

Bussysteme und ihre Einsatzgebiete darstellen

Um Prozesse in der Automatisierungstechnik effektiver gestalten zu können, ist es notwendig, dass die Einheiten, die den Prozess überwachen bzw. steuern, untereinander Informationen austauschen. Dieser Austausch erfolgt über Bussysteme.

Informatikerinnen und Informatiker setzen sich im Betrieb bei der Projektierung und Installation von Automatisierungsanlagen mit Bussystemen auseinander.

Daher ist es notwendig, dass sie grundlegende Kenntnisse über den Aufbau von Bussystemen besitzen.

In diesem Lernmodul wird deshalb die Struktur von Kommunikationssystemen erläutert und typische Bussysteme sowie ihre Einsatzgebiete dargestellt.

Alle notwendigen Informationen und Arbeitsunterlagen sind in diesem Lernmodul enthalten.

Dieses Lernmodul ist im häuslichen Studium zu erarbeiten.

Der benötigte Zeitaufwand liegt bei ca. 4 Stunden.

LERNMODUL 3

Ziele

Ausgangssituation

Planung

Inhaltsverzeichnis

1 Kommunikation in der Automatisierungstechnik	3
1.1 Übersicht über die Einordnung von Bussystemen.....	3
1.2 ISO/OSI Referenzmodell	6
2 Konzepte und Ausführungen von Feldbussystemen	13
2.1 Anforderungen an Feldbussysteme	13
2.2 Realisierung von Feldbussystemen	18
Lösungsanhang	33

1 Kommunikation in der Automatisierungstechnik

Lernbereich

1.1 Übersicht über die Einordnung von Bussystemen

Ein Bussystem ist nach Brockhaus wie folgt definiert:

Bussystem (Bus): Den Daten- und Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Systemkomponenten einer Datenverarbeitungsanlage ermöglichende, als Linien- oder Ringnetz aufgebaute mehradrige Sammelleitung, an die alle Komponenten der Anlage angeschlossen sind (sie verbindet den Ausgang jeder Komponente mit den Eingängen aller übrigen). Der Datenaustausch zwischen den Komponenten erfolgt im Multiplex-Betrieb.

Wie aus der Definition zu ersehen umfasst der Begriff Bussystem alle denkbaren Kommunikationsarten. Durch die sehr unterschiedlichen Anforderungen wie z.B.: Übertragungsgeschwindigkeit, Entfernung, Kosten ... haben sich verschiedene Systeme etabliert.

Eine der grundlegenden Funktionalitäten eines Bussystems ist die Buszuteilung. Sie stellt den geordneten Datenaustausch auf dem Bus sicher, sodass ein gleichzeitiges Senden mehrerer Teilnehmer hiermit ausgeschlossen bzw. koordiniert wird. Im Folgenden sollen mehrere Möglichkeiten, diesen Buszugriff zu regeln, vorgestellt werden. Hierbei unterscheidet man zwischen kontrolliertem und zufälligem Buszugriff.

Bei dem kontrollierten Buszugriff kann ein sendewilliger Teilnehmer seine Daten nur nach einer „Busfreigabe“ senden. Diese Freigabe kann zentral oder dezentral erfolgen.

Master/Slave: Ein Bus-Master koordiniert den Datenaustausch zwischen dem Master und den passiven Teilnehmern, den Slaves. Die Slaves dürfen ihre Daten nur nach Aufforderung senden. Sie werden vom Master in einer festen Reihenfolge zyklisch abgefragt. Das Master/Slave Prinzip wird häufig auch zentrales Polling genannt.

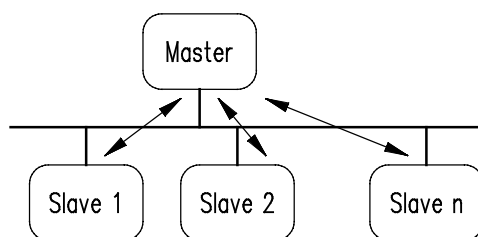


Abbildung 1 Master/Slave-Prinzip

Token Bus: Jeder Teilnehmer am Bus ist in der Lage die Aufgaben der Buszuteilung zu übernehmen. Durch ein spezielles Zeichen, das Token, erhält ein Teilnehmer die Berechtigung auf den Bus zuzugreifen. Nach Beendigung der Datenübertragung oder Überschreitung einer definierten Maximalzeit gibt der Teilnehmer das Token an einen fest vorgegebenen Nachfolger ab. Der letzte Teilnehmer gibt das Token wieder an den Ersten, sodass ein logischer Ring für das Token entsteht.

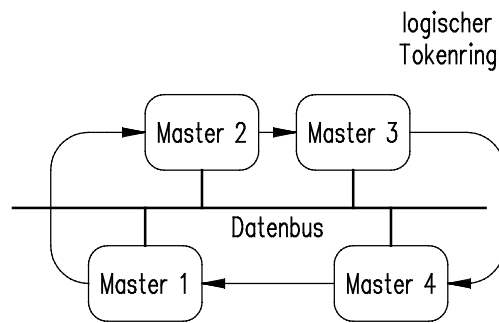


Abbildung 2 Token Bus

Token Passing: Das Token Passing ist eine Kombination aus Token Bus und Master-Slave Verfahren. Am Bus befinden sich neben den aktiven Teilnehmern (Master) auch passive Teilnehmer (Slaves). Die Buszugriff-Steuerung erfolgt wie beim Token Bus. Hat ein Master den Token, kann er nach dem Master Slave Verfahren Slavebaugruppen pollen (zyklisch abfragen).

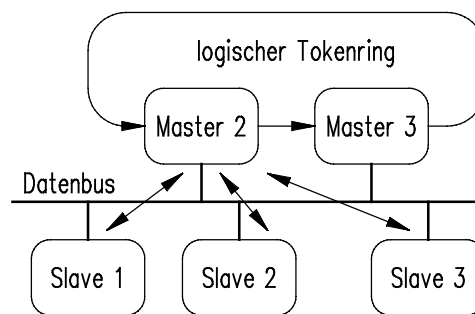


Abbildung 3 Token Passing

Die wichtigste gemeinsame Eigenschaft der oben aufgeführten Mechanismen ist die Berechenbarkeit der maximalen Reaktionszeit über den Datenbus. Sendet ein Teilnehmer eine Anfrage, kann die maximale Antwortzeit genau berechnet werden. Systeme mit dieser Eigenschaft nennt man echtzeitfähig.

Bei Systemen mit zufälligem Buszugriff greifen die sendewilligen Teilnehmer bei Bedarf auf den Bus zu. Das bekannteste Verfahren ist das vom Ethernet benutzte CSMA/CD.

CSMA/CD: Der Name des Verfahrens deutet schon auf die Arbeitsweise hin. (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **D**etect). Der sendewillige Teilnehmer prüft den Bus (**C**arrier **S**ense), und sendet seine Daten, wenn dieser nicht von anderen Teilnehmern belegt ist.

Ist der Bus belegt, stellt der Teilnehmer seinen Sendewunsch zurück, und versucht zu einem späteren Zeitpunkt wiederum die Daten abzusetzen (**M**ultiple **A**ccess). Bei diesem Verfahren kann es zu Kollisionen kommen, wenn mehrere Teilnehmer gleichzeitig senden. Ist dies der Fall, nehmen alle Sender Ihre Anforderung zurück und senden zu einem späteren Zeitpunkt erneut (**C**ollision **D**etect).

In der Regel sind Bussysteme mit zufälligem Buszugriff nicht echtzeitfähig. Die Reaktionszeit einer Datenübertragung ist bei diesem Verfahren sehr stark von dem Datenaufkommen abhängig.

Bei einer schematischen Sortierung erfolgt eine erste Unterteilung in parallele und serielle Bussysteme.

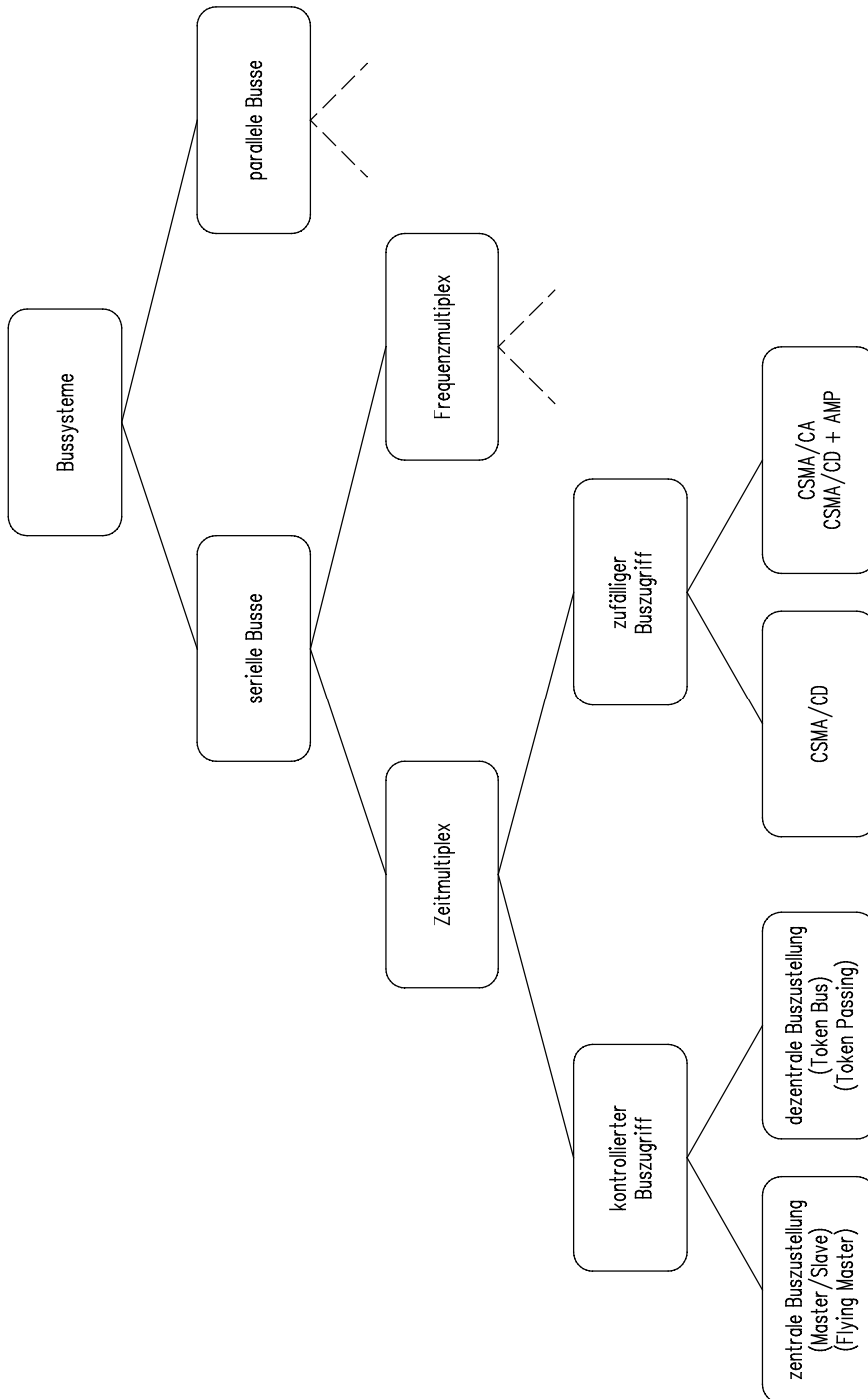


Abbildung 4 Bussysteme

Parallele Bussysteme übertragen die Daten typischerweise in einer Datenwortbreite von 8, 16 oder 32 Bit. Zur Steuerung des Buszugriffs ist zusätzlich zum Datenbus ein Steuerbus notwendig. Die Busstruktur ermöglicht eine sehr hohe Übertragungsrate. Der Datenbus kann keine größeren Entfernungen überbrücken.

Bei seriellen Bussen erfolgt die Datenübertragung sequenziell über eine Leitung. Die Funktion des Steuerbusses (siehe paralleler Bus) wird hier von Softwareprotokollen übernommen. Durch die Serialisierung der Daten ist die Übertragungsrate geringer als beim parallelen Bus. Es können allerdings wesentlich größere Entfernungen überbrückt werden. Die technische Ausführung der Busleitung ist gegenüber den parallelen Systemen wesentlich einfacher.

Eine weitere Spezifizierung der Bussysteme erfolgt anhand der schon beschriebenen Zugriffsverfahren.

Parallele Busse spielen durch den hohen Aufwand in der Kopplung von Automatisierungskomponenten eine untergeordnete Rolle. Daher befasst sich die folgende Abhandlung in erster Linie mit seriellen Techniken.

1.2 ISO/OSI Referenzmodell

Ende der 70er-Jahre begann das ISO (International Organization for Standardization) durch die Definition eines Kommunikationsmodells einen Standard in die Datenkommunikation einzuführen. Bis zu diesem Zeitpunkt favorisierte jeder Rechnerhersteller sein eigenes Datenübertragungssystem. Die Folge für die Anwender: Ein Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Rechnern war schwierig bis fast unmöglich.

Ziel des OSI Referenzmodells (Open System Interconnection) ist die Beschreibung eines offenen Kommunikationssystems. Ein offenes Kommunikationssystem zeichnet sich dadurch aus, dass es auf der Basis des OSI Referenzmodells mit anderen offenen Systemen kommunizieren kann. Das Referenzmodell legt fest, welche Funktionen von denen an der Kommunikation beteiligten Komponenten erwartet werden, und in welcher Abhängigkeit diese Komponenten zueinander stehen.

Das OSI Referenzmodell teilt die Kommunikation in 7 Schichten auf.

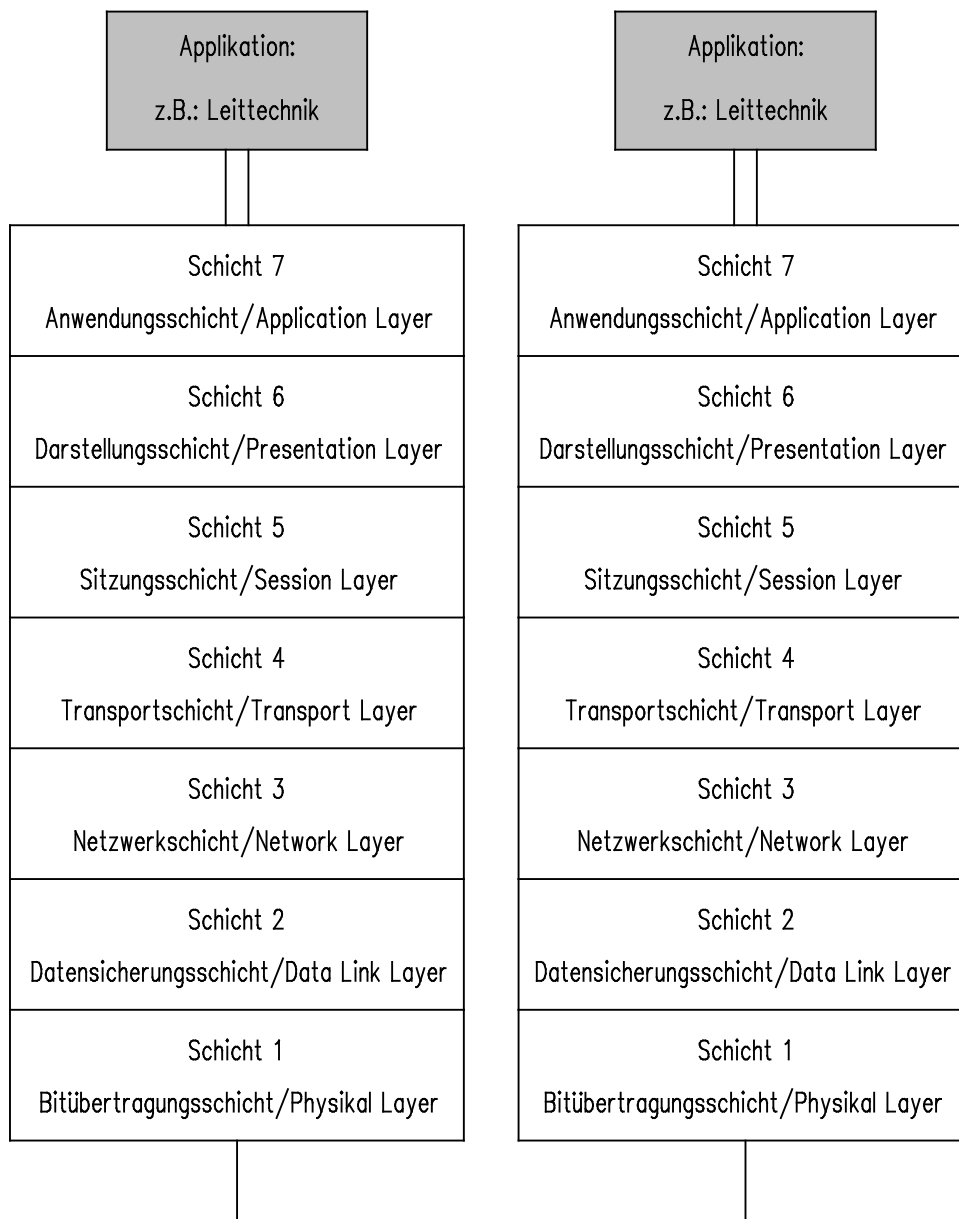


Abbildung 5 Das OSI Referenzmodell

Jede Schicht hat innerhalb des Referenzmodells eindeutig spezifizierte Aufgaben zu erfüllen. Um den Informationsfluss zwischen den Schichten so gering wie möglich zu halten, ist eine Kommunikation nur zwischen direkt benachbarten Schichten vorgesehen. Der Informationsaustausch zwischen den Schichten beschränkt sich auf wenige Steuer- und Kontrollfunktionen.

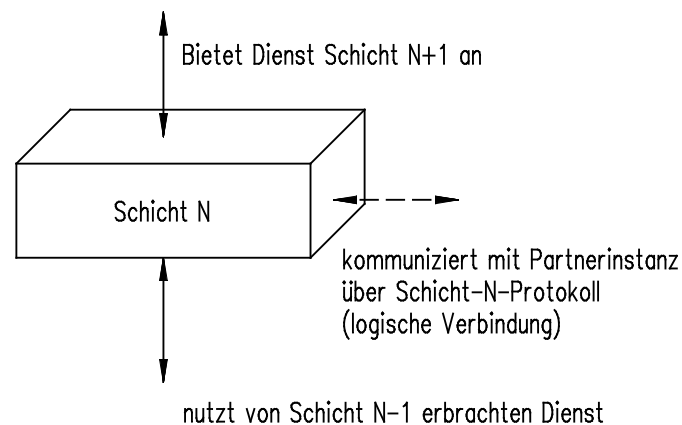


Abbildung 6 Kommunikation zwischen den Schichten

Durch den Schichtaufbau und die fest definierten Schnittstellen ist es möglich einzelne Ebenen zu ändern oder auszutauschen, ohne das Gesamtsystem zu beeinflussen.

Die Spezifikation der für den Informationsaustausch implementierten Dienste erfolgt über Dienstprimitiven (aus dem engl. Dienstelement).

Im Folgenden werden die transportorientierten Schichten (1-4) und die anwendungsorientierten Schichten (5-7) näher erläutert.

1. Schicht: Bitübertragungsschicht - Physical Layer

Die Bitübertragungsschicht bildet die Basis des Kommunikationsmodells. Sie bildet eine vom physikalischen Übertragungsmedium unabhängige Schnittstelle zu den höheren Schichten. Die physikalische Schicht kann somit ausgetauscht werden, ohne dass die weiteren Ebenen davon betroffen sind. In der Bitübertragungsschicht wird die Art der Datenübertragung, Codierung, Steckerbelegung, Spannungspegel etc. definiert. Die Datenverbindung über die Schicht 1 ist eine ungesicherte Datenverbindung. Auf Fehler in der Datenübertragung wird nicht reagiert.

2. Schicht: Datensicherungsschicht - Data Link Layer

Die Datensicherungsschicht erweitert die Kommunikation zwischen zwei direkt benachbarten Teilnehmern über die Bitübertragungsschicht in eine gesicherte Datenverbindung. Die zu übertragenden Daten werden in einen Rahmen (frame) gefasst. Der Rahmen beinhaltet Zusatzinformationen die zur Fehlererkennung und Quittierung von Telegrammen dienen.

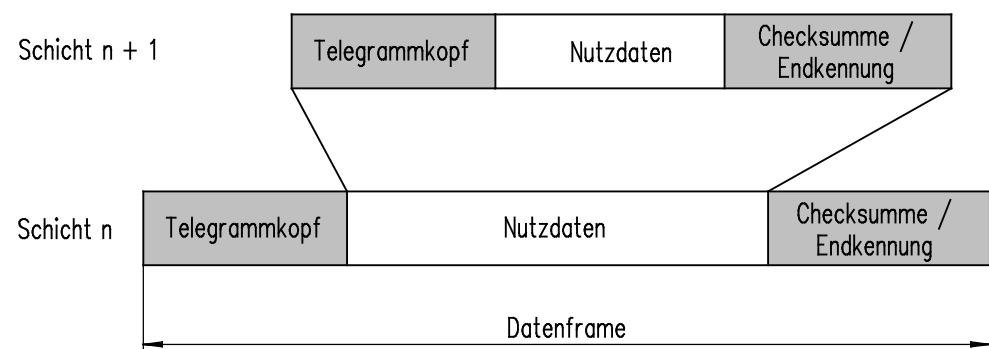


Abbildung 7 Einbettung der Nutzdaten in einen Datenframe

Die zweite Schicht erkennt Fehler in der Bitübertragungsschicht und behebt sie so weit wie möglich (z.B. durch Telegrammwiederholung). Als weitere Funktionalität gleicht die Sicherungsschicht unterschiedliche Verarbeitungsgeschwindigkeiten zwischen den Teilnehmern aus. Sie kontrolliert den Datenfluss und verhindert somit ein „Überlaufen“ eines langsameren Empfängers.

3. Schicht: Netzwerkschicht - Network Layer

Die 3. Schicht betrachtet die Kommunikation netzwerkbezogen. Sie greift auf die gesicherte Datenübertragung der Schicht 2 zurück. Die Netzwerkschicht zerlegt die Sendedaten in Teilpakete, die von der unterlagerten Schicht verarbeitet werden können. Die Aufgabe der Netzwerkschicht ist der Transport von Daten über ein Netzwerk zum Kommunikationspartner. Auf dieser Ebene wird im Unterschied zur physikalischen Adresse in Schicht 2, die logische Netzadresse von Quelle und Ziel benutzt. Netzadressen können durch den Systemverwalter im Gegensatz zu den physikalischen Adressen (Schicht 2) selbst definiert werden. So können Geräte über die Adressvergabe zu logischen Gruppen zusammengefügt werden. Dieses hat eindeutige Vorteile beim Routing (der Zielfindung).

Der Übertragungsweg von der Datenquelle zur Senke kann hierfür auch über verschiedenartige Netzwerke geführt werden.

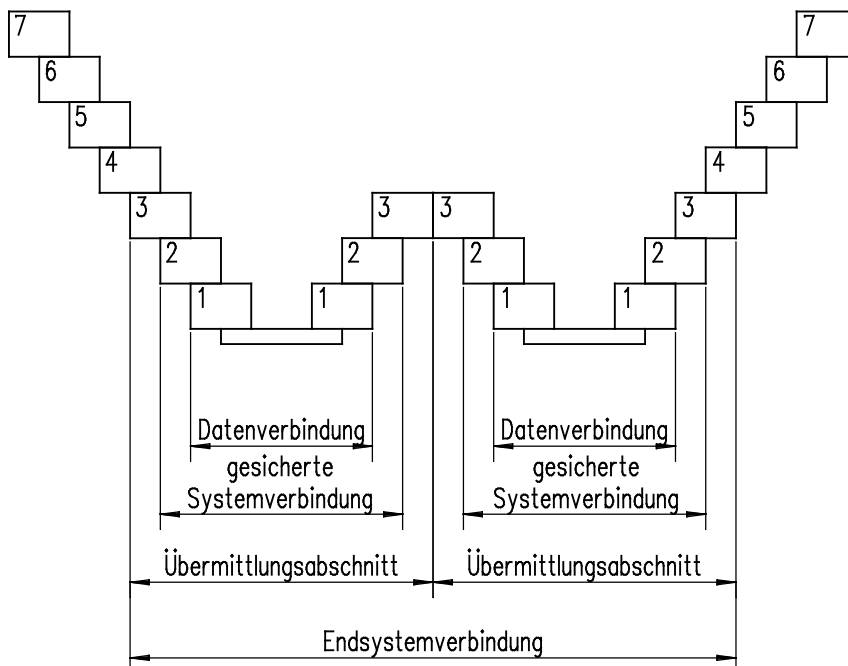


Abbildung 8 Netzverbinding von Quelle zur Senke über Netzsegmentgrenzen hinaus

Die Netzwerkschicht kann parallel mehrere Kommunikationsverbindungen zwischen Netzwerkteilnehmern aufbauen und verwalten.

Die Fehlerbehandlung der Netzwerkschicht bezieht sich auf Fehlerbedingungen wie z.B. das Wiederherstellen der Sequenz wenn die Datenpakete nicht in der richtigen Reihenfolge im Zielrechner eintreffen, oder Beseitigung von doppelt empfangenen Datenpaketen.

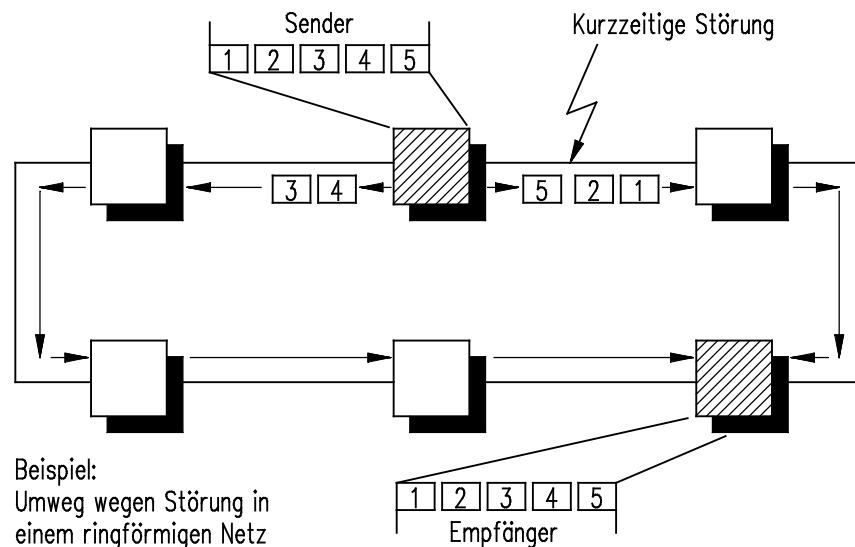


Abbildung 9 Datenpakete können einander überholen.

4. Schicht : Transportschicht - Transport Layer

Die Transportschicht erweitert Endsystemverbindungen zu Teilnehmerverbindungen. Sie ist die oberste Ebene der transportorientierten Schichten im OSI Modell. Die grundsätzliche Aufgabe der Transportschicht ist es, den übergeordneten, anwendungsorientierten Schichten einen transparenten Datenkanal zur Verfügung zu stellen.

Je nach Anforderung organisiert die vierte Schicht den Datentransfer über eine eigene Transportverbindung. Ist ein hoher Datendurchsatz gefordert, kann die Transportschicht den Datentransfer auf mehrere Datenkanäle parallel aufteilen. In den meisten Fällen werden aber mehrere Datenkanäle über eine Transportverbindung als Sammelverbindung betrieben (Multiplex).

Die nun folgenden Schichten bilden die anwendungsorientierten Dienste. Sie unterscheiden sich in ihrem Aufbau stark von den darunter liegenden Schichten. Es besteht nicht mehr die starre hierarchische Gliederung wie bei den transportorientierten Diensten. Die anwendungsorientierten Schichten arbeiten gleichberechtigt zusammen.

5. Schicht: Sitzungsschicht - Session Layer

Unter einer Sitzung versteht man die Benutzung des unterlagerten Transportsystems. Diese Schicht stellt Dienste zur Verfügung, die den Verbindungsaufbau und -abbau sowie den ordnungsgemäßen Datentransfer organisiert. Eine Sitzung wird erst aufgebaut, wenn die Darstellungsschicht es verlangt. Der Abbau kann hingegen auch direkt von der Sitzungsschicht veranlasst werden. Während einer Sitzung werden die Dienste der Sitzungsschicht dazu benutzt, den Dialog zu steuern und den ordnungsgemäßen Informationsaustausch sicherzustellen. Eine weitere Aufgabe der 5. Schicht ist es, eventuelle in den unterlagerten Schichten verlorenen Daten wiederzubeschaffen.

6. Schicht: Darstellungsschicht - Presentation Layer

Die Darstellungsschicht ist die erste Ebene im OSI Modell, die sich mit den eigentlich zu übertragenden Daten befasst. Diese Schicht ermöglicht die Realisierung offener Systeme, also eine Kommunikationsfähigkeit unabhängig von der lokal verwendeten Syntax. Unter lokaler Syntax wird die bitweise Darstellung von Datentypen und die Kodierung von Zeichen in Rechnersystemen verstanden. Um Daten zwischen beliebigen Computersystemen auszutauschen wird eine abstrakte Syntax benötigt. Diese Syntax beschreibt bzw. definiert die Menge und Art der Datentypen, die von der Anwendungsschicht an die Darstellungsschicht übergeben werden.

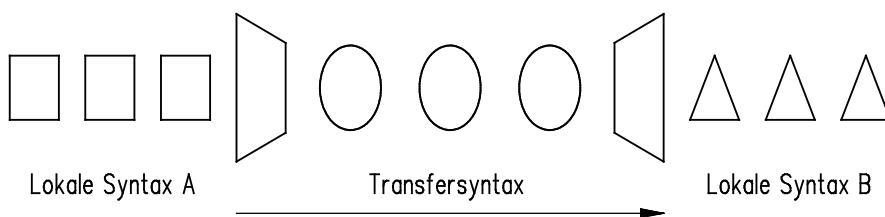


Abbildung 10 Datenaustausch mittels einer abstrakten Syntax

Im ISO Standard 8824 ist eine Notation beschrieben mit der eine abstrakte Syntax definiert werden kann. Die Sprache wird ASD 1 genannt (Abstract Syntax Notation 1).

Die Aufgabe der Darstellungsschicht bezieht sich nur auf die Darstellung der Daten, nicht aber auf die Bedeutung der Daten.

7. Schicht: Anwendungsschicht - Application Layer

Die Anwendungsschicht ist die Schnittstelle einer Anwendung zum OSI Referenzmodell.

Um die eigentlichen Aufgaben der Applikation zu erfüllen, stellt die Anwendungsschicht nur ihre Funktionen (Dienste) der Anwendung (z.B.: Prozessleitsoftware, Betriebsdatenerfassung, Filetransfer...) zur Verfügung.

Als Beispiel soll das Zusammenspiel der Schichten des OSI Referenzmodells anhand eines Telefonates beschrieben werden.

Zwei international tätige Geschäftsleute wollen einen Vertrag aushandeln. Das Abheben des Telefonhörers von Teilnehmer A wird als Verbindungswunsch aus der Anwendungsschicht bis in die 1. Schicht durchgereicht.

1. Schicht:
Der Telefonhörer wird abgenommen. Die Verbindung zur Vermittlungsstelle ist hergestellt.
2. Schicht:
Diese Schicht existiert beim Telefongespräch eigentlich nicht. Der sichere Datenaustausch wird von den Teilnehmern selbst realisiert, indem sie z.B. bei starkem Rauschen auf der Leitung erneut nachfragen.
3. Schicht:
Teilnehmer A wählt die Telefonnummer von Teilnehmer B. Es meldet sich die Telefonzentrale der Partnerfirma.

4. Schicht:
Teilnehmer A lässt sich mit Teilnehmer B verbinden. Hierzu benötigt er keine Telefonnummer (Rechneradresse). Es reicht der Name des Teilnehmers.
5. Schicht:
Teilnehmer A beginnt das Gespräch und stellt sich vor.
6. Schicht:
Da beide Teilnehmer nicht die gleiche Sprache sprechen einigen sie sich auf eine gemeinsam bekannte Sprache.
7. Schicht:
Die Bedingungen für den Vertrag werden ausgehandelt.

AufgabenAufgabe 1

Umschreiben Sie den Begriff „Echtzeit“, wie er in der Automatisierungstechnik zu verstehen ist!

Aufgabe 2

Nennen Sie drei echtzeitfähige Buszugriffsverfahren!

Aufgabe 3

Aus welchen Gründen ist das Zugriffsverfahren nach CSMA/CD nicht echtzeitfähig?

Aufgabe 4

Nennen Sie die 7 Schichten des OSI Referenzmodells!

Aufgabe 5

Welche Vorteile bringt eine Kommunikation nach dem OSI Referenzmodell mit sich?

2 Konzepte und Ausführungen von Feldbussystemen

Da die Feldbusebene das eigentliche Bindeglied zwischen den prozessnahen Einrichtungen der Sensor-/Aktorebene und der Steuerungsebene ist, werden im Folgenden die Anforderungen und die Realisierung von Feldbussystemen dargestellt.

2.1 Anforderungen an Feldbussysteme

Feldbussysteme finden ihren Einsatz im gesamten Bereich der Automatisierungstechnik. Hierbei reicht das Spektrum von der Gebäudeleittechnik (große Entfernungen, viele Datenpunkte) über die Fertigungsautomation bis hin zur Verfahrensleittechnik. Im Folgenden wird hauptsächlich die Fertigungsautomation betrachtet.

In der Automatisierungstechnik haben sich die Strukturen in den letzten 10 Jahren stark gewandelt. Zentrale Strukturen werden immer mehr durch dezentrale Techniken ersetzt. Große Anlagen werden nicht mehr mit nur einer einzigen leistungsstarken Steuerung automatisiert. Die Arbeit übernehmen mehrere kleine kommunikationsfähige Steuerungen, die jeweils eine logische Prozesseinheit steuern. Die dezentrale Technik bietet viele Vorteile. So kann die Projektierung und Programmierung in Teilprojekte zerlegt werden, die parallel realisiert werden können. Die einzelnen Steuerungen sind kleiner, somit besser überschaubar und einfacher zu warten. Durch die verteilte Automatisierung wird auch eine höhere Verfügbarkeit der Anlage erreicht.

Eine wichtige Voraussetzung für diese Entwicklung ist eine kostengünstige, einfach zu handhabende und sichere Kommunikation zwischen den Automatisierungsgeräten. Über die Kommunikationsnetze werden die Teilanlagen synchronisiert, und Anlagenparameter ausgetauscht.

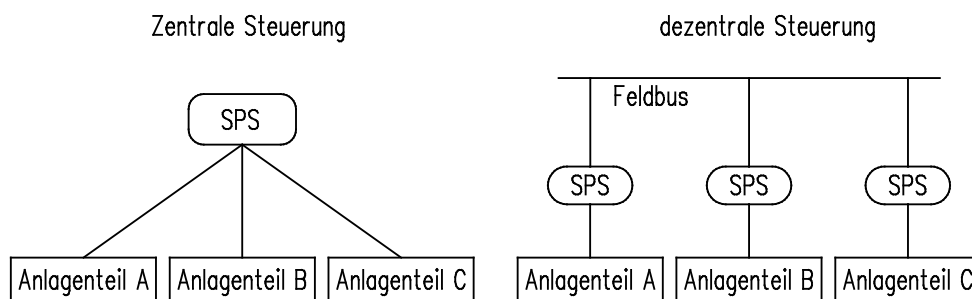


Abbildung 11 Zentrale und dezentrale Automatisierungsstruktur

Die rasante Entwicklung im Feldbusbereich hat in der Steuerungsebene nicht halt gemacht. Zur Verringerung des Verkabelungsaufwandes werden Ein-/Ausgabe Module über Feldbusse an die Steuerung gekoppelt. Die Peripherie wird also direkt dort, wo das Prozesssignal entsteht oder der Aktor bedient werden muss, installiert.

Bei einer so kommunikationstechnisch gut erschlossenen Steuerungstechnik drängt sich der (alte) CIM Gedanke wieder auf (Computer Integrated Manufacturing). Unter CIM versteht man die komplette datentechnische Vernetzung innerhalb eines Betriebes von der kaufmännischen EDV bis hin zum Fertigungs-/Produktionsprozess. Diese Datenkopplung ermöglicht Auftragsdaten aus der Bürowelt (Rezepte, Produktionsvorgaben etc.) direkt in die Produktionsanlage zu laden. In umgekehrter Richtung werden Qualitätsdaten, Lagerbestände, Verbrauchsdaten etc. jederzeit aktuell in die kaufmännische EDV transferiert.

Lernbereich

Aus den oben beschriebenen Kommunikationsanwendungen ist deutlich ersichtlich wie umfangreich und differenziert sich die Datenübertragung in der Automatisierungstechnik gestaltet.

Dieses breite Spektrum ist mit einem Bussystem, auf Grund der verschiedenen Anforderungen der einzelnen Einsatzbereiche, nicht abzudecken.

Zur besseren Übersicht der Kommunikationsstrukturen werden die Kommunikationsebenen in der Automatisierungstechnik als Automatisierungspyramide dargestellt.

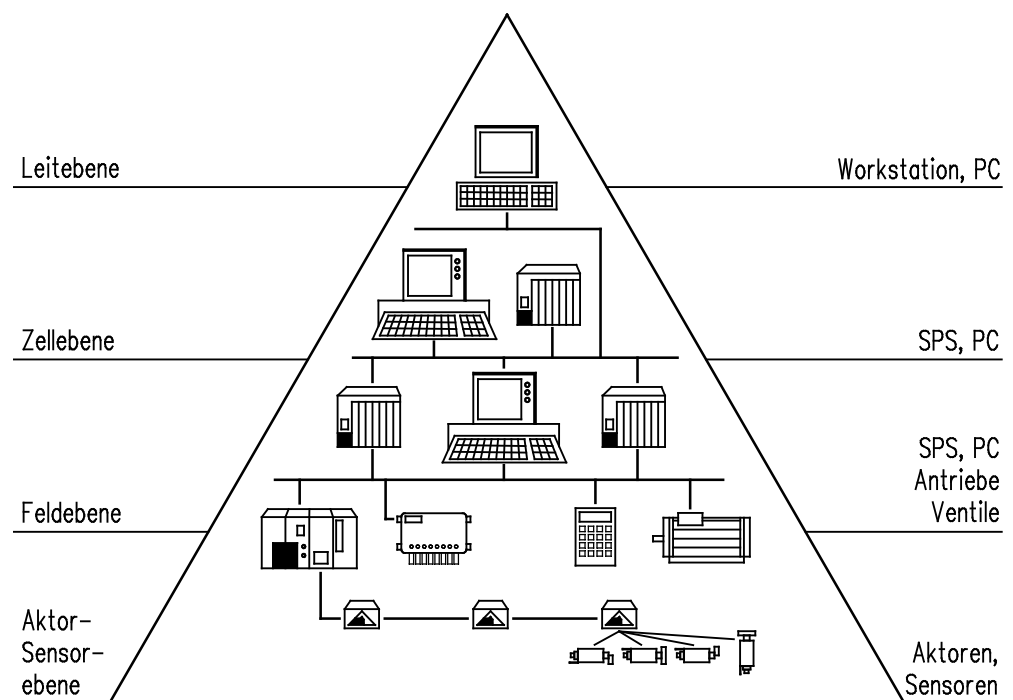


Abbildung 12 Automatisierungspyramide

Die Basis der Pyramide beschreibt die direkte Kopplung zum Prozess, die Aktor-Sensor Ebene. Die hier aufgenommenen Informationen müssen innerhalb von Millisekunden zu den Steuerungen in der Feldebene übertragen werden.

Innerhalb der Feldebene werden unterlagerte Steuerungen, busfähige Antriebe und weitere Automatisierungskomponenten miteinander vernetzt.

Die für einen Anlagenteil (Fertigungsabschnitt) vorhandenen Automatisierungsgeräte, Visualisierungsstationen und Leitrechner werden in der Zellebene zusammengeführt.

Oberhalb der Zellebene ist die Leitebene angesiedelt. Sie umfasst die zentrale Prozessleittechnik bis hin zur kaufmännischen EDV.

Die vertikale Kommunikation innerhalb der Automatisierungspyramide erfolgt immer nur zwischen direkt benachbarten Ebenen.

Funktion und Anforderung der Ebenen

Leitebene

Die Leitebene symbolisiert im Kommunikationsmodell den kaufmännischen Bereich. Hier werden Produktionsaufträge angestoßen und Produkte definiert. Die Lagerbestände von Roh- und Fertigstoffen werden in Datenbanken aktuell gehalten.

Anforderungen an Bussysteme der Leitebene

- Die zu überbrückenden Entfernungen betragen bis zu einigen Kilometern. (Vernetzung des gesamten Firmengeländes).
- Das Laden von Auftragsdaten und Produktionsparametern zur Zellebene ist nicht zeitkritisch (Minuten- bis Stundenbereich).
- Das Datenaufkommen liegt im Bereich von einigen Byte bis MByte.
- Die Anzahl der Busteilnehmer ist $\gg 100$.

In der Regel wird in diesem Bereich ein LAN (Local Area Network) wie Ethernet oder Token Ring eingesetzt.

Zellebene

Innerhalb der Zellebene sind alle Steuerungen und Rechner, die zusammen eine Produktionseinheit (Zelle) bilden, miteinander vernetzt. Jede Steuerung bearbeitet einen in sich abgeschlossenen Automatisierungsbereich. Über das Bussystem der Zellebene erfolgt die Koordination der einzelnen dezentralen Steuerungen, die Ankopplung von Visualisierungssystemen, sowie die Vorgabe von Produktionsparametern (Rezepte).

Anforderungen an Bussysteme der Zellebene

- Die zu überbrückenden Entfernungen betragen einige Meter bis Kilometer.
- Die geforderte Reaktionszeit liegt im Bereich von 10 ms bis zu einigen 100 ms.
- Das Datenaufkommen liegt im Bereich von einigen Byte bis kByte.
- Die Anzahl der Busteilnehmer beträgt maximal 20-30.

Feldebene

Innerhalb der Feldebene werden Steuerungen, Antriebe und Regler die zusammen einen Anlagenteil automatisieren, miteinander vernetzt. Die angeschlossenen Komponenten besitzen eigene „Intelligenz“ und werden über den Bus nur mit Führungswerten versorgt.

Anforderungen an Feldbussysteme

- Die zu überbrückenden Entfernungen betragen einige Meter bis zu einigen Kilometern.
- Das System muss Flexibilität bieten. (Zusätzliche Busteilnehmer sollten problemlos eingebracht werden können).
- Es existieren harte Zeitanforderungen:
 - Die maximale Reaktionszeit des Systems (Echtzeitfähigkeit) muss garantiert sein.
 - Je nach Anwendung liegen die Reaktionszeiten im Millisekunden- bis Sekundenbereich.
- Die verwendeten Bussysteme müssen eine hohe Zuverlässigkeit bieten, um die Ausfallwahrscheinlichkeit zu reduzieren. Wegen erhöhter Störeinflüsse kommen in prozessnaher Umgebung besonders robuste Systeme zum Einsatz (Spannungsdifferenz Schnittstellen, Lichtwellenleiter...).

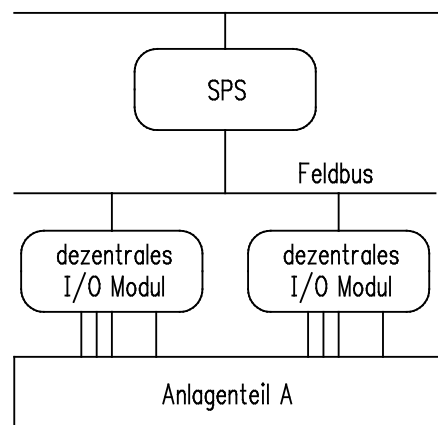


Abbildung 13 Kopplung in der Feldebene

Aktor-Sensor-Ebene

Um den Verdrahtungsaufwand zwischen Sensoren (Schalter, Näherungsschalter, Lichtschranke, ...), Aktoren (Magnetventile, ...) und Steuerungen zu minimieren, existieren Aktor-Sensor-Busse.

Anforderungen an Aktor-Sensor-Busse

- Die zu überbrückenden Entfernungen betragen einige Meter bis zu ca. 200 m
- Das System muss Flexibilität bieten (Zusätzliche Busteilnehmer sollten problemlos eingebracht werden können)
- Es existieren harte Zeitanforderungen:
 - Die maximale Reaktionszeit des Systems (Echtzeitfähigkeit) muss garantiert sein
 - Die Systemreaktionszeit liegt im allgemeinen bei wenigen Millisekunden
- Die verwendeten Bussysteme müssen eine hohe Zuverlässigkeit bieten, um die Ausfallwahrscheinlichkeit zu reduzieren. Wegen erhöhter Störeinflüsse kommen in

prozessnaher Umgebung besonders robuste Systeme zum Einsatz (Spannungsdifferenz Schnittstellen, Lichtwellenleiter...)

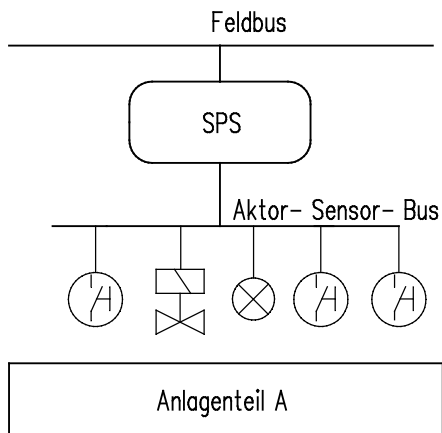


Abbildung 14 Kopplung in der Aktor-Sensor-Ebene

In der folgenden Grafik werden die unterschiedlichen Anforderungen der Kommunikationsebenen bezüglich der Datenmengen und Reaktionszeiten noch einmal zusammengefasst.

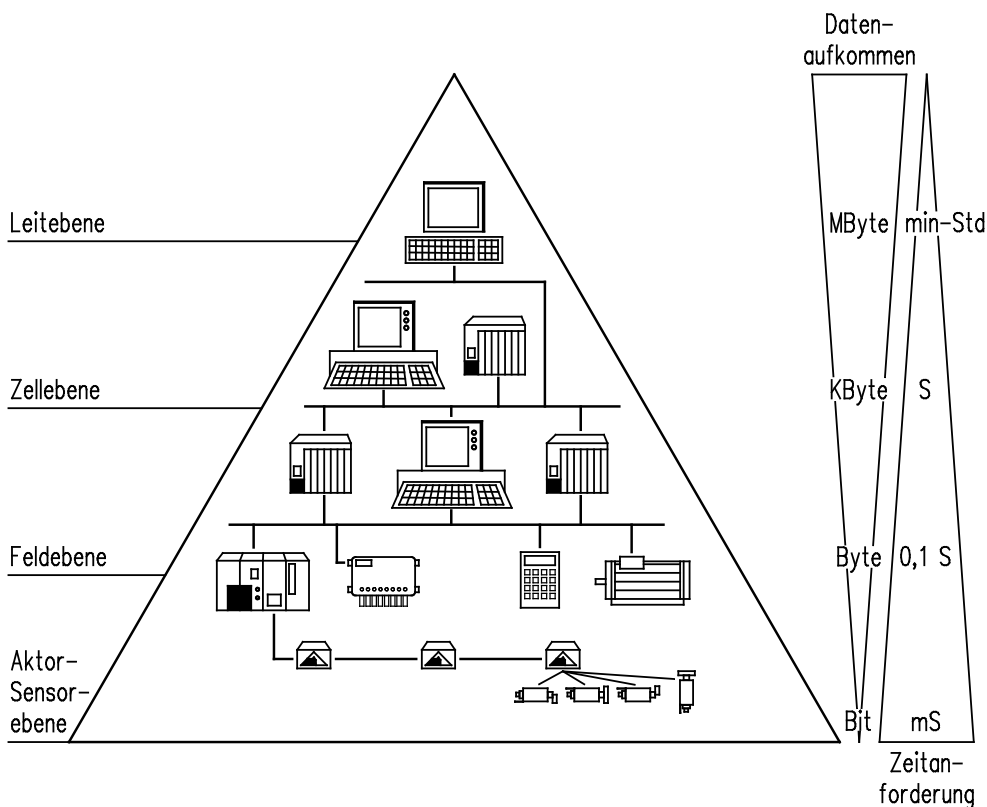


Abbildung 15 Anforderungen an die Bussysteme

2.2 Realisierung von Feldbussystemen

Für die Vernetzung innerhalb der Feldebene bis hin zur Aktor-Sensorebene existieren eine Vielzahl von Bussystemen am Markt. Viele Systeme sind für spezielle Einsatzbereiche und Branchen entwickelt worden. Mit dem Trend zu offenen Systemen haben Hersteller von Bussystemen ihre Protokolle offen gelegt, sodass „Fremdanbieter“ Komponenten für diese Bussysteme anbieten können und somit die Bussysteme eine größere Verbreitung erfahren. In den letzten Jahren wurden auch einige Bussysteme wie Profibus, FIP, EIB, ASI etc. von Normungsausschüssen und Firmenkonsortien definiert und entwickelt. Diese Bussysteme bieten neben der Systemoffenheit auch ein sehr weites Anwendungsspektrum. Aus der Vielzahl der Bussysteme werden im folgenden Kapitel nur ein paar Systeme exemplarisch beschrieben.

Profibus

Der Profibus ist ein firmenneutrales, offenes, seit 1991 genormtes Bussystem für die Feld- und Zellebene. Auf Grund der verschiedenen Anforderungen sind 3 Ausprägungen des Profibus spezifiziert:

Profibus FDL	(Fieldbus Data Link)
Profibus DP	(Dezentrale Peripherie)
Profibus FMS	(Fieldbus Message Services)

Beim Profibus wird, wie bei den meisten Feldbussystemen, die Kommunikation über die Schichten 1, 2 und 7 des OSI Referenzmodells realisiert. Die Schichten 3 bis 6 entfallen.

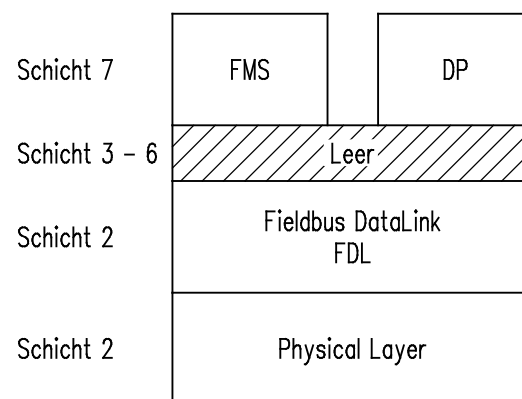


Abbildung 16 Einordnung ins OSI Modell

Für den Profibus existieren zwei in der Profibusnorm zugelassene Übertragungsmedien. Zum einen die Kopplung über eine verdrehte, geschirmte Zweidrahtleitung, und zum anderen die rückwirkungsfreie Kopplung über Lichtwellenleiter.

Bei der elektrischen Kopplung wird der Profibus in einer Linienstruktur realisiert. Als elektrisches Interface dienen Treiber nach dem RS-485 Standard. Hierbei handelt es sich um eine Spannungsdifferenzschnittstelle. Die zu übertragene Information ist in der Spannungsdifferenz zwischen den beiden Busleitern kodiert. Da es sich bei den meisten eingekoppelten Störungen in die Datenleitung um Gleichtaktstörungen handelt, wird die Information auch in gestörter Umgebung sehr sicher übertragen.

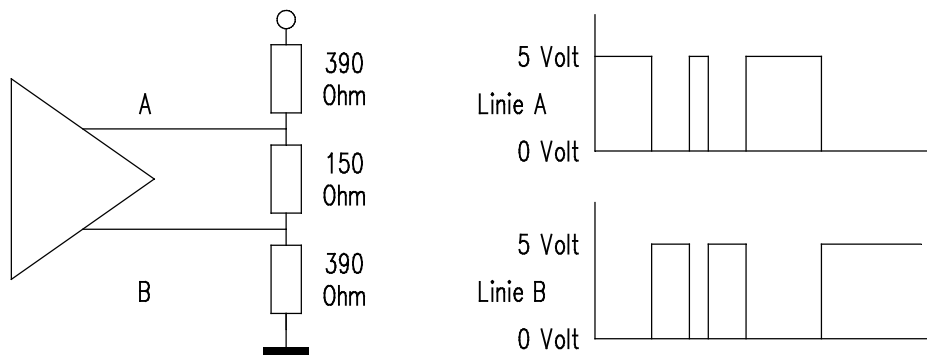


Abbildung 17 Spannungsdifferenzschnittstelle

Der RS-485 Standard erlaubt es maximal 32 aktive Teilnehmer auf einem maximal 1200 m langen Kabelsegment zu verteilen. Die maximal mögliche Datenübertragungsrate sinkt mit steigender Leitungslänge. Bei einer Ausdehnung von 200 m kann die höchste Datenrate von 500 kBit/s (FMS), 12 MBit/s (DP) erreicht werden. Ab einer Leitungslänge von 1200 Metern kann die Übertragungsrate 93,75 kBit/s nicht überschreiten.

Soll der Profibus mit mehr als 32 Teilnehmer betrieben werden, oder größere Entfernungen als 1200 m überbrücken, können Bus-Segmente über Repeater (Verstärker) miteinander gekoppelt werden. Um die in der Profibusnorm festgelegten Reaktionszeiten einzuhalten, dürfen zwischen 2 Teilnehmern maximal 3 Repeater geschaltet sein. Bei der Berechnung der Teilnehmeranzahl gelten Repeater als aktive Teilnehmer. Aus diesen Randbedingungen ergibt sich eine maximale Gesamtlänge der Datenleitung von 4800 m. Die maximale Teilnehmerzahl beträgt 122 (31, 30, 30, 31) Teilnehmer.

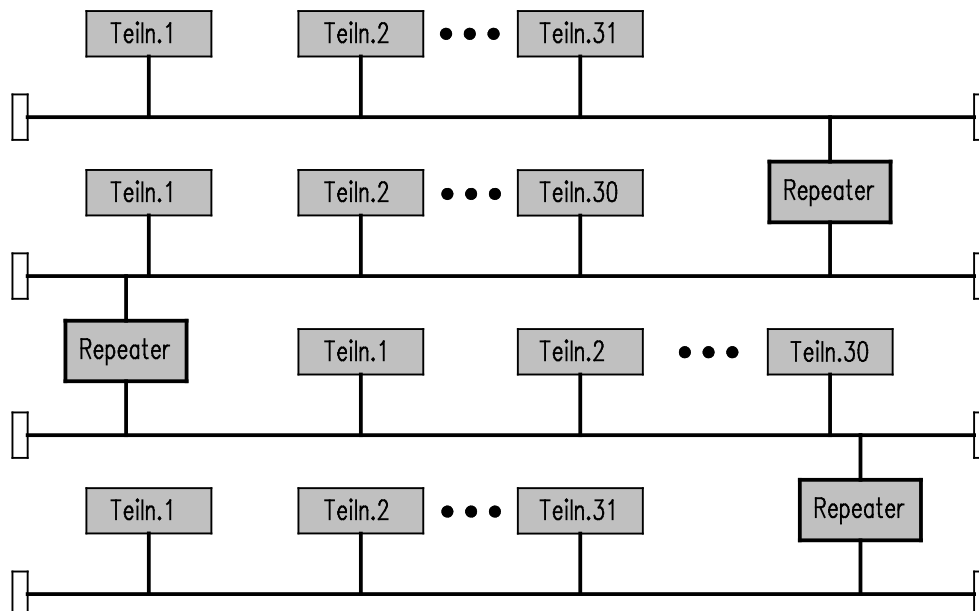


Abbildung 18 Netztopologie

In stark gestörter Umgebung empfiehlt es sich einen LWL (Lichtwellenleiter Plastik- oder Glasfaser) als Übertragungsmedium zu wählen. Die Busstruktur weicht in diesem Fall von der Linienstruktur ab. LWL Kopplungen werden als Stern oder Doppellinie realisiert. Durch die geringere Verzögerungszeit und Dämpfung auf dem Lichtwellenleiter können wesentlich größere Distanzen zwischen den Teilnehmern realisiert werden. Die Übertragungsrate ist bei LWL Kopplungen unabhängig von der Leitungslänge.

Beide Übertragungsmedien, LWL und verdrehte Zweidrahtleitung, können in einem Profibus Netz gemeinsam eingesetzt werden.

Der Buszugriff beim Profibus basiert auf dem Token Passing Prinzip. Neben den aktiven Teilnehmern (Master) können auch passive Teilnehmer (Slaves) betrieben werden. Die Slaves werden nach dem Master Slave Prinzip von aktiven Teilnehmern bedient.

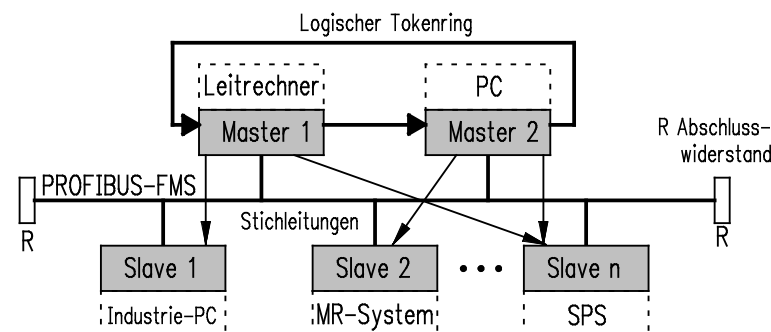


Abbildung 19 Buszugriff

Hat ein Master den Token, darf er die anstehenden Kommunikationsaufträge abarbeiten. Anschließend gibt er den Token an den Master mit der nächst höheren Adresse weiter.

Beim Profibus ist es möglich im laufendem Betrieb Teilnehmer in den logischen Ring einzufügen. Ebenso wird der Bus durch einen Ausfall eines aktiven Teilnehmers nicht gestört.

Das Hinzufügen eines Teilnehmers wird an folgendem Beispiel erläutert. Am Profibus existieren die Teilnehmer 1, 5, und 10. Das Token wird von 1 nach 5, dann von 5 nach 10 und wiederum von 10 nach 1 weitergereicht. Nach einer parametrierbaren Anzahl von Tokenumläufen (GAP) versucht jeder Master die nicht vorhandenen Teilnehmer zwischen der eigenen und der Folgeadresse zu erreichen. Teilnehmer 5 versucht den Token an die Adressen 6, 7, 8, 9, und 10 abzugeben. Wird der Teilnehmer 7 an den Bus geschaltet, wird er in einem solchen Aktualisierungszyklus erkannt. Der neue Knoten nimmt den Token von Teilnehmer 5 an. Teilnehmer 5 merkt sich die Adresse und spricht im nächsten Tokenumlauf den Teilnehmer 7 direkt an. Um die Aktualisierung vom größten Teilnehmer zum Kleinsten recht kurz zu halten, wird die „Highest Station Address“ parametrierbar. Erreicht der Teilnehmer 10 während der GAP Aktualisierung diese Adresse, gibt er den Token an die Adresse 1 weiter.

Um die Echtzeitfähigkeit einzuhalten, ist eine maximale Tokenumlaufzeit definiert. Jeder Master stoppt die Zeit, wenn er den Token abgibt. Erhält er den Token erneut, darf er niederpriorige Zugriffe nur durchführen, wenn die gestoppte Zeit kleiner ist als die definierte maximale Tokenumlaufzeit. Ist dies nicht der Fall, darf er noch höchstens einen hochpriorigen Zugriff ausführen und muss dann den Token unverzüglich weitergeben.

Profibus FDL

Die Kommunikation auf der Schicht 2 des OSI Modells bezeichnet man beim Profibus als FDL (Fieldbus Data Layer). Diese Ebene ist nach DIN 19245 Teil 1 genormt.

Über die Schicht 2 können beim Profibus für jeden Teilnehmer mehrere Kommunikationsverbindungen parallel und unabhängig voneinander verwaltet werden. Zur Unterscheidung der Kommunikationsbeziehungen erfolgt die Adressierung über die Teilnehmeradresse und so genannte SAPs (Service Access Points = Dienst Zugang Punkte). Die Adressierung kann man mit der einer Postsendung vergleichen. Der Straßenname entspricht der Teilnehmeradresse, die Hausnummer dem SAP.

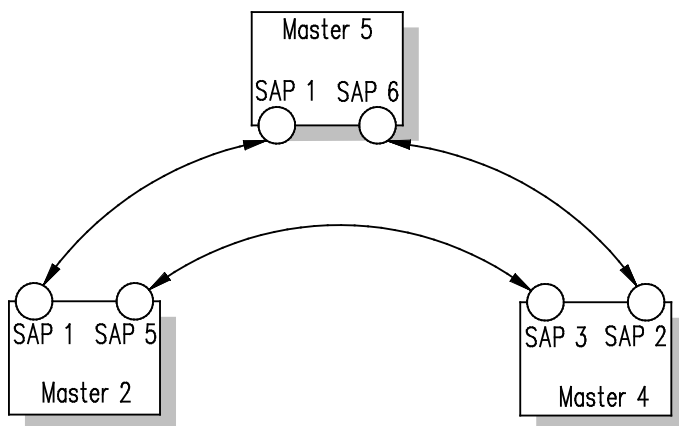


Abbildung 20 Kommunikationsbeziehungen unter FDL

Für den Datenaustausch auf FDL Ebene stellt der Profibus drei azyklische Datendienste zur Verfügung.

- **SDN:** Send Data with No acknowledge (Datensendung ohne Quittung), Verwendung: Broadcast- und Multicast-Nachrichten von einem aktiven Teilnehmer (unter Nutzung der hierfür reservierten Adresse 127)
- **SDA:** Send Data with acknowledge (Datensendung mit Quittung) Verwendung: elementarer Dienst
- **SRD:** Send and Request Data (Datensendung mit Datenanforderung und Datenrückantwort) Verwendung: Anforderung von Daten durch Schicken eines Nullelements

Neben den azyklischen Diensten steht zum Pollen passiver Teilnehmer ein zyklischer Dienst zur Verfügung.

- **CSRD:** Cyclic Send and Request Data (zyklischer SDR-Dienst) Verwendung: zyklisches Polling von Teilnehmern

Profibus FMS

Das Kommunikationsmodell Profibus FMS (DIN 19245 Teil 2) baut als Schicht 7 des OSI Modells direkt auf dem FDL auf. Die Fieldbus Message Services sind eine Teilmenge der Dienste von MAP (**M**anufacturing **A**pplication **P**rotokoll, ein von General Motors definiertes Protokoll zur kompletten Fabrikautomation). Die FMS bieten Kommunikationsdienste die den Zugriff auf Variablen, das Übertragen von Programmen oder Speicherbereichen bis hin zu Managementdiensten ermöglichen.

Durch die Schicht 7 wird der Profibusteilnehmer zum Bus vollkommen abstrahiert. Von „außen“ ist nicht zu erkennen ob es sich bei dem Teilnehmer um einen PC, eine Steuerung oder ein sonstiges Gerät handelt. Man spricht hier von einem Virtual Field Device (VFD).

Soll ein VFD einen Prozesswert zur Verfügung stellen, muss ein Kommunikationsobjekt eingerichtet werden. Das Kommunikationsobjekt bekommt neben seinem Datenbereich noch Eigenschaften wie read only oder read/write zugewiesen. Für den Datenaustausch werden die Kommunikationsobjekte von anderen Teilnehmern über ihre Namen (beim Profibus eine Indexnummer) angesprochen.

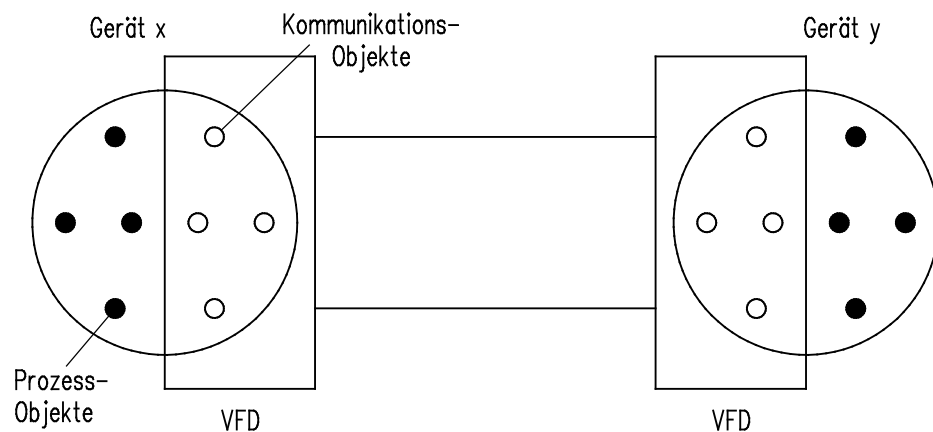


Abbildung 21 Virtual Field Device

Auf Grund der aufwändigen Kommunikation ist die effektive Nutzdatenrate bei Profibus FMS recht gering. Die daraus resultierende hohe Reaktionszeit erlaubt keinen Einsatz in prozessnahen Bereichen wie der Aktor-Sensor Ebene.

Profibus DP

Der Profibus DP ist eine auf Übertragungsgeschwindigkeit optimierte Profibus Variante und wie der Name schon aussagt, ein Bus zur Kopplung von Ein- und Ausgabemodulen in der prozessnahen Umgebung. Profibus DP setzt genau wie FMS auf der Schicht 2 dem FDL auf. DP ist nach DIN 19245 Teil 3 genormt. Profibus DP arbeitet vorwiegend zyklisch nach dem Master Slave Verfahren. Die zentrale Steuerung ist hierbei in der Regel die DP-Masterbaugruppe, die Ein- Ausgabemodule, Umrichter, Ventilinseln etc. sind als Slave realisiert. In einem Segment können 126 Teilnehmer betrieben werden. In einem Profibustelegramm können bis zu 246 Bytes übertragen werden. Grundsätzlich ist es möglich in einem Profibussegment alle Ausprägungen vom Profibus parallel zu betreiben. Um eine kurze Reaktionszeit zu erzielen ist es jedoch ratsam von einem gemischter Betrieb des Profibus DP und FMS in einem Profibus Segment abzusehen.

Im Profibus DP Master werden bei der Parametrierung der Slaves die Ein- und Ausgangsbytes der DP-Slaves dem Ein- und Ausgangsbereich der Steuerung zugewiesen. Für den SPS-Programmierer verhalten sich die Profibus Module genauso wie lokale Peripheriekarten in der Steuerung. Beim Aufstarten des Profibus DP initialisiert der Master zuerst die parametrisierten Slaves. Im Anschluss daran beginnt der Master die Slave Baugruppen zyklisch zu pollen, bzw. mit Ausgangsdaten zu versorgen. Die dezentralen DP-Module verfügen über einen internen Watchdog zur Überwachung des Telegrammverkehrs. Wird ein DP Slave nicht mehr vom Master angesprochen löst der Watchdog aus und schaltet die Ausgänge in den sicheren Zustand.

CAN

CAN steht für Controller Area Network und wurde ursprünglich von Bosch für Anwendungen im Automobil entwickelt. Durch die hohe Verfügbarkeit von CAN-Controllern verschiedener Halbleiter-Hersteller und die geringen Kosten, wird CAN zunehmend auch in der industriellen Automatisierung eingesetzt. Die maximale Ausdehnung des Busses und die maximale Übertragungsrate sind voneinander abhängig. Die maximale Übertragungsrate ist mit 1 MBit/s definiert. Allerdings darf die Ausdehnung des Busses dabei 40 Meter nicht überschreiten. Die maximale Ausdehnung beträgt 1 km bei einer maximalen Übertragungsrate von 50 kBit/s. An einem Bus sind bis zu 64 CAN-Knoten betreibbar, wenn man die maximale Übertragungsrate verwendet. Bei niedrigeren Übertragungsraten können bis zu 128 Teilnehmer angeschlossen werden. In einem Datentelegramm können maximal 8 Byte Nutzdaten übertragen werden.

Das CAN System kommuniziert objektbezogen. Jedes Kommunikationsobjekt, wie z.B. die Motortemperatur, oder der Öldruck werden mit einem Identifier versehen. Legt ein Teilnehmer ein Objekt auf den Bus können alle Knoten, die das Objekt benötigen, die Daten lesen. Eine Adressierung der CAN-Knoten ist somit hinfällig. Der Identifier hat eine Länge von 11 bzw. 29 Bit und legt (wie später beschrieben) neben der Identifizierung des Datenobjektes auch die Priorität des Kommunikationsobjektes fest.

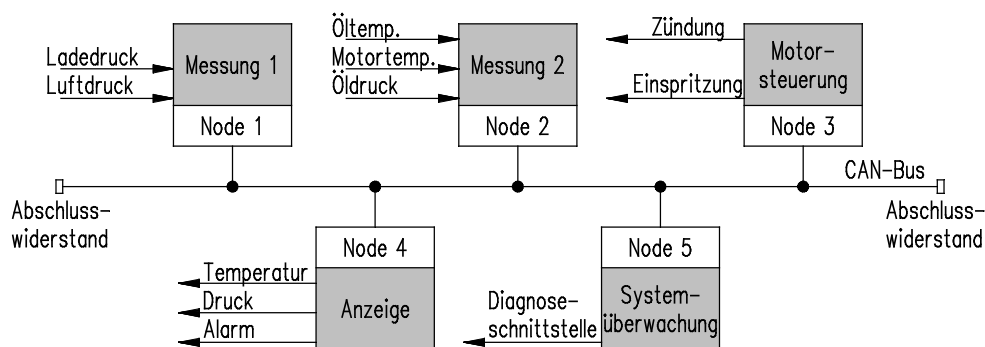


Abbildung 22 Objektorientierte Kommunikationsstruktur

Der CAN Bus arbeitet als Multi Master System mit einem zufälligem Zugriffsverfahren, dem CSMA/CA. Dies steht für „Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance“. Im Unterschied zum CSMA/CD (with Collision Detection) erhält bei einer Kollision ein Teilnehmer die Sendeberechtigung, während sich bei CSMA/CD alle Teilnehmer vom Bus zurückziehen und erst später einen erneuten Zugriff versuchen. Es können mehrere Knoten gleichzeitig den Bus anfordern. Kommt es dabei zu einer Kollision, weil verschiedene Knoten den Bus gleichzeitig anfordern (arbitrieren), erhält der Knoten mit der höheren Priorität den Buszugriff.

Um dies zu realisieren, müssen alle Teilnehmer die Busleitung ständig abhören, auch während sie schreiben. Schreiben mehrere Teilnehmer gleichzeitig, ist auf dem Bus eine logische 0 auch wenn nur einer der Teilnehmer eine 0 schreibt. Jedes Datenobjekt muss eine eigene eindeutige ID haben. Diese wird gleichzeitig als Priorität verwendet (je kleiner die ID, desto größer die Priorität).

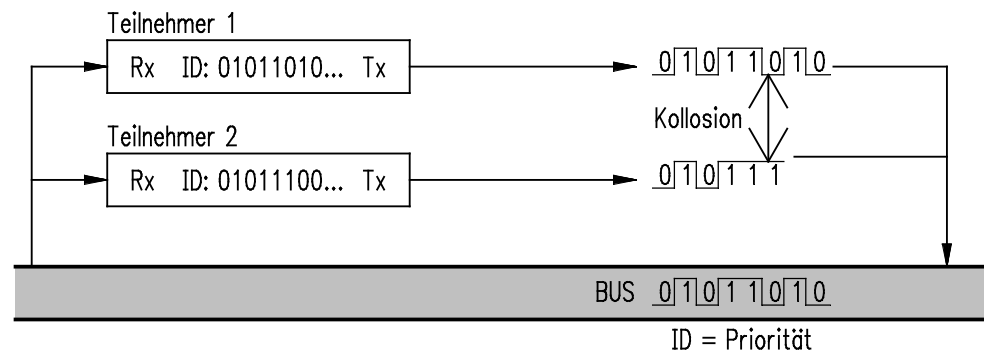


Abbildung 23 CAN Buszugriff

Ist der Bus frei, kann ein Teilnehmer den Bus anfordern, indem er ein Startbit auf den Bus schreibt. Danach fängt er an Bit für Bit seine ID und damit seine Priorität auf den Bus zu schreiben. Die anderen Teilnehmer synchronisieren sich mit dem Startbit. Möchte noch ein Teilnehmer den Bus anfordern, schreibt auch er seine ID und damit seine Priorität synchron zu dem ersten Teilnehmer auf den Bus. Erkennt ein Teilnehmer beim Schreiben einer 1, dass der vom Bus zurückgelesene Wert 0 ist, hat er daraus zu folgern, dass ein anderer Teilnehmer höherer Priorität ihn überschrieben hat. Er darf dann keine weiteren schreibenden Buszugriffe machen. Er muss warten, bis das Telegramm beendet ist. Erst dann kann er erneut versuchen den Bus zu arbitrieren.

Um CAN für die Handhabung in der Automatisierung zu vereinheitlichen, wurde von der CiA (CAN in Automation) ein CAN Application Layer (CAL) definiert. Über dieses Layer ist es möglich durch Blocken von Telegrammen mehr als 8 Byte lange Nachrichten über den CAN Bus zu übertragen. CAL bietet Dienste für den Datenaustausch bis hin zu Managementdiensten z.B. zur dynamischen Vergabe von Identifiern.

Für den Einsatz unter Echtzeitanforderungen (Aktor-Sensor-Ebene) wird eine Teilmenge der CAL Dienste, CAN-Open, eingesetzt. Für CAN-Open existiert mittlerweile ein Profil für dezentrale I/O. Das Profil definiert die Dienste, Meldungen und Datenbereiche und ermöglicht somit eine einheitliche Busschnittstelle, die von allen Modulanbietern eingehalten werden muss. CAN-Open Module werden dadurch leichter austauschbar.

Interbus

Der INTERBUS wurde 1987 als einfacher Aktor/Sensor-Bus von der Fa. Phoenix Contact für den Einsatz in der Fertigungsautomatisierung entwickelt. Die Bustopologie ist als Ring ausgeprägt. Der Interbus arbeitet nach dem Master Slave Prinzip als Buszugriffsverfahren. Der Bus wird segmentweise aufgebaut. Dabei wird zwischen Fernbus und Peripheriebus (oder auch Lokalbus) unterschieden. Der Fernbus ist der „eigentliche“ Bus und stellt die Verbindung zwischen einer Anschaltbaugruppe und den Teilnehmern her.

Jeder Fernbusteilnehmer verfügt über einen Empfänger und einen aktiven Sender. Die Signale auf der Datenleitung werden bei jedem Teilnehmer durch das Senden wieder aufbereitet. Die Übertragungsrate ist somit nicht von der Ausdehnung des Busses abhängig.

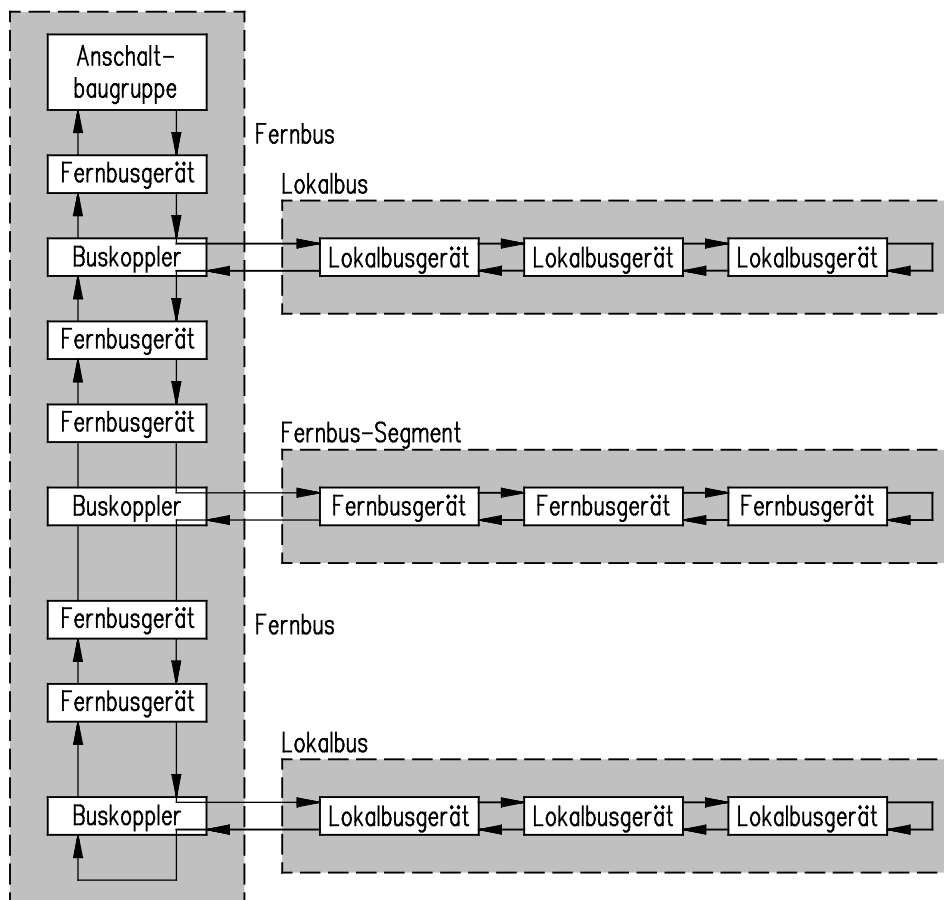


Abbildung 24 Interbus Busstruktur

Die Ringstruktur des Fernbusses kann durch Buskoppler aufgebrochen werden um baumähnliche Topologien zu realisieren.

Über eine spezielle Busklemme kann ein Lokalbus in den Ring gekoppelt werden. Der Lokalbus ist für direkte Sensor-Aktorkopplungen entwickelt worden. Über die Busleitung wird neben den Daten die Versorgungsspannung der Endgeräte mit übertragen. Die Anzahl der Teilnehmer und der maximalen Ausdehnung des Lokalbusses ist jedoch auf 8 Teilnehmer und max. 10 m begrenzt.

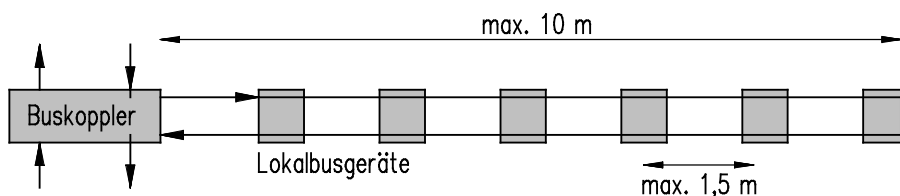


Abbildung 25 Lokalbus

Durch seinen Kommunikationsmechanismus unterscheidet sich der Interbus stark von anderen Bussystemen. Während fast alle gängigen Bussysteme ihre Teilnehmer für einen Datenaustausch direkt ansprechen (Nachrichtenorientiert), arbeitet der Interbus mit einem „Summenrahmenprotokoll“. Diese Art der Kommunikation erlaubt es, Daten mit einem vernachlässigbaren Anteil an Overhead zu übertragen. Die Übertragungstechnik ist mit einem Schieberegister zu vergleichen.

In der Masterbaugruppe wird in einem Speicherbereich ein Prozessabbild aller Ein- und Ausgangssignale der am Interbus angeschlossenen Baugruppen hinterlegt. Die Masterbaugruppe schickt zyklisch ein Summentelegramm mit allen Ausgangsinformationen auf den Datenbus.

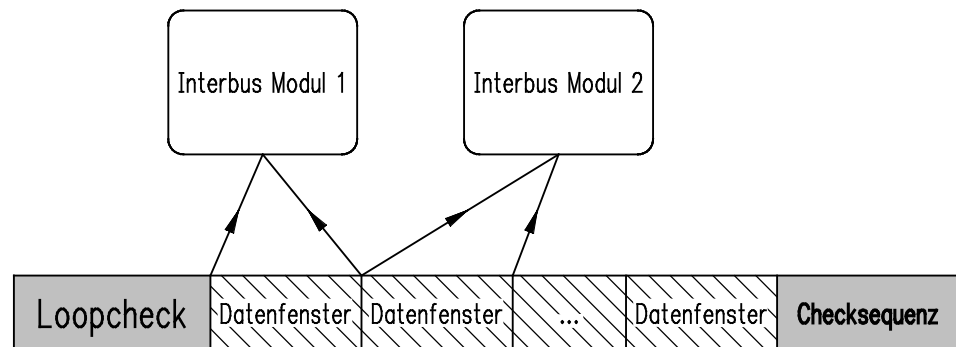


Abbildung 26 Summenrahmenprotokoll

Im Datenteil des Telegramms ist für jeden Busteilnehmer ein Datenbereich (Fenster) fest reserviert. Wird ein Telegramm auf den Bus gelegt, liest jede Ausgangsbaugruppe ihren Datenbereich aus dem Telegramm. Die Eingangsmodule legen ihre Information in das für sie bereitgestellte Datenfenster innerhalb des Telegramms. Auf diese Art ist es möglich in einem Zyklus die Ausgänge zu setzen und gleichzeitig die Eingänge abzufragen. Ein Hinzufügen oder Entfernen von Busteilnehmern ist durch diese Kommunikationsstruktur im laufenden Betrieb nicht möglich.

Die Adressierung der Baugruppen entfällt beim Interbus. Die Busteilnehmer werden durch ihre Position im Ring identifiziert. In einem Telegramm können 4096 Bit je Datenrichtung (Ein- oder Ausgabe) übertragen werden. Die Fernbusteilnehmer können in einem maximalen Abstand von 400 m installiert werden. Zurzeit wird eine maximal mögliche Ausdehnung von 13 km für den Interbus garantiert.

ASI

Das ASI-System (Aktor Sensor Interface) ist ein Bussystem, das als Low Cost System speziell für den Einsatz in der Aktor-Sensor-Ebene entwickelt wurde. Das Bussystem soll den Verdrahtungsaufwand im prozessnahen Umfeld drastisch reduzieren.

ASI arbeitet nach dem Master Slave Prinzip. Eine Masterbaugruppe (meist in einer SPS) pollt die Slavemodule (maximal 31) zyklisch. Die Zykluszeit beträgt bei vollem Ausbau 5 ms. Jeder ASI Slave kann 4 Bit Information verarbeiten. Insgesamt können in einem ASI-Segment 128 binäre Informationen bearbeitet werden.

Die Bustopologie des ASI Systems kann als Ring, Linie oder Baum ausgeführt werden.

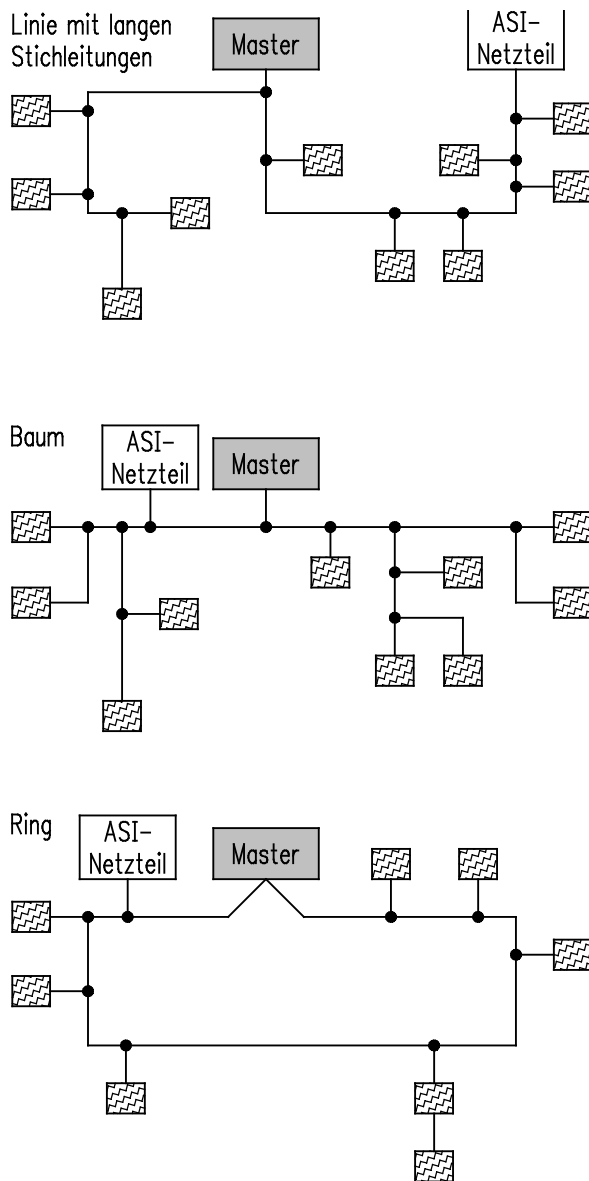


Abbildung 27 ASI Bustopologie

Als Busleitung wird eine Zweidrahtleitung mit einem speziellen, verpolungssicherem Profil eingesetzt. Über die Busleitung werden gemeinsam Daten und Hilfsenergie für die Slave Module übertragen. Das Aufschalten der Module auf die Busleitung erfolgt durch einfaches Aufquetschen. Die Kontaktierung wird mittels Durchdringungstechnik sichergestellt. Für die Installation ist kein Abisolieren oder Löten mehr notwendig.

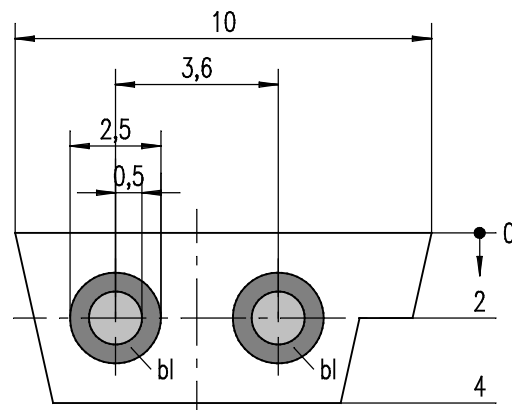


Abbildung 28 ASI Leitung

Als Slaves sind 2 Modultypen verfügbar. In der ersten Variante ist die ASI Anschaltung direkt in den Sensor integriert. Als zweite Variante stehen Koppelmodule zur Verfügung. An Koppelmodule können Einzelne oder bis zu vier konventionelle Sensoren angeschlossen werden. Dazu werden Steckverbinder, wie der weit verbreitete M12-Rundstecker, verwendet.

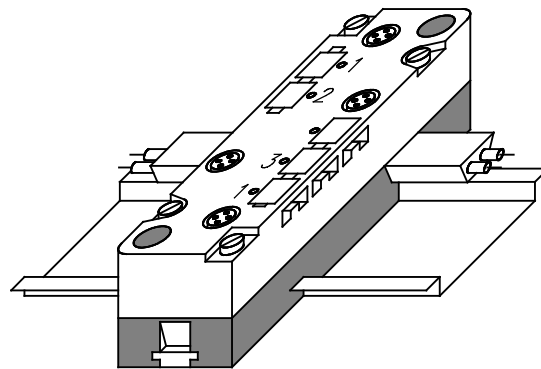


Abbildung 29 ASI Modul

Die Energieversorgung der angeschalteten Komponenten erfolgt auch über den ASI Bus. Bei der Ankopplung von leistungsstarken Aktoren ist es notwendig eine separate Spannungsversorgung aufzuschalten. Für diesen Fall steht eine zweite (schwarze) Zweidrahtleitung zur Verfügung.

Die ASI Module sind bei der Auslieferung werksseitig auf die Slaveadresse 0 voreingestellt. Vor dem Betrieb eines ASI-Systems muss jedem Slave eine gültige Adresse (zwischen 1 und 31) zugewiesen werden. Die Adressierung erfolgt durch ein spezielles Programmiergerät. Bevor ein ASI-Segment in Betrieb gehen kann muss der Masterbaugruppe die Buskonfiguration mitgeteilt werden. Hierfür sind zwei Methoden vorgesehen.

1. Der Master ermittelt selbstständig, welche Slaves angeschlossen sind (und merkt sich diese auch), Durch eine Tastenkombination an der Masterbaugruppe werden die angeschlossenen ASI-Teilnehmer und ihre Konfiguration ermittelt und in „Liste der projektierten Slaves“ gespeichert. Anhand der nicht flüchtig gespeicherten Liste stellt der Master im Betrieb fest welche Teilnehmer angeschlossen sein sollen. Die in der Liste aufgeführten Teilnehmer werden den E/A-Adressen in der Steuerung zugewiesen.

2. Dem Master wird manuell mitgeteilt, welche Slaves vorgesehen sind. Bei der Anlagenplanung wird festgestellt, welche Teilnehmer verwendet werden sollen und welche Adressen sie erhalten. Damit sind auch der ID-Code (Modultypkennung) und die E/A-Konfiguration der Teilnehmer festgelegt. Diese Daten werden mithilfe der Projektierungssoftware über die SPS im ASI-Master nichtflüchtig gespeichert. Der Master vergleicht die Liste der projektierten Slaves mit den tatsächlich angeschlossenen Slaves. Dadurch werden falsch adressierte oder fehlende Slaves erkannt.

Beim Ausfall eines Busmoduls erkennt der Master anhand der „List der projektierten Slaves“ das defekte Modul. Ist ein einziges Modul ausgefallen, kann dieses direkt (Fabrikneu mit Adresse 0), ohne vorherige Adressierung gegen ein typengleiches ersetzt werden. Das neue Modul wird vom Master automatisch auf Typengleichheit geprüft und auf die betreffende Adresse programmiert. Sind mehrere Module ausgefallen, müssen diese vor dem Austausch manuell adressiert werden.

LON

Die LON Technologie (Local Operating Network) wurde Anfang der 90er Jahre von der Fa. Echelon für die Gebäudeautomation entwickelt. LON ist ein dezentrales, intelligentes Netz, bei dem die einzelnen Komponenten über unterschiedliche Netzmedien miteinander verbunden werden können. Das Buszugriffsverfahren bei LON ist CSMA/CD. Das Übertragungsprotokoll LON-Talk beinhaltet alle 7 Schichten des ISO/OSI Referenzmodells. Durch eine in Schicht 5 realisierte Authentifizierung kann ein unerwünschtes Eindringen in das Netzwerk unterbunden werden. Somit ist das LON für spezielle sicherheitsrelevante Aufgaben nutzbar.

Als Übertragungsmedium kann verdrehte Zweidrahtleitung (Twisted Pair - TP), Funk (Radio Frequency - RF), Koaxialkabel und Wechselstromleitung (Power Line - PL), Lichtwellenleiter (LWL) oder Infrarot (IR) eingesetzt werden. Abhängig vom Übertragungsmedium ist eine Übertragungsrate von 2 kBit/s bis 1,25 MBit/s möglich.

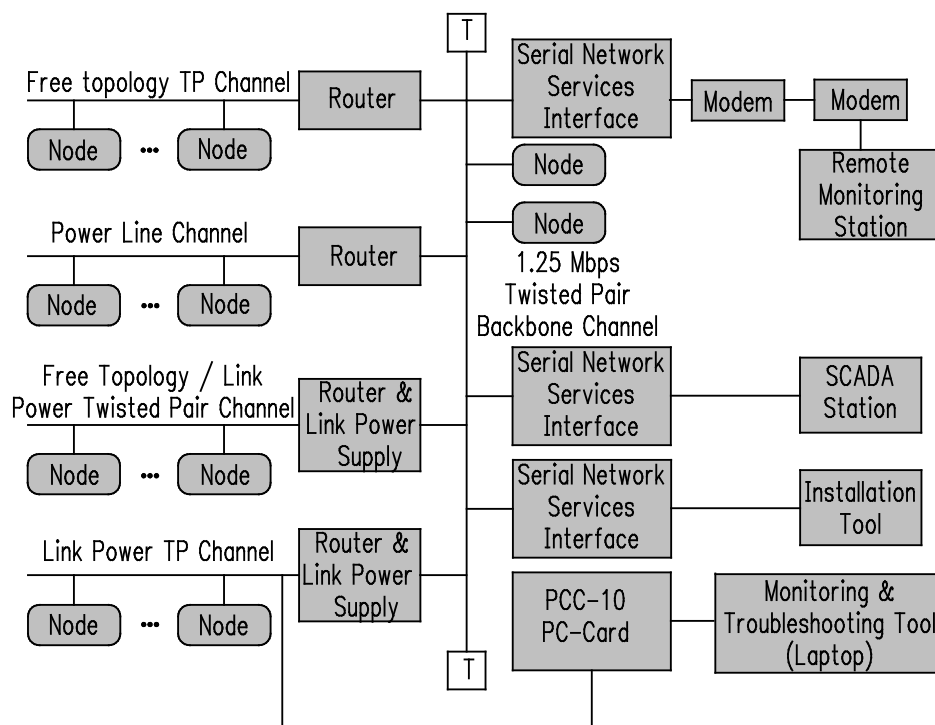


Abbildung 30 LON Topologie

Das LON System wird in Subnetze strukturiert. In einem Subnetz können maximal 127 Knoten betrieben werden. Über Router können Segmente miteinander gekoppelt werden. Im Gesamtsystem können bis zu 255 Subnetze realisiert werden. Somit ergibt sich eine maximale Teilnehmerzahl von 32385 Knoten.

Das Herzstück von LON ist der Neuron Chip. Auf diesem IC sind neben dem Prozessor für die Anwendung auch das Protokoll LON-Talk implementiert. Diese hohe Integrationsdichte ermöglicht eine geringe Baugröße und geringe Kosten pro Knoten. Die Funktionalität der LON-Knoten wird in einer C ähnlichen Sprache programmiert. Die Kommunikation erfolgt in erster Linie ereignisorientiert. Ein LON-Knoten sendet nur ein Telegramm, wenn ein Ereignis wie z.B. „Taster betätigt“ eingetreten ist.

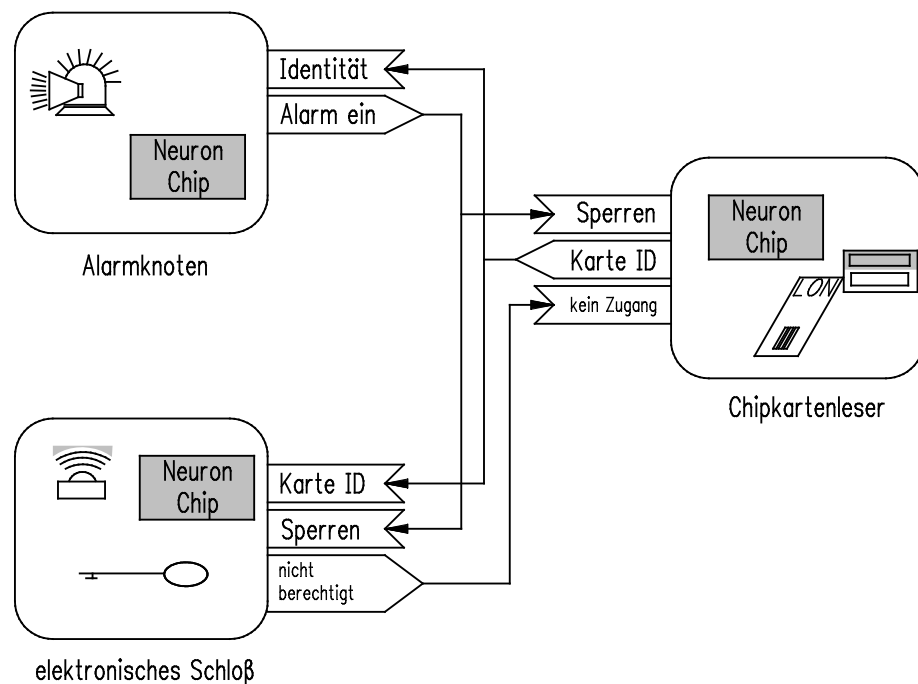


Abbildung 31 Objektorientierte Kommunikation

Wie beim CAN Bus können alle Knoten die Telegramme mitlesen und reagieren, falls die Information für sie bestimmt war. Durch die ereignisorientierte Kommunikation wird die Datenleitung nicht so stark belastet wie beim Pollen (zyklischen Abfragen), sodass Kollisionen auf dem Bus recht selten vorkommen.

Programmiertools für die Entwicklung oder Programmierung von LON-Knoten sind sehr kostenintensiv. Aus diesem Grund sind Module mit schon programmierter Standardfunktionalität für die Gebäudeautomation am Markt verfügbar. Im Bereich der Fertigungsautomation ist LON zurzeit noch schwach vertreten, wird aber zunehmend interessanter.

Ethernet - TCP/IP

Das Bussystem Ethernet mit dem Protokoll TCP/IP ist, zumindest dem Namen nach, den meisten Rechnerbenutzern bekannt. Ethernet ist ein Bussystem, das Anfang der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts entstand und sich im Laufe der Zeit zum weit verbreitetsten Bussystem der Bürokommunikation entwickelt hat. Als Übertragungsmedium können Koaxialkabel (Yellow Cable oder Thin Ethernet), verdrehte Zweidrahtleitung (Twisted Pair) oder Lichtwellenleiter eingesetzt werden. Die Topologie eines Ethernet Netzes hängt vom eingesetzten Übertragungsmedium ab.

- Yellow Cable:** (10 base 5) Linienstruktur. Die Teilnehmer werden über Buskoppler (Transceiver) mittels einer Stichleitung (Drop Cable) angeschlossen. Die maximale Segmentlänge beträgt 500 m.
- Thin Ethernet:** (10 base 2) Linienstruktur. Die Teilnehmer werden über ein „T“ Adapter direkt in das Datenkabel geschaltet. Die Segmentlänge beträgt 185 m.
- Twisted Pair:** (10 base T) Sternstruktur. Die Teilnehmer werden sternförmig an einen HUB angeschlossen.
- LWL:** Ringstruktur. Die Teilnehmer werden sternförmig an einen Sternkoppler geschaltet.

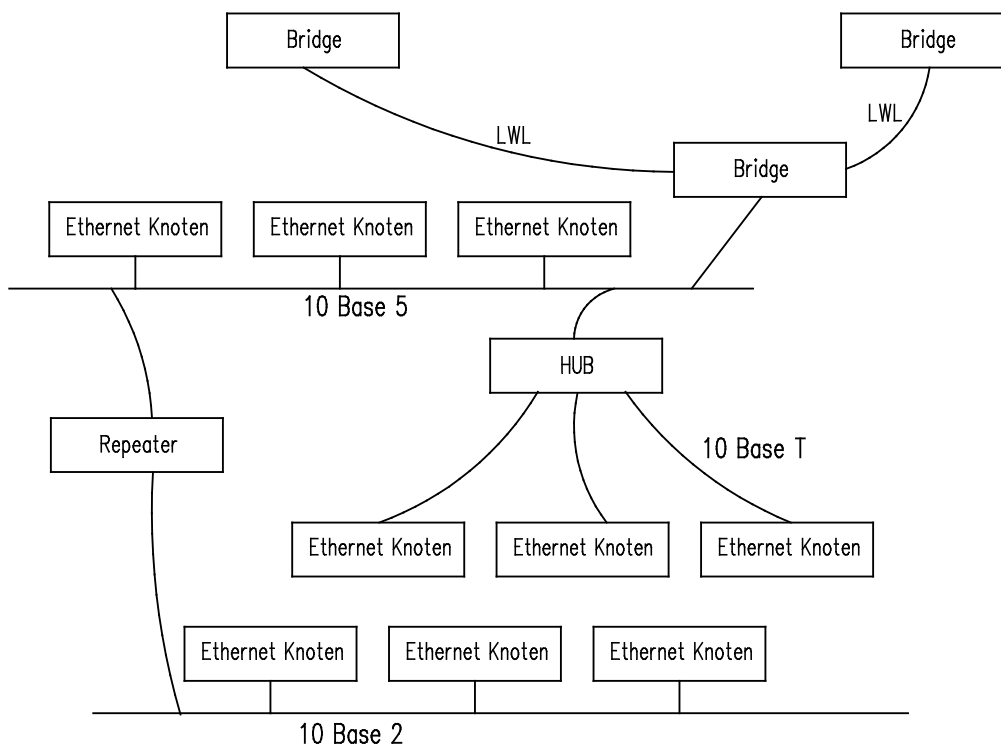


Abbildung 32 Ethernet Netztopologie

Über Repeater (Verstärker) können Ethernet Segmente miteinander gekoppelt werden. Die gekoppelten Segmente können in unterschiedlichen Technologien realisiert sein.

Durch die weite Verbreitung in der Bürokommunikation ist Ethernet mittlerweile häufig als Bussystem in der Leitebene und Zellebene zu finden. Als Zugriffsverfahren findet beim Ethernet das CSMA/CD Anwendung. Wie vorab schon beschrieben ist das CSMA/CD ein stochastisches (zufälliges) Zugriffsverfahren, also ein nicht echtzeitfähiges Verfahren. Übersteigt die Datenrate auf dem Bus 30 % der maximalen Datenrate, steigt die Wahrscheinlichkeit beim Senden Kollisionen zu erzeugen exponentiell an. Dies bedeutet das ab einer Buslast von 30 % die Reaktionszeit drastisch ansteigt. Um die Buslast gering zu halten, können bei der Kopplung von Bussegmenten an Stelle von Repeatern Bridges (Brücken) eingesetzt werden. Bridges koppeln zwei Segmente miteinander. Im Gegensatz zum Repeater werden nur Telegramme zwischen den Segmenten ausgetauscht, wenn sich die Kommunikationspartner in unterschiedlichen Segmenten befinden. Liegen beide Kommunikationspartner in dem gleichen Segment bleibt die Busbelastung nur im betroffenen Segment.

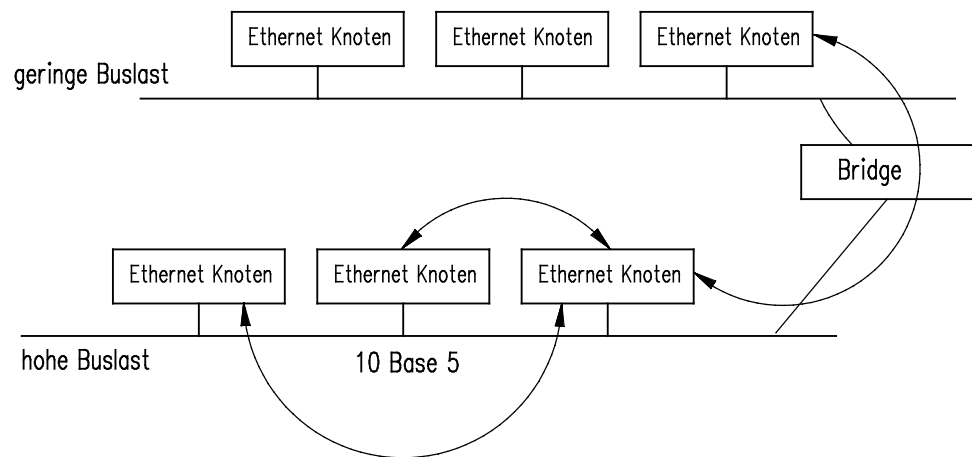


Abbildung 33 Entkopplung über eine Bridge

Die weite Verbreitung von Ethernet führt zu immer geringeren Kosten für eine Busanschaltung. Über Bridges können Bussegmente so organisiert werden, dass die Buslast minimal und dadurch die Reaktionszeit über den Bus sehr gering ist. Im Bereich der Automatisierung wird an einem „echtzeitfähigen Ethernet“ gearbeitet, um dieses Bussystem durchgängig von der Unternehmensleitebene bis zum Sensor einzusetzen. Eine sehr Erfolg versprechende Lösung ist das „Predictable Ethernet“ (voraussagbar). Diese Lösung basiert auf der Einführung einer Lastbegrenzung. In der Applikationsschicht ist ein Programmteil implementiert, der Sendeaktivitäten nur in einem definierten Zeitabstand zulässt. Hierdurch wird die Kollisionswahrscheinlichkeit drastisch reduziert. Das Ethernet kann durch die Lastbegrenzung zwar nicht berechenbar gemacht werden, das Gesamtverhalten wird aber „voraussagbar“.

Der größte durch Ethernet - TCP/IP erreichbare Vorteil liegt im Übertragungsprotokoll, im IP(Internet Protokoll). Durch das Internet Protokoll können Produktionsanlagen über das Internet oder Intranet problemlos über große Entfernungen weltweit gekoppelt werden. Im Rahmen der Anlagenwartung und der Inbetriebnahme werden diese Vorteile immer stärker genutzt.

Aufgaben

Aufgabe 1

- 1.1 Skizzieren Sie die Automatisierungspyramide!
- 1.2 Wie ändert sich die Echtzeitanforderung von der Aktor-Sensor-Ebene bis hin zur Leitebene?

Zeichnen Sie die Abhängigkeit in die Grafik von Aufgabe 1.1 ein!

Aufgabe 2

Erläutern Sie die Aufgaben der Kommunikationsebenen innerhalb der Automatisierungspyramide!

Lösungsanhang

Lösungen

1 Kommunikation in der Automatisierungstechnik

Aufgabe 1

Es müssen zwei Kriterien eingehalten werden, z.B. die Rechtzeitigkeit und die Vollständigkeit. Bezieht man die Echtzeitfähigkeit auf die Kommunikation, muss ein Datentelegramm vor Ablauf einer definierten Reaktionszeit vollständig empfangen worden sein.

Aufgabe 2

- Master-Slave
- Token Passing
- Token Bus

Aufgabe 3

Der Buszugriff erfolgt nach einem zufälligen Verfahren. Die Reaktionszeit kann nicht vorausberechnet werden.

Aufgabe 4

1. Schicht: Bitübertragungsschicht/Physical Layer
2. Schicht: Datensicherungsschicht/Data Link Layer
3. Schicht: Netzwerkschicht/Network Layer
4. Schicht: Transportschicht/Transport Layer
5. Schicht: Sitzungsschicht/Session Layer
6. Schicht: Darstellungsschicht/Presentation Layer
7. Schicht: Anwendungsschicht/Application Layer

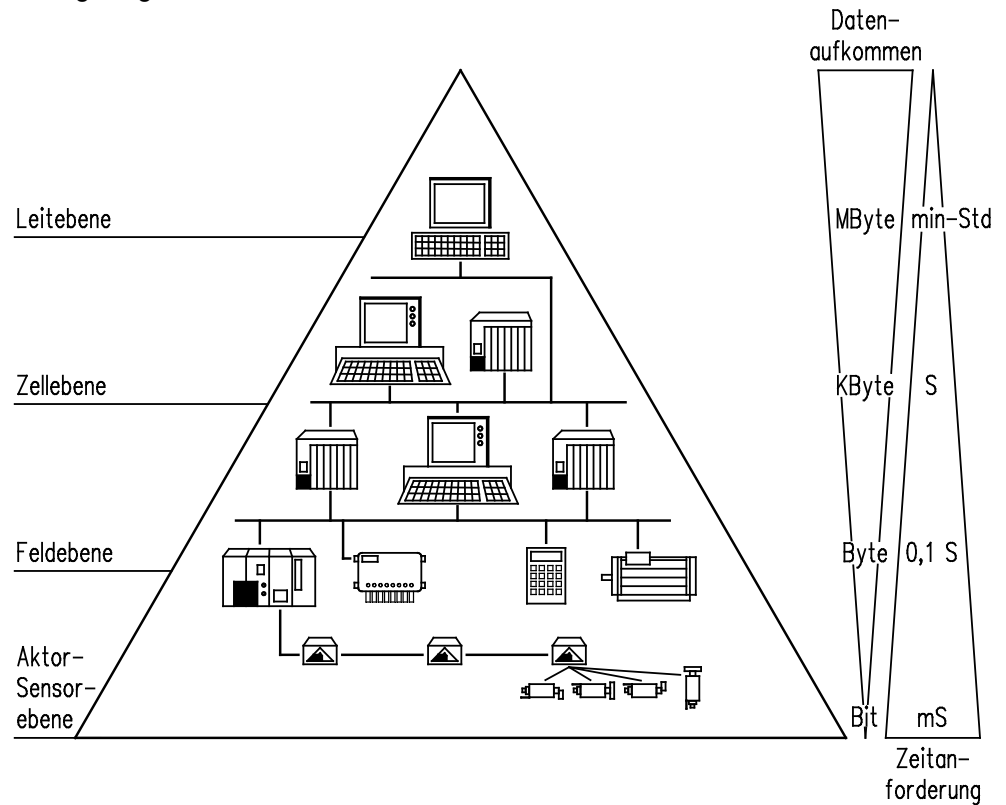
Aufgabe 5

Es können Geräte verschiedener Hersteller miteinander kommunizieren. Einzelne Funktionalitäten (Schichten) können ausgetauscht werden, da die Schnittstellen zu den über- und untergelagerten Schichten einheitlich sind.

2 Konzepte und Ausführungen von Feldbussystemen

Aufgabe 1

Lösung Aufgabe 1.1 und 1.2



Aufgabe 2

Leitebene

- Kaufmännischer Bereich
- Datenbanken
- zeitunkritische Planung der Produktion

Zellebene

- Zusammenschluss von Rechnern, die eine Produktionseinheit (Zelle) bilden
- Koordination der einzelnen dezentralen Steuerungen
- Ankopplung von Visualisierungsgeräten

Feldebene

- Zeitkritische Verschaltung von Eingängen, um den Prozess zu steuern

Aktor-Sensor-Ebene

- Aufnehmen der Prozesssignale und Weiterleitung an die Steuerung
- Eingriff in den Prozess über Aktoren