



Technische Hochschule Georg Agricola

INDUSTRIEAUTOMATION SPS UND BUSSYSTEME

Bochum

Prof. Dr.-Ing. Lars N. Josler

INHALT DER VORLESUNG

- Speichern
- Bewegen
- Materialflusssysteme
- Ordnungseinrichtungen
- Schwingfördertechnik



GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Einführung

Funktionsprinzip, zyklische Abarbeitung

SPS-Geräteaufbau und Eigenschaften

SPS-Anwendungsbeispiele

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

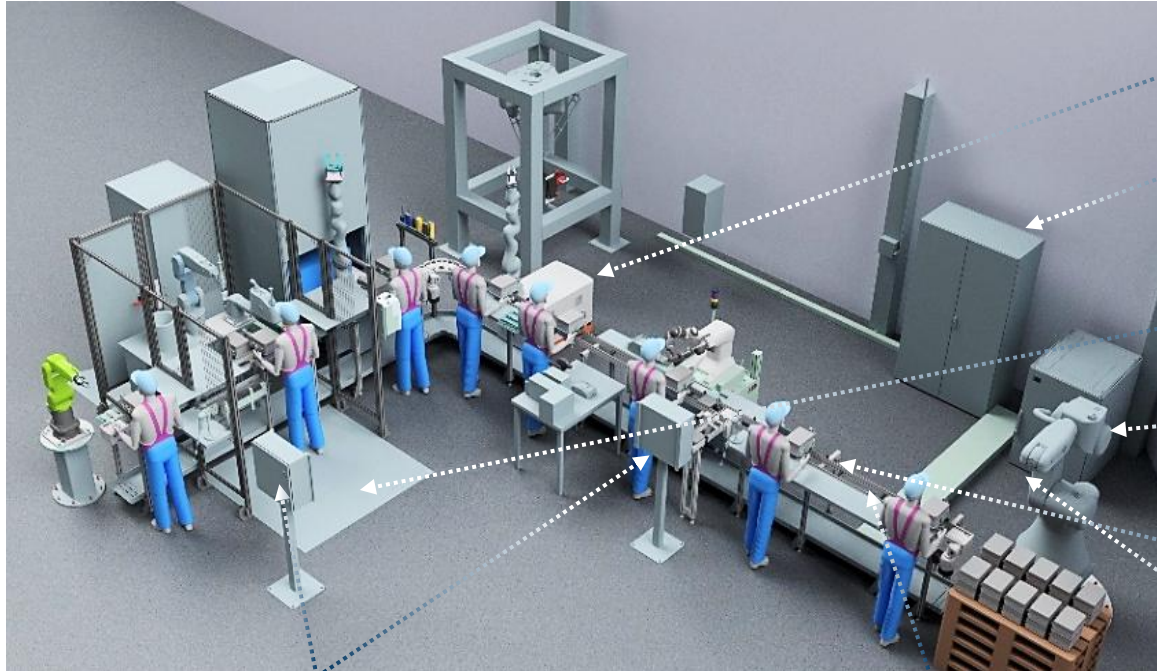
SPS Programmierung

Bussysteme

BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



Mobile Robotik



SPS und
Bussysteme

Sicherheitstechnik



Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken
(z. B. Roboter)



Sensortechnik und
Wegmesssysteme



Mensch-Maschine-Schnittstelle

MZR

Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen

FA



FA

Greifer /
Effektoren



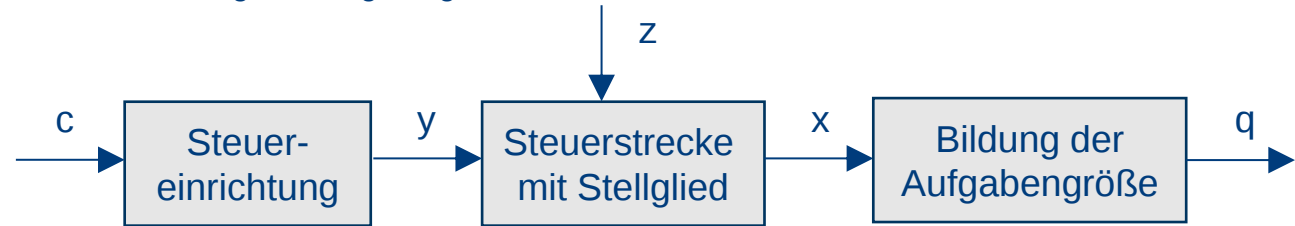
DEFINITION: STEUERUNG (1)



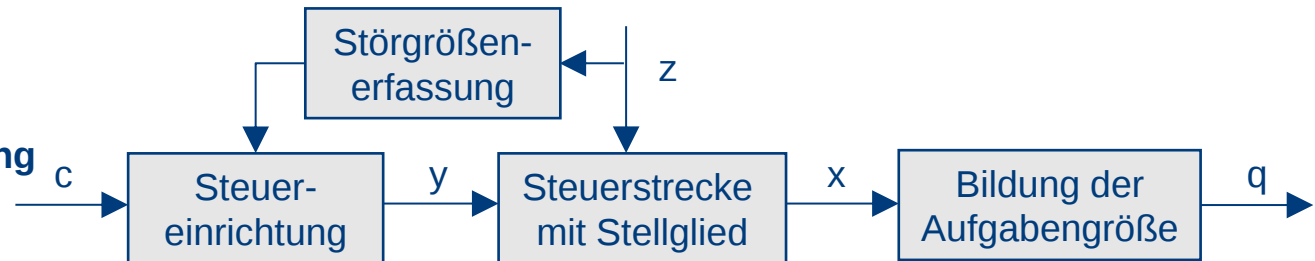
Das **Steuern**, die **Steuerung**, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichen für das Steuern ist der **offene Wirkungsweg**. Es erfolgt keine Rückführung der Reaktion der Strecke auf die Steuerungseingänge.

Anmerkung: Die Benennung „Steuerung“ wird vielfach nicht nur für den Vorgang des Steuerns, sondern auch für die Gesamtanlage verwendet, in der die Steuerung und Regelung stattfindet.

Wirkungsplan einer Steuerung



Wirkungsplan einer Steuerung mit Störgrößenaufschaltung

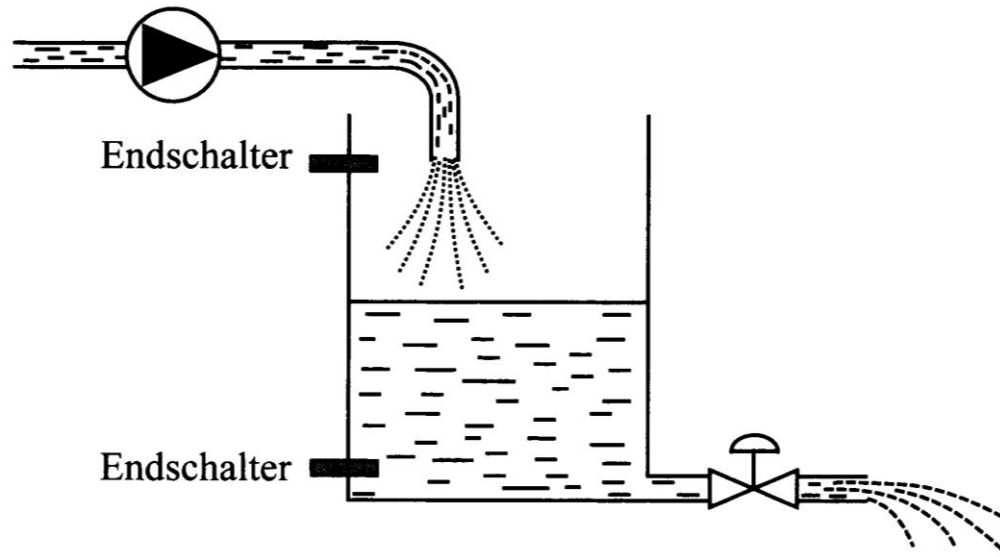


Quelle: DIN IEC 60050-351 (Juni 2009)

DEFINITION: STEUERUNG (2)



Das **Steuern**, die **Steuerung**, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichen für das Steuern ist der **offene Wirkungswege**. Es erfolgt keine Rückführung der Reaktion der Strecke auf die Steuerungseingänge.



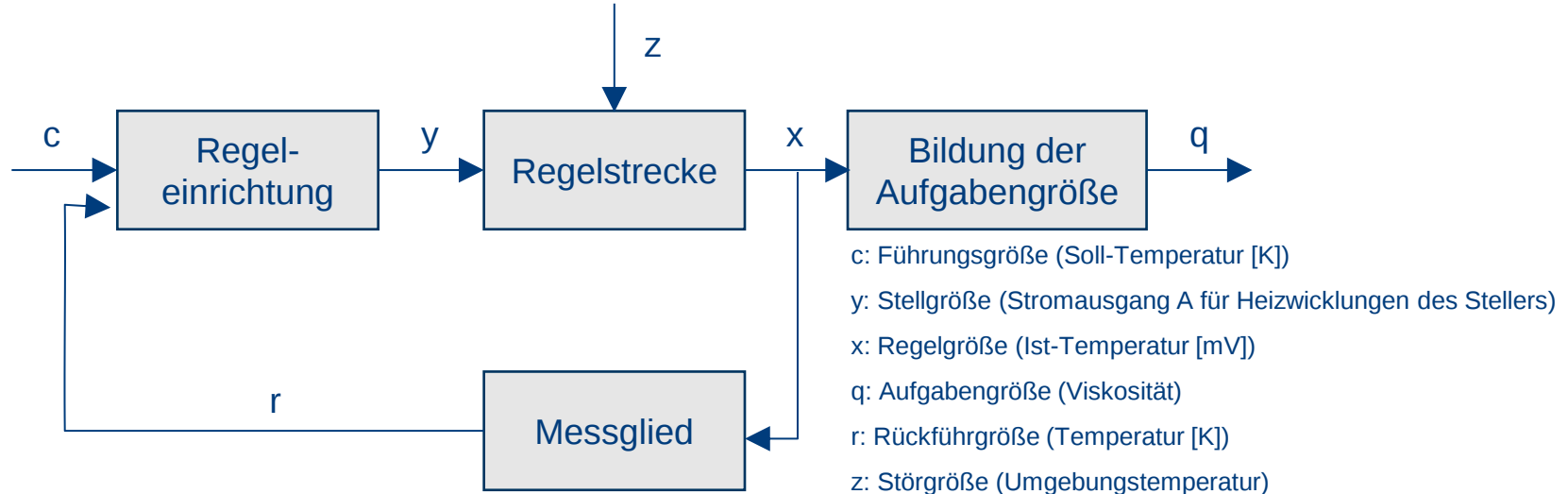
Quelle: Tröster

DEFINITION: REGELUNG (1)



Das **Regeln**, die **Regelung**, ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die **Regelgröße**, erfasst, mit einer anderen Größe, der **Führungsgröße**, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Kennzeichen für das Regeln ist der **geschlossene Wirkungsablauf**, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend sich selbst beeinflusst.

Beispiel: Temperaturregelung der Schnecke einer Spritzgießmaschine

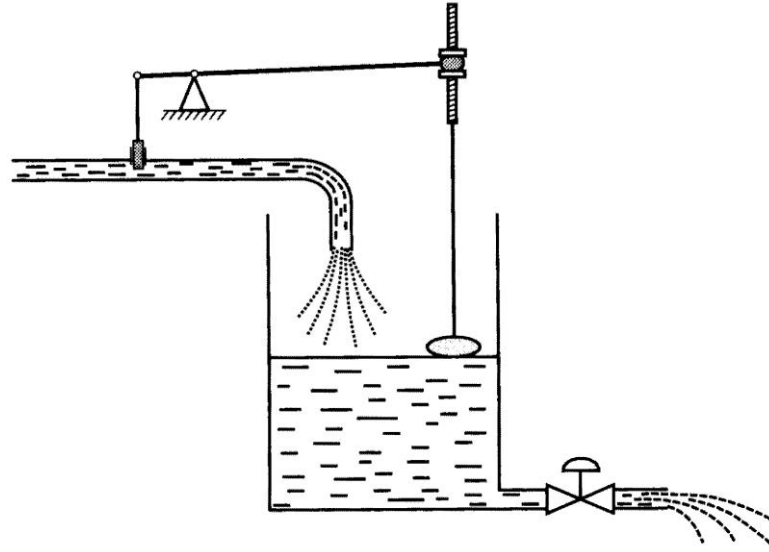


Quelle: DIN IEC 60050-351 (Juni 2009)

DEFINITION: REGELUNG (2)



Das **Regeln**, die **Regelung**, ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die **Regelgröße**, erfasst, mit einer anderen Größe, der **Führungsgröße**, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Kennzeichen für das Regeln ist der **geschlossene Wirkungsablauf**, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend sich selbst beeinflusst.



Quelle: Tröster

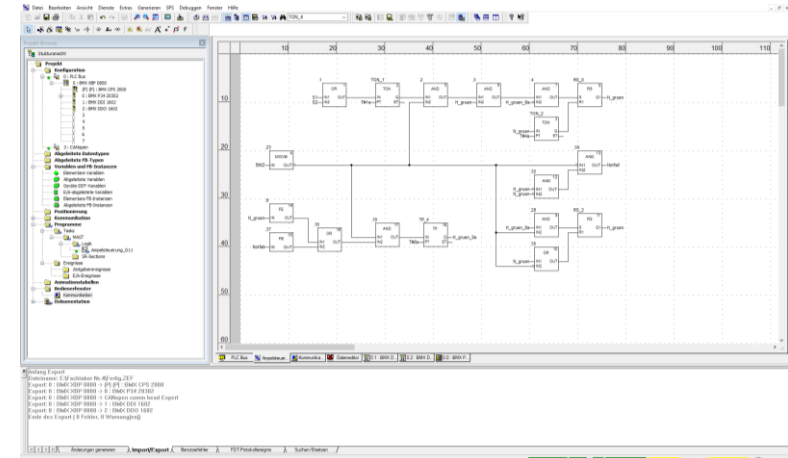
WELCHE GERÄTE IN IHREM UMFELD KÖNNTEN "GEREGELT" SEIN?

Enter
Text and
Press
Send

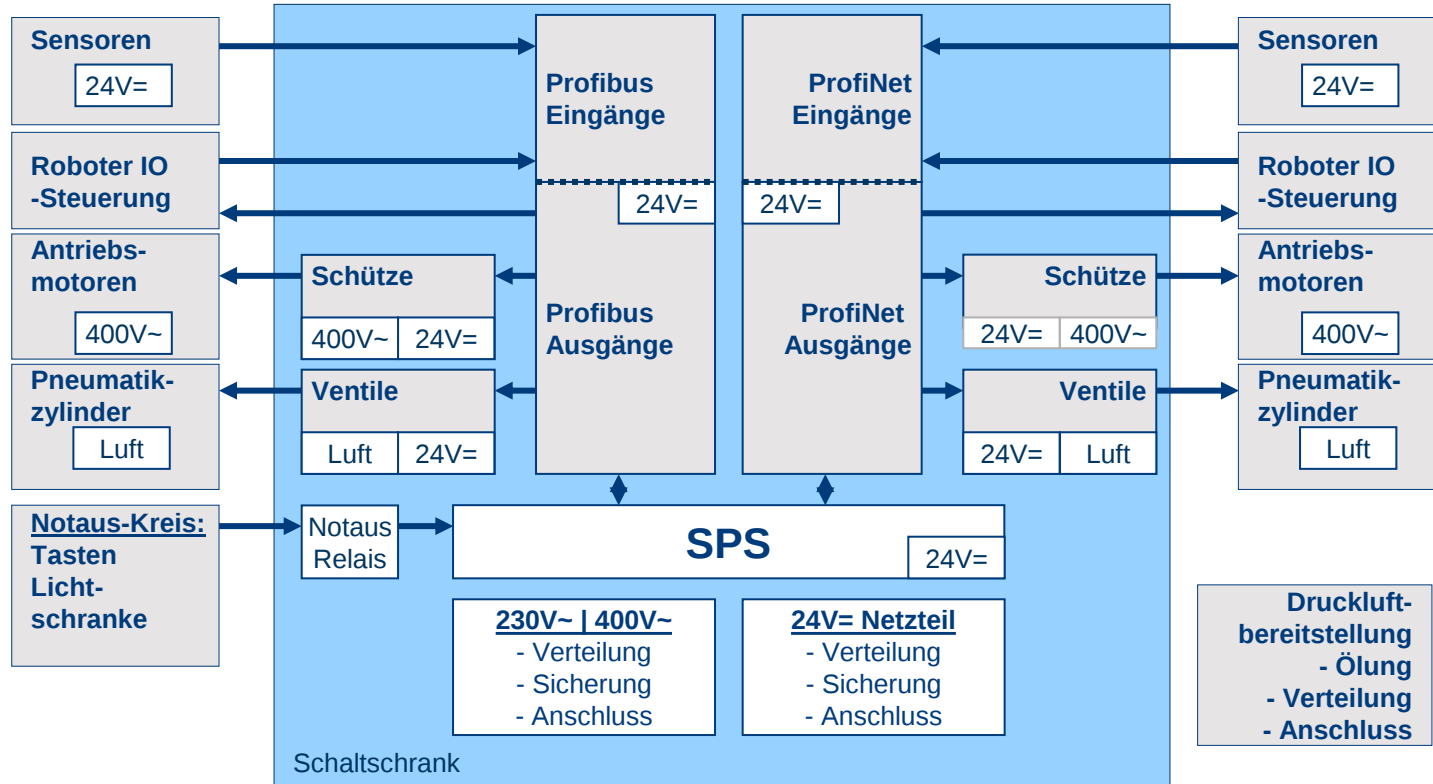


Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist

- ein Gerät, das programmiert und eingesetzt wird, um eine Maschine oder Anlage zu regeln bzw. zu steuern
- ein industrieller Rechner mit Schnittstellen zu Sensoren und Aktoren



SPS IM KONTEXT



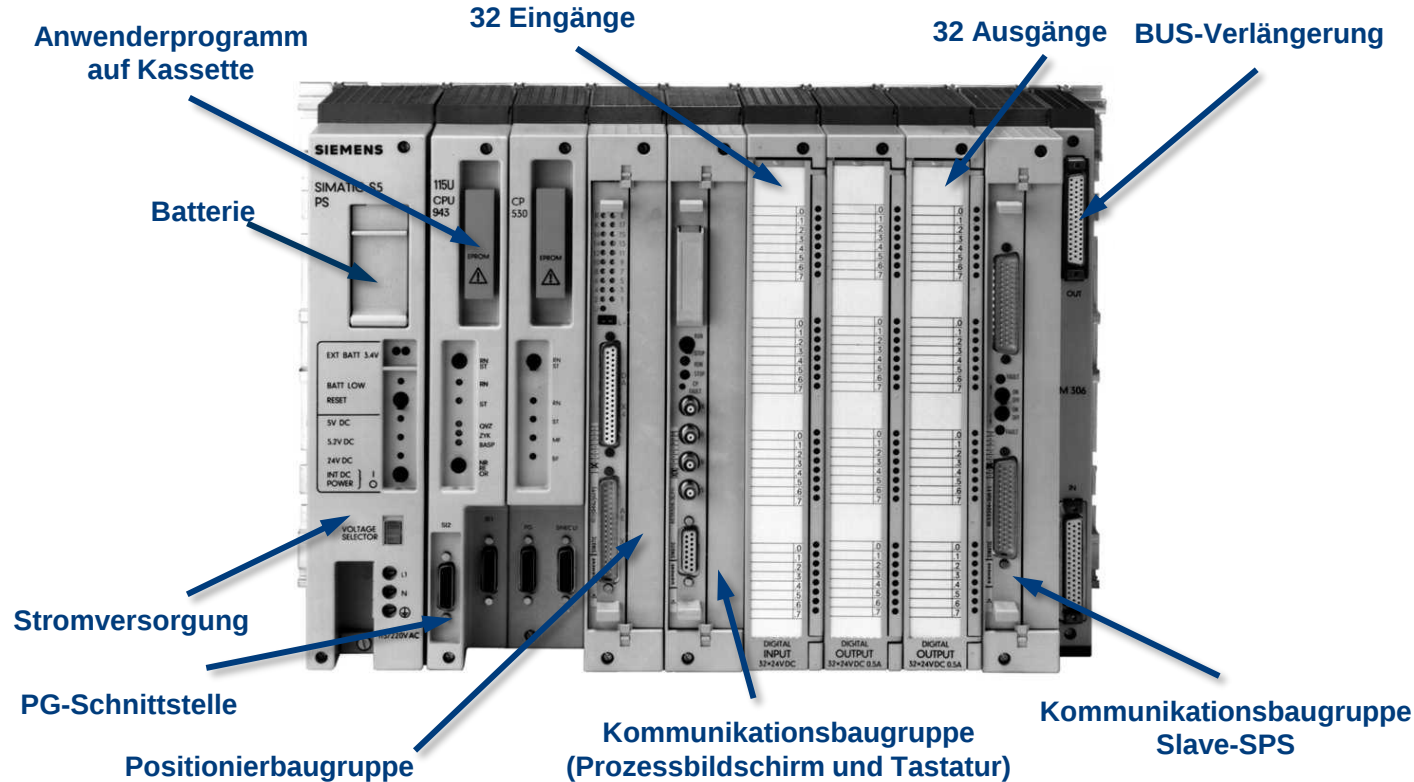
**WO HABEN SIE BEREITS MIT EINER „SPS“ ZU TUN
GEHABT (EIN-WORT)?**

Enter
Text and
Press
Send

AUFBAU DER SIMATIC S5-115U

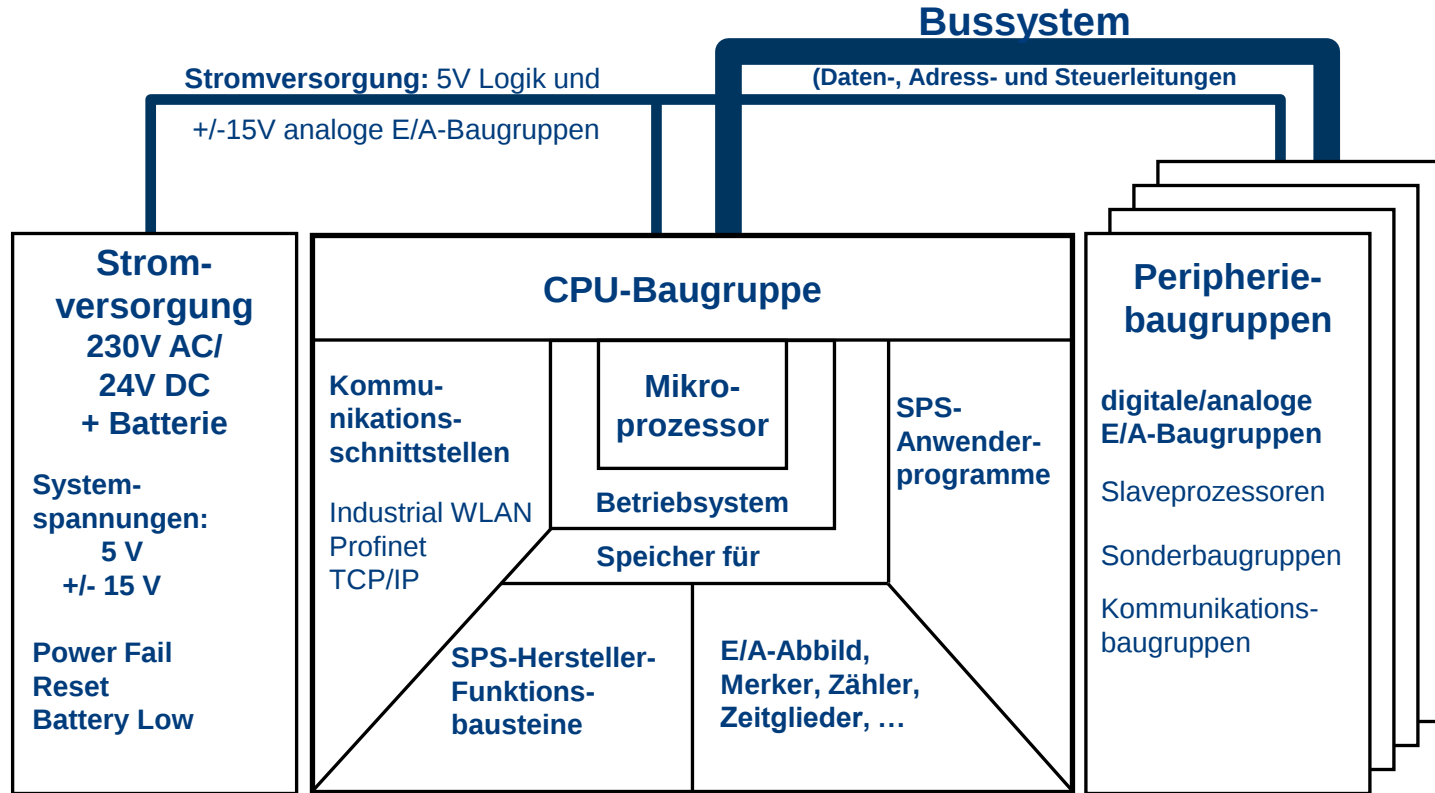


Begründete den Siemens-Erfolg im SPS-Markt 1985!



Quelle: SIEMENS

HARDWARE-STRUKTUR EINES MODULAREN SPS-SYSTEMS



AUFBAU EINER SIMATIC S7



Schraub-
anschluss



geregelter
Strom-
versorgung

Basic Controller (S7-1200)



CPU

Bedienpanel

digital
und
analoges
I/O Modul

Status
LEDs

Advanced Controller (S7-1500)

SPS UND NOTWENDIGE PERIPHERIEN IM PRODUKTIONSSYSTEM





Netzteile



Reihenklemmen - 24V
Selektivitätsmodul

FI-Schutzschalter





Schutzschalter



SPS CPU

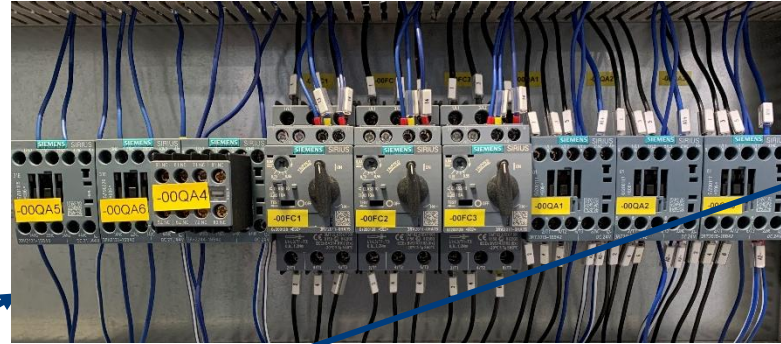


Schutzschalter





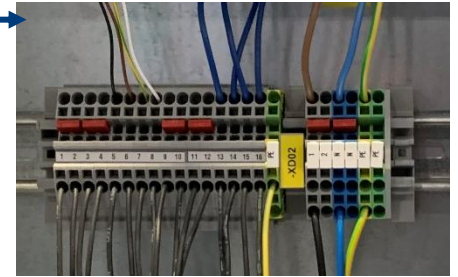
Schütze Motorschutzschalter Schütze



Schutzschalter



Reihenklemmen



UNTERSCHIEDE ZW. KONVENTIONELLER DATENVERARBEITUNG UND SPS



Konventionelle Datenverarbeitung	SPS
Datenorientierte Programmbearbeitung	E/A-orientierte Programmbearbeitung
Prinzipiell wird das Programm nach dem Start einmalig durchlaufen.	Die Programmbearbeitung erfolgt in Echtzeit , zyklisch oder ereignisorientiert.
Das Programm wartet üblicherweise bei Peripheriezugriffen auf die Peripheriereaktion. Einem anderen Programm kann ggf. Rechenzeit zugewiesen werden.	Im Programm sind keine Wartefunktionen auf Peripheriereaktionen zulässig.
Zur Programmierung werden Hochsprachen (C#, C++, Java ...) eingesetzt.	Zur SPS-Programmierung werden spezielle SPS-Sprachen (KOP, AWL, FUB, ST, AS) eingesetzt.
Üblicherweise werden Standard-Betriebssysteme eingesetzt.	Es gelangen überwiegend herstellerspezifische Echtzeitbetriebssysteme zum Einsatz.

VORTEILE DER SPS



- Flexibilität
 - Geringerer Platzbedarf
 - Höhere Zuverlässigkeit
 - Geringere Kosten
 - Möglichkeit der Vernetzung mit anderen Systemen
 - Möglichkeit zur Fehlerdiagnose und Fernwartung
 - Schneller Funktionswechsel durch Programmänderung
- Probleme bei sicherheitsrelevanten Aufgaben,
dazu gibt es aber inzwischen spezielle fehlersichere SPS



Quelle: DIN IEC 60050-351 (Juni 2009)

WAS VERSTEHEN SIE UNTER "ECHTZEITFÄHIGKEIT"?

POLL
OPEN



1. Die innere Uhr der SPS wird mit der Atomuhr in Braunschweig synchronisiert
2. Die SPS ist mit allen digitalen Geräten in der Produktionsumgebung verbunden
3. Eine SPS kann alle Geräte mit der genauen Uhrzeit versorgen
- ✓ 4. SPS-System kann ständig in vorgegebener Zeit reagieren
5. Ein Programm wird immer zu einer vorgegebenen Uhrzeit gestartet



Im Unterschied zu den Systemen der konventionellen Datenverarbeitung erfüllen SPS-Steuerungssysteme **erhöhte Anforderungen an die zeitgerechte Datenerfassung und Datenverarbeitung** (Echtzeitfähigkeit) sowie an die **Robustheit im industriellen Umfeld** und sind über eine geeignete Prozessperipherie bzw. Kommunikationsverbindung **direkt an die zu steuernden oder zu beobachtenden technischen Prozesse gekoppelt**. Die **Programmbearbeitung erfolgt zyklisch**.

Echtzeitfähigkeit (Rechtzeitigkeit)

- Eigenschaft, das SPS-System ständig ablaufbereit zu halten, damit es innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne auf Ereignisse eines technischen Prozesses reagieren kann.

Unterbrechungsfähigkeit (Priorität)

- Fähigkeit zum Anhalten/Unterbrechen eines aktiven SPS-Programms, welches durch ein Ereignis innerhalb oder außerhalb des SPS-Systems bewirkt wird und Starten eines höher-prioren SPS-Programms.

Wiederanlauffähigkeit

- Fähigkeit zur geordneten Wiederaufnahme der SPS-Funktion nach Ein-/Ausschalten, Ausfall oder Störung (Heißstart, Warmstart, Kaltstart).

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Einführung

Funktionsprinzip, zyklische Abarbeitung

SPS-Geräteaufbau und Eigenschaften

SPS-Anwendungsbeispiele

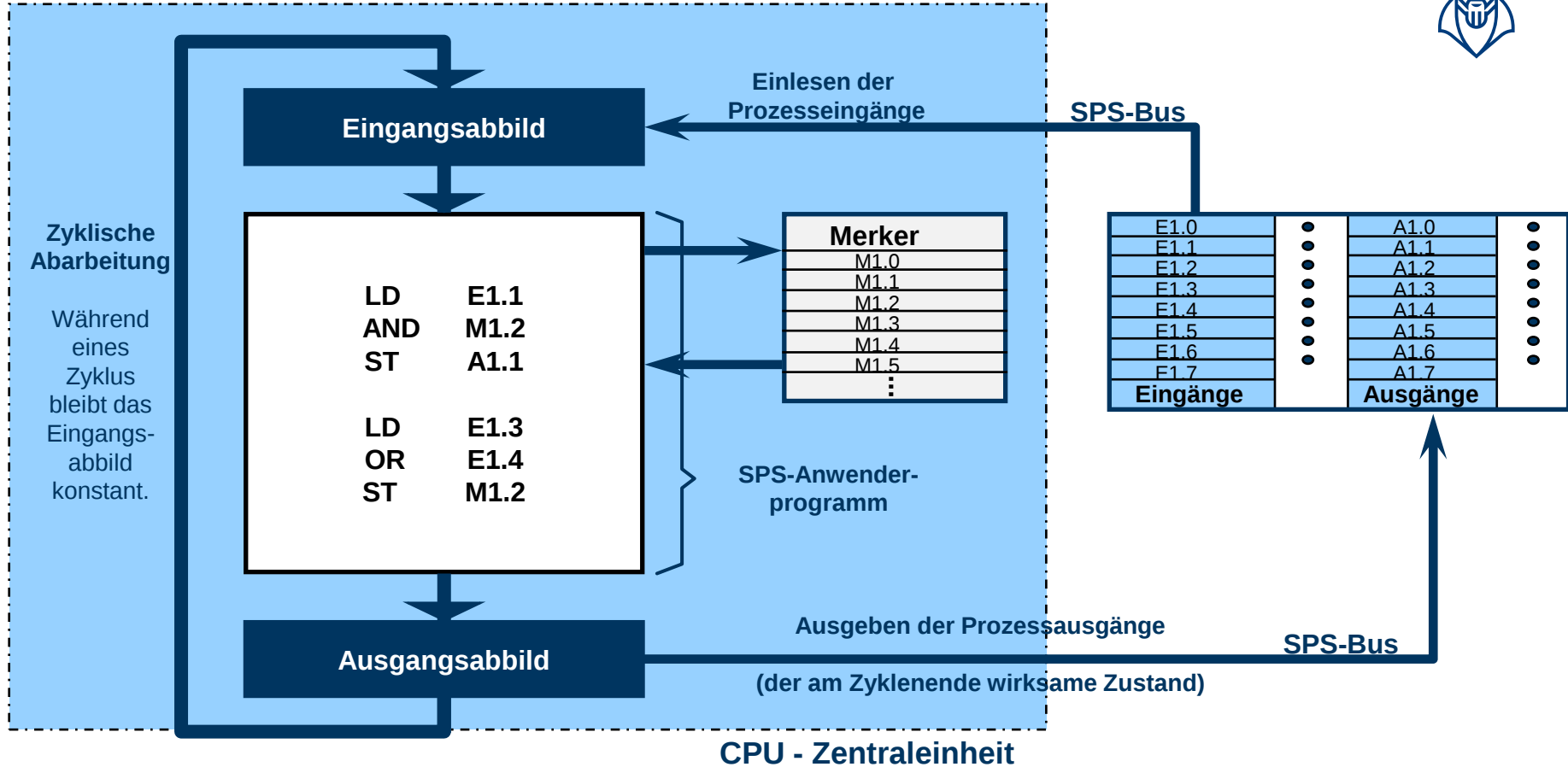
Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme

ZYKLISCHE PROGRAMMABARBEITUNG IN EINER SPS



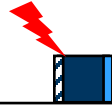
ZEITLICHE MÖGLICHKEITEN DER SPS-PROGRAMMAUSFÜHRUNG



Ereignisorientierte Bearbeitung

▨ Eingangsabbild einlesen
■ SPS-Programmbearbeitung
■ Ausgangsabbild ausgeben

■ SPS-Programmbearbeitung
□ freie Rechenkapazität



Zyklische Bearbeitung in festem Zeitraster

Ausgangsabbild am Zyklusende ausgeben

Ausgangsabbild am Zyklusanfang ausgeben

Dauerbearbeitung



GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Einführung

Funktionsprinzip, zyklische Abarbeitung

SPS-Geräteaufbau und Eigenschaften

SPS-Anwendungsbeispiele

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme

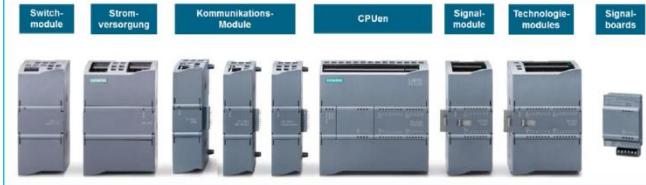


S7-Familie von Kompaktsteuerungen bis modularen Steuerungen

Advanced Controller (S7-1500)



Basic Controller (S7-1200)



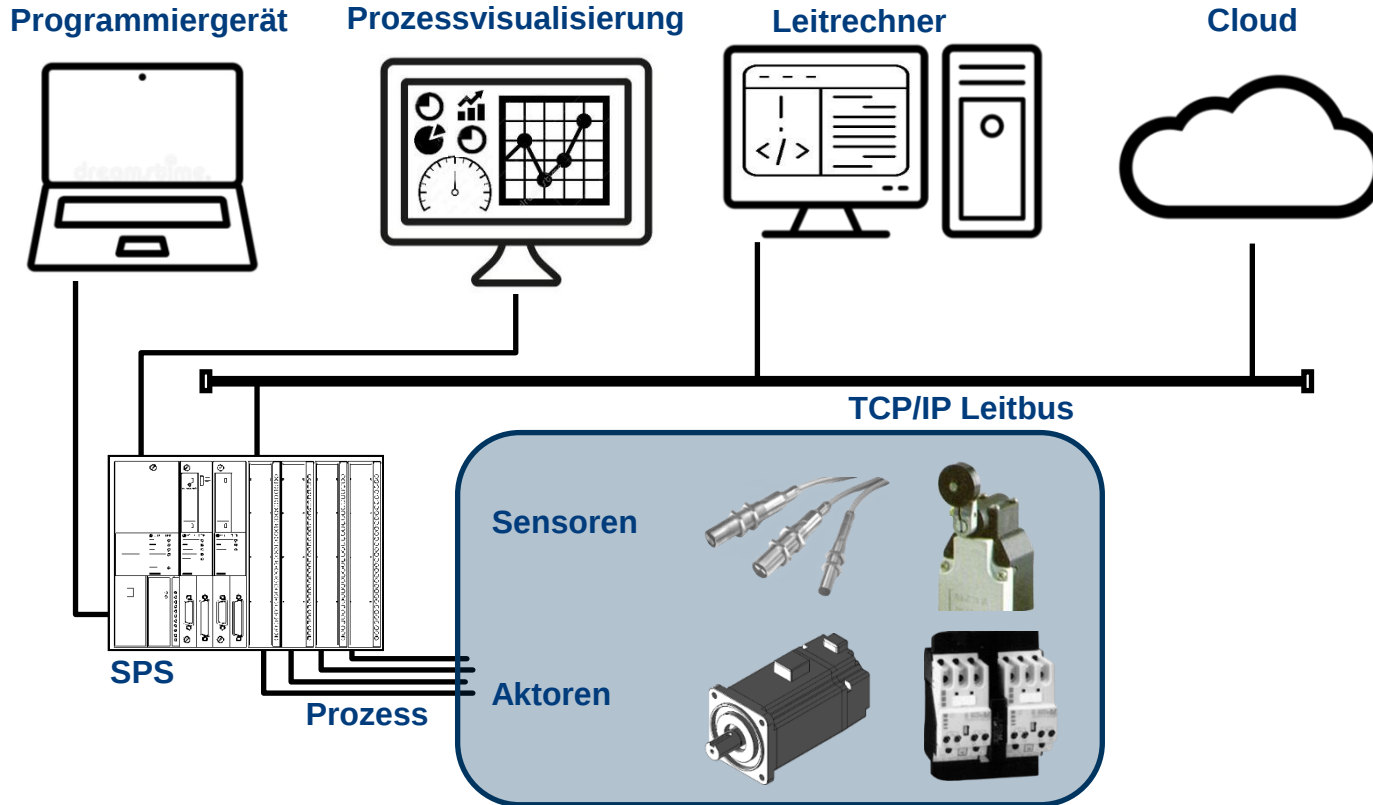
Software Controller S7-1500



Distributed Controller (ET 200SP CPU)

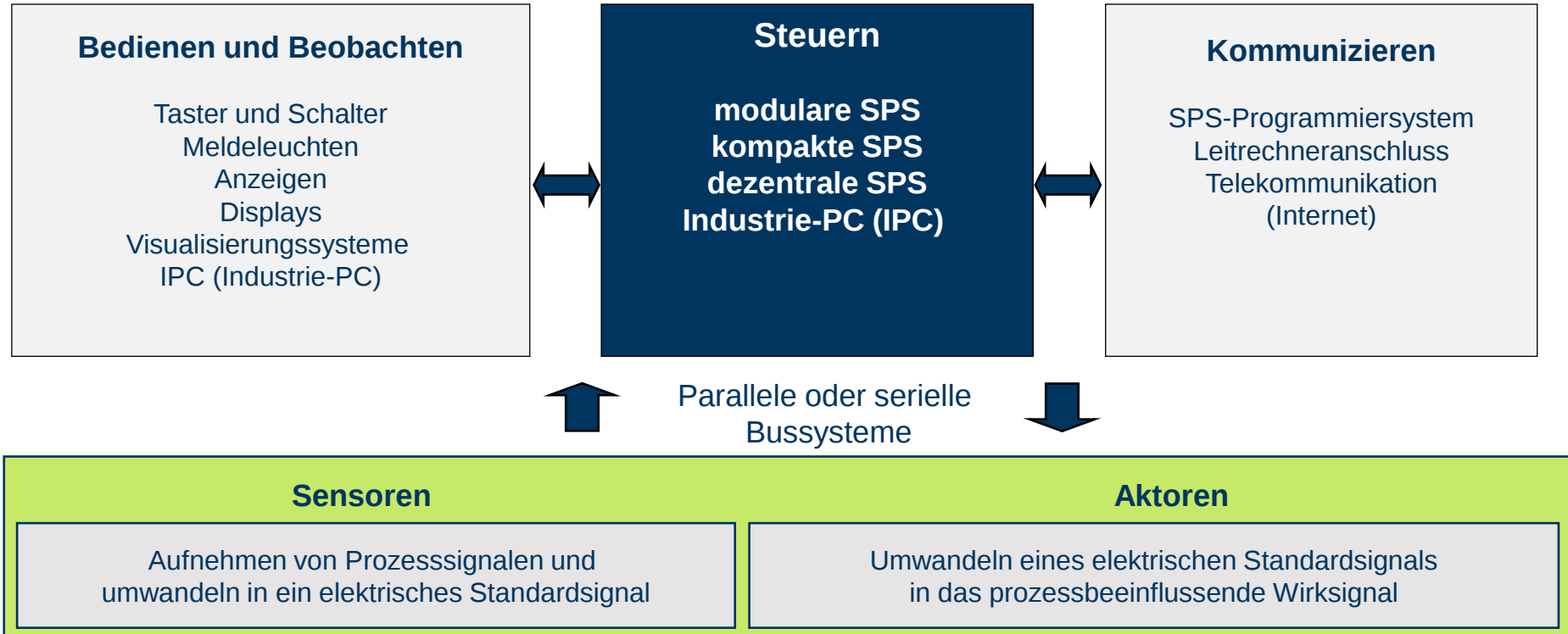


SCHNITTSTELLEN SPEICHERPROGRAMMIERBARER STEUERUNGEN



Quelle: Tyler Gobberdiel a. Imogen Oh from Noun Project

AUTOMATISIERUNGSSTRUKTUR EINER SPS-GESTEUERTEN MASCHINE/ANLAGE



WELCHE EIGENSCHAFTEN ERFÜLLT DIE "IDEALE SPS" (EIN-WORT)?

Enter
Text and
Press
Send

DIE IDEALE SPS



- mechanisch robust durch voll gekapselte Module
- mechanisch kompakt für kleinste Einbauvolumina
- mechanisch robust durch hohe Schock- und Rüttelfestigkeit
- thermisch robust durch hohe zulässige Umgebungstemperatur
- thermisch robust ohne Zwangskonvektion
- elektrisch robust durch hohe EMV-Festigkeit
- elektrisch robust durch hohe Toleranzen für die Stromversorgung
- elektrisch robust durch zerstörungsfreie Peripherieschnittstellen
- beliebige Skalierbarkeit für Prozessperipherie und CPU
- einfachste Anschlusstechnik
- einfache Installation und Konfiguration
- einfachste Programmierung mit Standard-Programmierungswerkzeugen
- wartungsfreier Betrieb
- gute Diagnosemöglichkeiten
- hohe Zuverlässigkeit, hohe Sicherheit
- Unterstützung aller Kommunikationsschnittstellen
- geringster Preis
- langfristige Verfügbarkeit

Die Anforderungen an eine ideale SPS lassen sich nicht in einem System vereinigen. Aus diesem Grund haben sich viele SPS-Anbieter mit verschiedenen Systemen am Markt etabliert.

BEISPIEL ROBUSTHEIT



- Schock- und Schwingungsfestigkeit, Temperatur, Einsatzhöhe und elektrische Störfestigkeit liegen über den von den Normen geforderten Werten.
- Hot-Swap Funktionalität: Der Modulträger ermöglicht das Stecken und Ziehen von Modulen und SD Karte unter Spannung und während des Betriebs.
- Erweiterter Temperaturbereich (-25 °C ... 70 °C) und schutzlackierte Module

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Einführung

Funktionsprinzip, zyklische Abarbeitung

SPS-Geräteaufbau und Eigenschaften

SPS-Anwendungsbeispiele

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme

ANWENDUNGEN SPEICHERPROGRAMMIERBARER STEUERUNGEN (1)



ROBOTERSTEUERUNG



MATERIALTRANSPORT



VERPACKUNGSMASCHINE



ABFÜLLANLAGE

ANWENDUNGEN SPEICHERPROGRAMMIERBARER STEUERUNGEN (2)



- Maschinensteuerung und Anlagenautomatisierung
 - Verknüpfungs- und Ablaufsteuerungen
- Regelungsaufgaben
 - PID-Regler (z.B. Druck, Temperatur)
- Positionierung
 - Lageregelung, Schrittmotoransteuerung
- Berechnungsaufgaben
- Bedien- und Anzeigefunktionen
- Prozessüberwachung und Protokollierung
- Datenarchivierung
- Vernetzung

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Echtzeit- Funktionalität

Multitask-SPS-Betriebssystem

Standard-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme

ANFORDERUNGEN AN EIN ECHTZEIT-MULTITASKING-BETRIEBSSYSTEM



Generelle Betriebssystemfunktionen:

- Bindeglied zwischen Hardware und Anwendersoftware
- Den Anwendungen Ressourcen (Prozessor, Speicher und Geräte) zuweisen

Anforderungen an ein Echtzeit-Betriebssystem:

- Garantierte, maximale Reaktionszeit auf äußere Ereignisse (Rechtzeitigkeit)
- Beginn der Programmausführung nach einer maximal zulässigen Zeit (Latenzzeit)
- Beendigung von Aufgaben innerhalb einer bestimmten Zeit, Einhaltung der „Deadline“
- Verwaltung zyklisch wiederkehrender Aufgaben
- Verwaltung unterschiedlicher Prioritäten von Ereignissen und Aufgaben
- Hohe Zuverlässigkeit

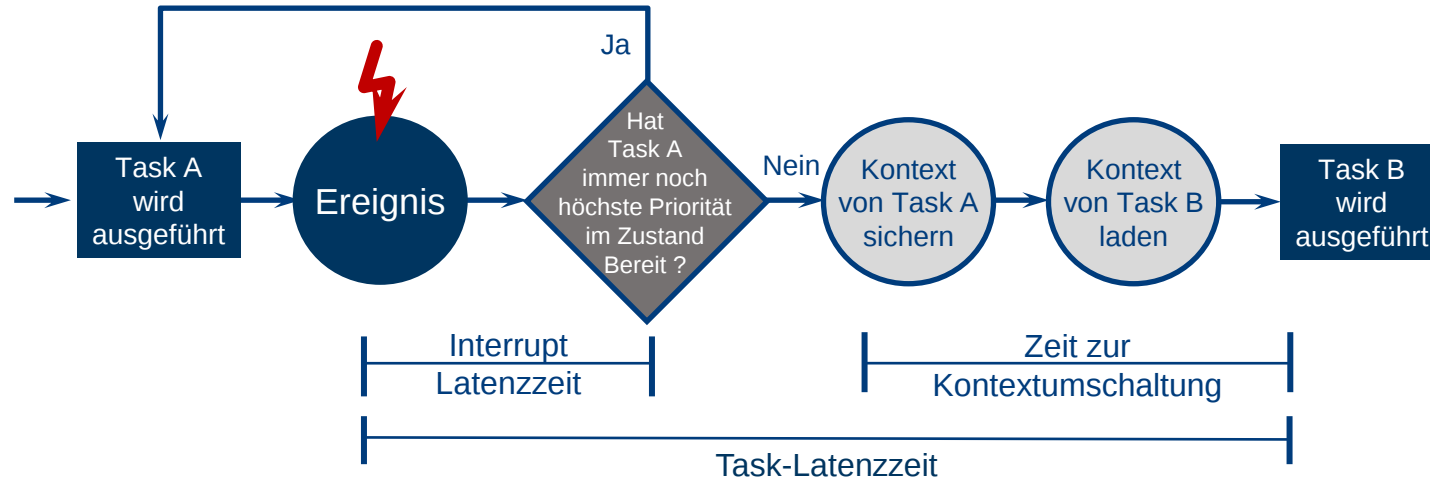


Begriff	Bedeutung
Echtzeit-bearbeitung	Bearbeitung, bei der das Programm synchron zum Prozess läuft. Die Reaktionszeit des Rechners muss deterministisch sein und innerhalb einer angemessenen Reaktionszeit des Prozesses liegen (garantiert rechtzeitige Reaktionen).
Echtzeit, harte/weiche	Bei harter Echtzeit müssen Zeitschranken (Deadlines) unbedingt eingehalten werden. Bei weicher Echtzeit ist deren Überschreitung in gewissen Grenzen erlaubt, ohne dass das System funktionsuntüchtig wird.
Task	In einem Echtzeitbetriebssystem definieren zyklisch aktivierte und ereignisaktivierte Tasks das Zeitverhalten des Systems. In einer Task werden Programme instanziiert und ausgeführt. Tasks können sich in verschiedenen Zuständen befinden (<i>bereit</i> , <i>ausgeführt</i> , <i>wartend</i> und <i>ruhend</i>). Tasks laufen unabhängig voneinander, sie können allerdings miteinander kommunizieren, sich auch gegenseitig starten und anhalten.
Multitasking	Verarbeitung einer Vielzahl konkurrierender, quasiparalleler Tasks
Multitasking (kooperativ)	Verfahren, bei dem Tasks nur unterbrochen werden können, wenn sie dazu bereit sind. Unkooperative Tasks können dabei das ganze System anhalten. Daher ist dieses Verfahren nicht für Echtzeit geeignet (Beispiel: Office-Betriebssysteme).
Multitasking (preemptiv)	Verfahren, bei dem Tasks jederzeit unterbrochen werden können. Es ist für die harte Echtzeitverarbeitung geeignet. (Preemption = Taskverdrängung)
Scheduler	Der Scheduler entscheidet, welche Task als nächstes laufen darf und schaltet zwischen den Tasks um.
Preemptive Scheduling	Prioritätsgesteuertes Zuteilen der CPU zu den Tasks mit Unterbrechung laufender Tasks

TASK-LATENZZEIT UND CONTEXT SWITCHING



- Jede Task erhält ihren eigenen Kontext (Umgebung) vom Betriebssystemkern zugeteilt. Zum Kontext gehören die CPU-Umgebung (Rechenregister, Adressregister, Statusregister) und die Systemressourcen.
- Für eine schnelle Reaktion des Rechners auf ein Ereignis ist die Interrupt-Latenzzeit und die Zeit für die Kontextumschaltung von wesentlicher Bedeutung.





Begriff	Bedeutung
Interrupt	Unterbrechungsanforderung des Programmablaufes durch ein internes oder äußeres Ereignis
Task-Latenzzeit	Zeitspanne vom Eingang der Startanforderung für eine Task bis zum Übergang in den Zustand "Ausführung"
Interrupt-Latenzzeit	Zeitspanne vom Eintritt eines Interrupts bis zur kontrollierten Übernahme durch eine Interrupt-Behandlungsroutine (Scheduler)
Context Switching	Kontextumschaltung; Wechsel von einer Task zur nächsten
Ressourcen	Alle Hilfsmittel, die ein Programm zur Erfüllung seiner Aufgaben benötigt (Dateien, Bussystem, Hauptspeicher, Datenbereiche, Rechenzeit)
Semaphore	Flag zur Synchronisation von Zugriffen auf gemeinsame Ressourcen (aus dem griechischen Wort Signal).
Mutual Exclusion	Synchronisationsverfahren, bei dem Systemdienste der Taskverwaltung wechselseitig durch Semaphoren gesperrt werden.

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Echtzeit- Funktionalität

Multitask-SPS-Betriebssystem

Standard-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Echtzeit- Funktionalität

Multitask-SPS-Betriebssystem

Standard-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Bussysteme



Trend zur Nutzung standardisierter Betriebssysteme

- 😊 Bekannte grafische **Benutzeroberflächen** aus dem Bürobereich werden auch in der Fertigung gefordert (Anspruch, Akzeptanz, Vertrautheit, Schulungsaufwand).
- 😊 Leistungsstarke Büro-Rechner ermöglichen **preiswerte Hochleistungssteuerungen** mit hoher HW-Innovationsrate. (Leistungsfähige SPS-CPU's sind meist deutlich teurer als ein Büro-PC)
- 😊 Durch die Entwicklung der **Feldbussysteme** ist eine preiswerte industrielle Ankopplung der Sensorik und Aktorik an die PC-Hardware möglich geworden.
- 😊 Skalierbare Windows-Betriebssysteme (CE) mit der gleichen grafischen Bedienoberfläche. Durch den Preisverfall bei den FLASH-Speichern sind **keine mechanisch bewegten Massenspeicher** erforderlich.
- 😊 Microsoft entwickelt oberhalb der Feldbusebene mit dem **OPC-Standard** Aktivitäten zur Kommunikation im industriellen Bereich (OLE for Process-Control).
- 😊 **Durchgängige** einheitliche Programmierschnittstellen und damit Austauschbarkeit von SW-Lösungen (Lösungen auch von Drittanbietern erhältlich).
- 😊 Ausgereifte **preiswerte Entwicklungswerkzeuge** mit einem hohen Bekanntheitsgrad (Entwicklungskapazitäten ohne Schulungsaufwand weltweit verfügbar).
- 😞 **Problem beim Windows-Einsatz im industriellen Bereich:**
Die fehlende harte Echtzeitfähigkeit verhindert die Anwendung der Windows Betriebssysteme im Steuerungsbereich. Windows CE ist in Steuerungsanwendungen noch nicht sehr verbreitet.

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

SPS-Bauformen

SPS-Zentraleinheit

SPS Programmierung

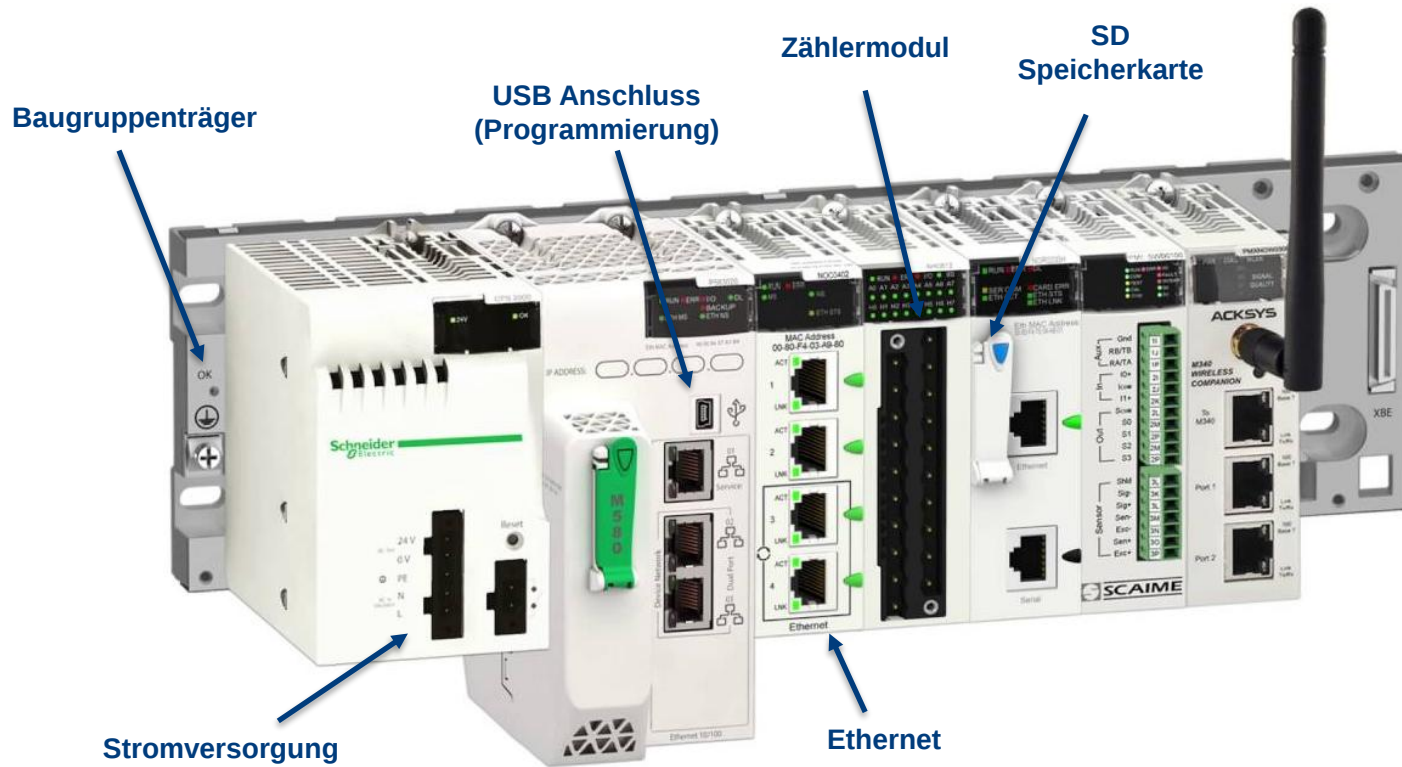
Bussysteme



Speicherprogrammierbare Steuerungen werden modular aufgebaut, um sie an die unterschiedlichsten Aufgaben einfach anpassen zu können.

- **Skalierbarkeit der CPU-Leistung**
 - (Prozessor, Multi-Master, Master Slave)
- **Skalierbarkeit des Speicherausbaus**
 - (Speicherart und –kapazität)
- **Art der Prozessinterfaces**
 - (digital, binär, analog)
- **Skalierbarkeit der Prozessinterfaces**
 - (Gesamtanzahl, Kanäle je Modul)
- **Kommunikationsinterfaces**
 - (Punkt-zu-Punkt, Feldbusse, Sensor-/Aktorbusse, TCP/IP, ...)

SCHNEIDER ELECTRIC: MODICON M580 (1)



Quelle: SCHNEIDER ELECTRIC

SCHNEIDER ELECTRIC: MODICON M580 (2)



Leistungsprofil der Modicon M580

- Leistungsprofil:
 - 30.000 Anweisungen/ms
 - 16 MB Programmspeicher
- Kompakte Lösungen
 - Online-Funktionalität über USB-Port im Prozessor-Modul (Programmierung, Programm Up- und Download, Debugging)
 - Anschluss und Versorgung von Bedienterminal über USB
 - Ethernet TCP/IP Port und CANopen Master im Prozessor-Modul
- Umfangreiche Funktionsbibliothek (Funktionen und Funktionsbausteine)
- Fernzugriff auf alle Funktionen (Remote Service)
- Robust: Werte für Schock, Vibration, EMV und Temperatur liegen über den NORM-Anforderungen der IEC 1131

Quelle: SCHNEIDER ELECTRIC

BAUFORMEN VON STEUERUNGEN



- Industrie-PC (Standardrechner) mit dezentraler E/A
- Industrie-PC mit Slot-SPS und dezentraler E/A
- SPS-CPU mit Industrie-PC Funktionalität
- Modulare Steuerung mit dezentraler E/A
- Vernetzte, modulare Steuerung



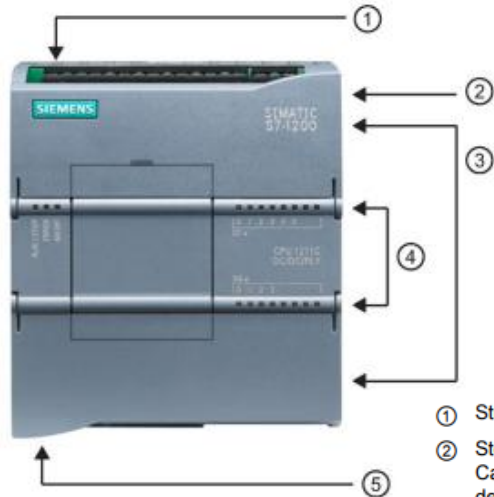
Zentrale, modulare Steuerung

- Kompaktsteuerung
- Vernetzte Kompaktsteuerung
- Integrierte Kompaktsteuerungen (z.B. Ventilinsel, HMI)
- Klemmensteuerung



Quelle: HMI Bedieneinheit

KOMPAKTSTEUERUNG SIMATIC S7-1200 MIT ANSCHLUSSBELEGUNG

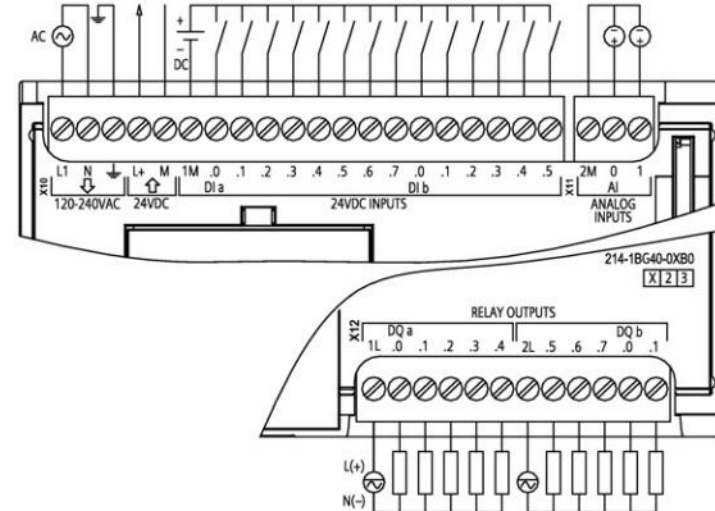


- ① Stromanschluss
- ② Steckplatz für eine Memory Card unter der oberen Abdeckklappe
- ③ Steckbarer Klemmenblock für die Anwenderverdrahtung (hinter den Abdeckklappen)
- ④ Status-LEDs für die integrierten E/A
- ⑤ PROFINET-Anschluss (auf der Unterseite der CPU)

Stromversorgung
(AC 85...264 V)

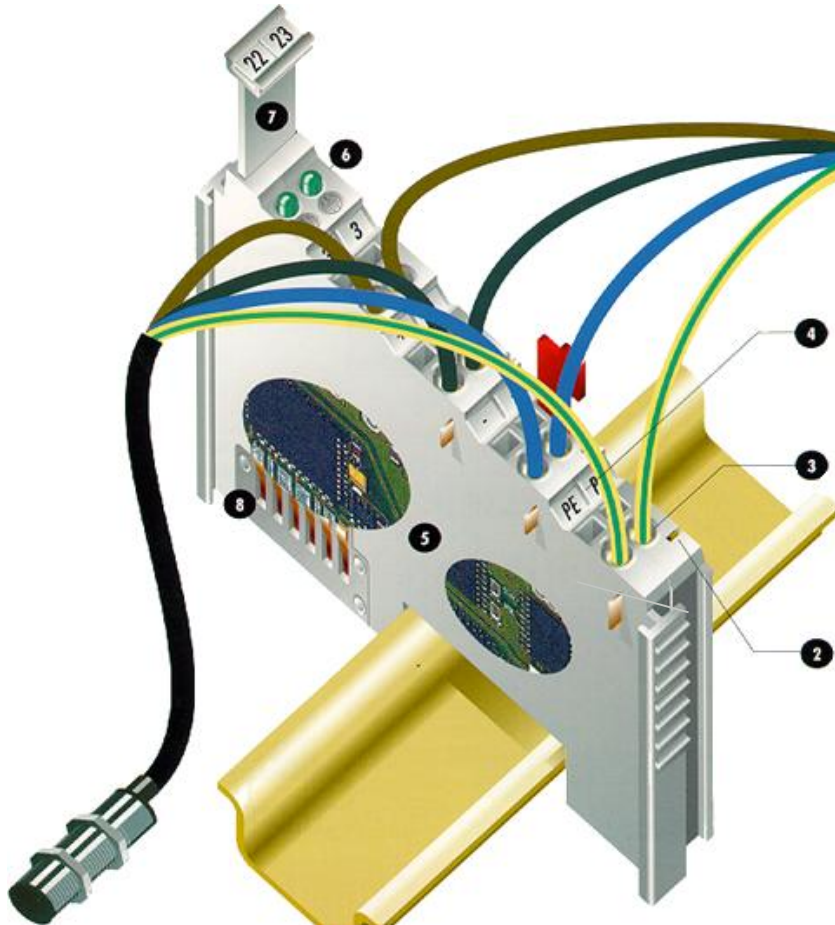
14 Eingänge (DC 15...30 V)

DC 24 V für
Eingangsgeber
oder Erweiterungs-
module (280 mA)



10 Relais-Ausgänge (DC 20,4...28,8 V)

Quelle: SIEMENS



Modular aufgebaute SPS

- 1 - 4-Leiter-Anschlußtechnik (Signal, +24V, 0 V, Schutzleiter)
- 2 - Brückung der Leistungsstromversorgung durch Power-Kontakte zwischen den Klemmen
- 3 - CAGE CLAMP Anschlusstechnik
- 4 - Beschriftungsfelder für Kontaktbeschriftung
- 5 - Potentialtrennung zwischen Ein-/Ausgangselektronik und Bus
- 6 - Signalstatus wird durch LED angezeigt
- 7 - herausziehbare Lasche für Klartext- und Gruppenbeschriftung
- 8 - K-Bus erkennt, adressiert und aktiviert Klemme und transportiert Daten zum Buskoppler. Keine Adress- und Konfigurationseinstellung notwendig.

Quelle: BECKHOFF

KLEMMEN-SPS-SYSTEM AUF HUT-SCHIENE



CPU

Signalzusammenstellung:

- 1 Stromversorgungsklemme
- 6 digitale Eingänge, 24V DC, 3ms
- 6 digitale Ausgänge, 24V DC, 0.5A
- 2 Zählereingänge
- 4 analoge Eingänge, +/-10V

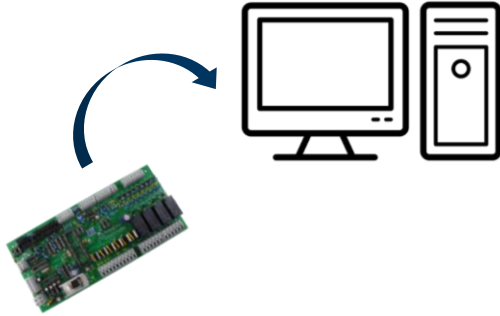
Quelle: BECKHOFF

INTEGRIERTE SPS: BEISPIEL ANLAGE UND BEDIENGERÄT

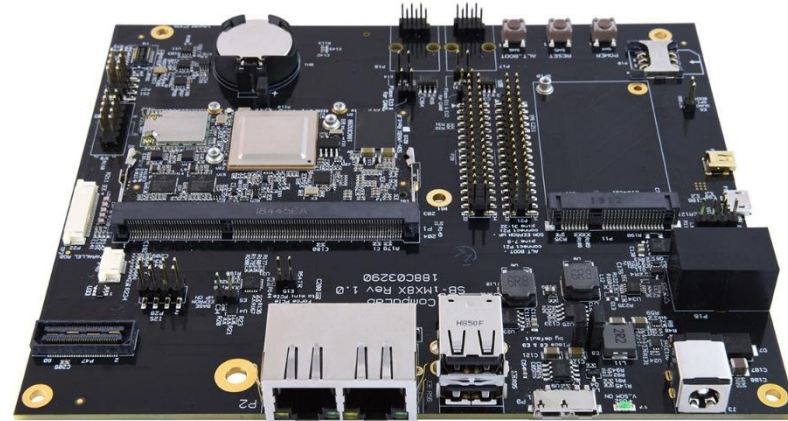
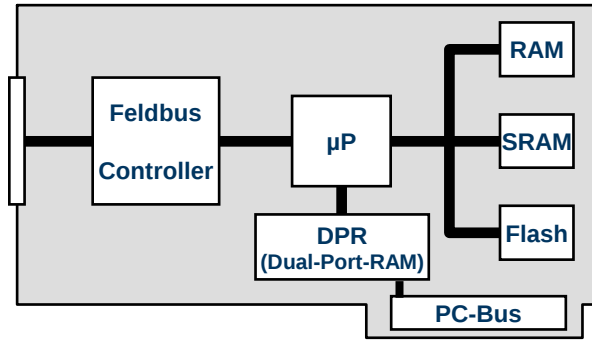


Quelle: [Automatisierte Herstellung von Testkartuschen](#), B&R

INTEGRATION DER SPS IN EINEN PC



- Basis des Steuerungssystems ist ein Standard- oder Industrie-PC (IPC)
- durch Einsteckkarten kann die SPS die Ressourcen des PC nutzen (PC-Busanschluss, Netzversorgung, Gehäuse)
- PC-Sonderbauformen



Quelle: PHOENIX CONTACT, Imogen Oh from Noun Project

WIE VIELE KLASSISCHE SPS-PROGRAMMIERSPRACHEN GIBT ES?

POLL
OPEN



1. Jeder Hersteller benutzt eine eigene
2. SPS beherrschen nur eine Programmiersprache
3. SPS beherrschen üblicherweise vier Programmiersprachen
4. SPS beherrschen jede Hochsprache
5. Das weiß ich leider nicht

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

Textsprachen

Grafische Sprachen

Bussysteme

WAS SIND GÄNGIGE KOMPONENTEN MIT DENEN EINE SPS KOMMUNIZIERT?

Enter Text
and Press
Send



Übersicht über die **Programmiersprachen** nach IEC 61131:

Textsprachen

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| ■ Anweisungsliste (AWL) | <i>Instruction List (IL)</i> |
| ■ Strukturierter Text (ST) | <i>Structured Text (ST)</i> |

Grafische Sprachen

- | | |
|----------------------------------|--|
| ■ Kontaktplan (KOP) | <i>Ladder Diagram (LD)</i> |
| ■ Funktionsbausteinsprache (FBS) | <i>Function Block Diagram (FBD)</i> |
| ■ Ablaufsprache (AS) | <i>Sequential function Chart (SFC)</i> |

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

Textsprachen

Grafische Sprachen

Bussysteme



- **Sprache nach DIN EN 61131-3**
 - Optimierte für die SPS-Programmierung
 - Enthält Sprachelemente aus PASCAL
 - Ergänzt um typische SPS-Elemente, wie Ein-/Ausgänge, Zeitglieder und Zähler
- **Verwendung:**
 - Programmierung komplexer Algorithmen
 - Programmierung mathematischer Funktionen
 - Prozessoptimierung

ANWEISUNGSLISTE (AWL)



- Assemblerähnliche Textsprache
- Aus den Anfangszeiten der SPS mit geringer Rechenleistung
- In Europa insbesondere für ältere Steuerungen verbreitet
- Jede Zeile enthält eine Anweisung und einen Operanden
- Schnell lange Anweisungslisten notwendig
- Schnell unübersichtlich und schwer zu warten

```
LD    %IX0.1    // lade ersten Eingang in Arbeitsregister
AND   %IX0.2    // lade zweiten Eingang mit UND Verknüpfung
ST    %QX0.2    // speichere Ergebnis im zweiten Ausgang
```

STRUKTURIERTER TEXT (ST)



- Hochsprache mit Ähnlichkeit zu C / Pascal
- Bessere Strukturierung und Modularisierung möglich

```
VAR                                (* Deklaration von Variablen *)
    SchalterL AT %IX0.1 : BOOL;
    SchalterR AT %IX0.2 : BOOL;
    Presse      AT %QX0.1 : BOOL;
END_VAR

IF (SchalterL = 1 AND SchalterR = 1) THEN (* Möglichkeit 1 *)
    Presse := 1;
ELSE
    Presse := 0;
END_IF

Presse := SchalterL & SchalterR;      (* Möglichkeit 2 *)
```

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

Textsprachen

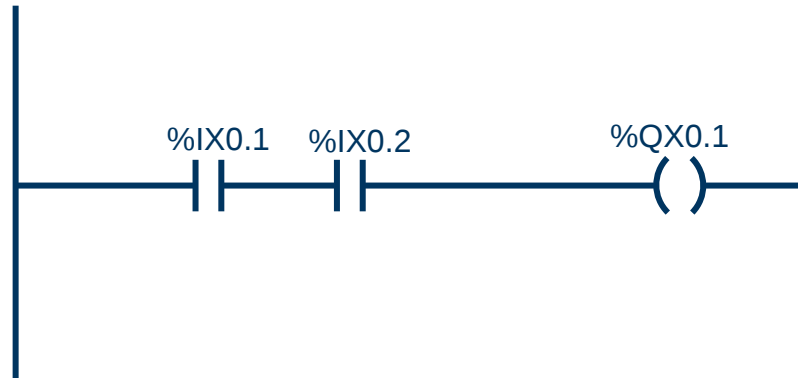
Grafische Sprachen

Bussysteme

Kontaktplan (KOP)



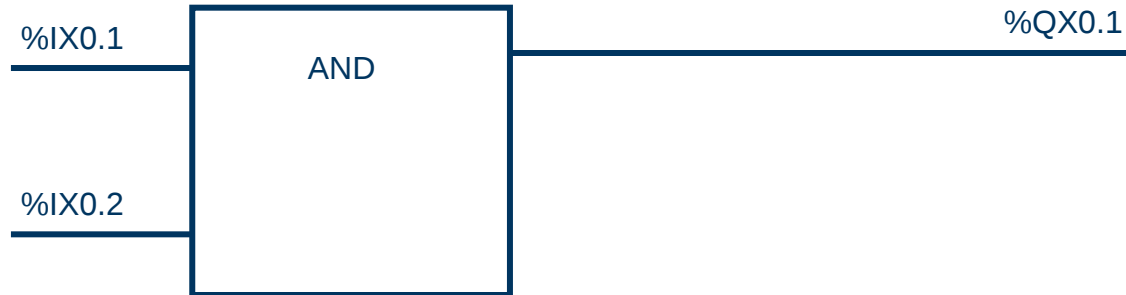
- Graphische Programmiersprache
- Insbesondere im amerikanischen Raum verbreitet
- Darstellung an Stromlaufpläne angelehnt
- Verarbeitung von links nach rechts



FUNKTIONSBAUSTEIN-SPRACHE (FBS)



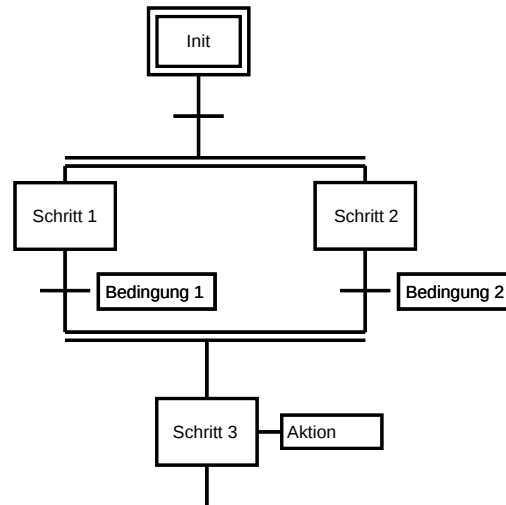
- Auch als Funktionsplan (FUP) bezeichnet, insb. bei Step 7
- Grafische Programmiersprache
- Relativ einfach zu beherrschen
- Übersichtlich



ABLAUFSPRACHE (AS)



- Graphische Programmiersprache
- Darstellung an Petri-Netze angelehnt
- Übersichtliche Darstellung von Prozessabläufen
- Einsatz als übergeordnete Programmablaufsteuerung



VERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER IMPLEMENTIERUNGEN (1)



Vergleich IEC 61131 (CoDeSys) mit Siemens Step 7:

Anweisungsliste (AWL)

LD	%IX0.0	U	E	0.0
AND	%IX0.1	U	E	0.1
ORN	%IX0.2	ON	E	0.2
ST	%QX4.0	=	A	4.0

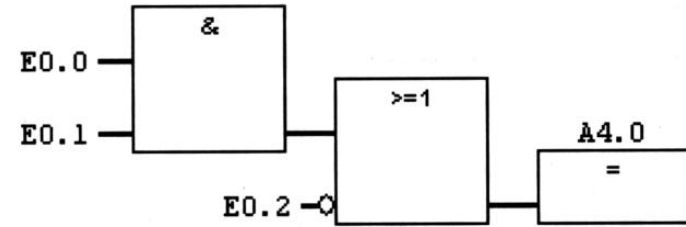
Strukturierter Text (ST), (SCL bei Step 7)

```
%QX4.0 := %IX0.0 AND %IX0.1 OR NOT      A4.0 := E0.0 AND E0.1 OR NOT E0.2 ;  
%IX0.2 ;
```

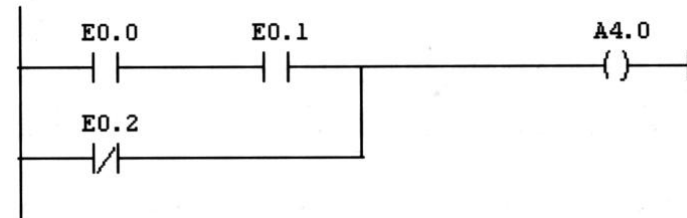
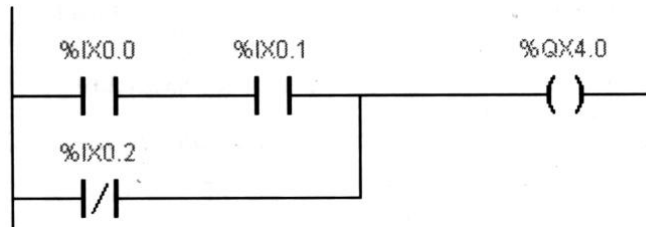
VERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER IMPLEMENTIERUNGEN (2)



Funktionsbausteinsprache (FBS), (FUP bei Step 7)



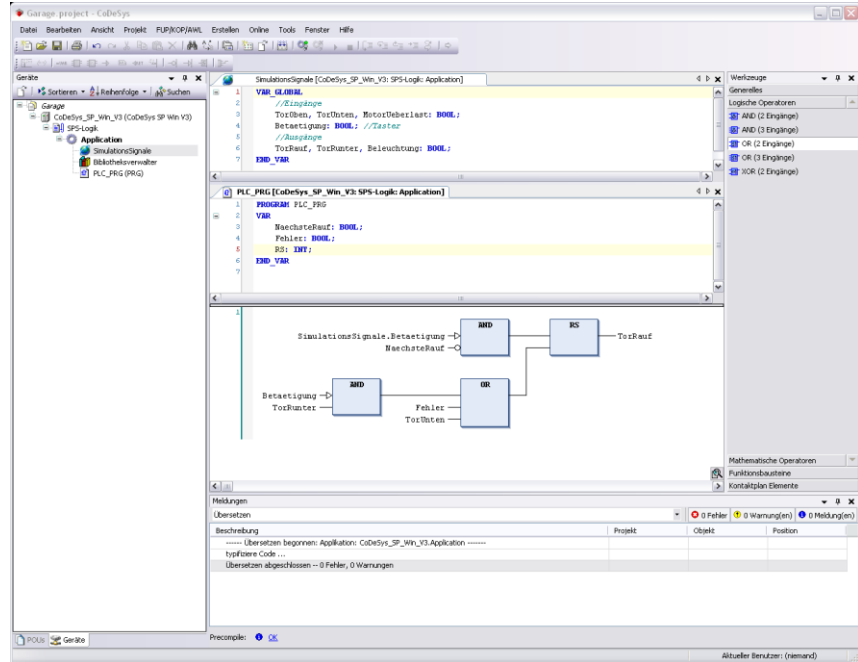
Kontaktplandarstellung (KOP)



ENTWICKLUNGSUMGEBUNG FÜR SPS PROGRAMME



- Unterschiedliche Implementierungen der IEC 61131
- Übersetzung für Hardware proprietär
- Portabilität daher eingeschränkt
- **Beispiele:**
 - Step 7 (Siemens)
 - CoDeSys (Beckhoff, Bosch-Rexroth, ...)
 - GX IEC Developer (Mitsubishi)



GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Grundlagen zu Bussystemen

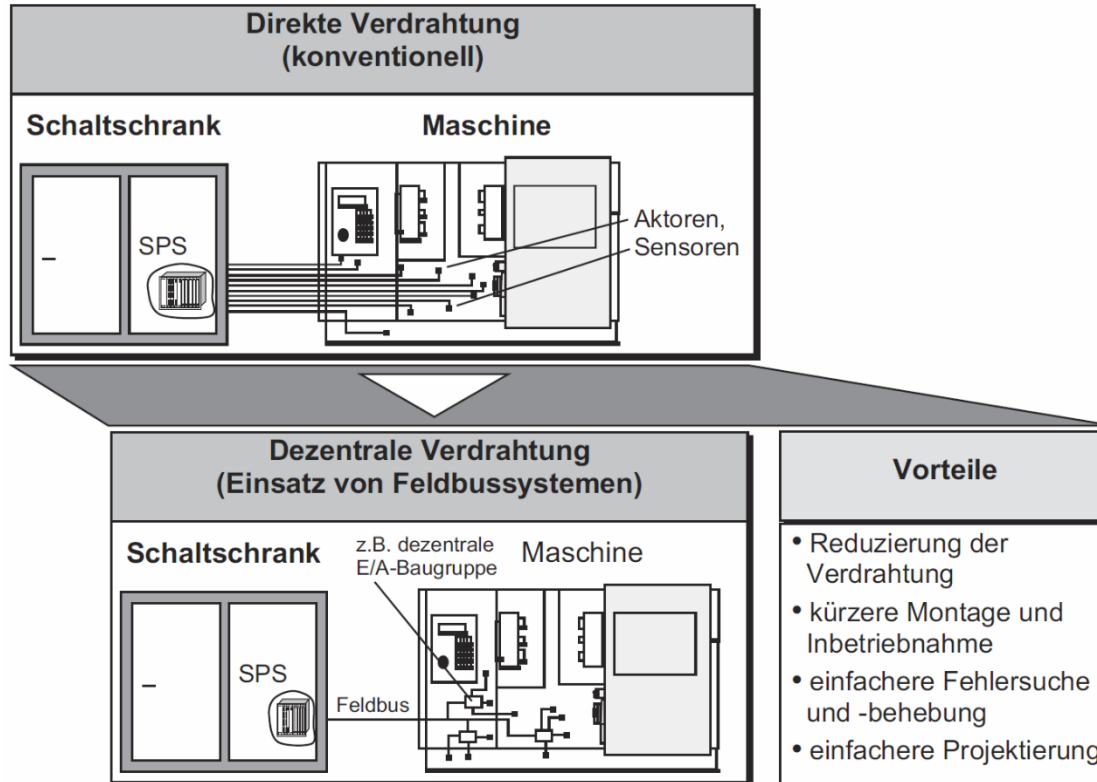
Kommunikationsstrukturen

Beispiele für Bussysteme

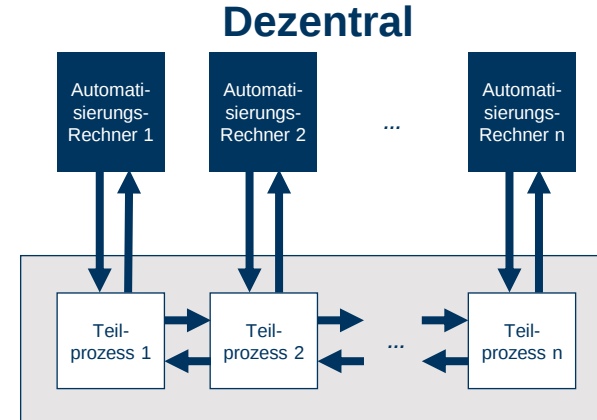
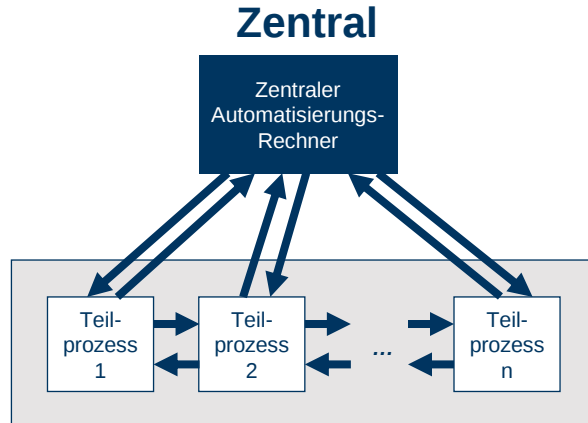
Sichere Bussysteme

Elektrische Verbindungen und Energieversorgung

VERGLEICH DIREKTE UND DEZENTRALE VERDRAHTUNG



ZENTRALE VS. DEZENTRALE AUTOMATISIERUNG



[Quellen: app-in-die-geschichte.de; B&A Online]



■ Dezentralisierung:

- Zerlegung der Automatisierungs-/Steuerungssysteme in Module
- Module werden dort eingebaut, wo lokal benötigt
- Vernetzung durch Bussystem zu einem Gesamtsystem
- Komponenten können Intelligenz besitzen oder lediglich als Peripherie Ein- und Ausgänge bereitstellen



- Beispiel: SPS-Vernetzung Siemens S7 mit Feldbus Profibus-DP

[Quelle: Siemens, Farnell]

ALLGEMEINE MERKMALE VON FELDBUSSEN



- Ein Bussystem ermöglicht die Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern auf einem Übertragungsweg (IEC 60050).
- Feldbusse sind genormt in der IEC 61158.

Feldbusse	
Vorteile	Nachteile
▪ Weniger Verkabelung, kleinere Schaltschränke ▪ Geringerer Planungs- und Installationsaufwand ▪ Eigendiagnose-Funktionen verkürzen Fehlersuche ▪ Höhere Zuverlässigkeit und bessere Verfügbarkeit ▪ Schutz vor Störungen (insb. gegenüber Analogwerten) ▪ Offene Feldbusse vereinheitlichen Datenübertragung und Geräteanschluss ▪ Erweiterungen oder Änderungen sind einfach durchzuführen	▪ Komplexeres System ▪ Höherer Preis

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Grundlagen zu Bussystemen

Kommunikationsstrukturen

Beispiele für Bussysteme

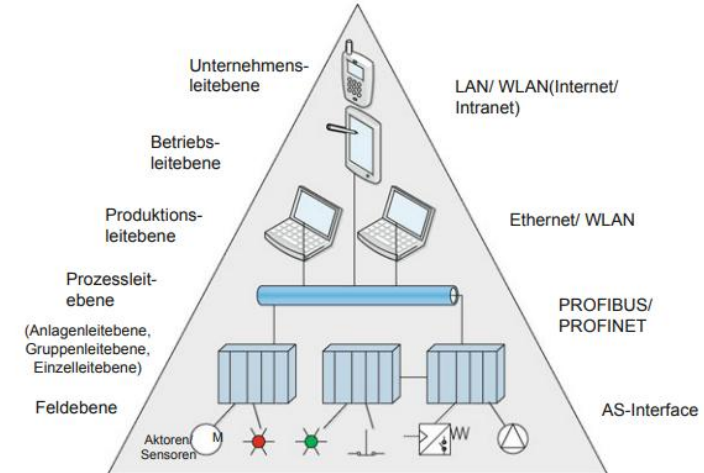
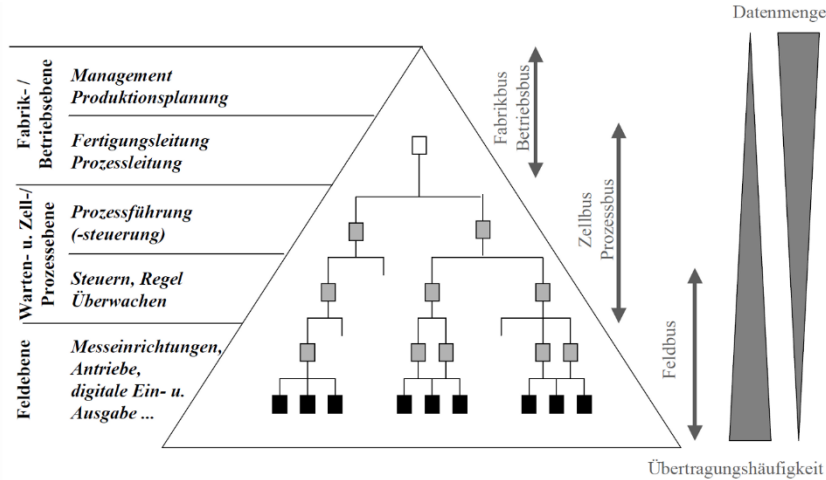
Sichere Bussysteme

Elektrische Verbindungen und Energieversorgung

WARUM WIRD DIE KOMMUNIKATIONS-TECHNIK IMMER BEDEUTENDER (EIN-WORT)?

Enter Text
and Press
Send

KOMMUNIKATIONSPROZESSE UND VERWENDETE BUSSYSTEME



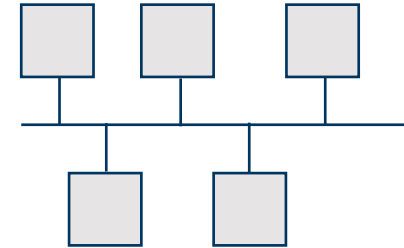
TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (1)



- Bestimmen die Hardware und die Zugriffsmethoden
- Haben Einfluss auf Übertragungsgeschwindigkeit und Datendurchsatz

Linienbus-Topologie

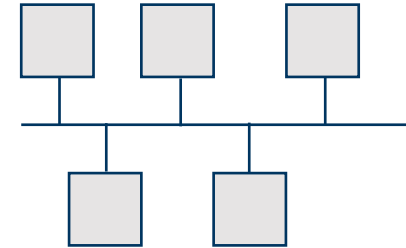
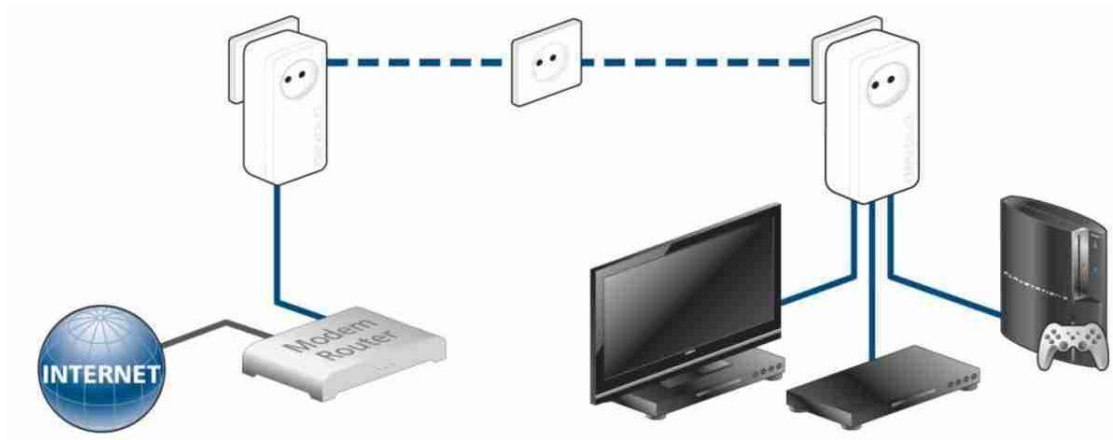
- Eine gemeinsame Leitung, Ausfall des Netzes nur durch Trennung des Zentralen Kabels
- Keine zentrale Steuerkomponente → Steuerung sitzt in den einzelnen Stationen
- Nachrichten werden an die Adresse des Empfängers und Senders geschickt, nicht adressierte Station ignorieren die Nachricht
- Vorteile: Einfache Ankopplung, einfach zu realisieren, Ausfall eines Teilnehmers hat keine Auswirkung auf den Rest
- Nachteile: Endliche Buslänge begrenzte Teilnehmerzahl, Vergabe von Identifikationen nötig



TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (2)



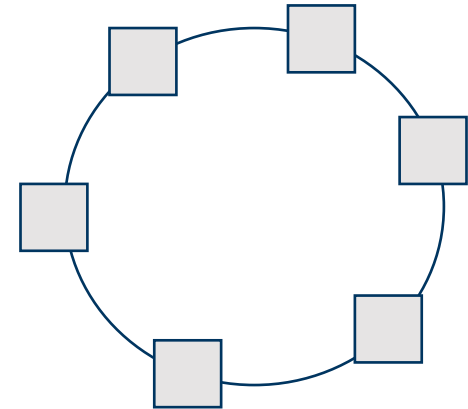
Linienbus-Topologie





Ring-Topologie

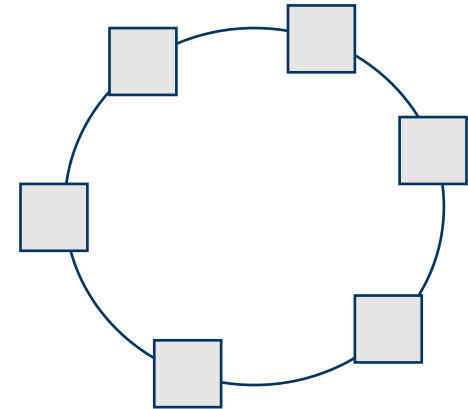
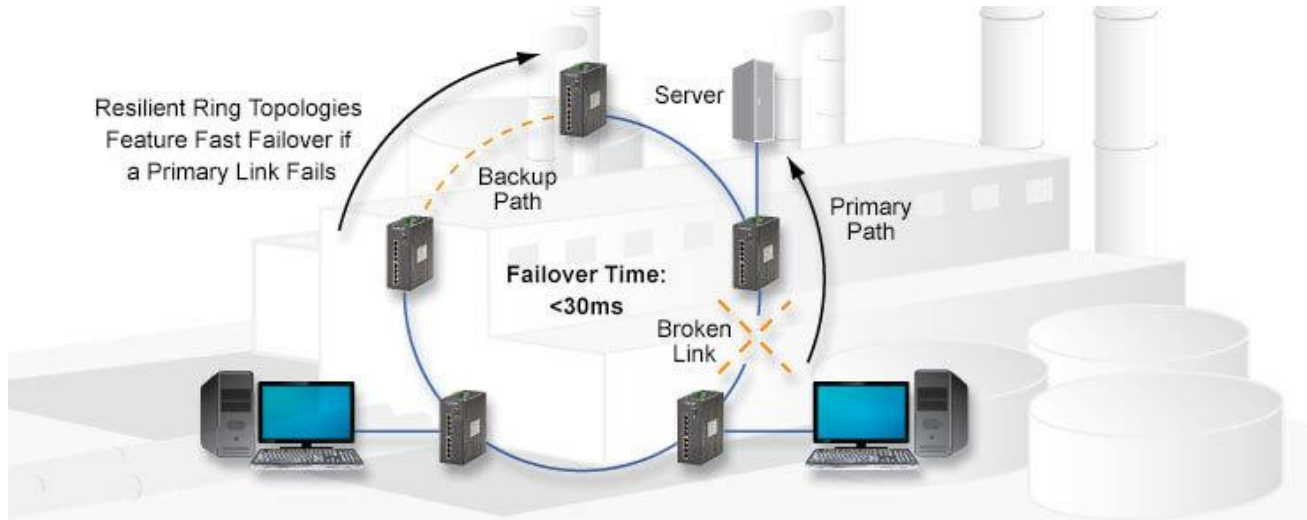
- Geschlossene Kette von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen: An jeder Station ein ankommendes und ein abgehendes Kabel
- Keine aktive Netzwerk-Komponente, Steuerung durch die Stationen selber
- Ausfall bei Unterbrechung des Kabels an einer einzigen Stelle
- Vorteile: Realisierbarkeit ausgedehnter Netzwerke, einfache Teilnehmer-Identifizierung
- Nachteile: Betriebsunterbrechung beim Hinzufügen von neuen Teilnehmern, Ausfall des gesamten Netzes bei Ausfall eines einzelnen Teilnehmers



TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (4)



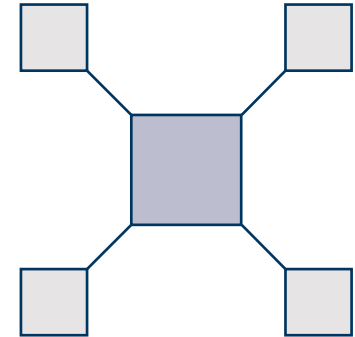
Ring-Topologie





Stern-Topologie

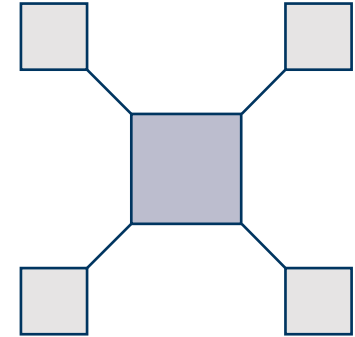
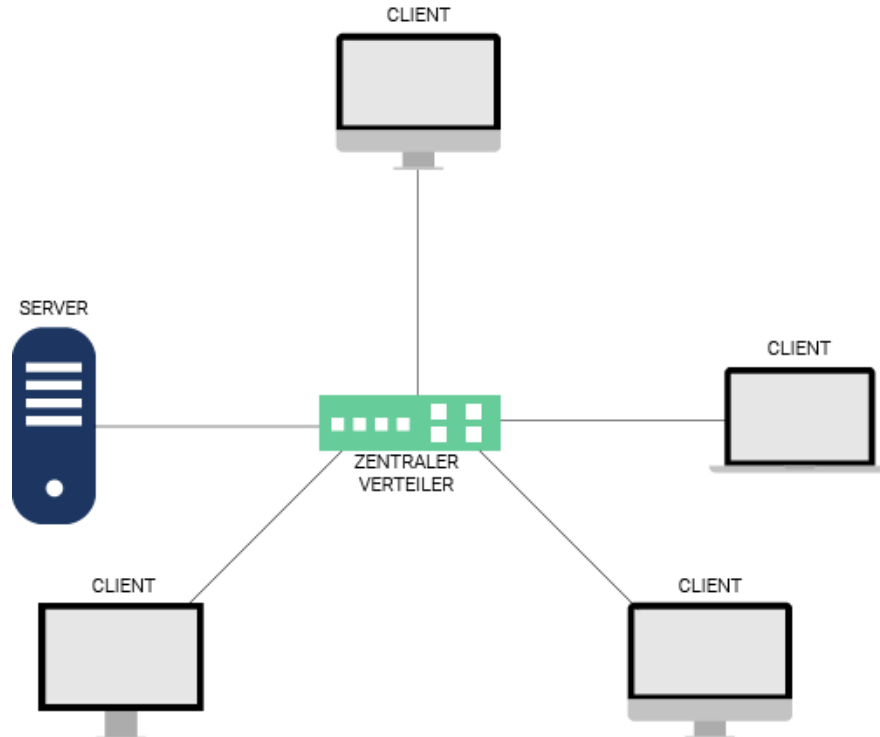
- Eine zentrale Station, an den alle Teilnehmer einzeln angeschlossen sind
- Zwei Möglichkeiten der Steuerung: Zentrale nur zur Verteilung der Nachrichten, oder vollständige Steuerung der Kommunikation
- Vorteile: Verbindung von jedem Teilnehmer zu jedem Anderen, einfache Erweiterbarkeit
- Nachteile: Beim Ausfall der Zentrale fällt das gesamte Netz aus, hohe Schnittstellen-Anzahl der Zentrale



TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (6)



Stern-Topologie

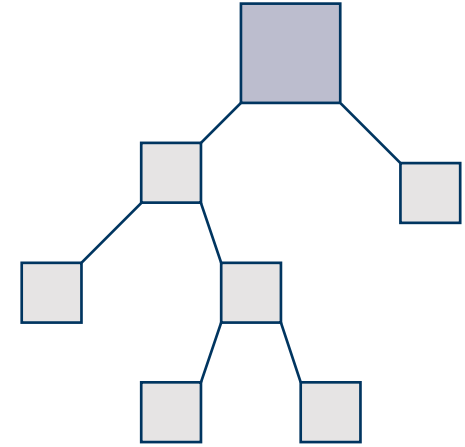


[Quelle: Sehen Design]



Baum-Topologie

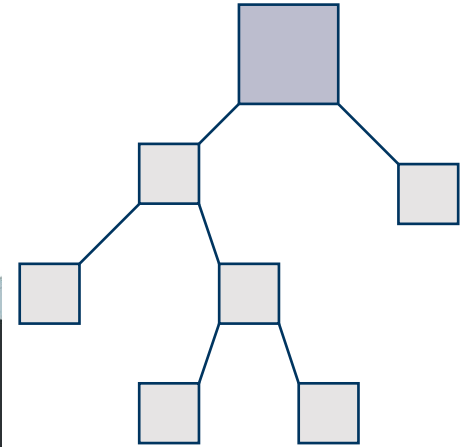
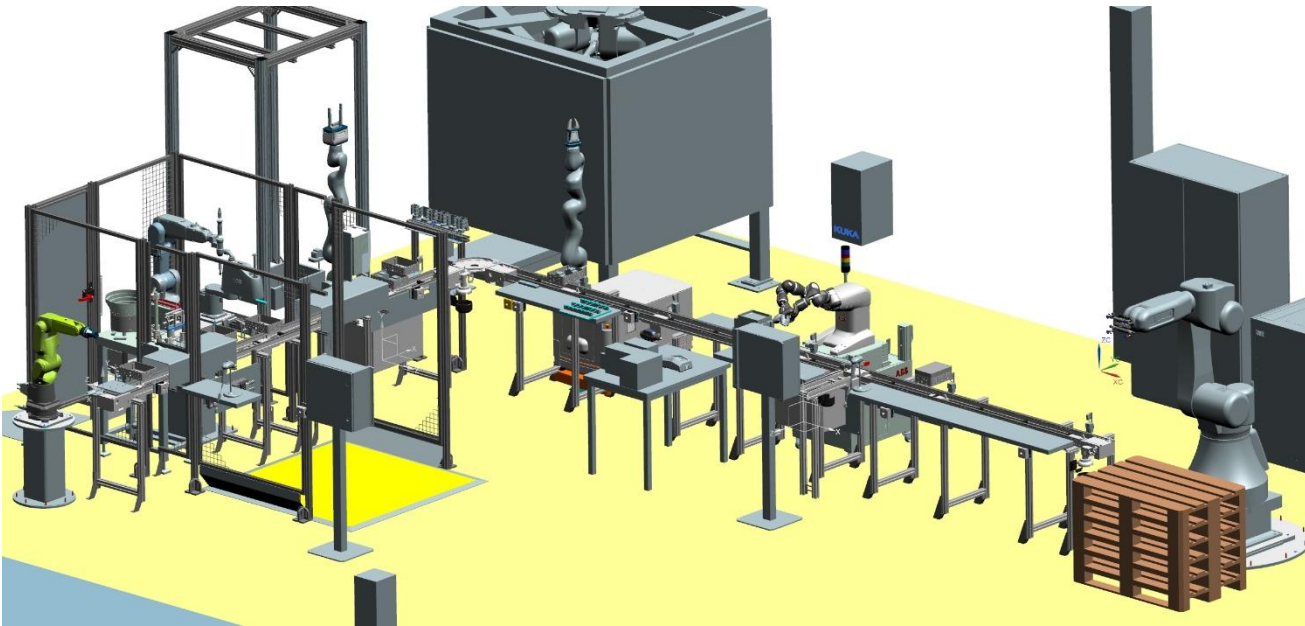
- Beliebige Verzweigungen → Hierarchie
- Vorteile: Sehr gute Anpassung an örtliche Anforderungen, minimaler Verkabelungsaufwand, Bildung größerer Topologien möglich, leichte Erweiterbarkeit, einfache Integration anderer, neuer Komponenten möglich
- Nachteile: Unterschiedliche Technologien innerhalb des Netzes nötig, Konzentration der Datenmenge auf die Wurzel, beim Ausfall einzelner Station können ganze Netzwerksegmente ausfallen



TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (8)



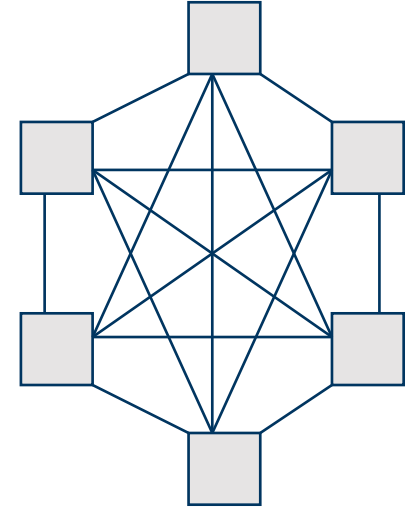
Baum-Topologie





Vermaschte Topologie

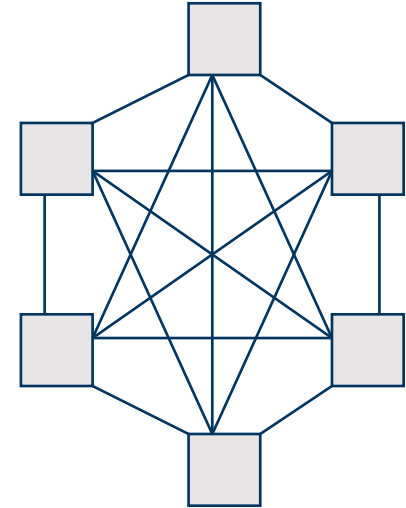
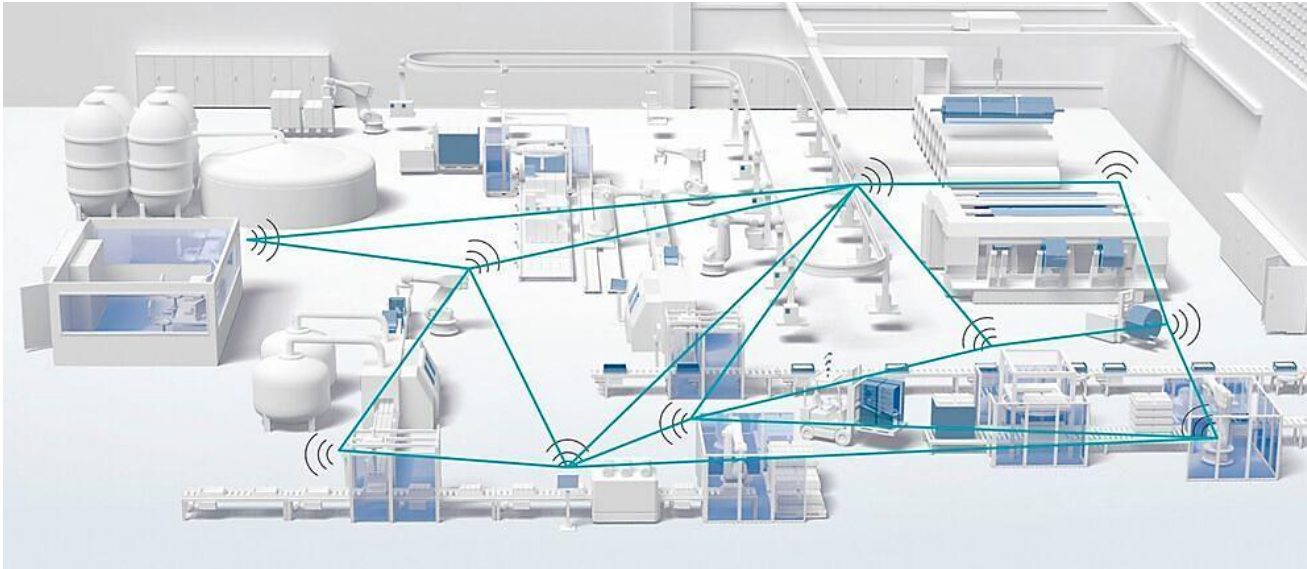
- Jeder Teilnehmer ist mit jedem verbunden
- Kein Zwischenknoten an der Kommunikation zwischen Teilnehmern beteiligt
- Nicht in großen Netzen möglich
- Vorteile: ausfallsicherste Topologie
- Nachteile: hohe Kosten, sehr Komplexes Netzwerk



TOPOLOGIEN VON BUSSYSTEMEN (10)



Vermaschte Topologie





- **Buszugriffsverfahren...**

- bestimmen, wie ein Teilnehmer Zugriff auf den Bus hat,
- regulieren die Reihenfolge, in der die Knoten Zugriff auf den Bus haben.

- **Zugriffsverfahren haben wesentlichen Einfluss auf:**

- Datenrate
- Buslänge
- Echtzeitfähigkeit



DETERMINISTISCHE ZUGRIFFSVERFAHREN (1)



- **Master/Slave-Verfahren (zentral gesteuert)**
 - Master stellt Verbindung zum Slave her
 - Slave antwortet direkt
 - Master scannt die Slaves regelmäßig auf Verbindungsanforderungen („polling“)

Master/Slave-Verfahren	
Vorteile	Nachteile
■ Einfacher Aufbau der Slaves ■ Festgelegte Übertragungszeit → Echtzeitfähig ■ Prioritätssteuerung durch Polling-Sequenz	■ Ausfall des Masters blockiert das gesamte System ■ Übertragung von Slave zu Slave muss immer über den Master erfolgen ■ Reaktionszeit doppelt so hoch wie Buszykluszeit



- **Token-Passing-Verfahren (dezentral gesteuert)**
 - Zugriffsrecht wird mit einem sog. Token herumgereicht
 - Alle Teilnehmer können den Bus steuern
 - Zeitdauer des Token-Besitzes limitiert → echtzeitfähig

Token-Passing-Verfahren

Vorteile

- Direkte Kommunikation der Teilnehmer
- Ausfall eines Teilnehmers hält das Netz nicht auf

Nachteile

- Komplexe Bus-Verwaltung
- Token-Umlaufzeit erhöht sich mit der Teilnehmerzahl
- Änderung des Netzes bringt eine Neukonfiguration des gesamten Bussystems mit sich

ZUFÄLLIGE ZUGRIFFSVERFAHREN (1)



- **Carrier-Sense-Multiple-Access-Verfahren**
 - Teilnehmer wartet, bis der Bus frei ist und beginnt zu senden
 - Kollisionen bei mehreren gleichzeitigen Sendeversuchen werden erkannt
- **CSMA/CD (Collision Detection) (nicht kollisionsfrei)**
 - Abbruch der Datenübertragung bei Kollision
 - Neuer Sendeversuch nach zufälliger Zeit
 - Funktionsweise von Ethernet (nicht Industrial Ethernet)

CSMA/CD (Collision Detection)

Vorteile

- Für viele Teilnehmer geeignet
- Hinzufügen oder Entfernen von Teilnehmern einfach

Nachteile

- Wenig Effizienz im Hochlastbetrieb, da viele Kollisionen
- Keine Echtzeitfähigkeit

ZUFÄLLIGE ZUGRIFFSVERFAHREN (2)



- **CSMA/CR (Collision Resolution) (Kollisionsvermeidung)**
 - Priorisierung von Nachrichten, unterlegene Sender ziehen sich zurück

CSMA/CR (Collision Resolution)

Vorteile

- Echtzeitfähig für hochrangige Nachrichten
- Viele Teilnehmer möglich
- Hinzufügen oder entfernen von Teilnehmern einfach

Nachteile

- Nicht echtzeitfähig für niedrig priorisierte Nachrichten

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Grundlagen zu Bussystemen

Kommunikationsstrukturen

Beispiele für Bussysteme

Sichere Bussysteme

Elektrische Verbindungen und Energieversorgung

MIT WELCHEN BUSSYSTEMEN HABEN SIE BEREITS ERFAHRUNG?

Enter Text
and Press
Send

UNTERSCHIED FELDBUSSE / INDUSTRIAL ETHERNET



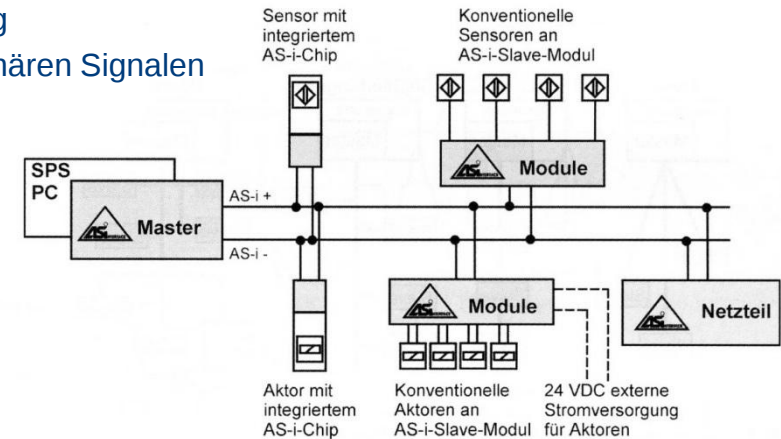
- Industrial Ethernet: Feldbusse basierend auf Ethernet-Standard

Kategorie	Klassische Feldbusse	Ethernet-basierte Feldbusse (Industrial Ethernet)
Protokolle	Herstellerabhängig, teilweise genormt	Herstellerabhängig, teilweise genormt
Übertragungsverfahren (Physical Layer)	RS485 / EIA-485, LWL, MBP, CAN	Ethernet
Leitungstyp	Unterschiedlich (meist 2/4 adrig, verdreht, geschirmt)	Standard Ethernet (Kabel, 4 adrig, verdreht), LWL
Typischer Einsatzbereich	Sensor- / Aktor-Kommunikation, Feldebene	Kommunikation zwischen Steuerungen, Betriebsebene
Typische Zykluszeit	5 – 10 ms	< 1 ms
Verbreitung	Weit verbreitet	Vergleichsweise neue Technik

AS-I-BUS (1)



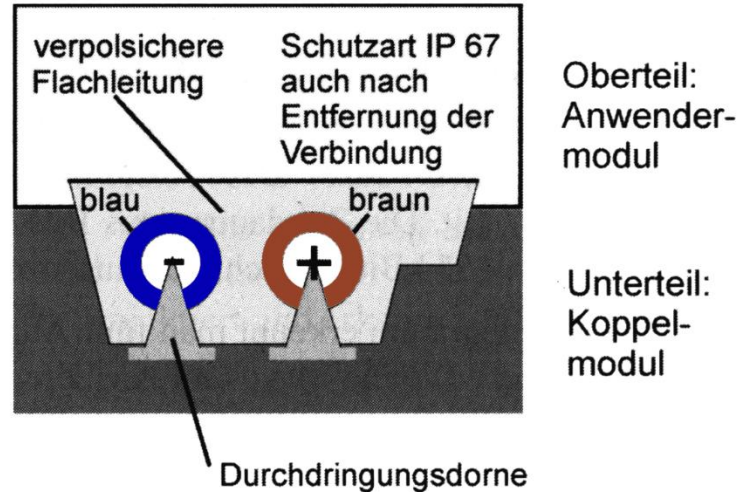
- Netzwerktopologie frei wählbar, außer Ring
- Stromversorgung über Bus
- Zugriffssteuerung durch Master-Slave-Verfahren
- Zykluszeit ≤ 5 ms (max. 31 Teilnehmer, Spezifikation 2.0)
- pro Telegramm 4 Bit Nutzdaten Slave an Master
 - Für Analogwertübertragung mehrere Telegramme notwendig
 - AS-i-Bus überwiegend für einfache Buskomponenten mit binären Signalen



AS-I-BUS (2)



- Länge einer Leitung max. 100m
- Verlängerung über Repeater möglich
- 2-adrige, ungeschirmte Kabel:
 - Standard-Rundkabel, oder
 - Verpolungssichere Flachbandleitung mit Durchdringungstechnik





■ Profibus = Process Field Bus:

PROFIBUS DP „Dezentrale Peripherie“ für Fertigungstechnik

- Übertragungsgeschwindigkeit bis 12 Mbit/s
- Zykluszeit < 10 ms
- Elektrische Übertragung nach RS485-Standard (symmetrisch)
- Drei Protokoll-Varianten mit abgestufter Funktionalität verfügbar (DP-V0 bis DP-V2)

PROFIBUS PA „Prozess Automation“ für Prozess- und Verfahrenstechnik

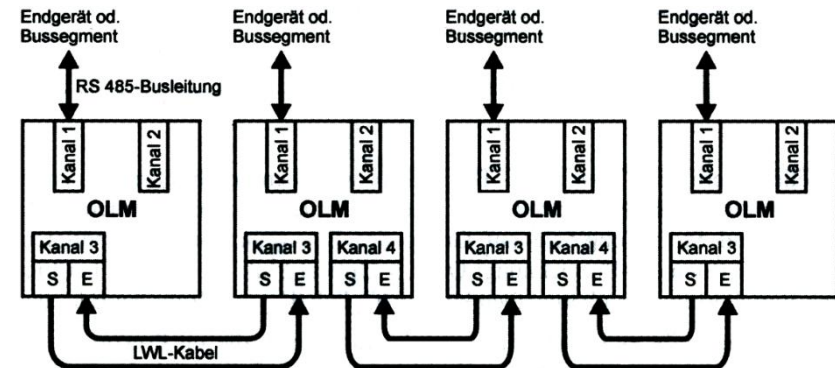
- Strombegrenzung für explosionsgefährdete Bereiche
- Speisung der Feldgeräte möglich
- Übertragungsgeschwindigkeit bis 31,25 kBit/s
- Übertragung nach MBP-Standard

Allgemeine Merkmale: Mit Segmentkopplern können beide Varianten kombiniert werden

ÜBERTRAGungsverfahren (PHYSICAL LAYER) BEIM PROFIBUS (1)



- **Elektrisch (RS-485 / EIA-485):**
 - 2-adrige, geschirmte Kabel (typischerweise lila)
 - Linientopologie mit Abschlusswiderstand
 - 12 MBit/s bis 100m - 9,6 kBit/s bis 1200m



- **Lichtwellenleiter (LWL):**
 - unempfindliche gegen elektromagnetische Störungen
 - elektro-optische Koppler für Linien-, Ring-, oder Stern-Topologie
 - Reichweite bis 15 km

ÜBERTRAGUNGSVERFAHREN (PHYSICAL LAYER) BEIM PROFIBUS (2)



- **Manchester Bus Powered (MBP):**
 - Datenübertragung und Speisung der Feldgeräte über dasselbe Kabel
 - Einsatz in explosionsgefährlicher Umgebung möglich durch Leistungsbegrenzung
 - Die Bustopologie kann bis zu 1900 Meter lang sein und lässt Abzweigungen zu den Feldgeräten mit maximal 120 Meter Länge zu.
 - Bitrate: 31,25 kbit/s
 - MBP ist speziell für den Einsatz in der Prozessautomation für PROFIBUS PA festgelegt worden.



- **Industrial Ethernet = Industrielles Bussystem basierend auf Ethernet-Standard für Physical Layer**
 - Kein einheitliches Protokoll wie TCP/IP für IT- Kommunikation
 - Nicht direkt mit Ethernet TCP/IP kompatibel
- **Protokolle nach Entwicklungsziel:**
 - Encapsulation-Systeme: Ethernet/IP, Foundation Fieldbus HSE, Modbus-TCP
 - Systeme für verteilte Automatisierung: Profinet CBA
 - Systeme für Echtzeitkommunikation: Profinet IO, Powerlink, EtherCAT, SERCOS III



- Verändertes Zugriffsverfahren auf Ethernet-Frames zur Reduzierung der Zykluszeit
- Frames werden „on-the-fly“ gelesen und geschrieben
- Slaves sind mit speziellen FPGAs ausgestattet
- Zykluszeit: 11 μ s für 256 digitale E/A
- Vergleich AS-i-Bus: ≤ 5 ms für 31 digitale E/A

KLASSISCHE FELDBUSSE IM VERGLEICH



	Profibus	Interbus	AS-Interface	DeviceNet	CANopen	ControlNet
Anwendungsbereiche	Feldebene	Feldebene	Sensor- / Aktorebene	Feldebene	Feldebene	Zellenebene
Besonderheiten	mehrere Varianten mit abgestufter Funktionalität: DP, DPV1, DPV2, PA	sehr schnelle, gute Diagnose	schnell, kostengünstig, ideal für rein binäre E/A-Signale	basiert auf CAN, überträgt zusätzlich 24 Volt im Buskabel	ideal für kleine Datenmengen und schnelle Synchronisation	hohe Übertragungsleistung bei gleichbleibenden Buszykluszeiten
Reaktionszeiten	mittel	klein	klein	mittel	mittel	klein
Topologie	Linie	Ring	Linie, Stern, Baum	Linie	Linie	Linie
Übertragungsmedium	Kabel (2-adrig, geschirmt, verdreht), LWL	Kabel (5-adrig, geschirmt, verdreht), LWL	Kabel (2-adrig, ungeschirmt)	Kabel (4-adrig, geschirmt, verdreht)	Kabel (4-adrig, geschirmt, verdreht)	Koaxialkabel
Übertragungsverfahren (Physical Layer)	RS-485, LWL oder IEC 61158-2 (MBP)	RS-485, LWL	alternierende Pulsmodulation	CAN	CAN	Modulation
Übliche Anschlusstechniken	Sub-D (9-polig), M12 für IP65	Sub-D (9-polig)	Schneidklemmtechnik	Klemme, Mini- und Micro-Style	Sub-D (9-polig)	BNC
Maximale Teilnehmerzahl	126	256	62	64	127	99
Maximale Ausdehnung je Segment	100 m (12 Mbit/s), 1.200 m (9,6 kbit/s)	zwischen 2 Geräten max. 400 m	100 m	100 m (500 kbit/s), 1.000 m (62,5 kbit/s)	100 m (500 kbit/s), 1.000 m (62,5 kbit/s)	1.000 m
Energieversorgung der Teilnehmer über den Bus	DP: nein PA: optional	nein	ja, 30 Volt	ja, 24 Volt	optional 24 Volt	nein
Einsatz im Exbereich	DP: nein PA: ja	nein	bedingt	nein	nein	nein

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Grundlagen zu Bussystemen

Kommunikationsstrukturen

Beispiele für Bussysteme

Sichere Bussysteme

Elektrische Verbindungen und Energieversorgung

FEHLERSICHERE KOMMUNIKATION ÜBER BUSSYSTEME



- Eine absolute Vermeidung von Fehlern ist unmöglich.
- Wichtig ist die Erkennung und Beherrschung von Fehlern.
- **Sicherheitsansätze bei Feldbussen:**
 - Sicherheitsbus
 - Eigenes Bussystem für Sicherheits-Schaltgeräte parallel zu Standardbus
 - Mehrkanalige Steuergeräte zur Signalverarbeitung (z. B. drei Prozessoren unterschiedlicher Hersteller)
 - Beispiel: SafetyBUS p (Fa. Pilz)
 - Fehlersichere Kommunikation über Standardbus
 - Nutzung des Standardbus für Sicherheits-Kommunikation
 - Entwicklung von Erweiterungen zur sicheren Erkennung von Ausfällen

FEHLERSICHERE KOMMUNIKATION ÜBER STANDARD-BUSSYSTEME



- „Safety at Work“ bei AS-i-Bus
- „ProfiSafe“ bei PROFIBUS-DP

- **Funktionsprinzip:**
 - Anschluss von Sicherheitsvorrichtungen (Notaus/Sicherheitsrelais) an spezielle Sicherheits-Master/Slaves
 - Betrieb am Bus mit anderen Teilnehmern
 - Kommunikation zwischen den Sicherheits-Komponenten wird überwacht
 - Slaves werden regelmäßig abgefragt (Echtzeit)
 - Antworttelegramme sind nummeriert
 - Not-Aus wird ausgelöst wenn:
 - Slave meldet Not-Aus
 - Antworttelegramm verloren
 - Antwort zu spät

ZUM NACHSCHLAGEN:



- <https://www.feldbusse.de/index.asp>

GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

SPS UND BUSSYSTEME



Funktionsprinzip einer speicherprogrammierbaren Steuerung

Steuerungs-Betriebssysteme

Hardwareaufbau einer SPS

SPS Programmierung

Grundlagen zu Bussystemen

Kommunikationsstrukturen

Beispiele für Bussysteme

Sichere Bussysteme

Elektrische Verbindungen und Energieversorgung