

Industrielle Bussysteme : Übersicht

Dr. Leonhard Stiegler
Automation

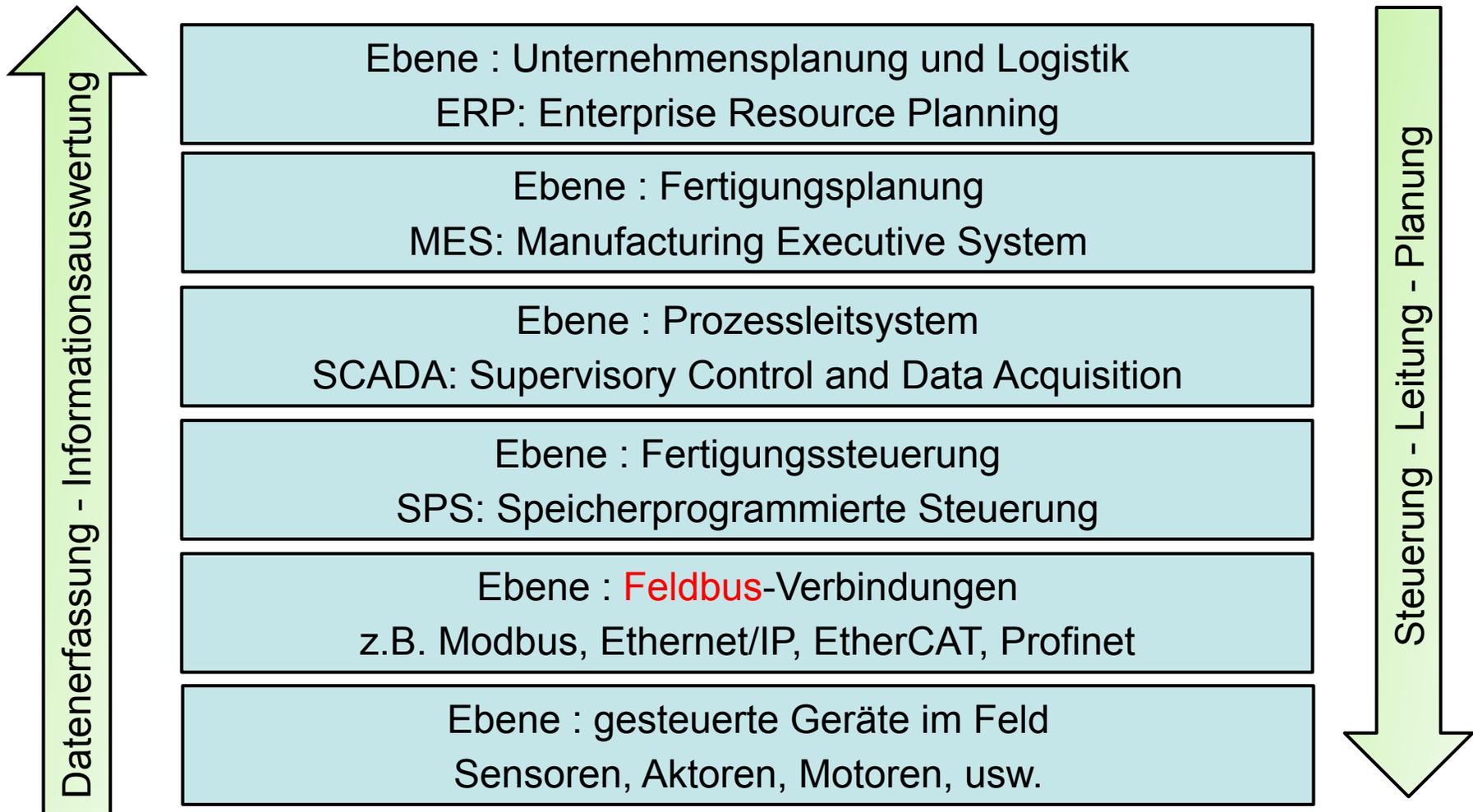
www.dhbw-stuttgart.de

Übersicht über industrielle Bussysteme

- Konfiguration und Architektur
- Anforderungen und Standards
- Implementierungen
- Parameter und Vergleich

- Kontinuierlichen Wandel der Automatisierungstechnik durch kürzere Innovationszyklen bei neuen Produkten
- Feldbustechnologie als Schlüsseltechnologie ermöglicht die Migration von zentralen zu dezentralen Automatisierungs-systemen.
- Ethernet und Informationstechnologie (IT) mit Internet Standards wie z.B. TCP/IP und XML gewinnen zunehmend an Einfluss

- Verbindung vieler Stationen unterschiedlicher Art mit einem Steuergerät in einem einheitlichen Netz
- Implementierung bedarfsgerechter Netz-Topologien: Stern, Bus, Ring, Baum und Mischstrukturen
- Ersetzen aufwändiger Parallelverdrahtung zu jedem einzelnen Gerät
- Einbinden in den Kontext umfassender Lösungen der Automatisierung

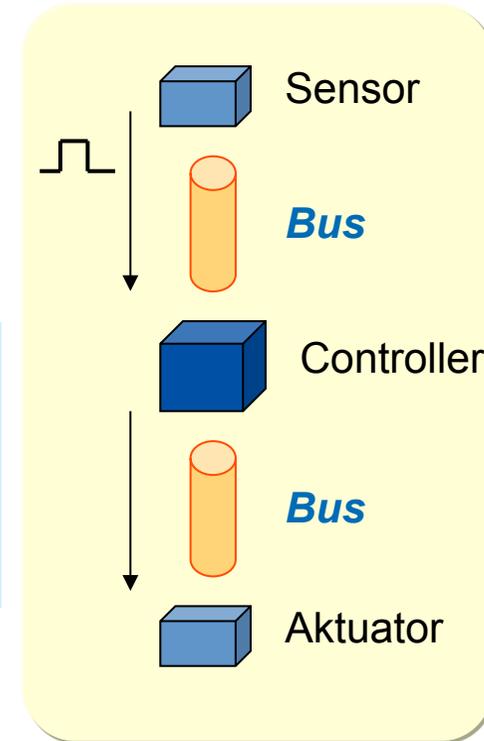
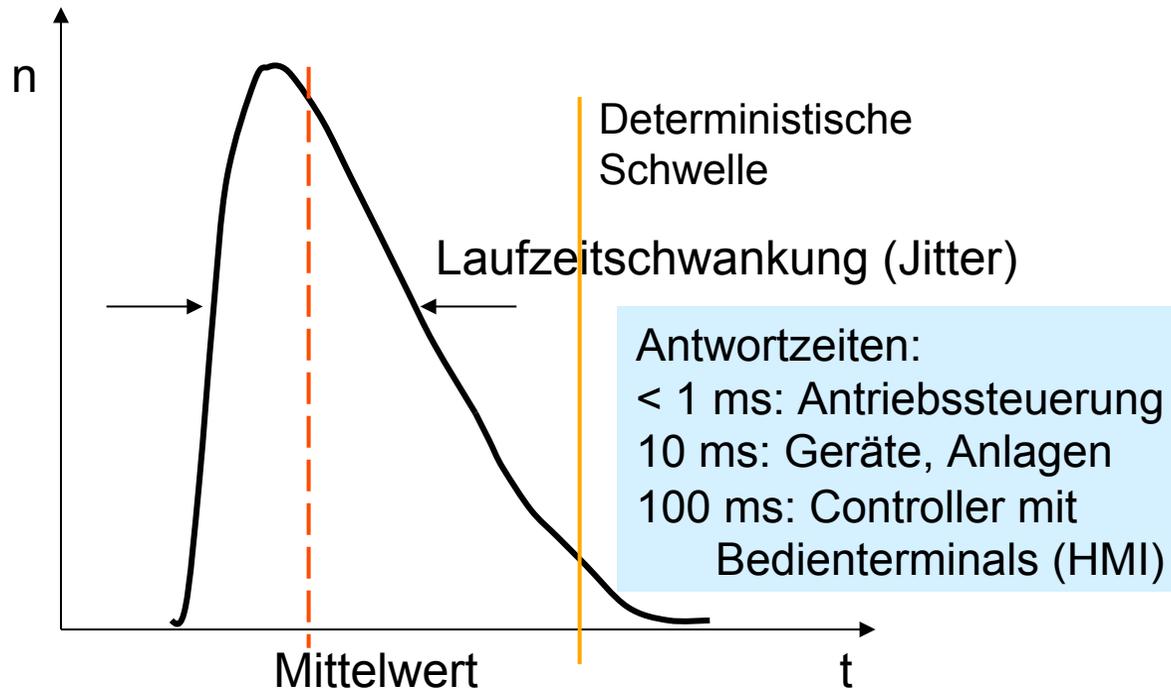


Übersicht über industrielle Bussysteme

- Konfiguration und Architektur
- Anforderungen und Standards
- Implementierungen
- Parameter und Vergleich

Grundlegende Kriterien für Feldbus-Systeme

- Kurze Zykluszeiten durch hohe Übertragungsgeschwindigkeit und schnelle Verarbeitung
- Exakte zeitliche Synchronisation der Feldbus-Stationen
- Hoher Datendurchsatz
- Sicherheit der übermittelten Prozessdaten
- Kosten für Entwicklung, Implementierung und Pflege
- Offene Standards bevorzugt vor Firmenlösung

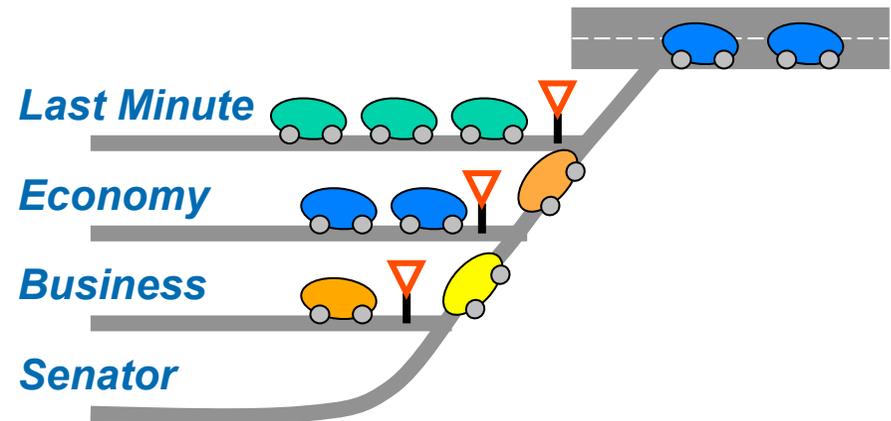
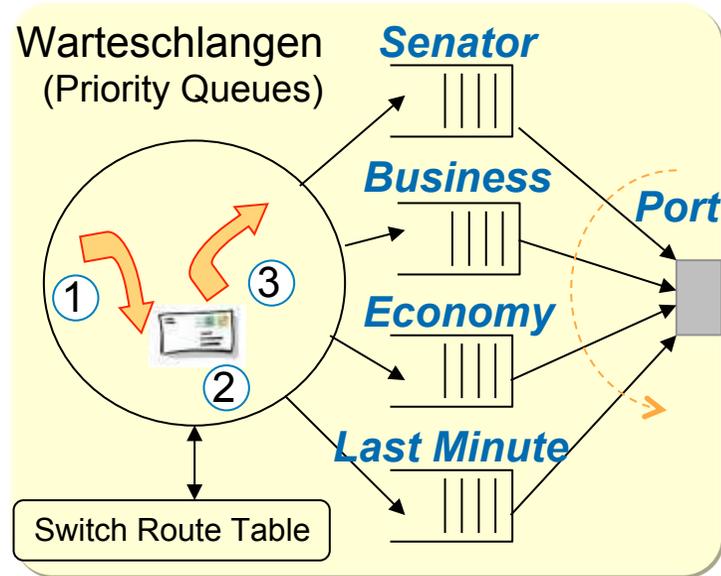


- Echtzeit = definierte Antwortzeiten, Jitter und Paketverlust
- Hohe Systemverfügbarkeit mit hinreichend kurzen Umschaltzeiten

Kriterien für Feldbus-Netze

- Große Anzahl von Stationen und flexible Topologie des Netzes
- Redundanz im Netzaufbau
- Einbindung in die gesamte Fertigungsautomatisierung
- Einsatz marktgängiger Komponenten (Kabel, Stecker, Router, Switches, Controller, usw.)
- Unterstützung von Internet-Protokollen (IP, TCP, UDP)

Verkehrsklassen mit Priorisierung (Quality of Service)

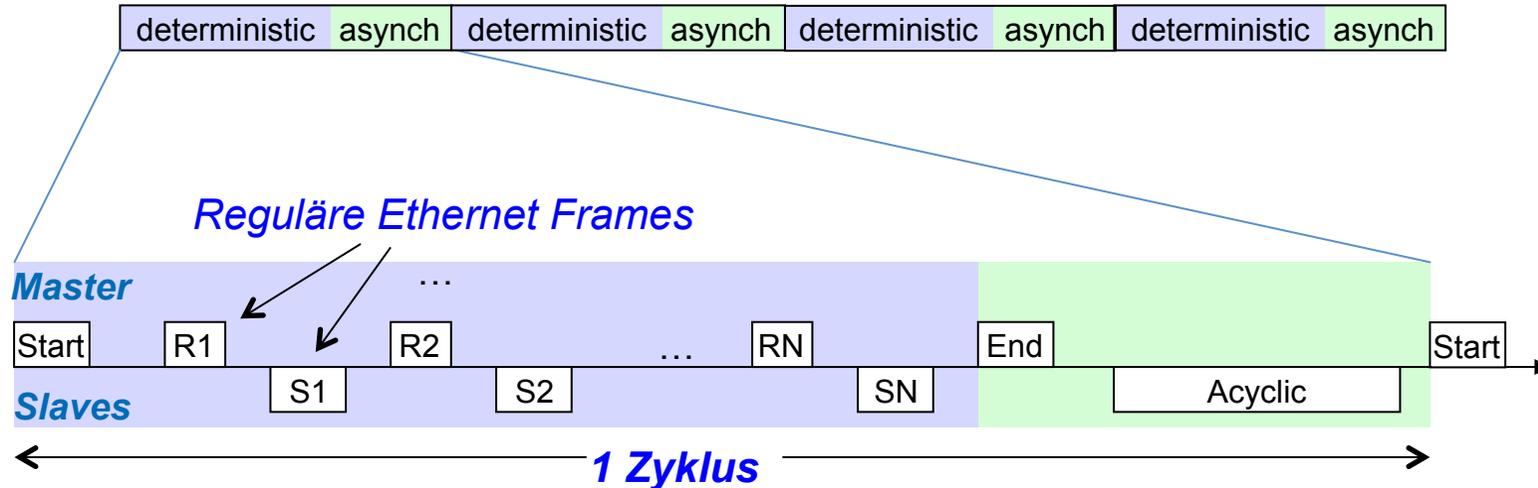


- Überschaubarer Verkehr bei Prozessdaten (Menge, Zyklus)
- Interferenz mit Verkehr niedriger Klassen ist unvermeidlich, jedoch planbar (abhängig von maximaler Paketlänge, Übertragungsrate und Netztopologie)

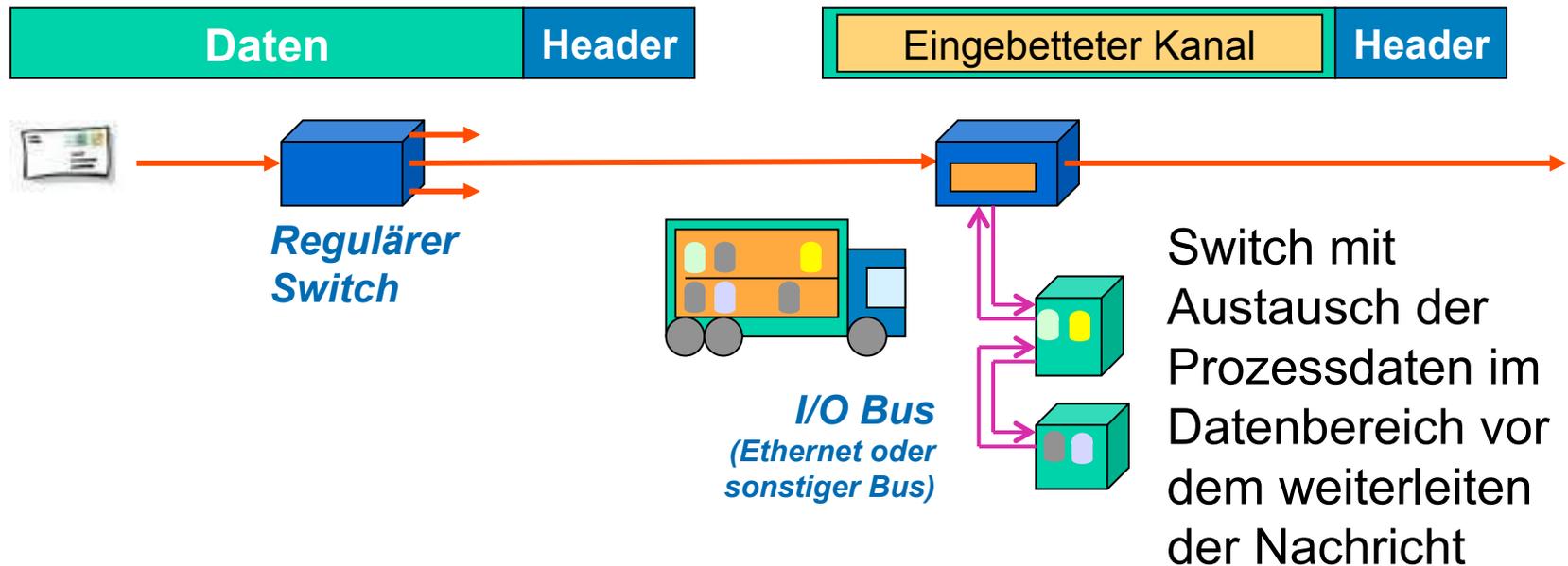
- **Standardisierung von Feldbus-Systemen durch die International Electrotechnical Commission in “IEC 61158 – Fieldbus for use in industrial Control Systems”**
- **Part 1: Overview and Guidance for the IEC 61158 series**
- **Part 2: Physical layer specification and service definition**
- **Part 3: Data link service definition**
- **Part 4: Data link protocol specification**
- **Part 5: Application layer service definition**
- **Part 6: Application layer protocol specification**



- Zeitmultiplex zwischen Prozessdaten und allen anderen Daten
- Bus-Master organisiert die Kommunikation der Prozessdaten zwischen Sendern und Empfängern.

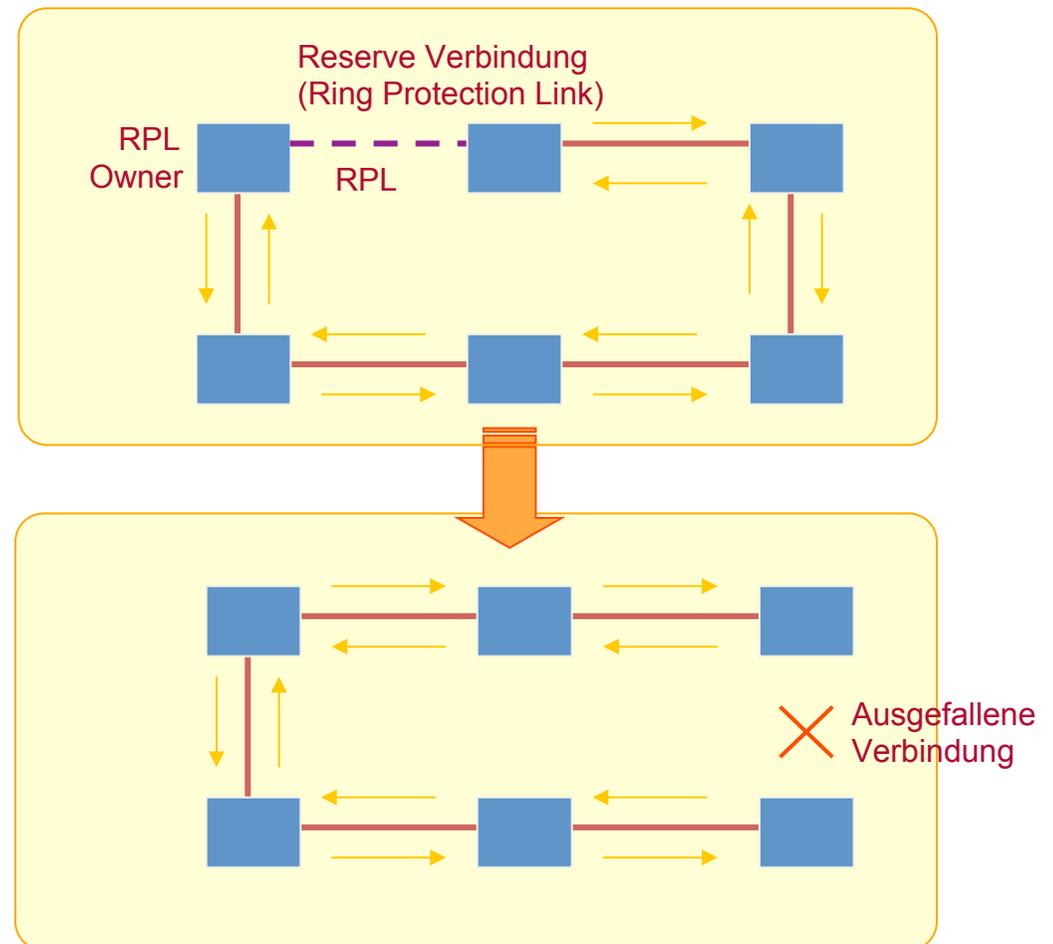


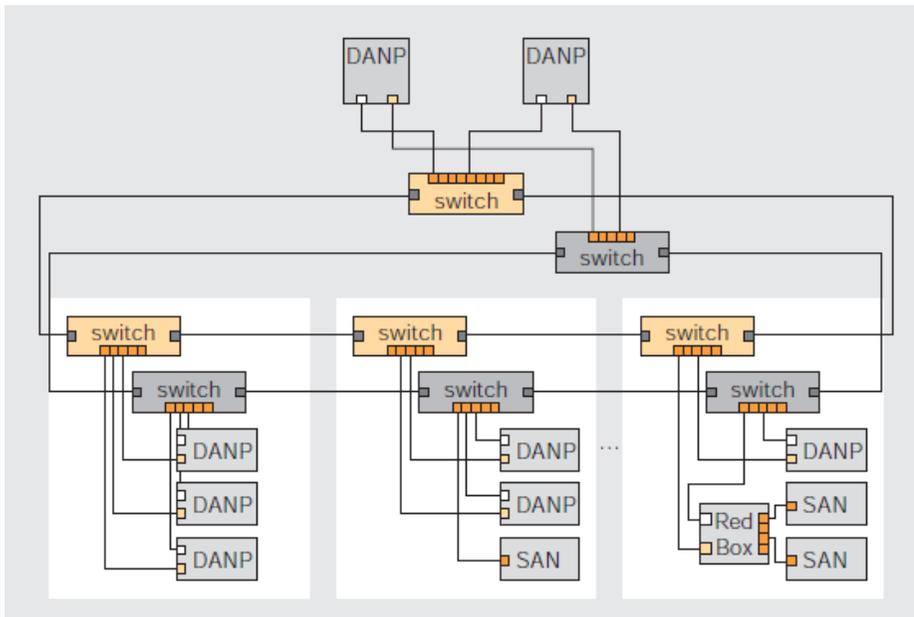
Prozessdaten als gemeinsames Telegramm im Datenbereich



- Standard Ethernet Rahmen
- Topologie: Verkettung aller Teilnehmer in einem Busabschnitt, ein Telegramm für alle anstelle einzelner Nachrichten
- Austausch der Prozessdaten beim weiterleiten des Ethernet Rahmens (erfordert spezielle Hardware für alle Teilnehmer)

- **Sternförmige**
Verkabelung ist nicht praktikabel, lineare Topologie
- **Ring** mit Reserveverbindung (Ring Protection Link), die bei Verlust einer Verbindung aktiviert wird
- Überwachung des Betriebs durch Redundanz-Manager (RPL-Owner)
- Umschaltung auf die neue Topologie im Fehlerfall unter 500 ms



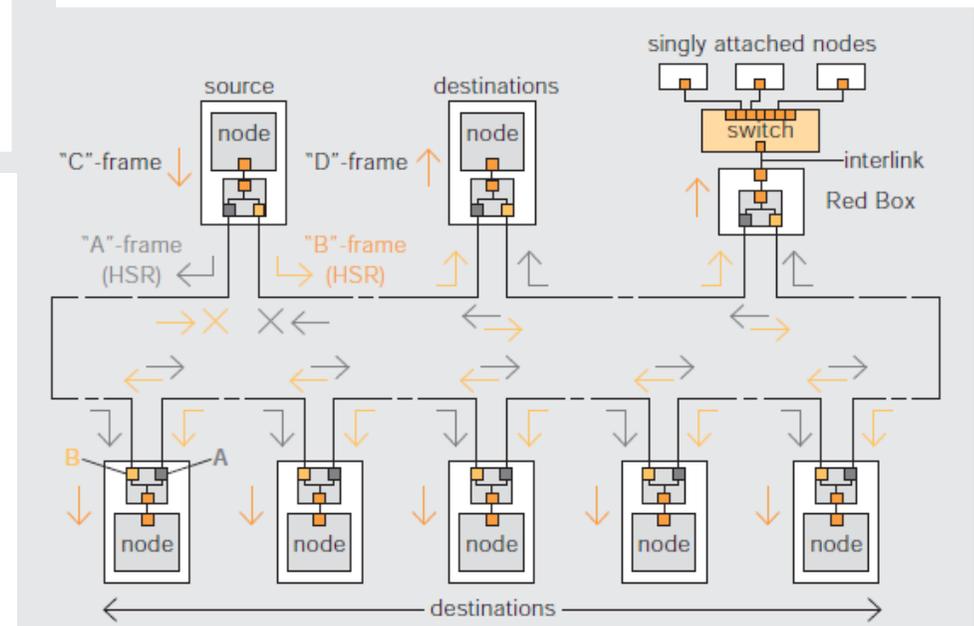


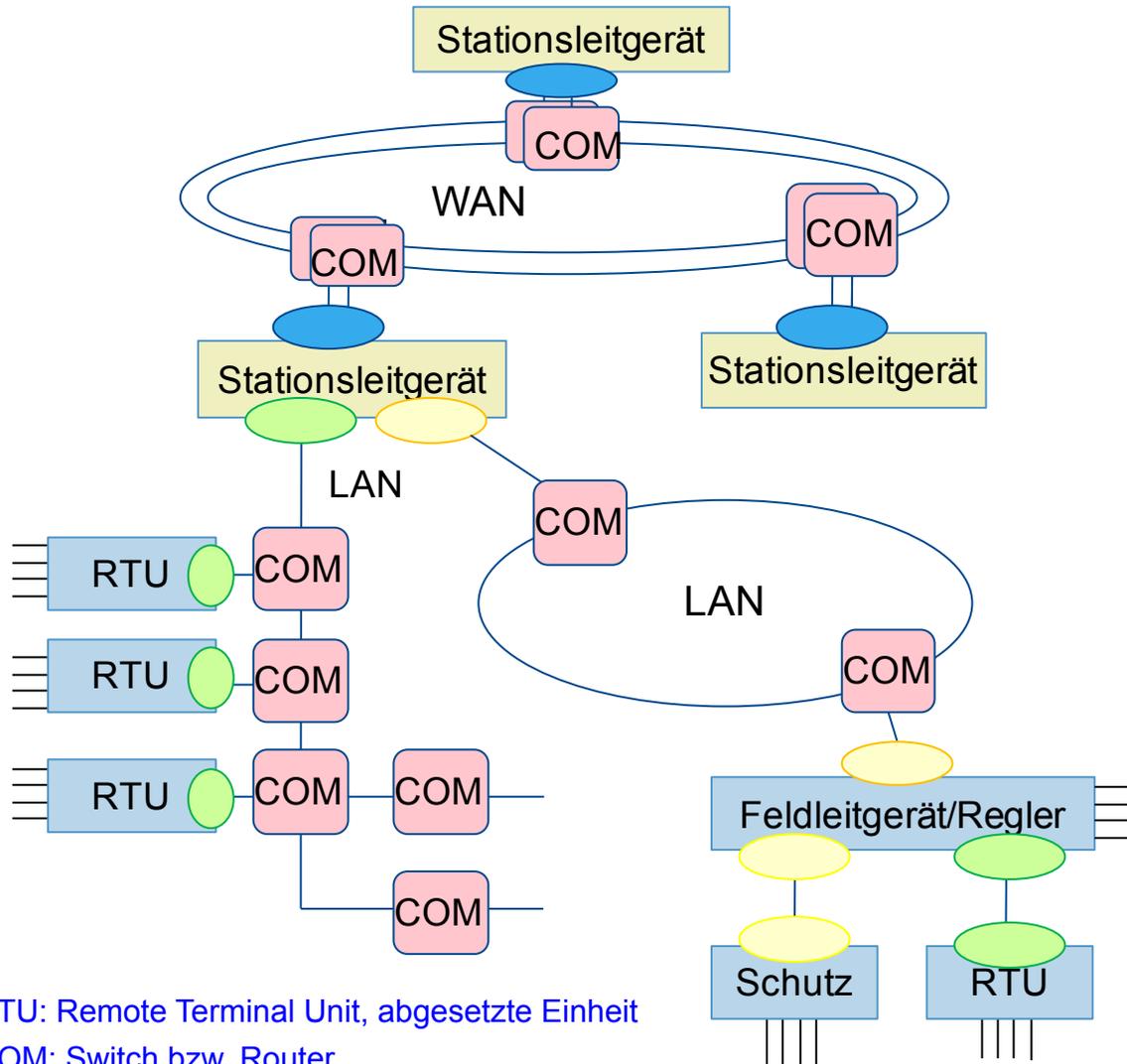
Doppelring mit Doppelstern
Parallel Redundancy Protocol (PRP)

HSR: High-Availability Seamless Redundancy
MRP: Media Redundancy Protocol

Quelle: ABB

Ringredundanz
Protokolle: HSR, MRP





Fernwirken (Wide Area Network, IP/Ethernet):
Redundante Verbindungen

- Doppelstern
- Doppelring

Lokales Netz (Local Area Network, Ethernet):
einfache und redundante Verbindungen

- Baumstruktur
- Ringstruktur

Übersicht über industrielle Bussysteme

- Konfiguration und Architektur
- Anforderungen und Standards
- Implementierungen
- Parameter und Vergleich

Wesentliche Ethernet-basierte Feldbus-Systeme

- **Modbus/TCP**
- **EtherNet/IP**
- **EtherCAT**
- PROFINET IO
- Sercos III
- Powerlink
- CC-Link IE

Ethernet-basierte Feldbus-Systeme : Problem

- Standard-Ethernet und UDP/TCP/IP in Hardware und Software:
Güteanforderungen anspruchsvoller Anwendungen der
Automatisierung nicht erfüllbar
- Option: spezielle Hardware, insbesondere Controller
- Option: spezielle Protokolle und Kommunikations-Software
- Option: besondere Maßnahmen zur Sicherung der Dienstgüte (QoS
– Quality of Service), z.B. DiffServ, Priorisierung

Bewegungsregelung durch Feldbus-Systeme

- Bewegungsregelung („Motion Control“) als wesentlicher Einsatzfall in der Automatisierung
- Steuerung der Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung von Servomotoren
- Einsatzbeispiele: Roboter, Verpackung, Positionierung, Baugruppenfertigung
- Hohe Anforderung an die Synchronisation der Stationen
- Schnelle Übermittlung der Daten zwischen Stationen

Übersicht über industrielle Bussysteme

- Konfiguration und Architektur
- Anforderungen und Standards
- Implementierungen
- Parameter und Vergleich

Vergleich: "Stack Time"

Stack Time: Verarbeitungsdauer in der Feldbus-Station vom Interrupt beim Empfang des Ethernet-Rahmens bis zur Bereitstellung der Prozessdaten an der Schnittstelle zur Anwendung

Stack Time	EtherNet/IP	PROFINET IO	EtherCAT
Durchschnitt	1,8873 ms	0,5788 ms	0,1143 ms
Maximalwert	2,9571 ms	0,7391 ms	0,1821 ms
Minimalwert	1,2332 ms	0,5394 ms	0,0474 ms

Quelle: Softing GmbH, München, 2010.

Vergleich: Feldbus-Performance

Kriterium	Zyklusdauer	Synchronisation	Datendurchsatz
EtherCAT	++	++	0
Modbus/TCP	--	--	++
EtherNet/IP	--	-- / + (1)	++
PROFINET RT	-	--	++
PROFINET IRT	+	+	+
Powerlink	0	- / 0 (2)	0 (3)
CC-Link IE	0	+	--
Sercos III	+	+	-

Quelle: EtherCAT Technology Group ITG.

- **Modbus/TCP und EtherCAT als führende Lösungen für Feldbus-Systeme durch Leistungsfähigkeit, Hersteller-Unterstützung, Marktakzeptanz und Stabilität**
- **Vorteile für EtherCAT bei hohen Anforderungen an Zyklusdauer, Synchronisation und Sicherheit**
- **EtherNet/IP und die Varianten von ProfiNet ebenfalls noch zu beachten**
- **Untergeordnete Bedeutung anderer Feldbus-Lösungen**

- Ethernet hat eine beispiellose Erfolgsgeschichte, nicht zuletzt wegen seines evolutionären Ansatzes.
- **Ethernet ist als Feldbus zunehmen im Einsatz**
 - Profinet, Ethercat, Ethernet Powerlink, Ethernet/IP, Sercos III, ...
 - AFDX (Avionik), TCN (Bahnfahrzeuge), elektrische Schaltanlagen (IEC61850, MRP, HRS, PRP), ...
- **Anforderungen im industriellen Einsatz**
 - Echtzeit = definierte Antwortzeiten
 - Verfügbarkeit (Redundanz für den Fehlerfall)
 - Die Anforderungen sind auf evolutionäre oder proprietäre Weise erfüllbar.
- **Anforderungen auf Systemebene**
 - Funktionale Sicherheit (Protokolle auf Anwendungsebene)
 - Schutz der Vertraulichkeit, Integrität und Authentizität.