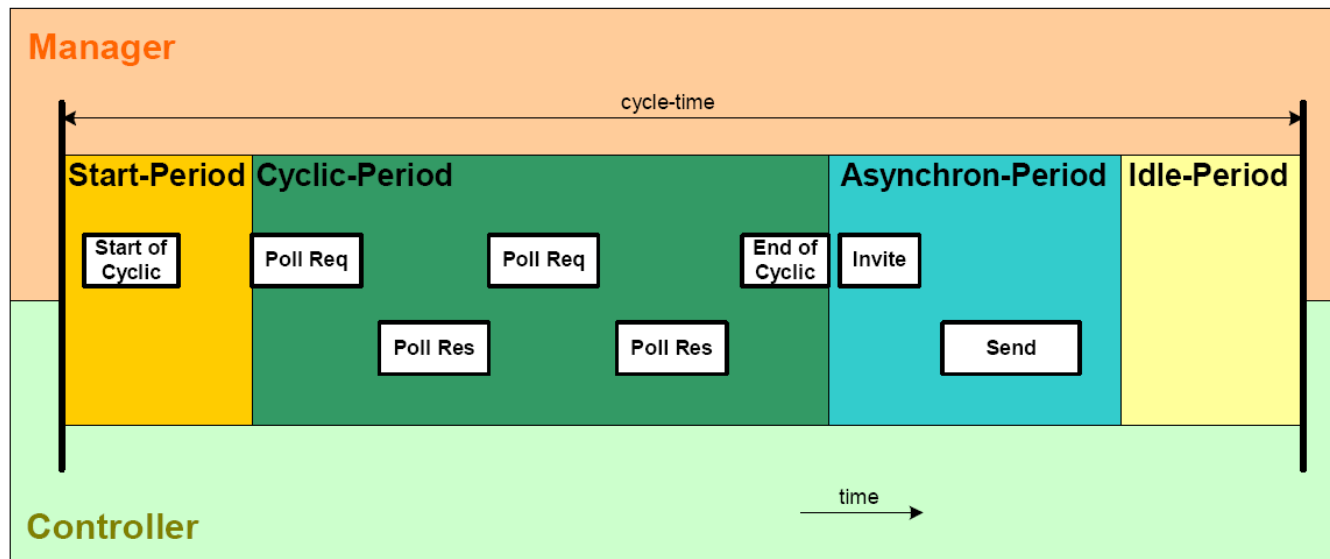
Ethernet Powerlink

Zykluszeiten von bis zu 100 μ s

Powerlink ist ein streng deterministisches, isochrones Echtzeitprotokoll, das Standard Fast-Ethernet als Medium verwendet.

Isochron: in Zeitabständen immer gleicher Länge werden alle Systemdaten neu aufbereitet, ausgetauscht und verarbeitet.

1 Powerlink-Manager, mehrere Powerlink-Controller



Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

EtherCAT

Das derzeit schnellste der Echtzeit-Ethernet-Systeme

nicht je Knoten ein Ethernet-Frame (Overhead!!!)

dasselbe Telegramm nacheinander für alle Teilnehmer

Knoten entnehmen die für sie bestimmten Daten bzw. fügen zu sendende Daten in den Bitstrom ein

„1000 verteilte digitale Ein- und Ausgänge werden in 30 μ s aufgefrischt, während zur Kommunikation mit 100 Servoachsen bei je 6 Byte Ein- und Ausgangsdaten nur 100 μ s benötigt werden“

Teilnehmer können über verteilte Uhren hochgenau synchronisiert werden

Master: Keine speziellen Einsteckkarten im Rechner, Standard-Ethernet-Karten

Slaves: spezielle FPGAs bzw. ASICs

Keine Switches oder Hubs, beliebige Baumstrukturen aufbaubar



Kommunikation/Feldbusse

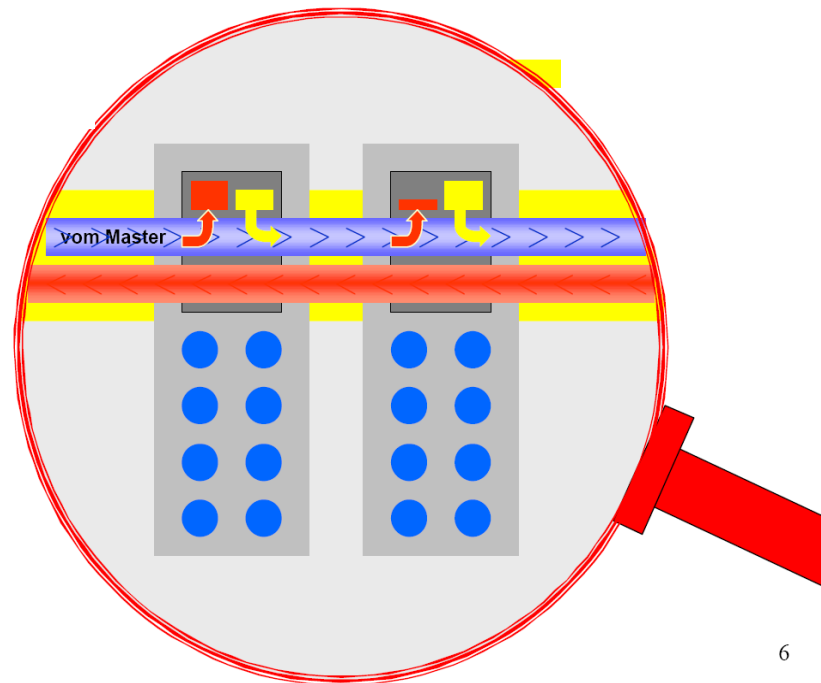
Ethernet im Feldbereich

EtherCAT

Daten werden dem Ethernet Telegramm während des Durchlaufs entnommen oder hinzugefügt

Kein Zwischenspeichern des Telegramms

Durchlaufverzögerung nur 60ns !!!



6



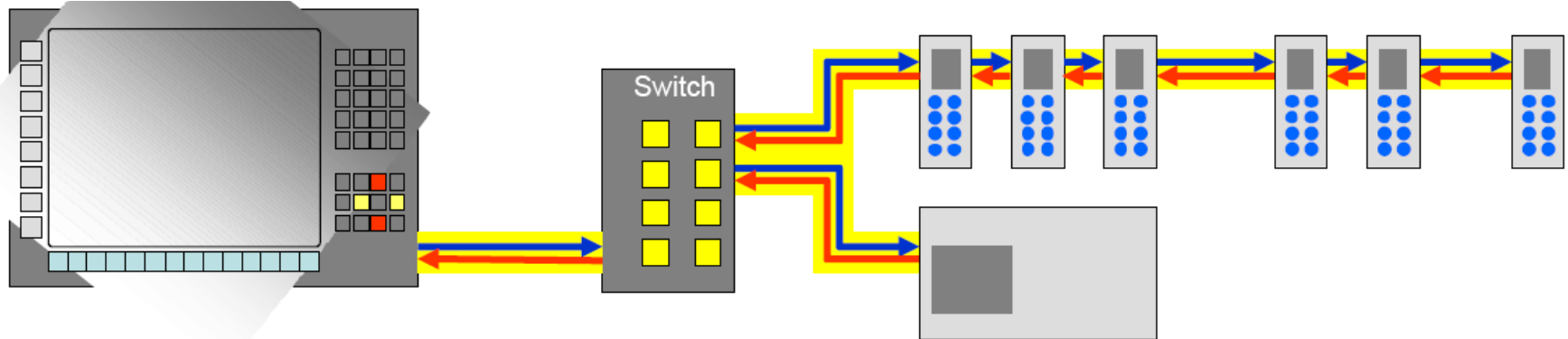
Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

EtherCAT

Topologie: Verkabelung beliebig (Stern, Bus, Baum,...)

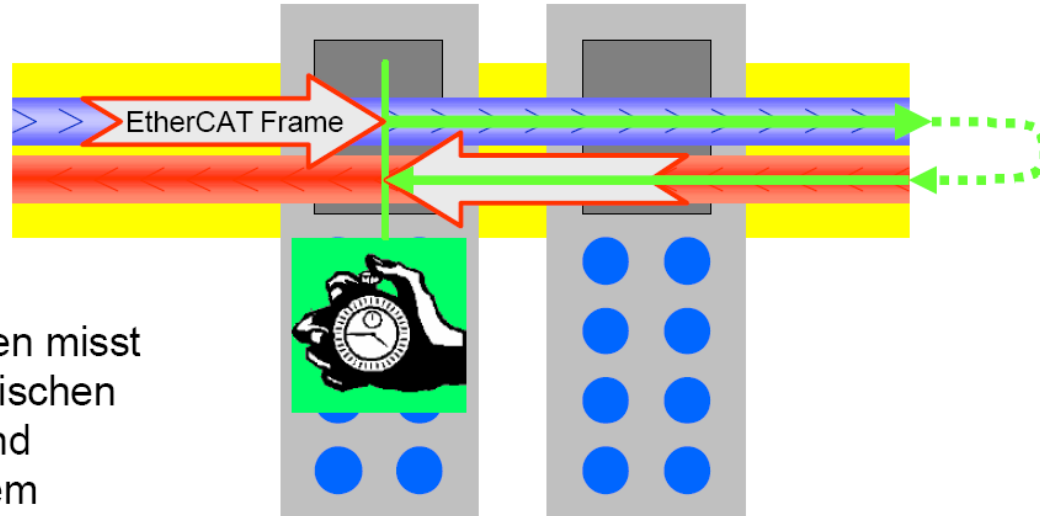
Durch Vollduplex physikalischer Ring



Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

EtherCAT Laufzeitmessung (I)

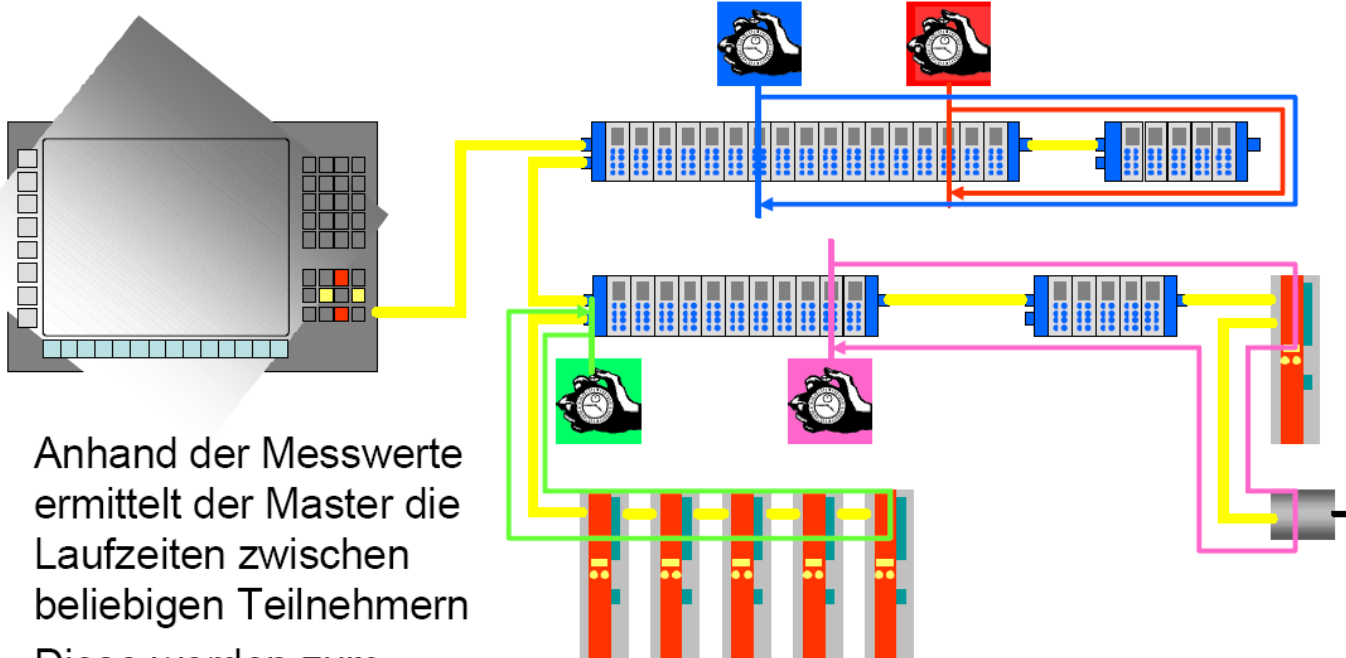


- EtherCAT Knoten misst Zeitdifferenz zwischen abgehendem und zurückkehrendem EtherCAT Frame
- Werte werden in Register gespeichert und vom Master ausgelesen

Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

EtherCAT Laufzeitmessung (II)

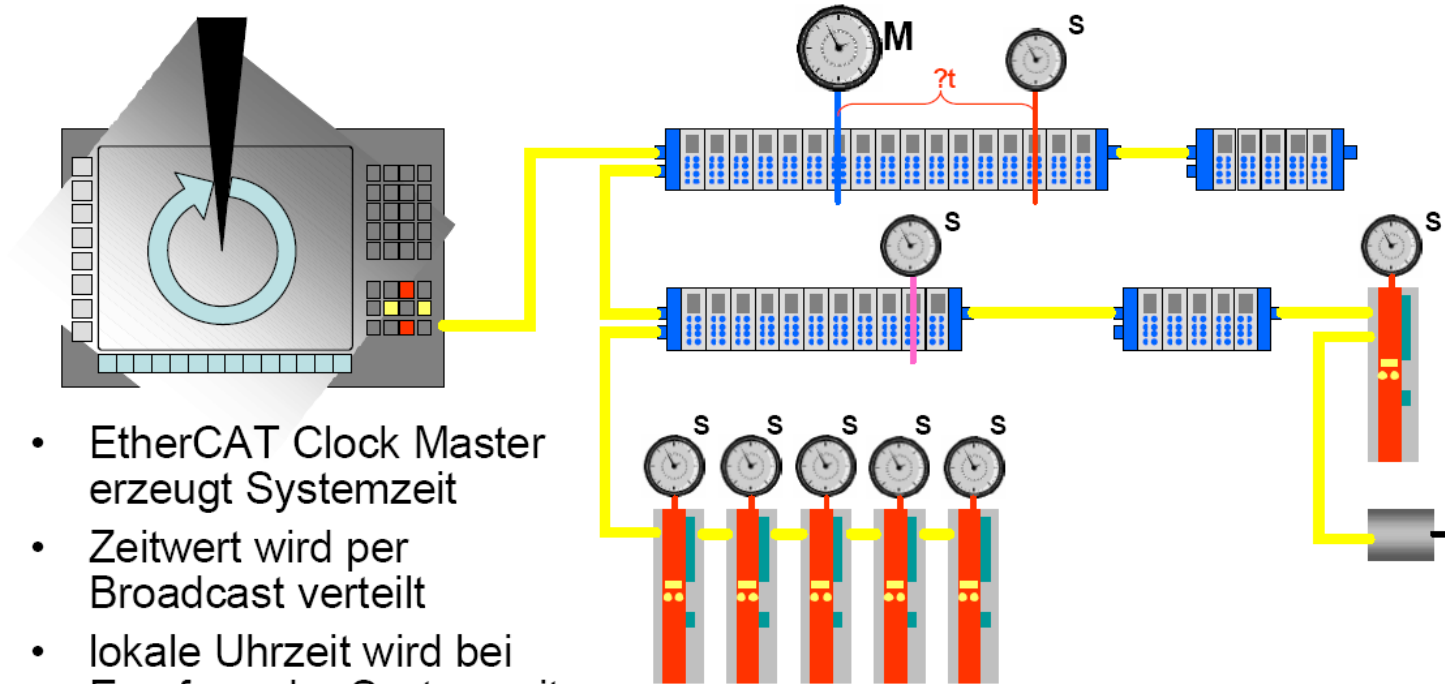


- Anhand der Messwerte ermittelt der Master die Laufzeiten zwischen beliebigen Teilnehmern
- Diese werden zum Abgleich der verteilten Uhren verwendet

Kommunikation/Feldbusse

Ethernet im Feldbereich

EtherCAT Distributed Clocks



- EtherCAT Clock Master erzeugt Systemzeit
- Zeitwert wird per Broadcast verteilt
- lokale Uhrzeit wird bei Empfang der Systemzeit gelatcht
- Slave Uhren werden entsprechend nachgestellt

Ermöglicht Synchronisation im Nanosekunden Bereich!

16