

## 2. Einführung in ausgewählte Automatisierungs- und Feldbussysteme

### 2.1 Feldbussysteme und OSI-Referenzmodell

#### 2.1.1 Die Stellung der Feldbusse in der Automatisierungstechnik

Das Thema Bussystem ist eng verbunden mit **aktuellen Tendenzen der Automatisierungstechnik**:

- Dezentralisierung der Automatisierungstechnik und Vernetzung der Komponenten durch Bussysteme.  
Dabei wird kontrovers diskutiert, wie weit bei den dezentral angeordneten Automatisierungskomponenten auf Schaltschränke verzichtet werden kann.
- Einsatz wiederverwendbarer Module nicht nur im Maschinen- und Anlagenbau, sondern auch in der Automatisierungstechnik
- Ablösung herstellerspezifischer (proprietärer) Systeme durch offene Standards
- Zunehmende Bedeutung des Standards Ethernet TCP / IP auch für die Vernetzung von Automatisierungskomponenten.
- Erweiterung von Ethernet TCP / IP um Kanäle für „Echtzeitfähigkeit“
- Nutzung von Internet-Technologien in der Automatisierungstechnik.

Historisch bedingt bevorzugten bestimmte Branchen bestimmte Feldbussysteme z.B.:

|             |   |
|-------------|---|
| PROFIBUS-DP | Maschinenbau, Fertigungstechnik   |
| PROFIBUS-PA | Chemische Industrie, Verfahrenstechnik                                    |
| CAN         | Fahrzeugtechnik, Antriebstechnik, Maschinensteuerung                      |
| MODBUS      | Maschinensteuerungen  |
| INTERBUS    | Antriebstechnik, Maschinensteuerungen, Automobilbau (insbesondere Europa) |
| LON und KNX | Gebäudeautomatisierung  |

Zentrale Frage ist die **Vernetzung von Automatisierungskomponenten**. Während diese in der Automatisierungs- und Leit-Ebene unverzichtbar ist, wird in der Feldebene weiter diskutiert, wie weit jeder einzelne Aktor und Sensor busfähig gemacht werden sollte. In den Anfängen der Bustechnologien wurden in der Feldebene und in der Automatisierungs- und Leitebene jeweils spezielle Bussysteme eingesetzt. Aufgabe der **Feldbusse** war es zuerst, Aktoren und Sensoren im Feld an die Steuerungen anzuschließen. Daher resultiert der Name „Feldbus“ (siehe hierarchische Automatisierungspyramide Abschnitt 1.)

Aktoren und Sensoren werden zunehmend nicht mehr einzeln an eine zentrale Steuerung angeschlossen, sondern über ein Bussystem an periphere IO-Baugruppen (**Bild 2.1-1**). Gründe dafür sind Aufwand und Kosten für die Verlegung von Kabel- und Leitungsbündeln einschließlich notwendiger Rangier-verteiler und Klemmenleisten sowie die Fehleranfälligkeit. Man kann davon ausgehen, daß bis 95% aller Fehler in der Peripherie und nur 5% der Fehler in den Automatisierungskomponenten zu suchen sind.

Beispiel Einzelverdrahtung

Beispiel Anschaltung über Feldbus

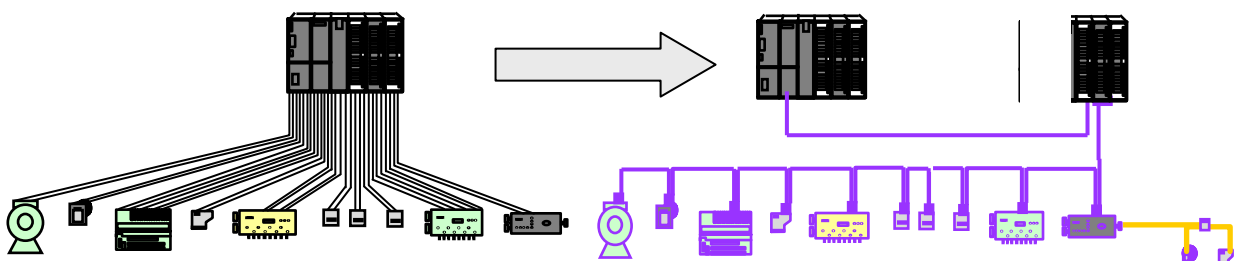


Bild 2.1-1: Von der Einzelverdrahtung zum Feldbussystem

Der Zeitraum von ca. 1985 – 2000 wird als **Periode des „Feldbuskrieges“** bezeichnet, weil eine Vielzahl von Feldbussystemen entwickelt wurden und miteinander konkurrierten. Heute haben sich eine Reihe von Systemen etabliert. Konkurrierende Systeme werden nicht mehr länger zuerst als

„feindliche Bussysteme“ bezeichnet. Stattdessen wird versucht, Anschaltbaugruppen für solche systemfremden Feldbusse zur Verfügung zu stellen.

Heute liegt der Schwerpunkt auf verteilten **Systemen mit lokaler „Intelligenz“ und durchgängigen Bussystemen**. Zunehmend wird ein durchgängiger Datendurchsatz vom Feld bis in die Management-Ebene verlangt. Dafür erlangen Systeme auf Basis Ethernet TCP/IP wachsende Bedeutung. Allerdings gibt es auch hier wieder mehrere nichtkompatible Ausprägungen wie Standard Ethernet, PROFINET, EtherCAT oder Ethernet Powerlink. Die Ursachen liegen in unterschiedlichen Bemühungen, durch Protokollerweiterungen die **Reaktionszeiten** dieser Kommunikationsnetze deutlich zu verringern.

Grundsätzlich erfolgte ein Wechsel der Hardwarebasis für die Signalverarbeitung in Bussystemen: In der Vergangenheit wurde diese Arbeit von speziellen “softwareverarbeitenden” Mikroprozessoren geleistet. Daten mussten hier **zwischengespeichert** und sequentiell bearbeitet werden. Die Folge waren E/A-Systeme mit nicht vernachlässigbaren Reaktionszeiten sowie hohe Ingenieuraufwände für Projektierung, Konfiguration, Inbetriebnahme und Diagnose.

Aktuell ist eine technische Basis mit speziellen Kommunikations-Prozessoren für die Datenbearbeitung **ohne Zwischenspeicherung**, d.h. de facto im “Durchlauf”. Es entstehen dadurch “direkte E/A-Systeme” mit vernachlässigbarer Zeit für Datentransport und damit sehr geringe Reaktionszeiten.

### 2.1.2 Die Bedeutung des OSI-Referenzmodell

Im einfachsten Sinne verlangt Kommunikation immer die Physik von Übertragungsmedien wie Kupfer-Doppelader, LWL-Leiter, Funk etc. und geeignete Vereinbarungen für den Versand der Datenpakete. Mit Protokollen werden dazu der Aufbau der Telegramme, Regeln der Sicherung der Übertragung, Regeln der Adressierung der Teilnehmer u.a. festgelegt. Wo immer Feldbussysteme entwickelt wurden und Geräte unterschiedlicher Hersteller kommunizieren sollten, kam es zu Problemen durch nicht abgestimmte Protokolle.

Um diese Probleme zu lösen und zu Standards der Kommunikation zu gelangen, wurde bereits in den siebziger Jahren das **Open System Interconnection Reference Model (OSI-Modell)** entwickelt und standardisiert. Das Modell untergliedert formal die Kommunikation in sieben aufeinanderfolgende Schichten mit klar definierten Aufgaben. Die internationale Normung führte zu dem Namen ISO / OSI Referenzmodell, umgangssprachlich 7-Schichten-Modell. Wo immer heute über Feldbussysteme referiert und publiziert wird, erfolgt dies im Detail auf der Basis des OSI-Referenzmodells. Nachfolgend sind die sieben Schichten des Modells und grundlegende Regeln aufgeführt.

| OSI-Schicht |                |                    |
|-------------|----------------|--------------------|
| 7           | Anwendung      | application layer  |
| 6           | Darstellung    | presentation layer |
| 5           | Sitzung        | session layer      |
| 4           | Transport      | Transport layer    |
| 3           | Vermittlung    | Network layer      |
| 2           | Sicherung      | Data link layer    |
| 1           | Bitübertragung | Physical layer     |

Für die Feldbusteknik von besonderer Bedeutung

- Die Kommunikation durchläuft vom Anwender bis zum Übertragungskanal maximal 7 Schichten.
- Jede Schicht übernimmt eine abgegrenzte Teilfunktion.
- Zwischen benachbarten Schichten sind die erforderlichen Schnittstellen festgelegt.
- Jede Schicht übernimmt von der im Datenfluß vorhergehenden Schicht Daten und übergibt sie an die nachfolgende Schicht.
- Jede Schicht bietet der übergeordneten Schicht Dienste an.
- Die übergeordnete Schicht fordert Dienste an.
- Die Dienste werden nach Protokollen ausgeführt.



**Details der Aufgaben der einzelnen Schichten siehe z. B. unter [http://www.know\\_library.net](http://www.know_library.net) oder [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)**

Salopp kann das Problem nach einer Idee von Phoenix Contact wie im **Bild 2.1-2** dargestellt werden.

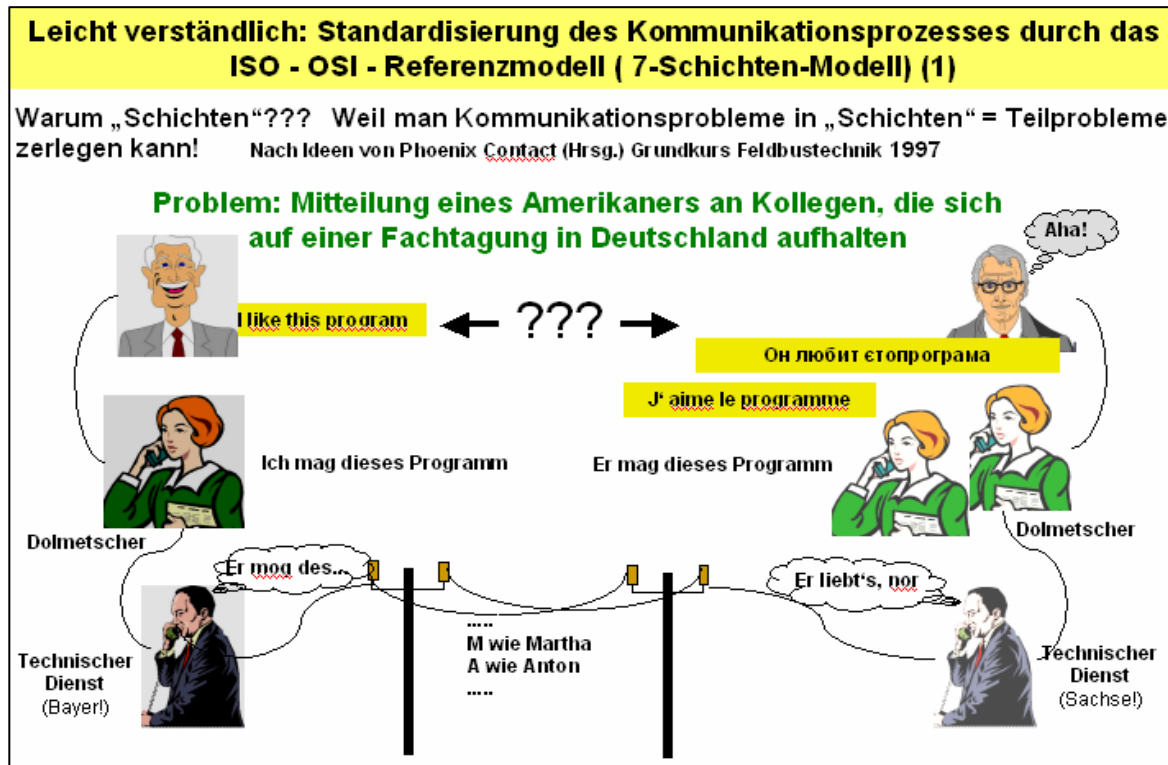


Bild 2.1-2: Bildhafte Begründung des 7-Schichten-Modells

In die sich daraus ergebenden Probleme und Lösungen wird in den nachfolgenden Abschnitten wichtiger Bussysteme eingeführt.

### 2.1.3 Buszugriffsverfahren:

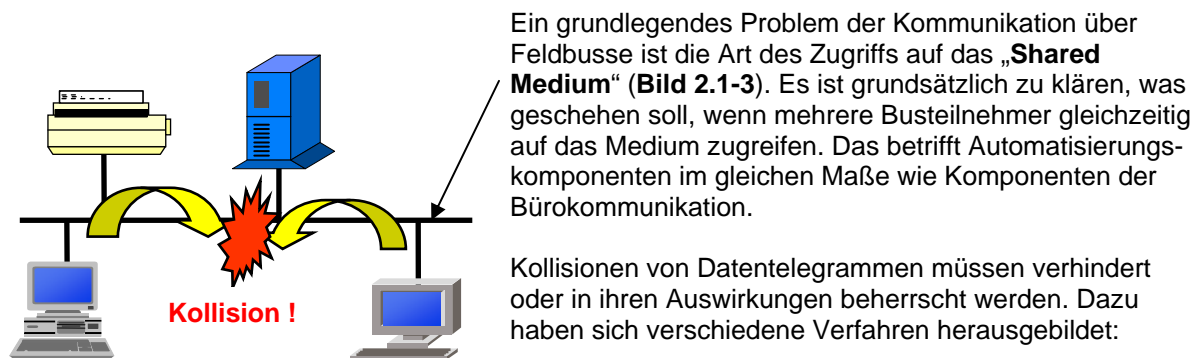


Bild 2.1-3: Kollisionen auf dem Shared Medium am Beispiel traditioneller Bürokommunikation

### Kontrollierte Verfahren:

- **Buszuteilung über festes Zeitraster**  
Jedem Teilnehmer wird unabhängig von seinem Bedarf nacheinander ein Zeitfenster für die Kommunikation zur Verfügung gestellt. Das System wirkt determiniert.  
Anwendung: z. B. Token passing (Token Ring)

### Zufällige Verfahren:

- **Bedarfsabhängige Buszuteilung mit nicht zerstörungsfreiem Zugriff**

Das Medium wird vor dem Zugriff abgetastet. Eine Kollision durch gleichzeitigen Zugriff zweier Teilnehmer wird erkannt. Der Zugriff (Sendeversuch) wird dann abgebrochen und nach einer zufällig gewählten Verzögerung erfolgt ein erneuter Versuch. Weil die Sendeverzögerung eine zufällige Größe ist, ist das Verfahren stochastisch. Die Anzahl erforderlicher Versuch ist nicht determiniert.

Anwendung:

**CSMA / CD** bei Ethernet nach IEEE 802.3.

CSMA/CD bedeutet Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (zu übersetzen als Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung und Kollisionserkennung).

- **Bedarfsabhängige Buszuteilung mit zerstörungsfreiem Zugriff**

Das Medium wird vor dem Zugriff abgetastet. Gleichzeitiger Zugriff mehrerer Teilnehmer auf das Medium führen durch Prioritätsprüfung stets zu eindeutiger Busvergabe. Konflikte werden dadurch aufgelöst. Das System wirkt im Maßstab praktischer Aufgaben determiniert.

Anwendung:

**CSMA / CR** bei CAN. CSMA / CR bedeutet Carrier Sense Multiple Access / Collision Resolution (zu übersetzen als Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung und Kollisionsvermeidung). Bei CAN werden Kollisionen beim Buszugriff durch Bit-Arbitrierung vermieden.

- Davon ist zu unterscheiden: **CSMA / CA**. CSMA/CA bedeutet Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance und ist gleichfalls ein Verfahren zur Vermeidung von Kollisionen. Es beruht auf einer zufälligen Wartezeit nach Kanalfrei-Erkennung. Das verfahren wird angewendet bei Wireless-LAN z. B. zur Steuerung des Medienzugriff vom Access Point.

Weiter sind teilnehmerorientierte und nachrichtenorientierte Verfahren der Telegrammübermittlung zu unterscheiden: bei Wireless LAN:

Im **teilnehmerorientierten** Protokoll verschlüsselt der Sender Ziel- und Quelladresse. Die Nachricht ist exklusiv für einen Teilnehmer bestimmt.

Im **nachrichtenorientierten** Protokoll sendet ein Teilnehmer die Nachricht an alle (Prinzip des Rundfunk = Broadcasting). Die Teilnehmer selektieren die Nachricht durch ihre speziellen Filter. Anstelle Zieladresse besitzen die Nachrichten eine Nachrichtennummer (= Identifier)