

§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

- 2.1 Automatisierungs-Computer
- 2.2 Automatisierungs-Strukturen
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme
- 2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz

Kapitel 2 - Lernziele

- Die unterschiedlichen Automatisierungscomputer kennen
- Wissen, was das besondere an der Arbeitsweise einer SPS ist
- Zwischen zentralen und dezentralen Strukturen unterscheiden können
- Kombinationen von Automatisierungsstrukturen erkennen können
- Automatisierungshierarchien und deren Anforderungen kennen
- Verstehen, was dezentrale Automatisierungssysteme sind
- Wissen, was die Grundstrukturen der Kommunikation sind
- Zwischen einem offenem und einem geschlossenem Kommunikationssystem unterscheiden können
- Wissen, was man unter Redundanz versteht
- Arten von Hardware-Redundanz kennen und charakterisieren können
- Erklären können, was Diversität ist

- Tr1** Der Schwerpunkt im Kapitel 2 liegt auf den unterschiedlichen Automatisierungscomputern, die im folgenden näher betrachtet werden und den Strukturen, die aus Automatisierungsgeräten gebildet werden. Ein wichtiger Punkt dabei ist das Thema „Redundanz“ sowie deren Ausprägungen in Hardware und Software. Letztere wird als Diversität bezeichnet.

Traumüller; 13.11.2003

§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

2.1 Automatisierungs-Computer

- 2.2 Automatisierungs-Strukturen
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme
- 2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz

2.1 Automatisierungs-Computer

Ausgangssituation (1)

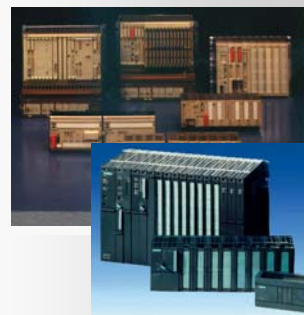
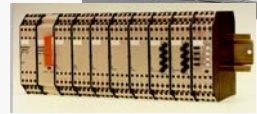
- SPS seit 1972
- Von Bauteilen und Technologien geprägt
- Abhängig von der Aufgabe
- Einzug der SW

➔ Zunahme der Funktionalität und Leistungsfähigkeit von speicher-programmierbaren Steuerungen

1980 : 2 kByte

1990 : 20 kByte

2000 : 2000 kByte

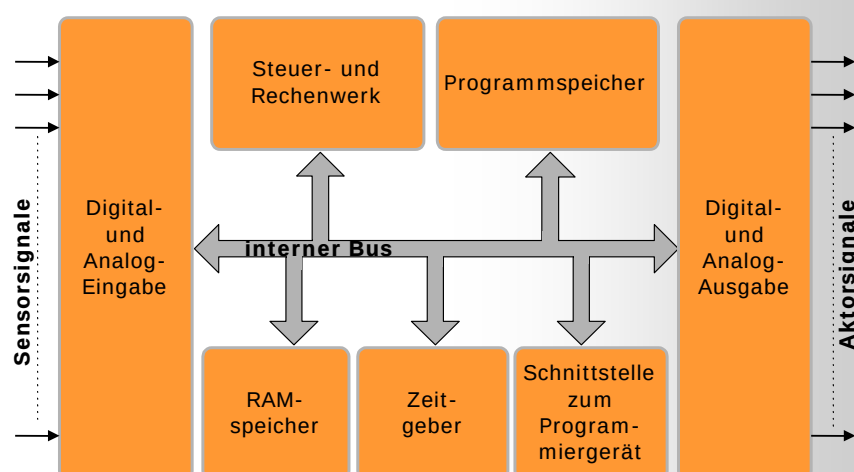


Tr3 In Kapitel 2.1 werden die wesentlichen Arten von Automatisierungscomputern besprochen. Das sind Speicherprogrammierbare Steuerungen (kurz SPS), wie sie im Anlagenbereich häufig verwendet werden, Mikrocontroller, die mittlerweile alle Bereiche des täglichen Lebens durchdringen, Industrie-PCs und die sog. Prozessleitsysteme.

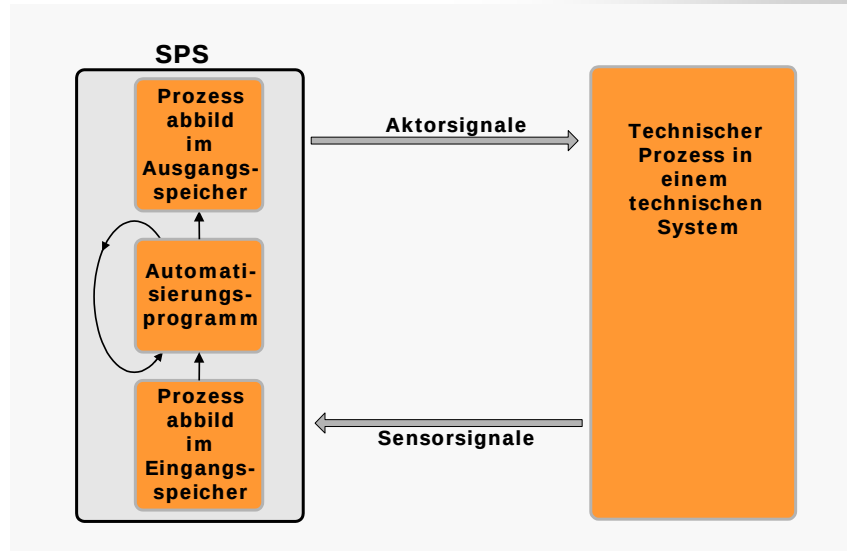
Traumüller; 13.11.2003

Ausgangssituation (2)

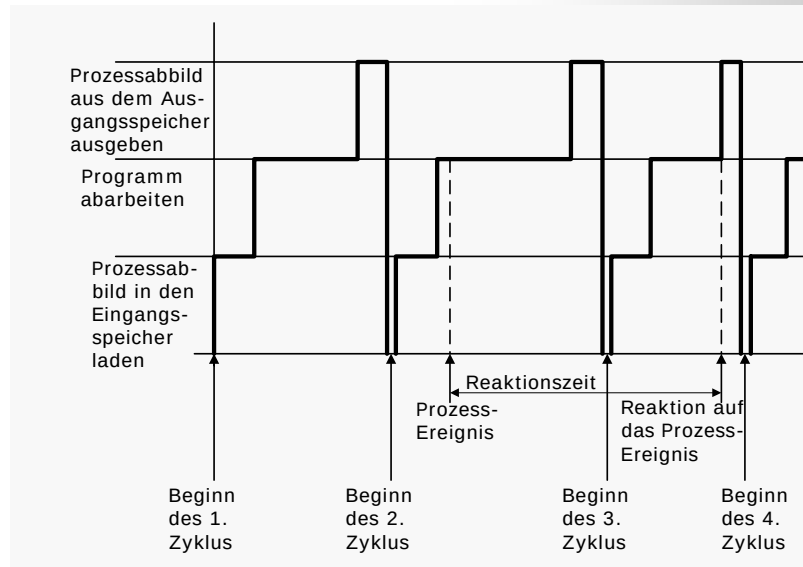
- Zielgruppen
 - Anwender ohne Informatik-Studium
 - "Elektriker"
 - Zielsetzung für den SPS-Einsatz
 - Schütze/Relais ablösen
 - Zuverlässigkeit erhöhen
 - Kosten reduzieren
 - Zielsetzung für die SPS-Sprachen
 - Funktionen in bekannten Darstellungen beschreiben
 - Kontaktplan (abgeleitet aus dem Stromlaufplan)
 - Funktionsplan (abgeleitet aus dem Logikplan)
- ➔ Standardisierung der Entwicklung von SPS-Systemen
- IEC 1131
- DIN EN 61131

Blockschaltbild der Hardwarestruktur einer SPS

Zyklischer Betrieb beim Einsatz einer SPS



Ablauf des zyklischen Programmbetriebes bei einer SPS



Eigenschaften von SPS

- Vorteil:** einfache Programmierung durch zyklische Betriebsweise
- Nachteil:** Reaktionszeit auf Ereignisse im technischen Prozess
maximal zwei Programm-Zyklen

Programmabarbeitungszeit:

- **Zykluszeit nicht konstant**
- **1 ms pro 1000 Anweisungen**

Mikrocontroller (Ein-Chip-Computer)

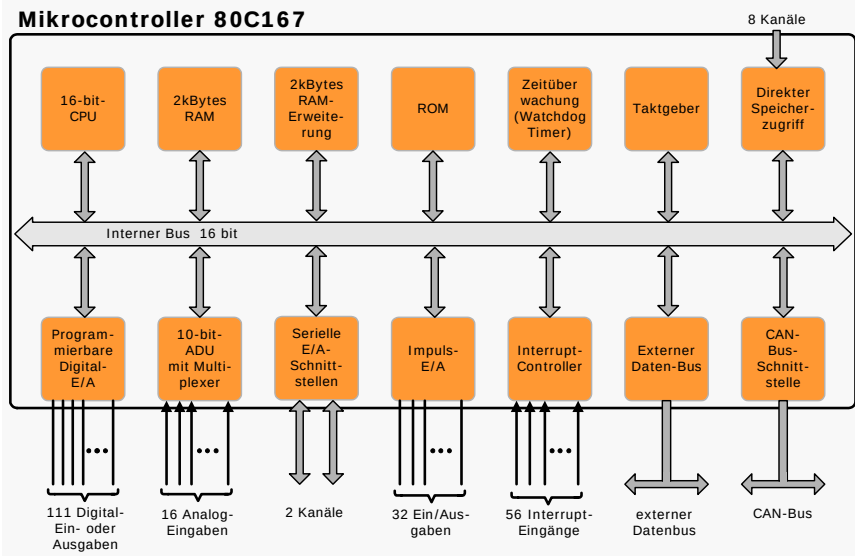
- Hochintegrierte Bausteine
- Einsatz für Massenprodukte
- Aufbau aus
 - Standard-Mikroprozessor
 - Datenspeicher/ Programmspeicher
 - Bus-Schnittstellen
 - Prozess-Signal-Schnittstellen
- Programmierung über Entwicklungssysteme
- kurze Wortlänge
- extrem niedriger Preis
- hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- hohe Anforderungen bezüglich Umgebungsbedingungen



Beginnend bei 1 - 10 €

Temperatur, Feuchtigkeit

Vereinfachtes Blockbild eines Mikrocontrollers

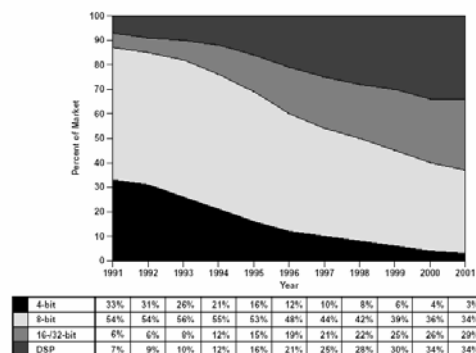


© 2004 IAS, Universität Stuttgart

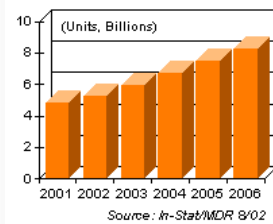
88

Weltweiter Mikrocontroller-Markt

- Hersteller: Intel, Motorola, National Semiconductor, Toshiba, Infineon, Mitsubishi
- Weltweit wachsender Markt
- Zunehmende Tendenz zu 16-/32bit Mikrocontrollern und spezifischen Digitalen Signalprozessoren



Worldwide Microcontroller Shipments Forecast



© 2004 IAS, Universität Stuttgart

89

Unterscheidung

- Mikroprozessor
Prozessor auf einem Mikroelektronik-Chip
- Mikrocomputer
Alle Komponenten auf einem Mikroelektronik-Chip, d.h. Prozessor, Speicher, Schnittstellen zur Peripherie
- Mikrocontroller
Automatisierungs-Computer bzw. ein Automatisierungs-Computersystem auf einem Chip

Glossar

CPU = Central Processing Unit	Mikroprozessor
RAM = Random Access Memory	Arbeitsspeicher
EPROM/PROM/ROM = Erasable Programmable Read Only Memory	Festwertspeicher
I/O = parallele bzw. serielle Ein/Ausgabe- Bausteine	Prozess- und Datenperipherie
Counter/Timer = Taktgeber	
Interrupt Controller = Unterbrechungswerk	

Industrie-PC (IPC)

- einsteckbare Leiterplatten zum Anschluss von
 - elektrischen Prozess-Signalen
 - optischen Prozess-Signalen
 - Bussystemen
- Programmierung in Hochsprache
- Einsatz von Echtzeit-BS
 - als einziges Betriebssystem
 - zusätzlich zu Standard-Betriebssystemen

**Einsatzgebiete von Industrie-PCs**

- Prozess-Visualisierung
- Prozessauswertung und -überwachung
- übergeordnete Steuerungsaufgaben (Leitstandsaufgaben)

(Eigenschaften) Umgebungsbedingungen

- Rauhe Umgebungsbedingungen
 - Temperaturschwankungen
 - Stöße und Erschütterungen
 - Staub und Feuchtigkeit
 - elektrische oder elektromagnetische Störungen
- Schutzvorrichtungen von Industrie-PCs (IPC)
 - schwingungsgedämpfte Laufwerke
 - hohe Güte der integrierten Bausteine
 - spezielles Schutzgehäuse

Schutzart von Industrie-PCs mit IP-Index

1. Ziffer	Schutz gegen Festkörper	2. Ziffer	Schutz gegen Wassereinwirkung
0	kein Schutz	0	kein Schutz
1	Handkontakt unmöglich (50mm Objekte)	1	Schutz gegen vertikal fallende Tropfen/ Kondensation
2	Fingerkontakt unmöglich (12mm Objekte)	2	Schutz gegen Tropfen mit einem Fallwinkel von 15°
3	Drahtkontakt unmöglich (2.5mm Objekte)	3	Schutz gegen Regenfall bis zu 60°
4	Feiner Drahtkontakt unmöglich (1.0mm Objekte)	4	Schutz gegen Sprühwasser von allen Seiten
5	Schutz gegen schädlichen Staub	5	Schutz gegen Wasserstrahlen von allen Seiten
6	Komplett staubgeschützt	6	Schutz gegen Wasserfluten (bei schwerem Seegang)
		7	Schutz gegen Wassereinwirkung bei 1m Tiefe
		8	Schutz gegen lange Wassereinwirkung bei > 1m Tiefe

**IP =
Ingress Protection**

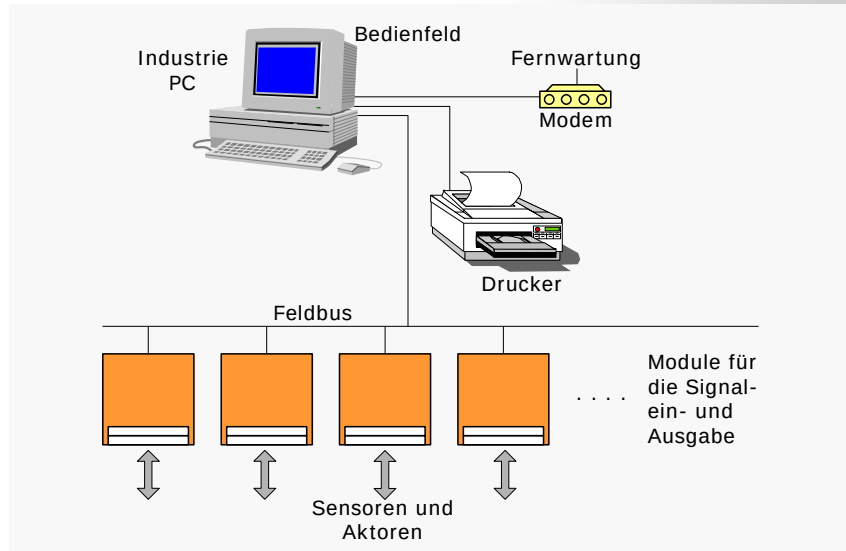
Reine IPC-Lösung

- Erfassung von Prozessgrößen
- Steuerungsfunktion unter Echtzeit
- Schnittstelle zum Bediener

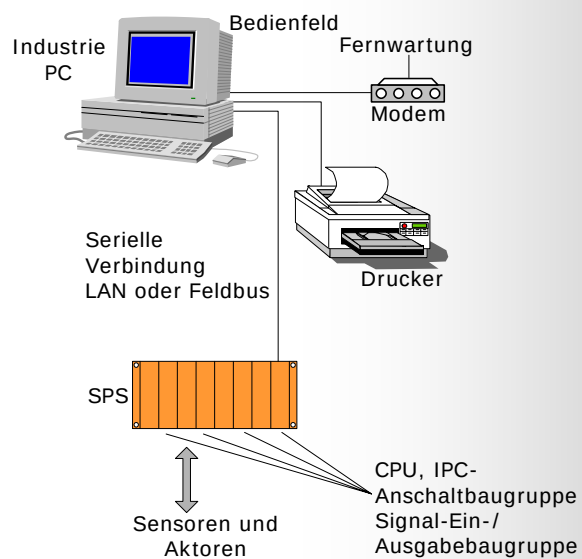
Vorteile einer reinen IPC-Lösung

- bessere Skalierbarkeit der Hardware
- großes Angebot an Betriebssystemen
- großes Spektrum an Programmiersprachen
- offenes System zur Integration von fertigen Teillösungen

Anordnung eines reinen IPC-Systems



Anordnung eines SPS-IPC-Systems (Tafelanschrieb)



Prozessleitsysteme (PLS)

- Verteilte, über Bus-Systeme verbundene Rechnersysteme
- Kopplung mit SPS-Rechnern
- Einsatz von vorkonfektionierten, vom Hersteller des PLS entwickelten Programmbausteinen
- Konfigurierung durch Anwender

Komplettlösungen von einem Hersteller

- keine Kompatibilitätsprobleme
- einheitliche Bedienung und Beobachtung des Prozesses
- hohe Verfügbarkeit
- definierte Verantwortlichkeit
- lange Lebenszeit

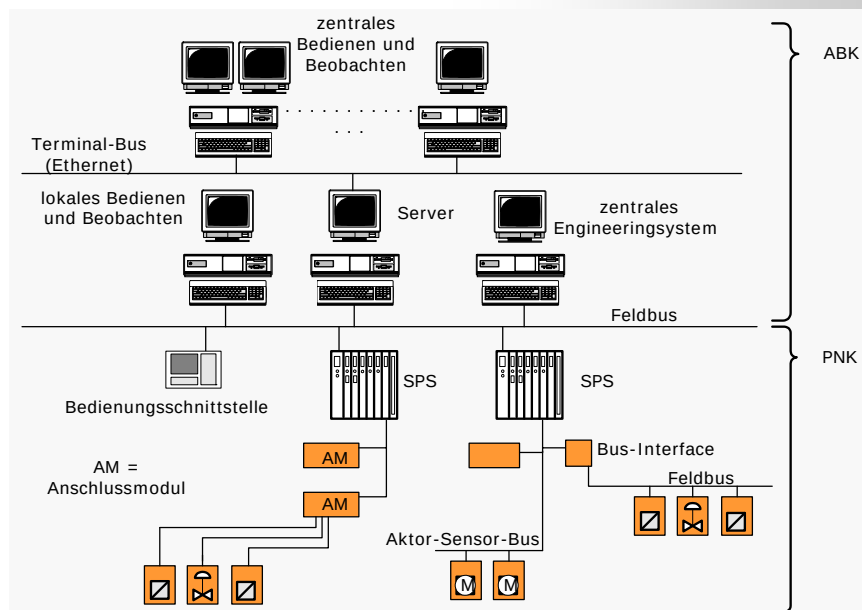
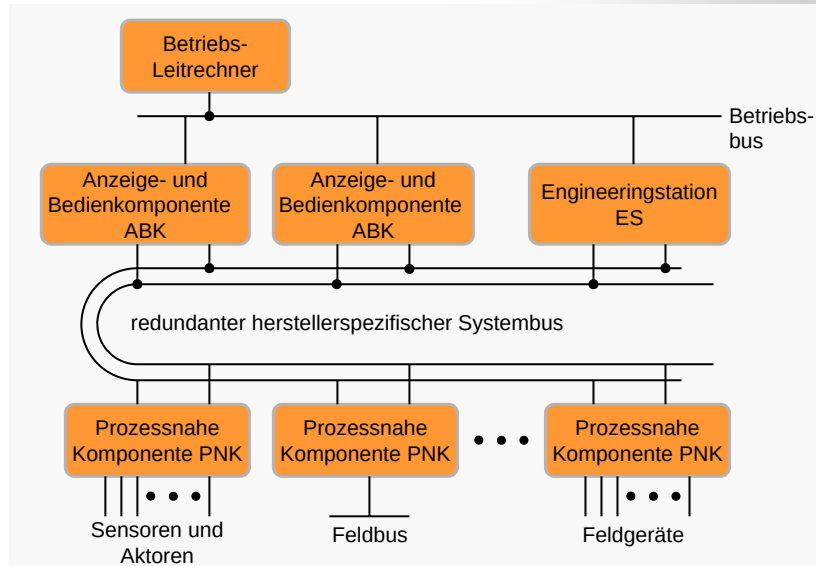
Anwendungsgebiete von Prozessleitsystemen

- Kraftwerkstechnik
- Verfahrenstechnik
- Gebäudetechnik
- Fertigungstechnik

Bestandteile eines PLS

- Anzeige- und Bedienkomponente (ABK)
- Prozessnahe Komponenten (PNK)
- Systemkommunikation
- Engineering-Tool

Schematischer Aufbau



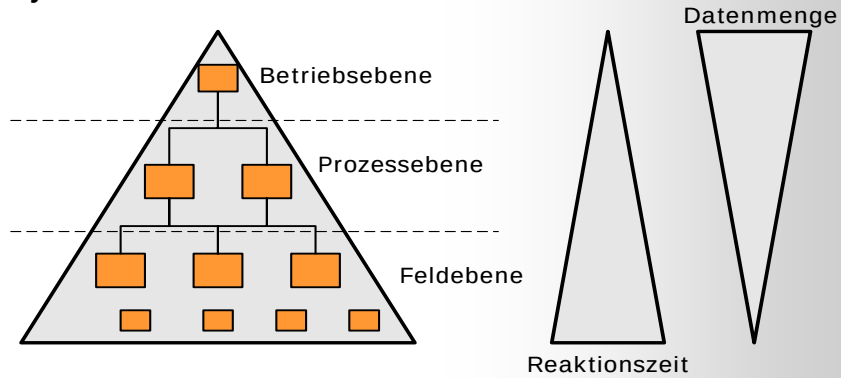
Anzeige- und Bedienkomponente

- Funktionen
 - Rezepte/ Batch Abläufe erstellen/ modifizieren
 - aktuelle Werte ändern
 - Kommunikation mit dem Prozess
 - Alarme/ Bedienanforderungen bearbeiten
 - Prozessvisualisierung
 - Schnittstelle zu Datenbanksystemen zur Prozessprotokollierung
- Realisierung
 - PC, IPC, Workstation
 - Windows 95, Windows NT, Unix

Prozessnahe Komponente

- Eigenentwicklungen der Leitsystem-Hersteller
- Aufbau
 - Automatisierungscomputer: SPS, IPC
 - dezentrale Peripherie
 - Feldgeräte: Sensoren, Aktoren

Systemkommunikation



Bus-Systeme

Betriebsebene:	standardisierter Ethernet-Bus
Prozessebene:	Feldbus, z.B. Profibus, H1-Bus, Modbus, Interbus-S
unterste Feldebene:	schnelle Aktor-Sensor-Busse

Engineering-Tool

– Aufgaben

- Konfiguration
- Programmierung
- Wartung/Pflege

– Werkzeuge

- graphische Werkzeuge (IEC 1131)
- standardisierte Bibliotheken mit Komponenten
- mächtige Editoren

Leitsystemhersteller und deren Produkte

Hersteller	Produktname	Bemerkung
ABB	AdvantOCS	Firmenspezifischer Feldbus
	AdvaSoft	für kleine Anlagen
	Procontrol P	Kraftwerktechnik
EB Hartmann & Braun	Symphony	Unterstützt Anbindung an Betriebsebene, Remote I/O System
	Contronic E	Kraftwerktechnik, für große Anlagen
	Contronic P	Verfahrenstechnik, Ausdehnung bis zu 12km
Foxboro-Echardt	I/A Serie-System	Verfahrenstechnik, PNK mit PCMCIA-Technologie
Siemens	SIMATIC PCS 7	Verfahrenstechnik, ABK auf Basis von Windows 95 und Windows NT. Umfangreiches Hardwareangebot. Feldbus: Profibus. Anbindung an Betriebsebene möglich.
	Teleperm M	Verfahrenstechnik, weitverbreitet. Altes Bussystem (CS 275). Migration von Teleperm M nach SIMATIC PCS 7 möglich.
	Teleperm XP	Kraftwerkstechnik, offene Kommunikation, umfangreiches Hardwareangebot.
Honeywell	PlantScape	Verfahrenstechnik, offenes System, ABK auf Basis von Windows NT, unterstützt Remote I/O. Anbindung an Betriebsebene möglich.
	TDC 3000	Verfahrenstechnik, besitzt mehrere Prozessbusse mit unterschiedlicher Datenübertragung. MODBUS wird unterstützt.



§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

- 2.1 Automatisierungs-Computer
- 2.2 Automatisierungs-Strukturen**
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme
- 2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz



- Tr4** Gegenstand von Kapitel 2.2 sind die unterschiedlichen Strukturen, die in Automatisierungssystemen vorkommen. Dazu zählen sowohl die Strukturen des technischen Prozesses, als auch die Strukturen der Automatisierungsgeräte. Man unterscheidet hier hinsichtlich der örtlichen und wirkungsmäßigen Struktur. Wie der Punkt 2.2.2 schon erahnen lässt, kommen in der Praxis durchaus Kombinationen der unterschiedlichen Strukturen vor, die hier näher betrachtet werden.

Traumüller; 13.11.2003

Struktur des technischen Prozesses

- technischer Prozess als Einheit
Bsp.: Bohrvorgang bei einer Bohrmaschine
- technischer Prozess, der aus Teilprozessen besteht
Bsp.: Fertigung eines Getriebes

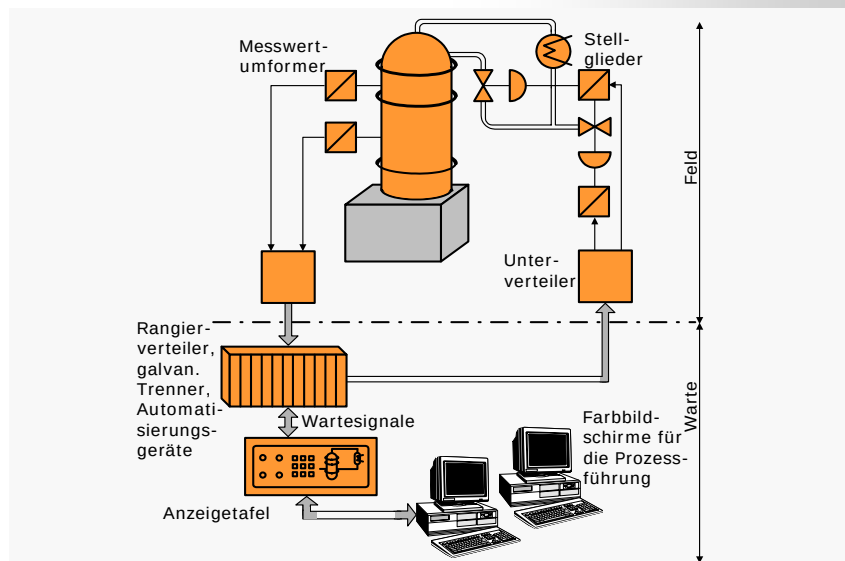
Örtliche Struktur der Automatisierungsgeräte

- örtlich zentrale Anordnung
- örtlich dezentrale Anordnung

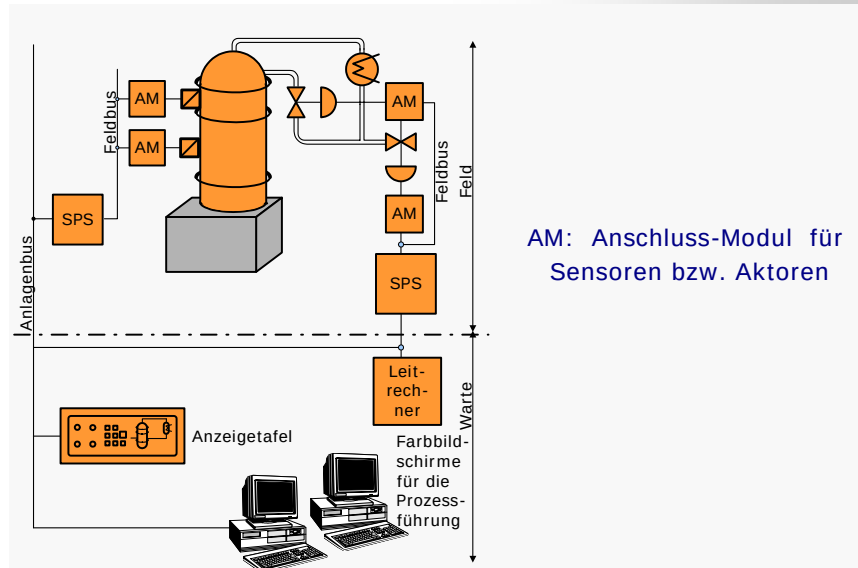
Wirkungsmäßige Struktur des Automatisierungssystems (funktionelle Struktur)

- = Aufteilung der Automatisierungsfunktionen auf die Automatisierungsgeräte
- wirkungsmäßig zentrale Grundstruktur
- wirkungsmäßig dezentrale Grundstruktur

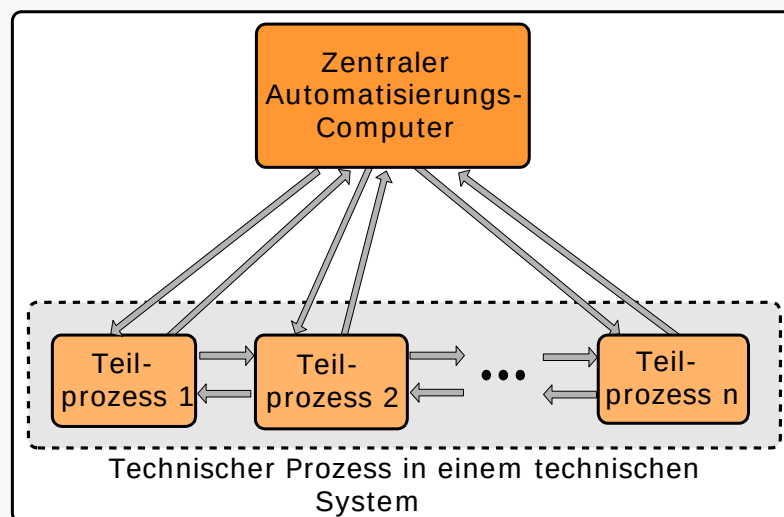
Örtlich zentrale Anordnung der Automatisierungsgeräte



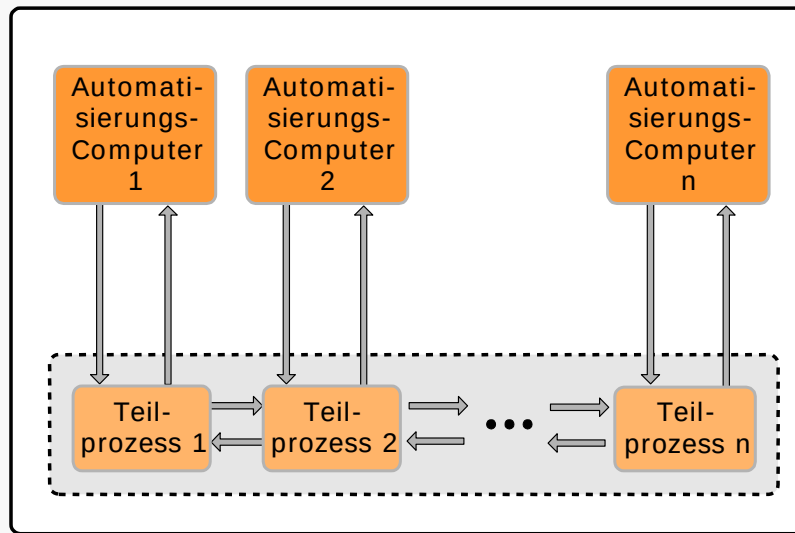
Örtlich dezentrale Anordnung der Automatisierungsgeräte



Wirkungsmäßig zentrale Automatisierungsstruktur



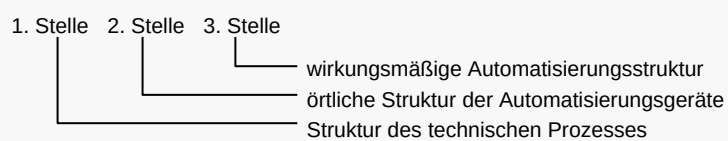
Wirkungsmäßig dezentrale Automatisierungsstruktur



Unterschiedliche Kombination der Automatisierungsstrukturen

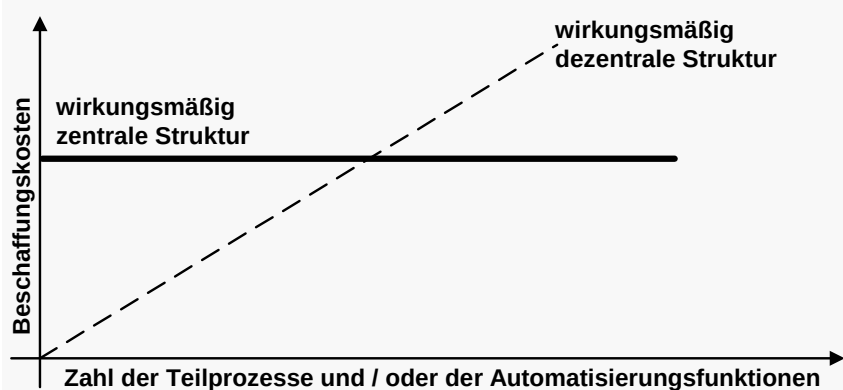
		Technischer Prozess als eine Einheit betrachtet (zentrale Prozess-Struktur)		Technischer Prozess als Teilprozesse gegliedert (dezentrale Prozess-Struktur)	
		örtlich zentrale Anordnung der Automatisierungs- geräte	örtlich dezentrale Anordnung der Automatisierungs- geräte	örtlich zentrale Anordnung der Automatisierungs- geräte	örtlich dezentrale Anordnung der Automatisierungs- geräte
wirkungsmäßig Struktur	wirkungsmäßig zentrale Automatisierungsstruktur	Z Z Z	Z D Z	D Z Z	D D Z
	wirkungsmäßig dezentrale Automatisierungsstruktur	Z Z D	Z D D	D Z D	D D D

Kennzeichnung der verschiedenen Strukturen: Z = zentral/ D = dezentral



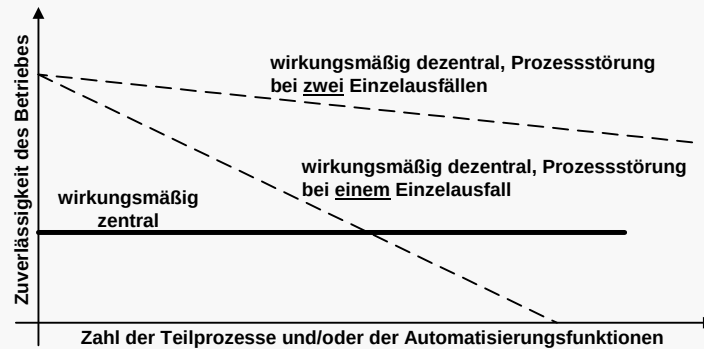
Vergleichskriterien für Automatisierungsstrukturen

- die **Kosten** für die Geräte, die Verkabelung, die Software, die Pflege und die Wartung
- die **Teilverfügbarkeit** bei Hardware-Ausfällen oder bei Software-Fehlern
- die **Flexibilität** bei Änderungen
- die **Koordinierung** der Teilprozesse und die **Optimierung** des Gesamtprozesses
- die **Bedienbarkeit**

Vergleich der Anschaffungskosten

Bei zentraler Struktur gewisse Reserveauslegung, daher kaum zusätzliche Kosten bei Erweiterung

Vergleich der Zuverlässigkeit des Betriebes



Im Normalfall Verkopplung schwach:

- ▲ kein Totalausfall bei Ausfall von zwei oder mehr Automatisierungseinheiten
- ▲ Zuverlässigkeit des Betriebes bei einer wirkungsmäßig dezentralen Struktur höher als beim Einsatz eines zentralen Prozessrechners

Dezentrale Struktur

- + Flexibilität bei Änderungen
- + Koordination der Teilprozesse
- + Optimierung des Gesamtprozesses
- zusätzlicher Aufwand zur Kommunikation der einzelnen Automatisierungseinheiten
- 0 Bedienbarkeit und Benutzerfreundlichkeit
- + Störfall-Lokalisierung
- + höhere Transparenz

Bewertung von Automatisierungsstrukturen

Z = zentrale Struktur
D = dezentrale Struktur

ZZZ	Typisch für Automatisierung kleiner Geräte
ZDZ	Geringere Verkabelungskosten als bei ZZZ
DZZ	Ungünstig bzgl. Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Verkabelungskosten
DDZ	Ungünstig bzgl. Verfügbarkeit und Flexibilität
ZZD	Günstig bzgl. Wartbarkeit und Flexibilität Ungünstig: Verkabelung
ZDD	Günstig: Flexibilität, Verfügbarkeit, Verkabelung Transparenz
DZD	Günstig: Verfügbarkeit, Wartbarkeit Ungünstig: Verkabelungskosten
DDD	Günstig: Flexibilität, Verfügbarkeit, Verkabelung, Transparenz

**Produkt-
automatisierung****Anlagen-
automatisierung****Kfz-
Elektronik**

— wirkungsmäßige Struktur
— örtliche Struktur der Automatisierungsgeräte
— Struktur des technischen Prozesses

⇒ **so dezentral wie möglich, so zentral wie nötig**



§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

- 2.1 Automatisierungs-Computer
- 2.2 Automatisierungs-Strukturen
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien**
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme
- 2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz

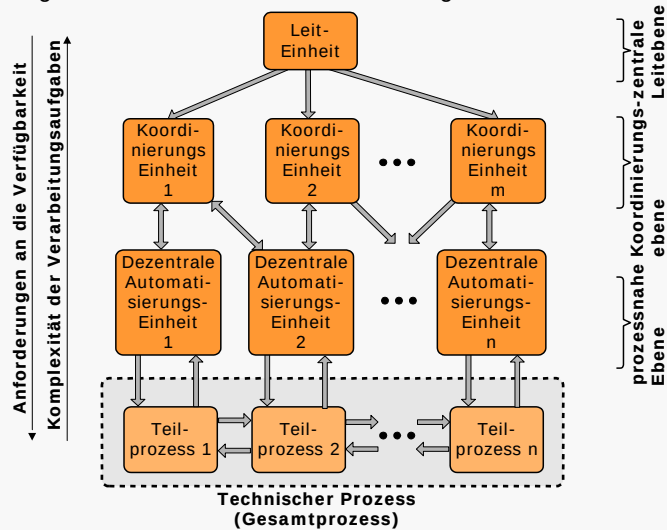


- Tr5** Im vorangehenden Kapitel werden die unterschiedlichen Strukturen und deren Kombinationen behandelt. Bei der Kombination von zentraler und dezentraler Struktur stößt man auf das Hilfsmittel der Hierarchisierung. Was konkret unter einer Automatisierungshierarchie zu verstehen hat, wird in diesem Kapitel behandelt.

Traumüller; 13.11.2003

Kombination von zentraler und dezentraler Struktur

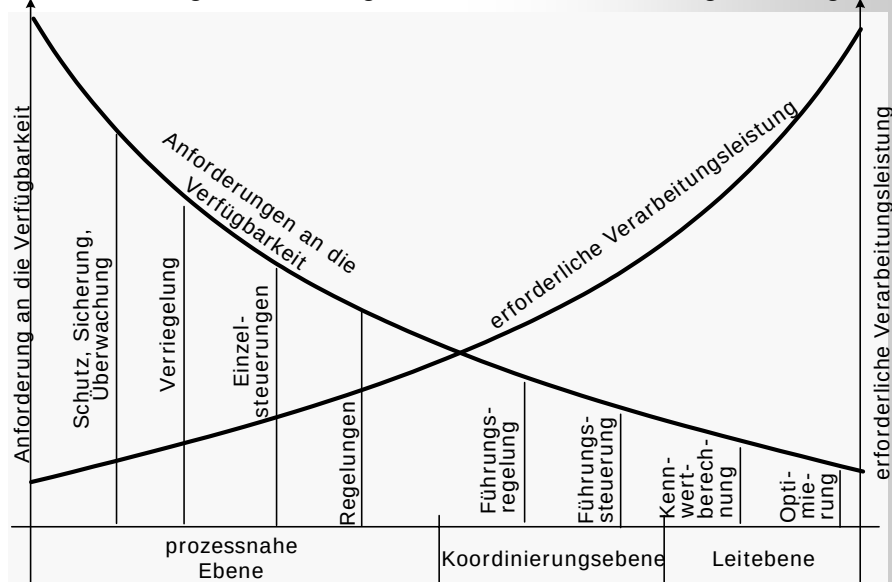
↗ Einführung einer Hierarchie von Automatisierungseinheiten



Zuordnung von Automatisierungsfunktionen zu den Prozessführungsebenen

- Dezentrale Automatisierungseinheiten erfüllen die Aufgaben der prozessnahen Ebene, hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit
- Koordinierungs-Einheiten realisieren die Automatisierungsfunktionen der Koordinierungsebene, wie Koordination der Teilprozesse, Optimierung, Prozessüberwachung und -sicherung
- Leiteinheit realisiert die Aufgaben der Leitebene

Anforderungen an Verfügbarkeit und Verarbeitungsleistung



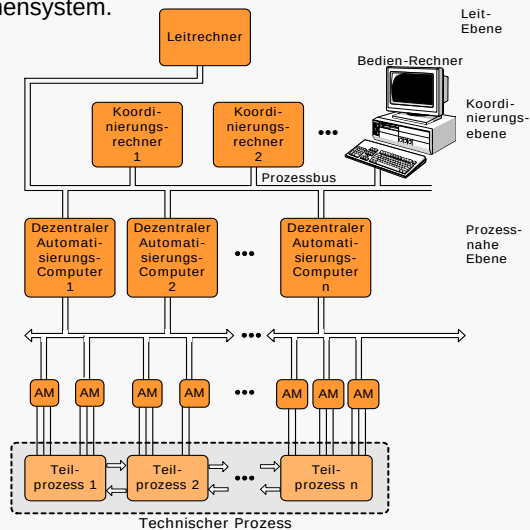
Voraussetzung für die Realisierung

- Gliederung des technischen Prozesses in Teilprozesse
- Einsatz von intelligenten Automatisierungseinheiten
- Kommunikationssystem zwischen Automatisierungseinheiten

Je nach Größe des Unternehmens und Umfang des technischen Prozesses können Zwischenebenen eingeführt werden bzw. Ebenen zusammengezogen werden.

Beispiel

Realisierung einer Automatisierungs-Hierarchie mit einem busorientierten verteilten Prozessrechensystem.



§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

- 2.1 Automatisierungs-Computer
- 2.2 Automatisierungs-Strukturen
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme**
- 2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz

- Tr6** Oftmals werden Hierarchische Systeme mit verteilten Systemen gleichgesetzt. Das diese Gleichsetzung nicht zwingend richtig ist wird in diesem Kapitel dargestellt. Dabei wird das zentrale Element eines verteilten Systems – die Kommunikation und deren Realisierung in Automatisierungssystemen– in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt.

Traumüller; 13.11.2003

Zielsetzung bei verteilten Automatisierungssystemen

- Hohe Zuverlässigkeit durch Fehlertoleranz
 - Ausfall eines dezentralen Computers führt nicht zu Gesamtausfall
 - Eingrenzung des Fehlers durch Rekonfiguration
- Erhöhung der Verfügbarkeit durch schnelle Wartung und Instandsetzung
 - gegenseitige Überwachung mit Fehlerdiagnose
- Gegenseitige Aushilfe bei hoher Belastung
 - selbsttätige Anpassung der Aufgabenverteilung
 - Reduzierung der Reserven der einzelnen Einheiten
- Einfache Erweiterungsfähigkeit

Realisierung bei verteilten Automatisierungssystemen

Verknüpfung von dezentralen Automatisierungseinheiten mit übergeordnetem Rechner über ein Kommunikationssystem

keine Hierarchie

Unterschied zu Automatisierungs-Hierarchie

- Einheiten kommunizieren dort nur mit nächst höherer Ebene
- Nur prozessnahe Informationsaufgaben werden dort dezentral wahrgenommen

Kriterien für die Wahl eines Kommunikationssystems (1)

- niedrige Verkabelungskosten **Wesentliche Kosten: mehr
Kabel bedeutet mehr
Störungen auf den Leitungen**
- standardisierte Schnittstellen bezüglich
 - Stecker, Leitungen (mechanisch)
 - Spannungspegel (elektrisch)
 - Übertragungsprotokoll (logisch)
- Flexibilität bei Änderungen
- geringe Anforderungen an die Kommunikationspartner
 - Speicherplatzbedarf
 - Rechenaufwand
- hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit

Kriterien für die Wahl eines Kommunikationssystems (2)

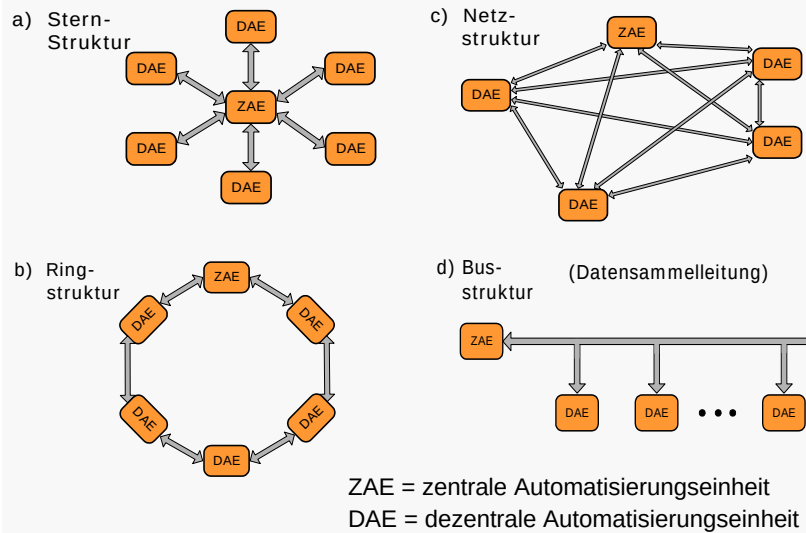
- sichere Übertragung der Informationen
 - Verwendung von Prüfbits
 - Bestätigung des korrekten Empfangs
- Realisierung hoher Datenübertragungsraten
- kurze Reaktionszeiten auf Übertragungsanforderungen
- Kopplung unterschiedlicher Kommunikationspartner

Problem:

Festlegung der Prioritäten bei der Realisierung der sich zum Teil widersprechenden Einzelkriterien?

Bsp.: hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit durch redundantes Bus-System bedeutet hohe Verkabelungskosten

Grundstrukturen der Kommunikation



Eigenschaften

Stern-Struktur

Ausfall der Zentraleinheit bedeutet Ausfall der Kommunikation

Ring-Struktur

Jede Einheit kann nur an direkte Nachbarn übertragen

Netz-Struktur

Parallele Informationsübertragung, kurze Reaktionszeit, viele Schnittstellen, hohe Verkabelungskosten

Bus-Struktur

Nur jeweils ein Teilnehmer kann senden, gleichzeitige Informationsaufnahme von allen Teilnehmern

Parallele Busse

- Adressen, Daten und Steuersignale werden parallel übertragen
- Leitungsbündel

Distanz: bis 20 m

Serielle Busse

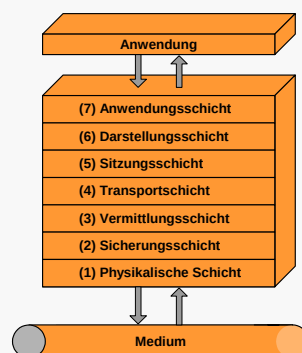
- Bits einer Nachricht zeitlich nacheinander
- Übertragungszeit länger als bei Parallelbus
- niedrigere Leitungskosten
- Erhöhung der Zuverlässigkeit
- Flexibilität bezüglich Leitungsprotokollen

Distanz: 20 m bis 15 km

Arten von Kommunikationssystemen

- Offenes Kommunikationssystem

OSI = Open-System-Interconnection



ISO/OSI-Basisreferenzmodell
ISO IS 7498

- Herstellerspezifisches Kommunikationssystem
- CSI = Closed-System-Interconnection

Aufgaben der ISO/OSI- Schichten

Schicht 7:	Anwendungsschicht (Verarbeitungsschicht, Application Layer)	– Grundvorrat an Diensten – Standardanwendungen – anwendungsspezifisch
Schicht 6:	Darstellungsschicht (Presentation Layer)	– Sprachanpassung (z.B. zwischen ASCII & EBCDIC) – Datenverschlüsselung – Datenentschlüsselung
Schicht 5:	Sitzungsebene (Kommunikationssteebene, Session Layer)	– Eröffnung – Überwachung – Beendigung der Kommunikation
Schicht 4:	Transportebene (Transport Layer)	– Wegparallelisierung – Paketwiederholung – Paketsortierung
Schicht 3:	Netzebene (Vermittlungsschicht, Network Layer)	– Netzprotokolle – Datenadressierung – Datenvermittlung – Wegwahl
Schicht 2:	Verbindungsebene (Sicherungsschicht, Data Link Layer)	– Fehlerbehandlung/-erkennung – Zugriffsverfahren – Synchronisation
Schicht 1:	Physikalische Ebene (Bitübertragungsschicht Physical Layer)	– Übertragungsmedium – Codierungsart – Schnittstelle – Topologie



§ 2 Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen

- 2.1 Automatisierungs-Computer
- 2.2 Automatisierungs-Strukturen
- 2.3 Automatisierungs-Hierarchien
- 2.4 Verteilte Automatisierungssysteme

2.5 Automatisierungsstrukturen mit Redundanz



- Tr7** Wichtig für Automatisierungssysteme, die mit der Umwelt/Realität zusammenarbeiten ist die Sicherheit und die Zuverlässigkeit dieser Systeme. Also muss überlegt werden, welche Möglichkeiten es gibt auf Hardware- und auch auf Softwareseite diese Systeme entsprechend sicher zu machen? In diesem Kapitel wird deshalb erläutert, welche Redundanzkonzepte möglich und einsetzbar sind. Im Zuge dessen werden Formen der Redundanz, fehlertolerante Strukturen, Formen der Hardwareredundanz und Formen der Softwareredundanz diskutiert werden.

Traumüller; 13.11.2003

Formen der Redundanz

Immer: Prozessbedienpersonal überwacht parallel zu einem Prozessrechner!

- Hardware-Redundanz
 - redundante Hardware
- Software-Redundanz
 - redundante Software
- Messwert-Redundanz
 - redundante Messgrößen
 - abhängige Messgrößen
- Zeit-Redundanz
 - mehrfache Abfrage des gleichen Messwertes in bestimmten Zeitabständen

**Bsp.: Geschwindigkeit,
Beschleunigung**

Hardware- und Softwareredundanz bedeutet höherer Aufwand

- erhöhte Verfügbarkeit
- sicherheitsrelevante Systeme

Ziel beim Einsatz fehlertoleranter Strukturen

Systeme so zu konstruieren, dass sie nach dem Auftreten von Fehlern in einzelnen Komponenten als Ganzes funktionsfähig sind.

Stufen der Fehlertoleranz

- volle Fehlertoleranz
- verringerte Leistungsfähigkeit
- Übergang in einen sicheren Zustand

fail operational

fail soft, graceful degradation

fail safe

Prinzip der Fehlertoleranz

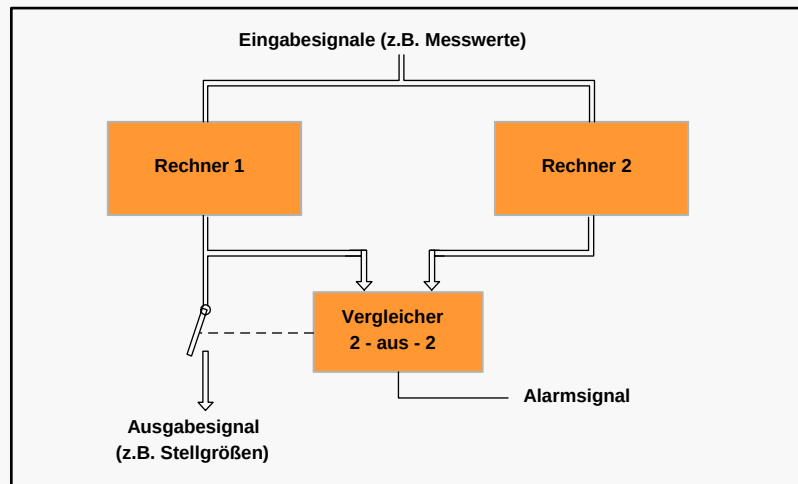
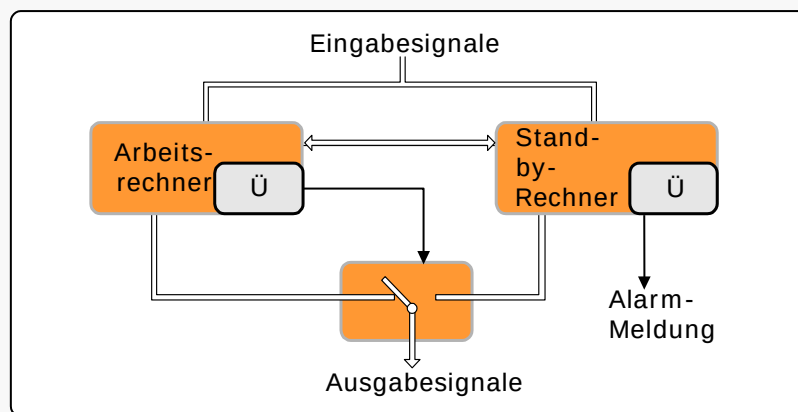
Aufbau eines Systems aus redundanten Modulen (Hardware- und Software), um bei Auftreten eines Fehlers die Funktionsfähigkeit des Systems zu erhalten.

Arten von Redundanz

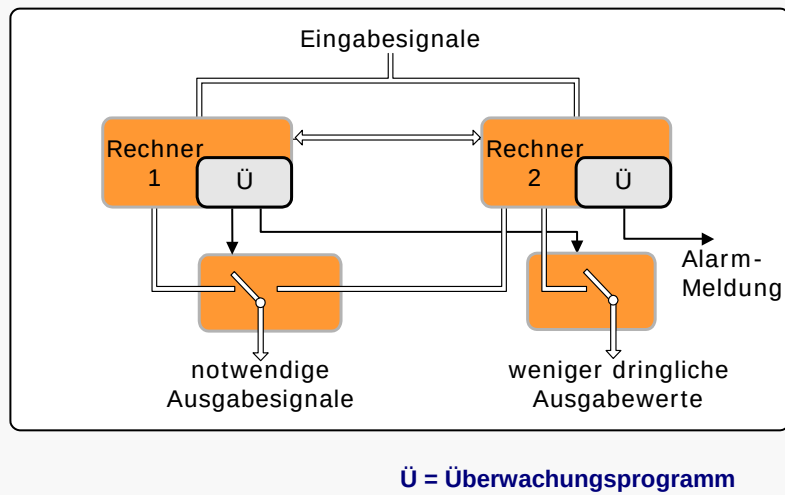
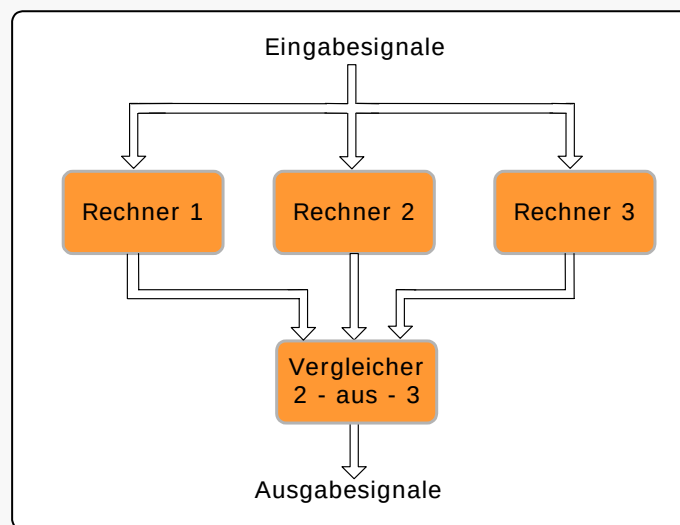
- Statische Redundanz
 - alle redundanten Module ständig im Einsatz
- Dynamische Redundanz
 - redundante Module werden erst nach einem Ausfall eingesetzt
 - blinde Redundanz
redundante Module sind im fehlerfreien Fall nicht tätig
 - funktionsbeteiligte Redundanz
redundante Module führen im fehlerfreien Fall Stand-by-Funktionen durch

Hardware-Redundanz

- Ziel:
Erkennung von Ausfällen der Hardware
- Einsatzprinzip:
m-von-n-Redundanz
 - Mehrheitsentscheid
 - Fehler erst bei Mehrfachdefekten
- Realisierung der Redundanz
 - Doppel-Rechner-Strukturen
 - Drei-Rechner-Strukturen

Doppelrechner-Struktur mit statischer Redundanz**Doppelrechner-Struktur mit dynamisch blinder Redundanz**

Ü = Überwachungsprogramm

Doppelrechner-Struktur mit dynamisch funktionsbeteiligter Redundanz**Drei-Rechner-Struktur mit statischer Redundanz**

Software-Redundanz

- Ziel:
Erkennung von Fehlern in der Software

- Ausgangspunkt:
Software ist fehlerhaft

Redundanzmaßnahmen bei Software:

Mehrfaches Vorhandensein der gleichen Software ist nicht sinnvoll, da nicht Ausfälle das Problem bei Software sind.

- ▲ verschiedenartiger Aufbau von Programmteilen
- ▲ gleiche Eingangsdaten müssen gleiche Ergebnisse liefern

Diversitäre Software

Diversität = Verschiedenartigkeit von Software bei gleicher Funktion

- Unabhängige Entwicklerteams lösen dieselbe Aufgabe
- Gezielte Entwicklung verschiedener Strategien, Algorithmen und Software-Strukturen

Einsatz bzw. Ausführung diversitärer Software-Teile

- Redundante Software-Alternativen werden nacheinander ausgeführt und über Entscheider (Voter) verglichen, nicht für Echtzeitsysteme mit hohen Zeitanforderungen
- Parallele Ausführung redundanter Software-Teile auf redundantem Mehrrechnersystem
- Zyklische Abwechslung der diversitären Teile

Vergleich schwierig

- Zwei Algorithmen mit unterschiedlichen Verarbeitungszeiten
- Beide Ergebnisse können korrekt sein, obwohl Werte unterschiedlich sind

Frage zu Kapitel 2.4

Die einzelnen Module einer SPS sind untereinander mit einem herstellerspezifischen Bus verbunden.
Für die Kommunikation zwischen Feldgeräten wird oft ein Feldbus eingesetzt.
Erklären Sie an diesem Beispiel den Unterschied zwischen einem „offenen“ und einem „geschlossenen“ Kommunikationssystem.

Antwort

Bei dem SPS-Bussystem handelt es sich um ein **geschlossenes Kommunikationssystem**. Darunter versteht man ein herstellerspezifisches System, in welchem nur Geräte eines Herstellers kommunizieren können.
Ein Feldbussystem ist ein offenes Kommunikationssystem, bei dem Geräte unterschiedlicher Hersteller kommunizieren können.

Frage zu Kapitel 2.4

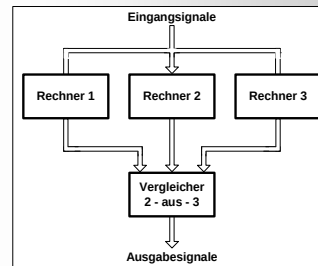
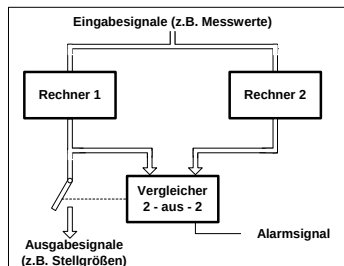
Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Strukturen für ein Kommunikationssystem. Welchen der folgenden Aussagen würden Sie zustimmen?

Antwort

- ☒ Eine Busstruktur verursacht den geringsten Verkabelungsaufwand
- ☐ Eine Busstruktur ist schneller als eine Netzstruktur
- ☒ Eine Netzstruktur kann eine größerer Datenmenge parallel übertragen als eine Busstruktur
- ☐ Eine Busstruktur hat kürzere Reaktionszeiten als eine Netzstruktur
- ☐ Eine Netzstruktur ist einfacher zu erweitern als eine Sternstruktur
- ☐ Eine Busstruktur eignet sich nur für dezentrale Systeme

Frage zu Kapitel 2.5

In einem Flugzeug werden wichtige Systemgrößen mehrfach berechnet. Würden Sie dafür ein Doppelrechnersystem oder ein Dreifachrechnersystem mit statischer Redundanz verwenden ?

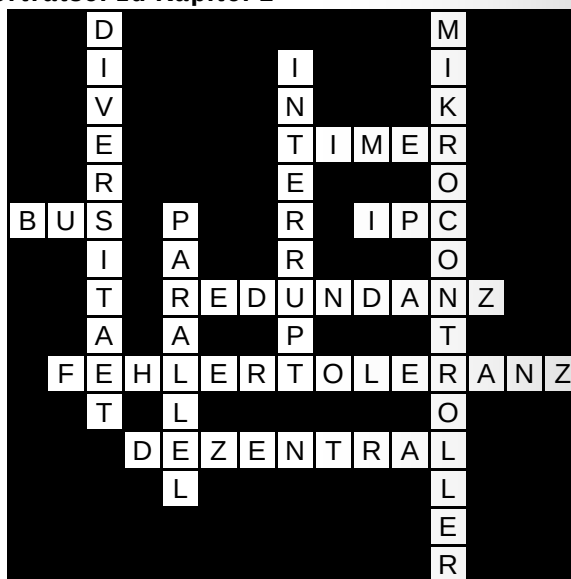


Antwort

Ein Doppelrechnersystem mit statischer Redundanz ist nicht fehlertolerant, da beim Auftreten eines Fehlers der Betrieb abgebrochen wird. Deshalb muss in diesem Fall ein Dreirechnersystem eingesetzt werden, da dort auf Grund der 2 aus 3 Entscheidung eine Fehlertoleranz vorhanden ist.



Kreuzworträtsel zu Kapitel 2



Kreuzworträtsel zu Kapitel 2**Waagerecht**

- 4 Taktgeber (5)
- 5 Kommunikations-Grundstruktur (3)
- 7 Abkürzung für Rechner, die speziell auf ein industrielles Einsatzfeld ausgelegt sind. (3)
- 8 Mehrfaches Vorhandensein von Hardware für die gleiche Aufgabe(9)
- 9 Erhalt der Funktionsfähigkeit trotz Auftreten eines Fehlers (14)
- 10 Örtlich verteilt (9)

Senkrecht

- 1 Verschiedenartigkeit von Software bei gleicher Funktion (11)
- 2 Ein-Chip-Computer (15)
- 3 Unterbrechungsanforderung (9)
- 6 Gleichzeitige Datenübertragung auf mehreren Leitungen (8)

