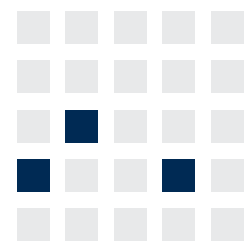


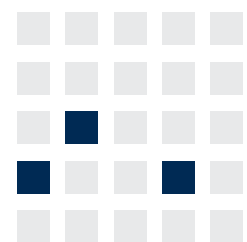


Internet of Things / Industrial Internet

Automatisierungstechnik II



**Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prozesse und Systeme**
Universität Potsdam



**Chair of Business Informatics
Processes and Systems**
University of Potsdam

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau
Lehrstuhlinhaber | Chairholder

August-Bebel-Str. 89 | 14482 Potsdam | Germany

Tel +49 331 977 3322

Fax +49 331 977 3406

E-Mail ngronau@lswi.de

Web lswi.de



Kommunikationssysteme

Echtzeitprogrammiersysteme

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS

Computerized Numerical Control CNC

Lernziele

- Grundlegendes Verständnis über bestehende Kommunikationsstrukturen
- Besonderheiten und Charakteristika von Echtzeitsystemen
- Wesentliche Steuerungsverfahren und NC-Programmabläufe



Kommunikationssysteme

Echtzeitprogrammiersysteme

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS

Computerized Numerical Control CNC

Anforderungen

Allgemeine Anforderungen

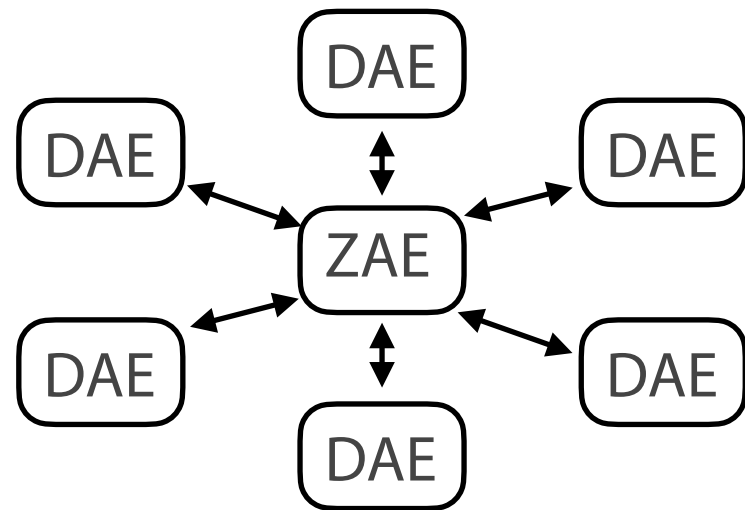
- Zuverlässige Kommunikation unter allen Umgebungsbedingungen
- Hohe Übertragungsrate
- Einfache Handhabung durch Instandhaltungspersonal
- Einfache und robuste Anschlusstechnik
- Eigensicherheit in explosionsgefährdeten Bereichen
- Robustheit gegenüber elektrostatischen, mechanischen, physikalischen und chemischen Einflüssen
- Safety / Datensicherheit

Anwendungsbezogene Anforderungen

- Anzahl der Ein- und Ausgangssignale
- Komplexität
- Granularität
- Anlagenausdehnung
- Echtzeitanforderungen

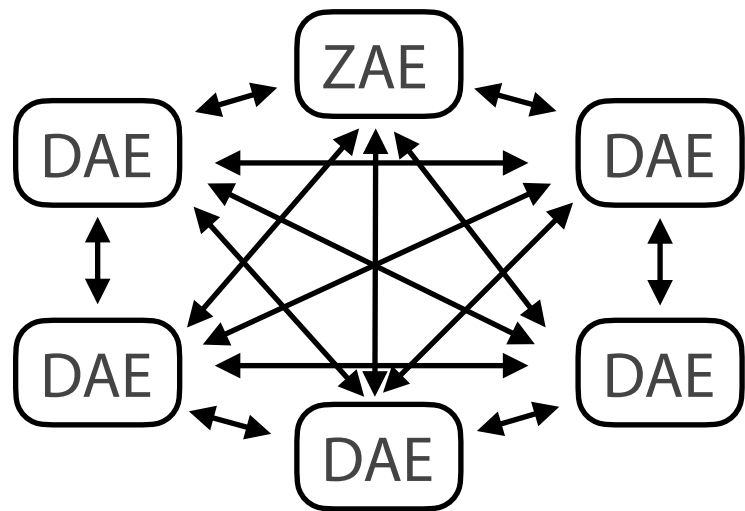
Durch den Einsatz serieller Bussysteme für die Kommunikation zwischen Aktoren bzw. Sensoren und dem Automatisierungs-Computersystem können Projektierungs- und Installationskosten gesenkt werden.

Grundstrukturen der Kommunikation



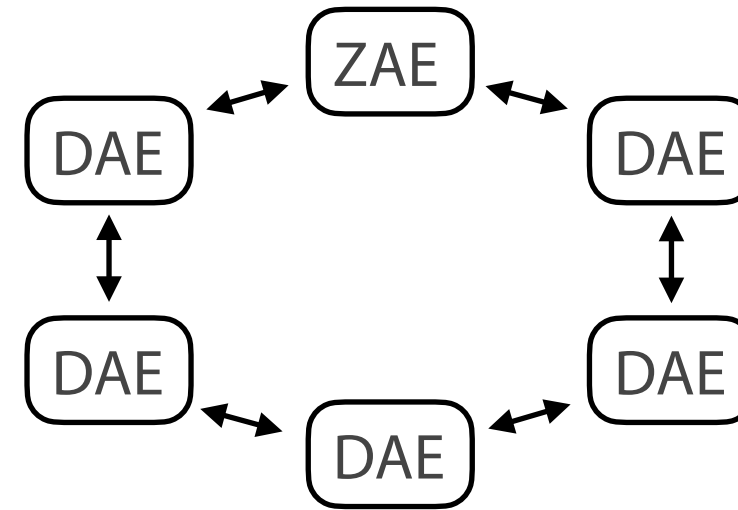
Sternstruktur

- Ausfall der Zentraleinheit verursacht Ausfall der Kommunikation



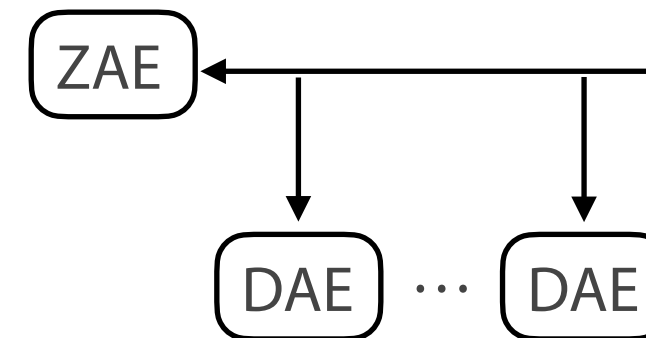
Netzstruktur

- Parallele Informationsübertragung
- Kurze Reaktionszeiten
- Viele Schnittstellen
- Hohe Verkabelungskosten



Ringstruktur

- Übertragung nur an direkten Nachbarn möglich

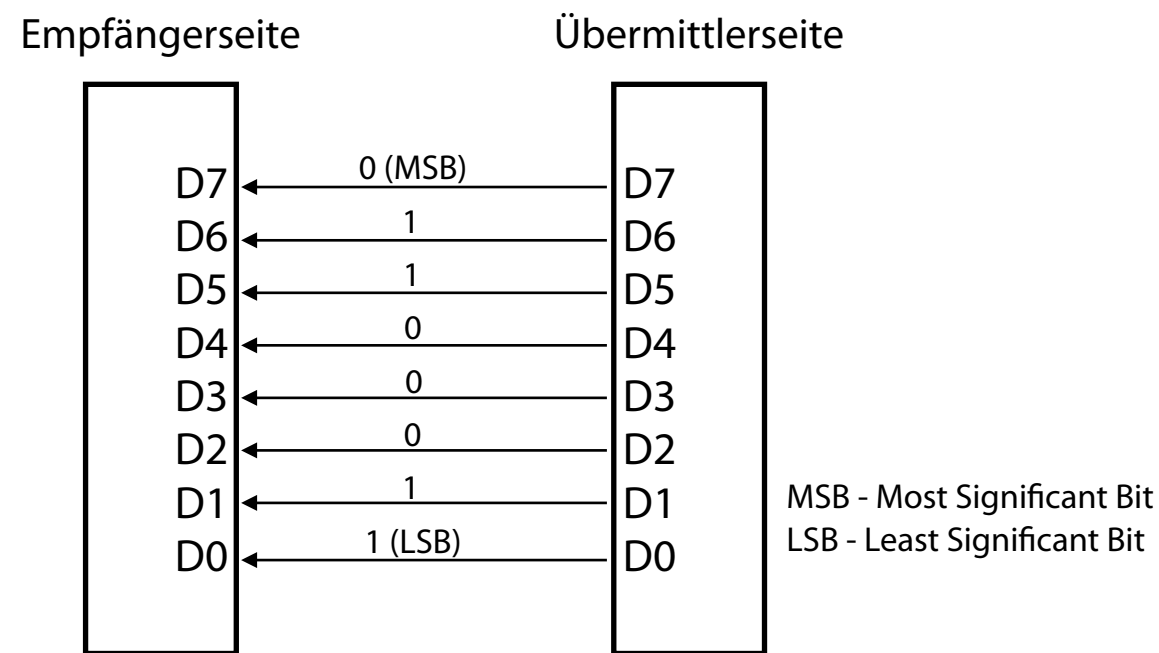


Busstruktur

- Nur ein Teilnehmer kann jeweils senden
- Gleichzeitige Informationsaufnahme von allen Teilnehmern

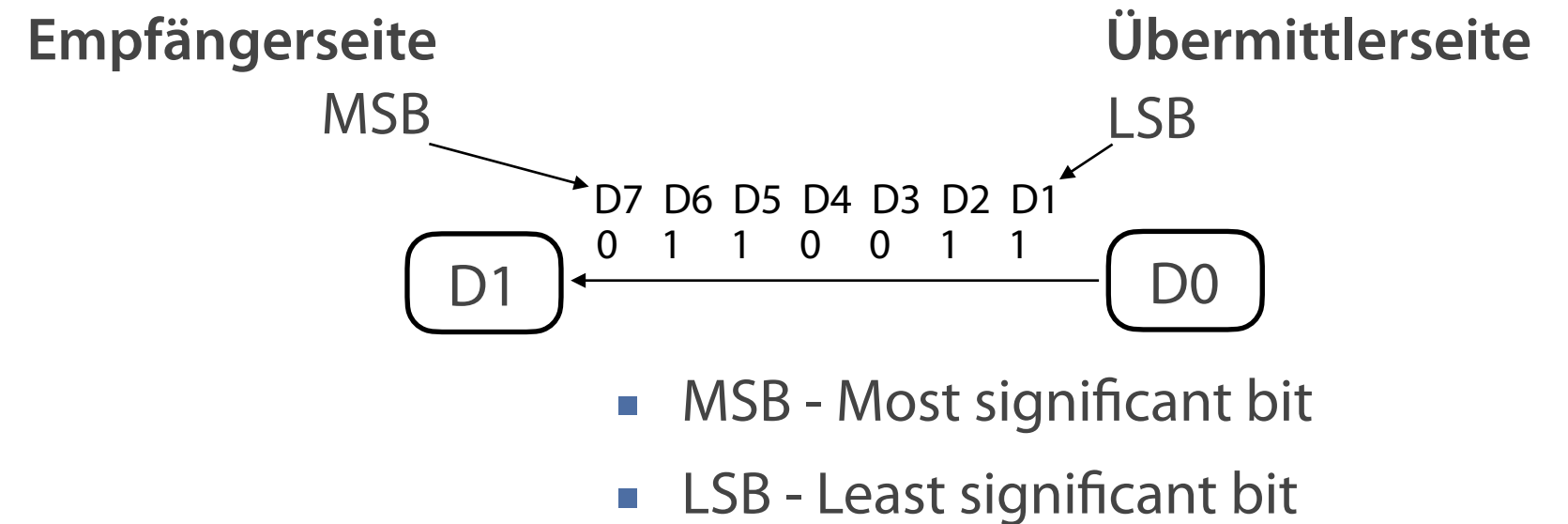
Die Wahl der Struktur muss nach den spezifischen Anforderungen erfolgen.

Arten von Bussystemen



Parallele Busse

- Parallele Übertragung von Adressen, Daten und Steuersignalen
- Leitungsbündel mittels aufwendiger Verbindungen (Klemmtechnik)
- Ggf. Schwierigkeiten bei hohen Übertragungsraten und unterschiedlicher Kabellängen durch Laufzeitunterschiede

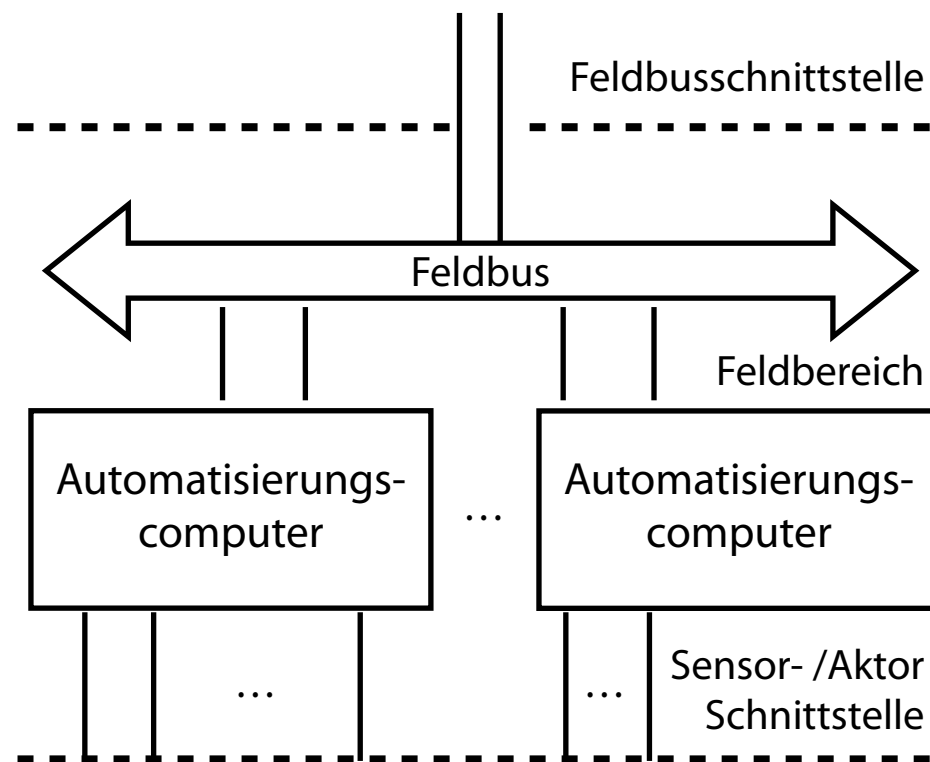


Serielle Busse

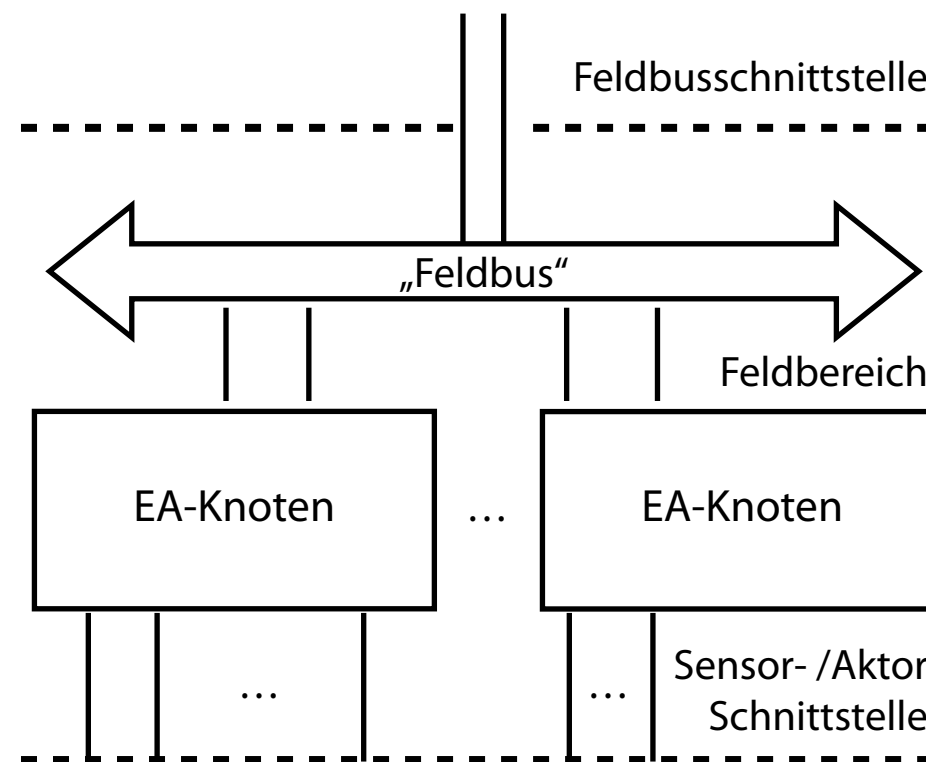
- Bits einer Nachricht werden zeitlich hintereinander übertragen
- Niedrige Leitungskosten
- Hohe Zuverlässigkeit
- Flexibilität bezüglich Leitungsprotokollen

Feldbuskonzepte

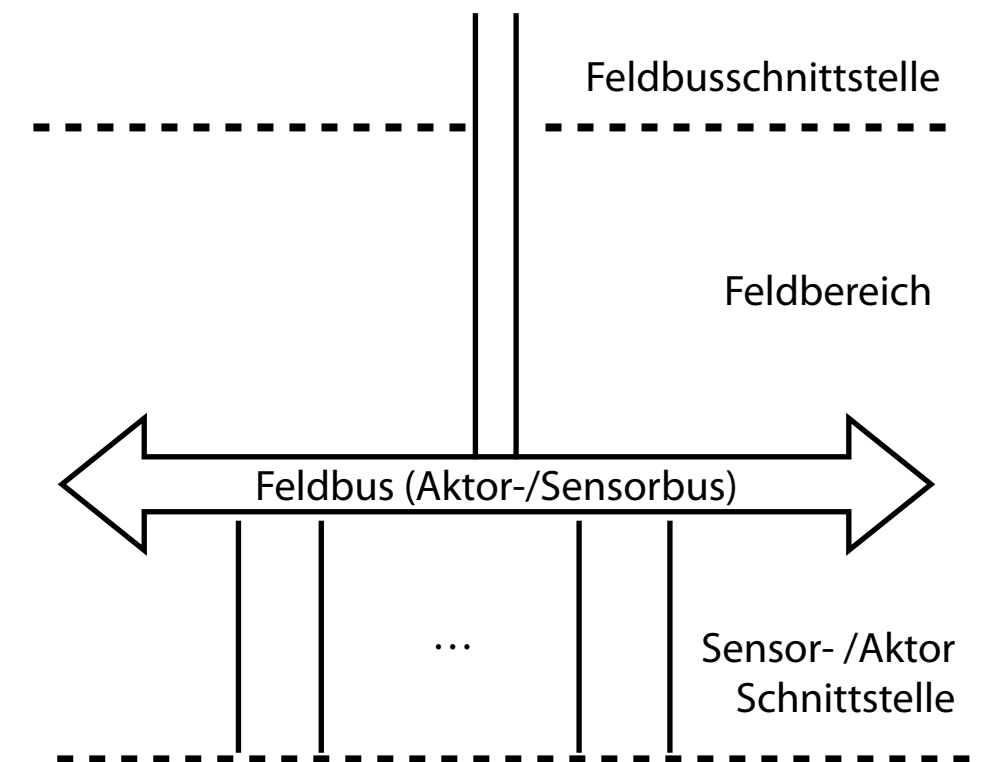
Vernetzung von dezentralen, im Feld untergebrachten Automatisierungs-Computern



Vernetzung von E/A-Knoten

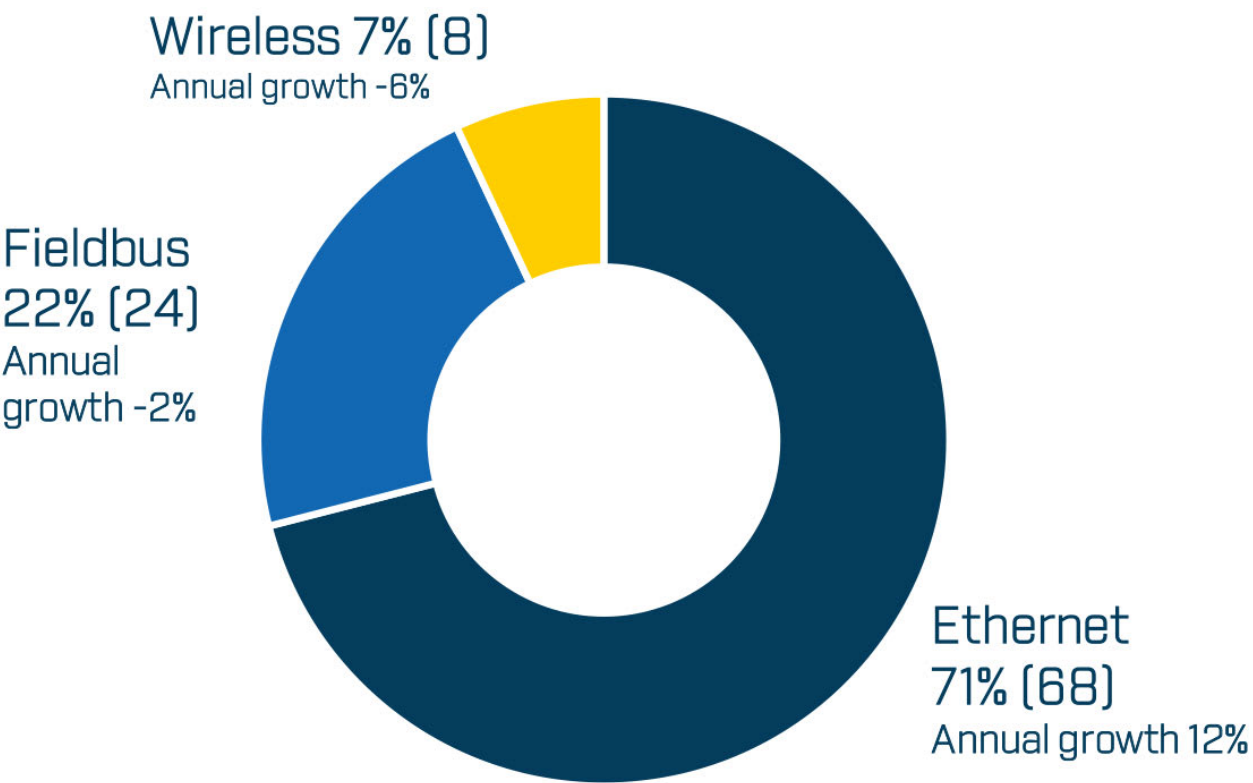


Vernetzung von Sensoren und Aktoren über Busschnittstellen



Marktanteile von Feldbussen und Industrial Ethernet

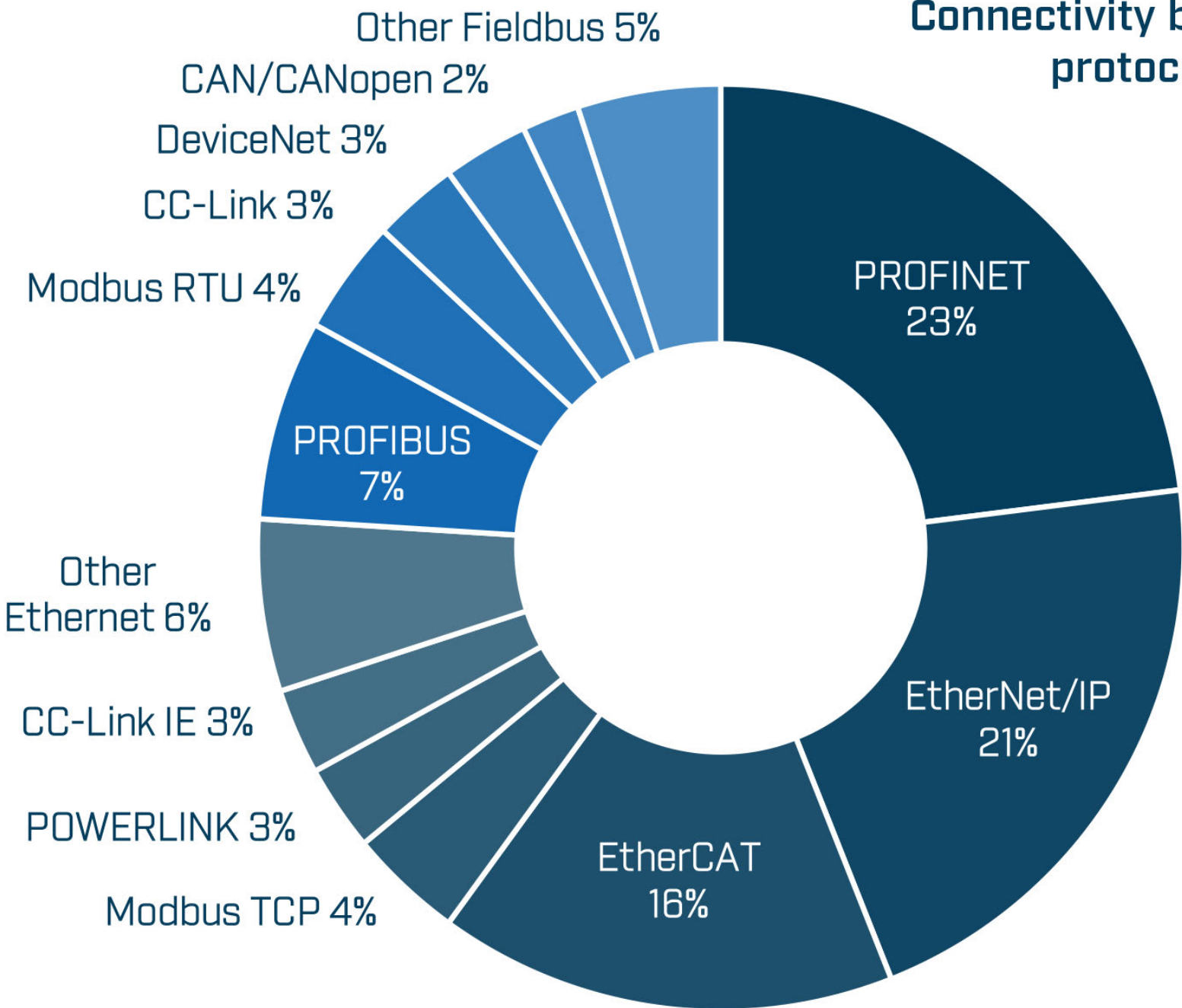
Connectivity by type



Overall growth in number of new nodes is expected to be +7% in 2024.

HMS Networks' estimation for 2024 based on number of new installed nodes within Factory Automation, consolidated view based upon several market studies and our own statistics.

Connectivity by protocol



Vergleich ausgewählter Feldbusse

	Profibus	DeviceNet	CC-Link
Anwendungsbereiche	Feldebene	Feldebene	Feldebene
Reaktionszeiten	mittel	mittel	mittel
Topologie	Bus	Bus	Bus, Stern, T-Branch
Übertragungsmedium	Kabel (2-adrig, geschirmt, verdrillt), Lichtwellenleiter	Kabel (4-adrig, geschirmt, verdrillt)	Kabel (3-adrig, geschirmt, verdrillt), Kabel (5-adrig, geschirmt, verdrillt, inkl. Spannungsversorgung
Übertragungsverfahren	RS-485, LWL oder IEC 61158-2 (MBP)	CAN	RS-485
Übliche Anschlusstechniken	Sub-D (9-polig), M12 für IP65	Klemme, Mini- und Micro-Style	Klemme, Sub-D (9-polig)
Max. Teilnehmerzahl	126	64	64
Max. Ausdehnung je Segment	100 m (12 Mbit/s), 1200 m (9,6 kbit/s)	100 m (500 kbit/s), 1000 m (62,5 kbit/s)	100 m (10 Mbit/s), 1200 m (156 kbit/s)
Energieversorgung der Teilnehmer über den Bus	DP: nein PA: optional	ja, 24 Volt	optional 24 Volt
Einsatz im Exbereich	DP: nein PA: ja	nein	nein

Quelle: <https://www.hms-networks.com/>

DP: Dezentrale Peripherie, PA: Prozess-Automation

Zielsetzung

- Nutzung von Ethernet auf der Feldebene
- Durchgängiger Einsatz des Kommunikationssystems von strategischer bis operativer Ebene in Produkt und Anlagenautomatisierung

Herausforderungen

- Lange Latenzzeit durch Netzwerktopologie
- Nicht deterministischer Buszugriff
- Geringe mechanische Robustheit

Vorteile des Industrial Ethernet

- Höhere Datenübertragungsraten:
Schnelle Übertragung von Daten, was insbesondere in der industriellen Automatisierung wichtig ist (Echtzeitdatenverarbeitung und -übertragung)
- Erhöhte Flexibilität:
Mit Industrial Ethernet können Geräte und Systeme flexibler miteinander verbunden und vernetzt werden, was zu einer höheren Effizienz und Produktivität führt
- Geringere Kosten:
 - Industrial Ethernet nutzt Standard-Netzwerktechnologien die kosteneffizienter sind als proprietäre Systeme
 - Ethernet-basierte Netzwerke können leicht erweitert werden, ohne dass zusätzliche Hardware erforderlich ist

Für die Bewältigung der Herausforderungen und die Realisierung der Benefits gibt es verschiedene technische Entwicklungen, wie die Entwicklung einer erweiterten Netzwerk-Topologie oder Protokollanpassungen.



Kommunikationssysteme

Echtzeitprogrammiersysteme

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS

Computerized Numerical Control CNC

Typische Anwendungsbeispiele mit Zeitbedingungen

	Beispiele unter	
	Absolutzeit-Bedingungen	Relativzeit-Bedingungen
Ausführung einer Funktion zu festen Zeitpunkten	Kennfeldaufnahme an Prüfständen	Analyse von Stoffen in der Chemie
Ausführung einer Funktion in einem Toleranz-Zeitintervall	Erfassung von Regelgrößen	Messwertüberwachung auf gleitende Grenzen
Ausführung einer Funktion in einem Zeitintervall bis zu einem spätesten Zeitpunkt	Erfassung von Datentelegrammen	Erfassung von Stückgutkennungen
Ausführung einer Funktion in einem Zeitintervall von einem frühesten Zeitpunkt an	Folgesteuerung bei Chargenprozessen	Erfassung von Signalen einer Lichtschranke

Für die Umsetzung sind Echtzeit-Systeme notwendig.



Die Datenverarbeitung liefert ihre Ergebnisse garantiert innerhalb eines dem steuernden Prozess angemessenen Zeitraums.

Anforderungen an Echtzeitsysteme

Rechtzeitigkeit

- System muss zur richtigen Zeit reagieren

Gleichzeitigkeit

- System muss auf mehrere Dinge gleichzeitig reagieren

Verlässlichkeit

- System muss zuverlässig, sicher und verfügbar sein

Vorhersagbarkeit

- Alle Reaktionen müssen planbar und deterministisch sein

Unterschiede zwischen Informations- und Echtzeitsystemen

Informationssysteme, z.B. MES	Echtzeitsysteme, z.B. Roboter
datengesteuert	ereignis-/zeitgesteuert
komplexe Datenstrukturen	einfache Datenstrukturen
große Menge an Eingabedaten	kleine Menge an Eingabedaten
E/A-intensiv	rechenintensiv
hardwareunabhängig	hardwareabhängig

Echtzeitprogrammierung

- Erfassung der Eingabedaten
- Verarbeitung der Daten
- Ausgabe der Ausgabedaten

Harte Echtzeit-Systeme

- Einhaltung von strengen Zeitschranken unabdingbar

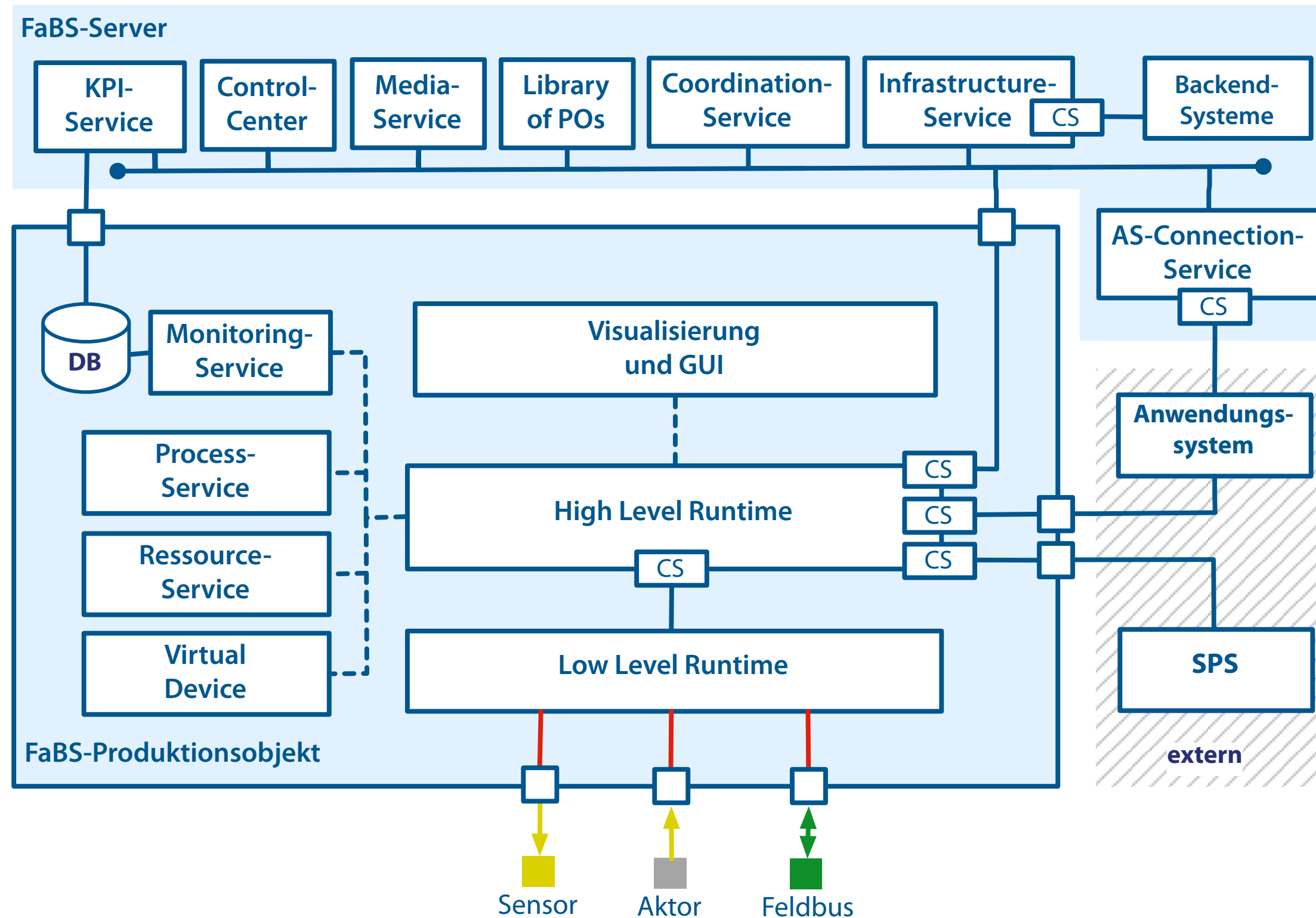
Weiche Echtzeit-Systeme

- Gewisse Verletzung von Zeitschranken ist tolerierbar

Bei der Echtzeitprogrammierung werden synchrone und asynchrone Programmierverfahren unterschieden.

Perspektive Software

Fabrikbetriebssystem (FabOS)



CS ConnectionService — Protokoll - - - Assoziation ■ Feldbus ■ diskrete Verkabelung

Synchrones Programm

Vorgehen

- Synchronisierung der zyklisch auszuführenden Teilprogramme mit einem Zeitraster
- Zeitraster über Echtzeit-Uhr, Unterbrechungssignal zum Aufruf über Teilprogramme
- fest vorgegebene Reihenfolge des Ablaufs der Teilprogramme

Eignung

- Gut geeignet für Echtzeit-Systeme mit zyklischen Programmabläufen
- Ungeeignet für die Reaktion auf zeitlich nicht vorhersehbare (asynchrone) Ereignisse

Eigenschaften

- Näherungsweise Erfüllung der Rechtzeitigkeit
- Erfüllung der Gleichzeitigkeit, wenn Zykluszeit T klein gegenüber den Zeitabläufen im technischen Prozess ist
- Im Normalfall deterministisches Verhalten
- kein komplexes Organisationsprogramm
- etwas aufwändigere Planung (Entwicklung)

Nachteile

- Änderung der Aufgabenstellung bedeutet Änderung der gesamten Programmstruktur

Bei einem synchronen Programm wird die Planung des zeitlichen Verhaltens zyklisch auszuführender Teilprogramme vor der Ausführung durchgeführt.

Asynchrones Programm (Parallelprogramm)

Vorgehen

- Aufruf der Teilprogramme, wenn Zeitbedingungen erfüllt sind
- Gleichzeitige Ausführung wird durch die Zuordnung von Prioritätsnummern sequenzialisiert

Eignung

- Gut geeignet für die Reaktion auf zeitlich nicht vorhersehbare (asynchrone) Ereignisse

Eigenschaften

- Forderung nach Rechtzeitigkeit nur näherungsweise erfüllt
- Zeitbedingungen umso besser erfüllt, je höher die Priorität des jeweiligen Teilprogramms
- Ist-Zeitablauf kann sich gegenüber Soll-Zeitablauf stark verschieben

Nachteile

- Aufeinanderfolge der Teilprogramme nicht deterministisch, stattdessen dynamische Einstellung
- Komplexität im Verwaltungsprogramm
- Programmablauf schwer durchschaubar

Bei einem asynchronen Programm steuert ein Organisationsprogramm (Echtzeitbetriebssystem) den zeitlichen Aufruf der Teilprogramme während des Ablaufes.

Unterprogramm vs. Rechenprozess

Unterprogramm (Task)

- Ausführung des ausführenden Programms wird unterbrochen
- Ausführung des Unterprogramm (einmalige Ausführung der Befehlsfolge)
- Fortsetzung des ausführenden Programms

Rechenprozess (Thread)

- Vom Echtzeit-Betriebssystem gesteuerter Vorgang der Abarbeitung eines sequenziellen Programms
- Gleichzeitige Ausführung des aufrufenden Programms und des aufgerufenen Rechenprozesses
- Beginnt mit Eintrag in eine Liste des Echtzeit-Betriebssystems und endet mit dem Löschen aus dieser Liste
- Existiert nicht nur während der Ausführung der Befehle, sondern auch während geplanter oder erzwungener Wartezeiten
- Unterscheidung nach parallelen, sequentiellen, nebenläufigen und simultanen Aktionen von Rechenprozessen

Aktionen von Rechenprozessen

Sequentielle Aktionen

- Aktionen in Rechenprozessen sind in bestimmter Reihenfolge angeordnet
- Bsp.: Ein Computer führt nacheinander verschiedene Rechenoperationen aus

Parallele Aktionen

- Aktionen in Rechenprozessen können gleichzeitig ablaufen
- Aufspaltung in nebenläufige und simultane Aktionen
- Bsp.: Ein Computer führt parallel verschiedene Rechenoperationen aus



Nebenläufige Aktionen (äußere Parallelität)

- Zwei Aktionen aus zwei verschiedenen Rechenprozessen können gleichzeitig ablaufen
- Bsp.: Ein Computer führt parallel verschiedene Rechenoperationen unterschiedlicher Module aus

Simultane Aktionen (innere Parallelität)

- Zwei Aktionen aus einem Rechenprozess können gleichzeitig ablaufen
- Bsp.: Ein Computer führt parallel verschiedene Rechenoperationen aus einem Modul aus

Task vs. Thread

Task	Thread
Besitzer von Betriebsmitteln	Kann außer Prozessor selbst keine Betriebsmittel besitzen; verfügt über alle Betriebsmittel des Tasks, dem er angehört
Eigener Adressraum	Adressraum des Tasks, dem er angehört
Enthält einen oder mehrere Threads	Element eines Tasks
Kommunikation über die Taskgrenzen hinaus, bevorzugt über Botschaften	Kommunikation zwischen den Threads, bevorzugt über gleiche Daten

Bewertung der Echtzeit-Architekturen

Ereignisgesteuerte Architekturen

- Alle Aktivitäten als Folge von Ereignissen
 - Aktivierung von Tasks
 - Senden von Nachrichten
- Unterstützung durch Echtzeitbetriebssysteme
- Nicht-deterministisches Verhalten
- Flexibel bezüglich Veränderungen

Zeitgesteuerte Architekturen

- Periodischer Durchführung aller Tasks und Kommunikationsaktionen
- Abtastung externer Zustandsgrößen zu festgelegten Zeitpunkten
- Wenig flexibel bei Änderungen
- Einfach analysierbar

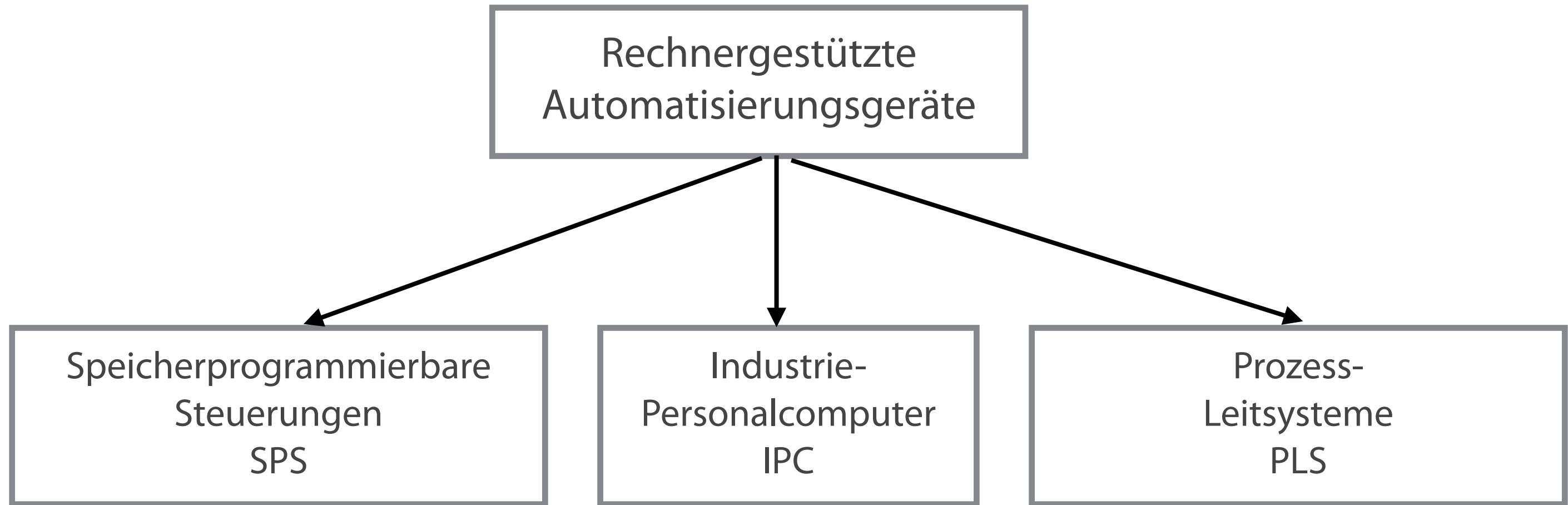


Kommunikationssysteme

Echtzeitprogrammiersysteme

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS

Computerized Numerical Control CNC



Automatisierungscomputer

Speicherprogrammierbare Steuerung SPS

- Einsatz von Geräten mit Zertifizierungen
- Proprietäre Hardware mit oft langfristigen Zusagen für die Ersatzteillieferung
- Verknüpfung binärer Signale in einfacher Darstellungen

Personal Computer PC / Industrial Personal Computer IPC

- Programmierung in Hochsprache
- Einsatz von Echtzeit-Betriebssystem als Standalone oder als Ergänzung möglich
- Mögliche Einsatzgebiete: Prozess-Visualisierung, -Auswertung, -Überwachung, Leitstandsaufgaben

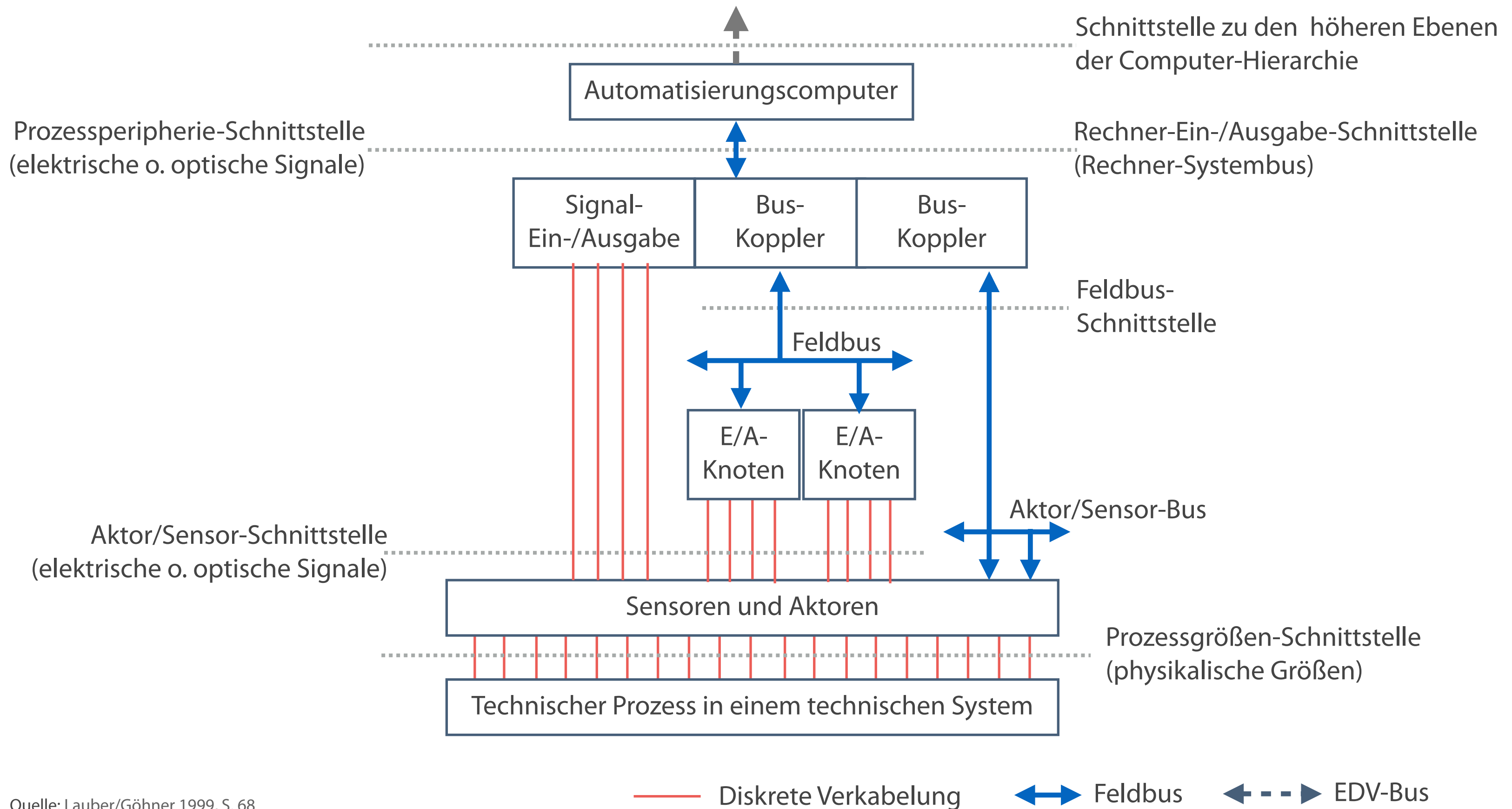
Mikrocontroller

- „Ein-Chip-Computer“ mit niedrigem Preis
- Hochintegrierte Bausteine
- Verwendung für Massenprodukte
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer

Prozessleitsystem PLS

- Verteiltes, über Bus-Systeme verbundenes Rechnersystem
- Kopplung mit SPS-Rechnern
- Einsatz vorkonfigurierter, vom Hersteller des PLS entwickelten Programmbausteinen
- Konfigurierung durch Anwender

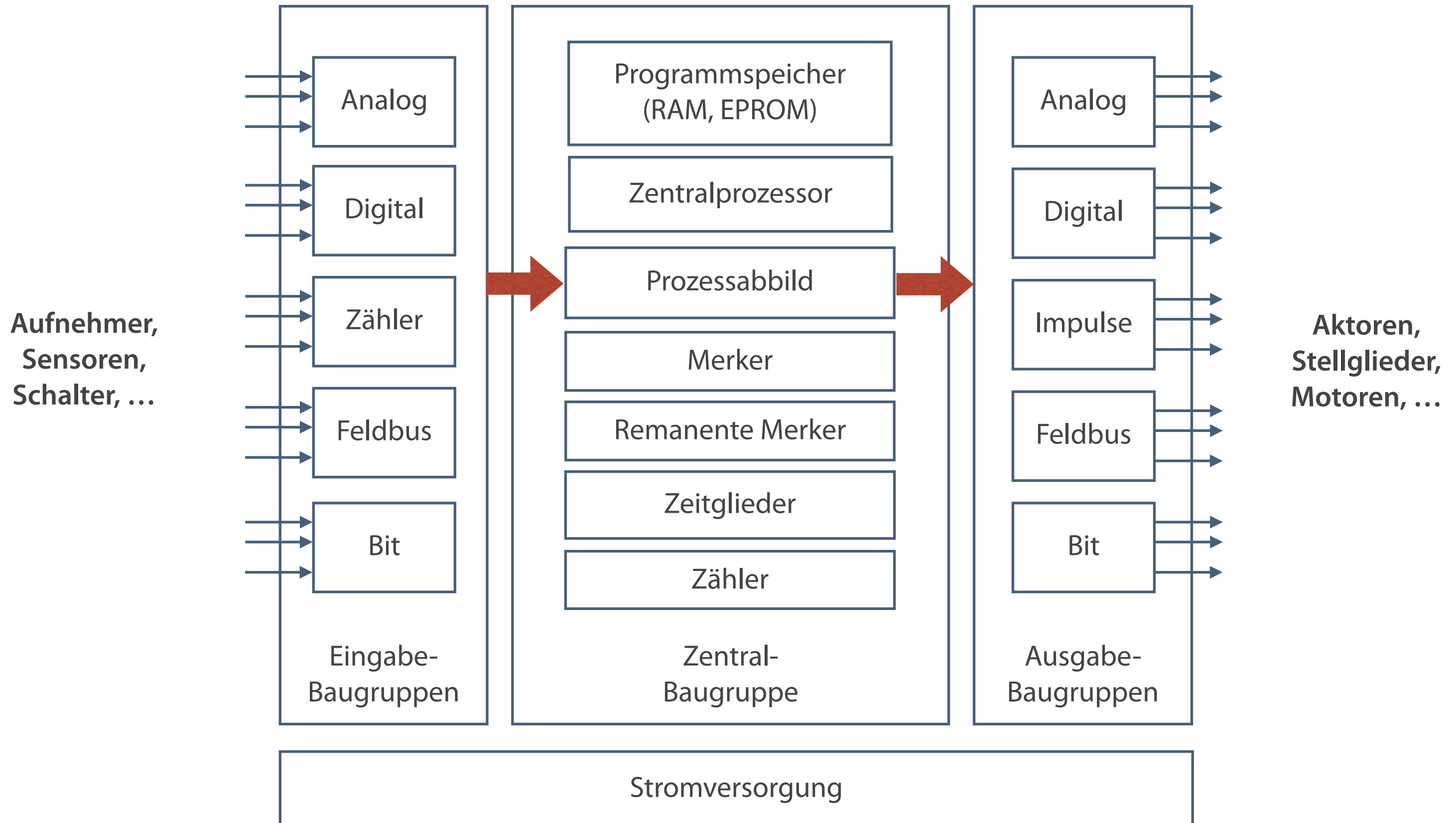
Kopplung Automatisierungscomputer mit technischem Prozess und zugehörigen Schnittstellen



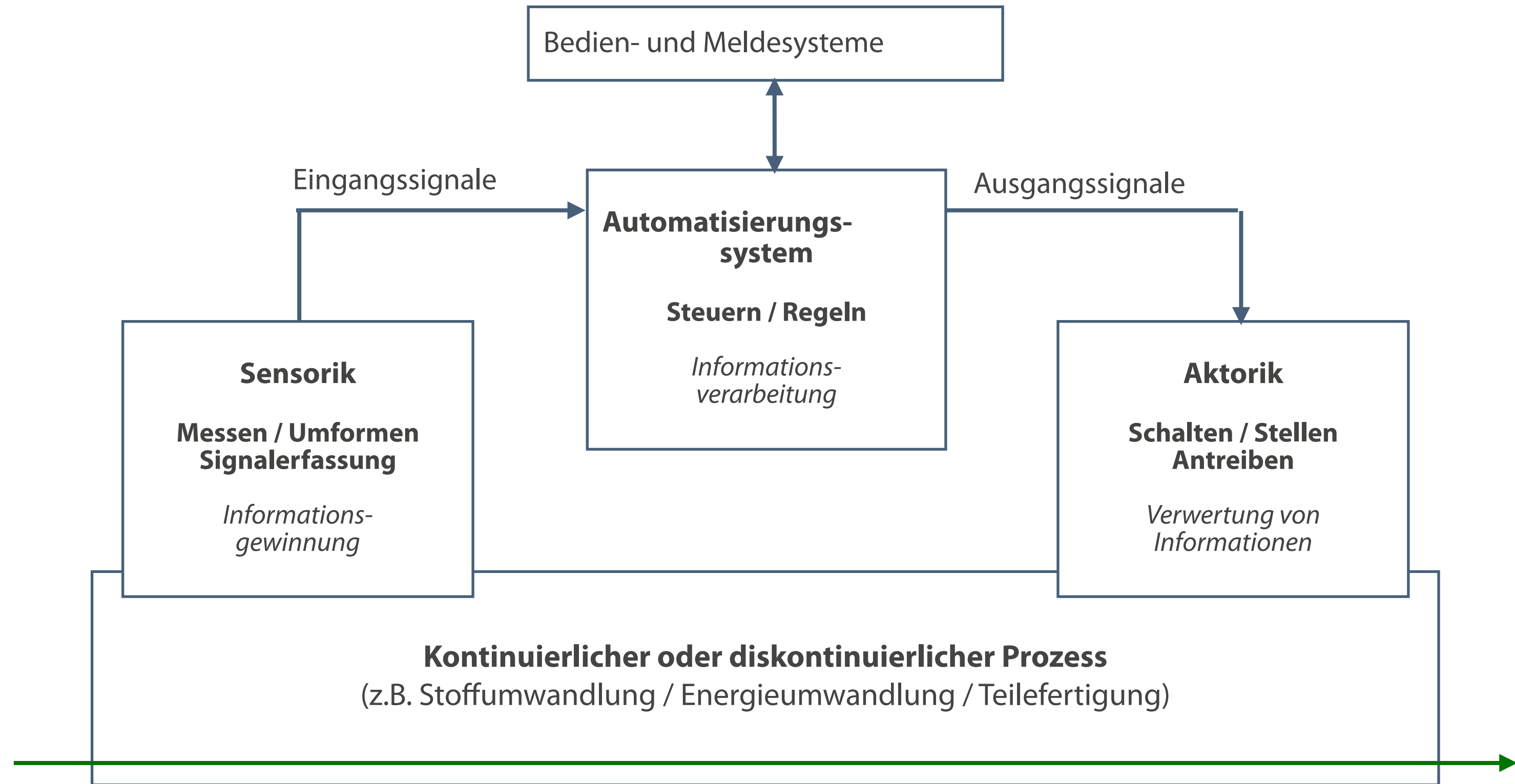
Abgrenzung

	SPS	IPC	PLS
Aufbau	• speziell für die Steuerungstechnik konzipierte Rechnersysteme • breiten Palette an Ein-/Ausgabebaugruppen	• PC mit industrietauglichem elektrischen und mechanischen Aufbau • Prozesskopplung über Ein-/Ausgabebaugruppen der standardisierten Rechnerbusschnittstellen	• dezentralisierte und hierarchisch aufgebaute Rechnersysteme • Aufbau mit SPS- und/oder IPC-Systemen
Verwendung	• speziell für Steuerungsaufgaben • Zusatzbaugruppen können auch Regelungsaufgaben erfüllen.	• Steuerungs- und Regelungsaufgaben • Visualisierung der automatisierten Prozessen	• Führung, Steuerung, Regelung und Überwachung komplexer Maschinen und Anlagen
Programmierung	• Fachsprachen: AWL, KOP, FUP, ST, AS • Programmentwicklung mit Entwicklungsrechner (z. B. PCs)	• Standardisierte Hochsprachen wie C/C++, Pascal, Java u. a. • komfortable Programmsysteme für Automatisierungsaufgaben	• einfache Konfigurierung der Programme für die Prozesskontrolle • komfortable Softwaresysteme für die Prozessleittechnik

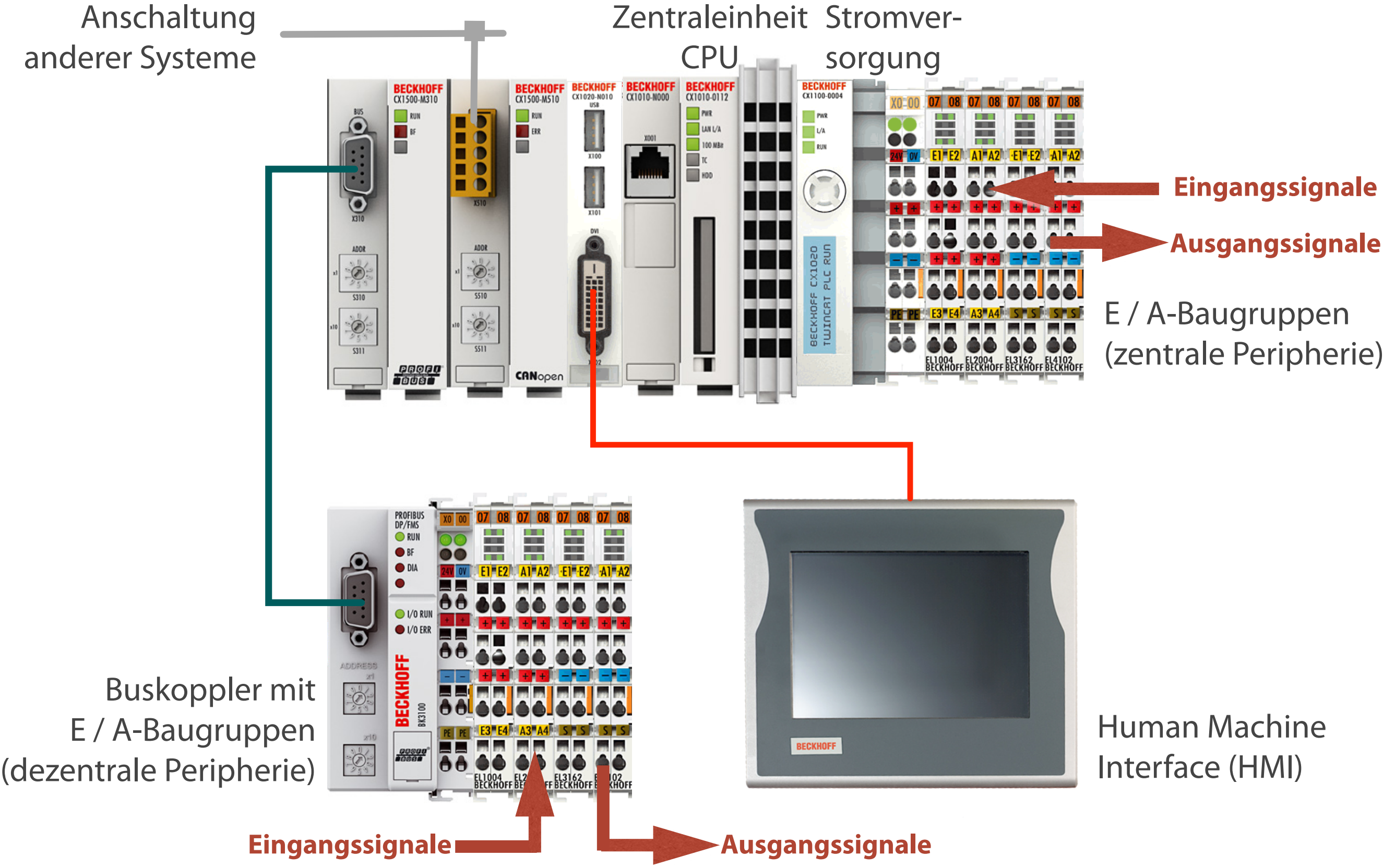
Aufbau einer SPS



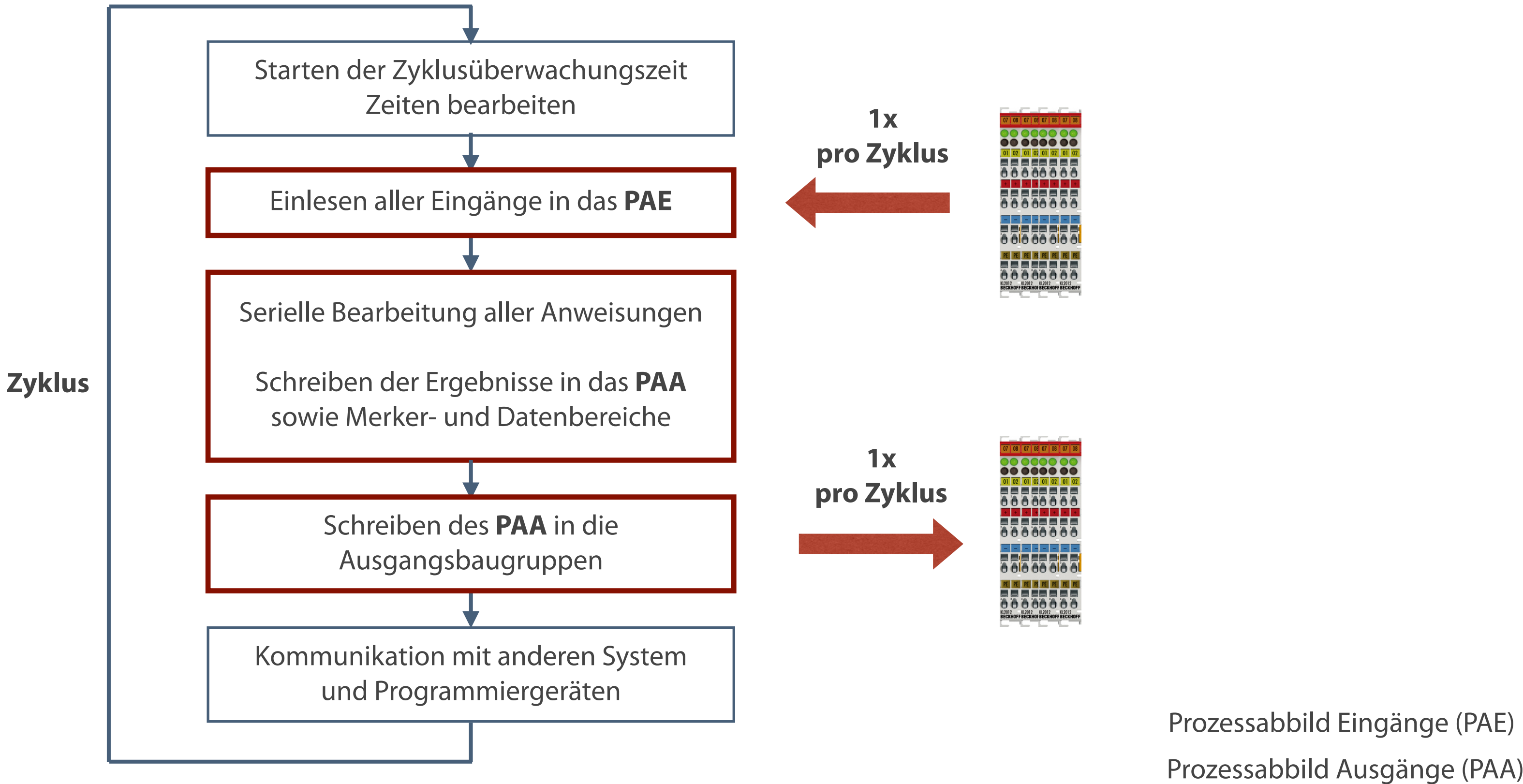
Ausgangspunkt



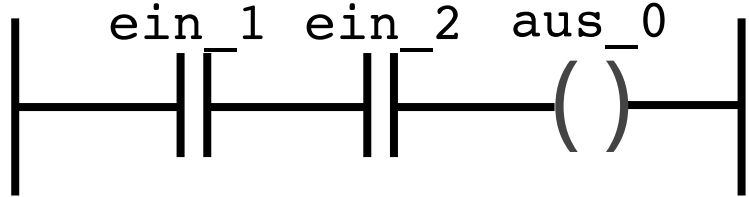
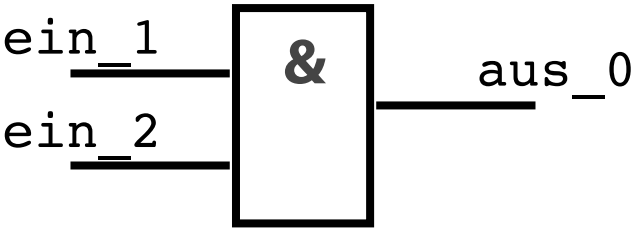
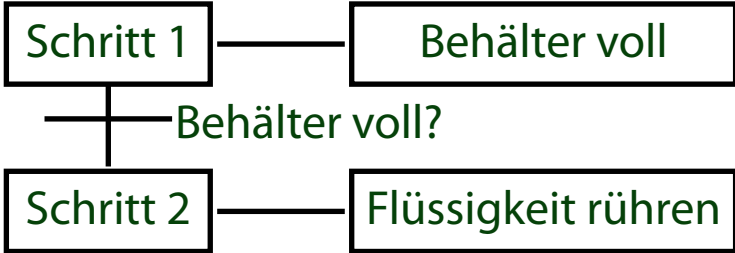
Aufbau in der Praxis



Zyklische Abarbeitung



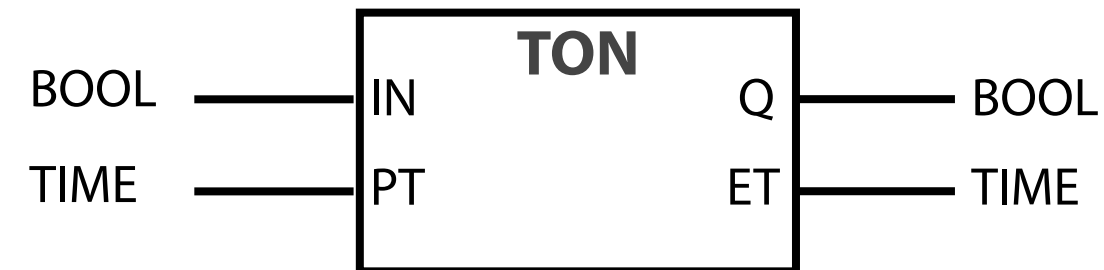
Sprachen für die Programmierung von Speicherprogrammierbaren Steuerungen

IEC DIN EN 61131-3	
• AWL - Anweisungsliste • IL - Instruction List	<pre>LD eingang_1 AND eingang_2 ST ausgang_0</pre>
• ST - Strukturierter Text • ST - Structured Text	<pre>C := A AND NOT B</pre>
• KOP - Kontaktplan • LD - Ladder Diagram	
• FBS - Funktionsbausteinsprache • FBD - Function Block Diagram	
• AS - Ablaufsprache • SFC - Sequential Function Chart	

Programmierung

Beispiele

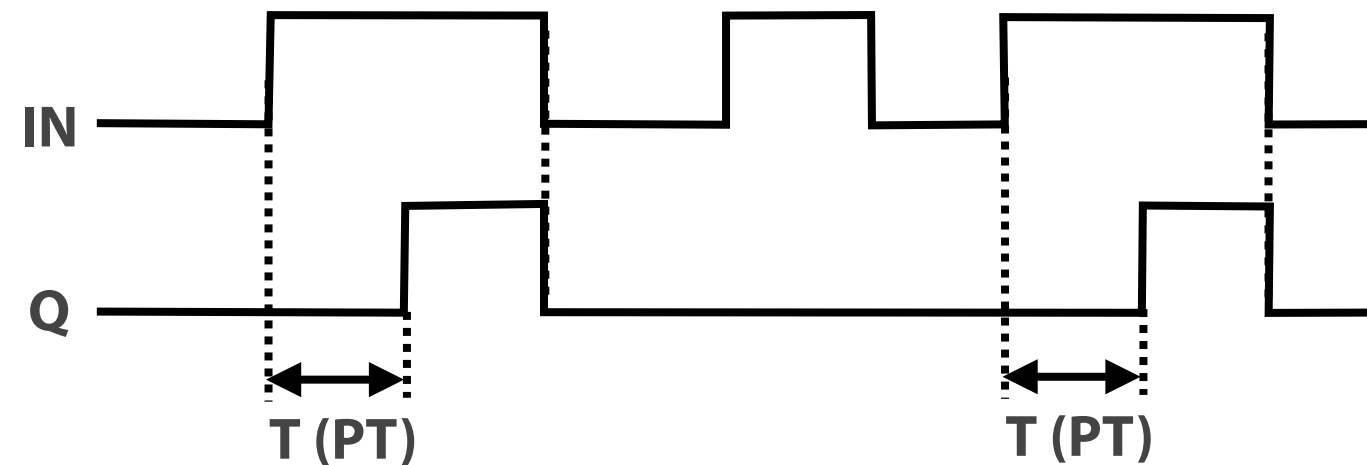
Prototyp:



Operanden:

IN Startbedingung
PT Zeitwertvorgabe
Q Binärer Zustand des Zeitgebers
ET Aktueller Zeitwert

Beschreibung:



Beispiel: um 777ms verzögert einschalten

```
PROGRAM zeit777ein

VAR
    Timer2 : TON;
    Start AT %IN0.0.0.0.0 : BOOL;
    Zeitdauer : TIME := T%777ms;
    Ausgang AT %Q0.0.0.0.0 : BOOL;
    Istzeit : TIME;
END_VAR

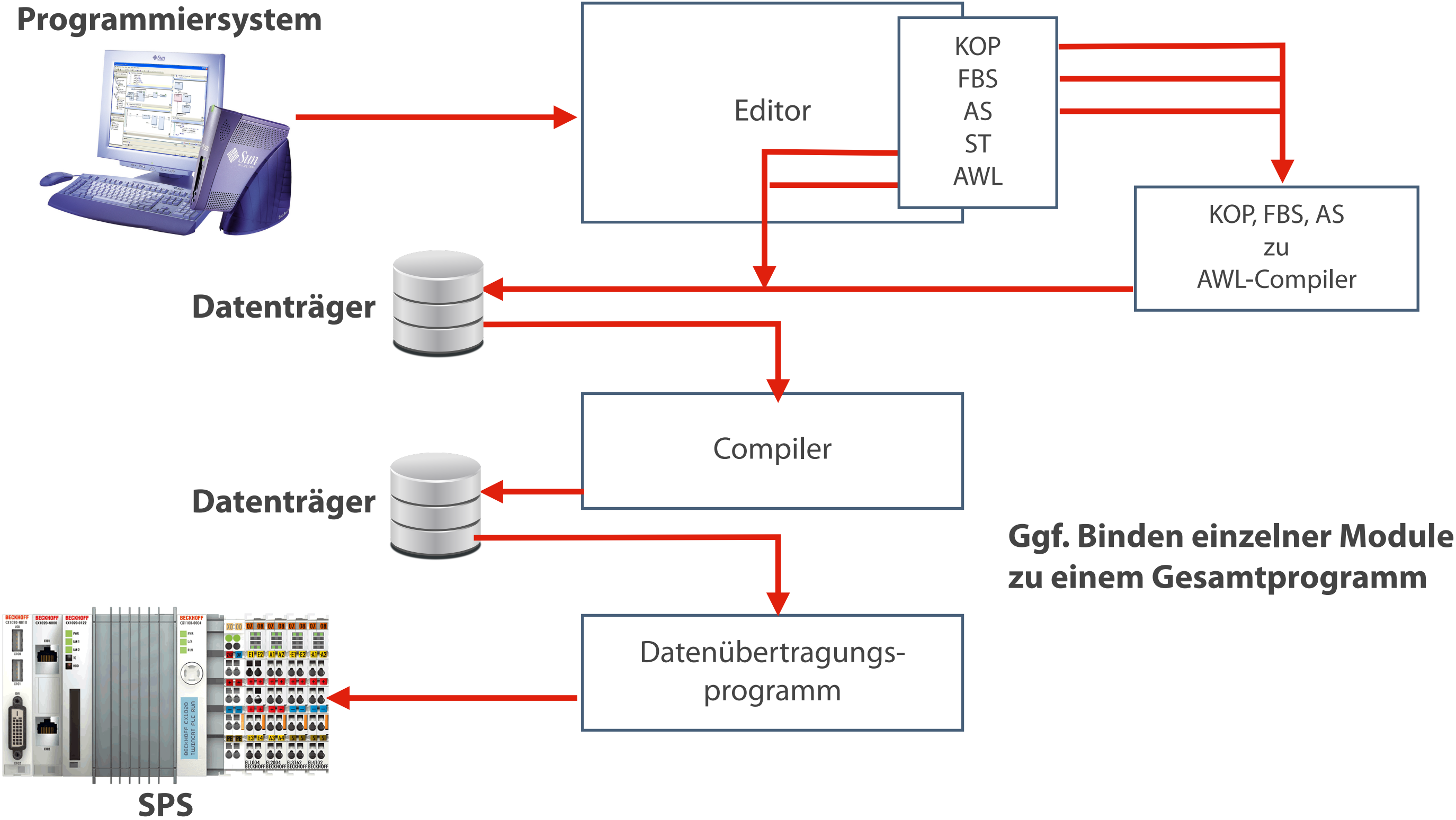
    CAL Timer2(IN := Start,
               PT := Zeitdauer)

    LD Timer2.Q
    ST Ausgang
    LD Timer2.ET
    ST Istzeit

END_PROGRAM
```

Programmierstellung Ablauf

Programmiersystem





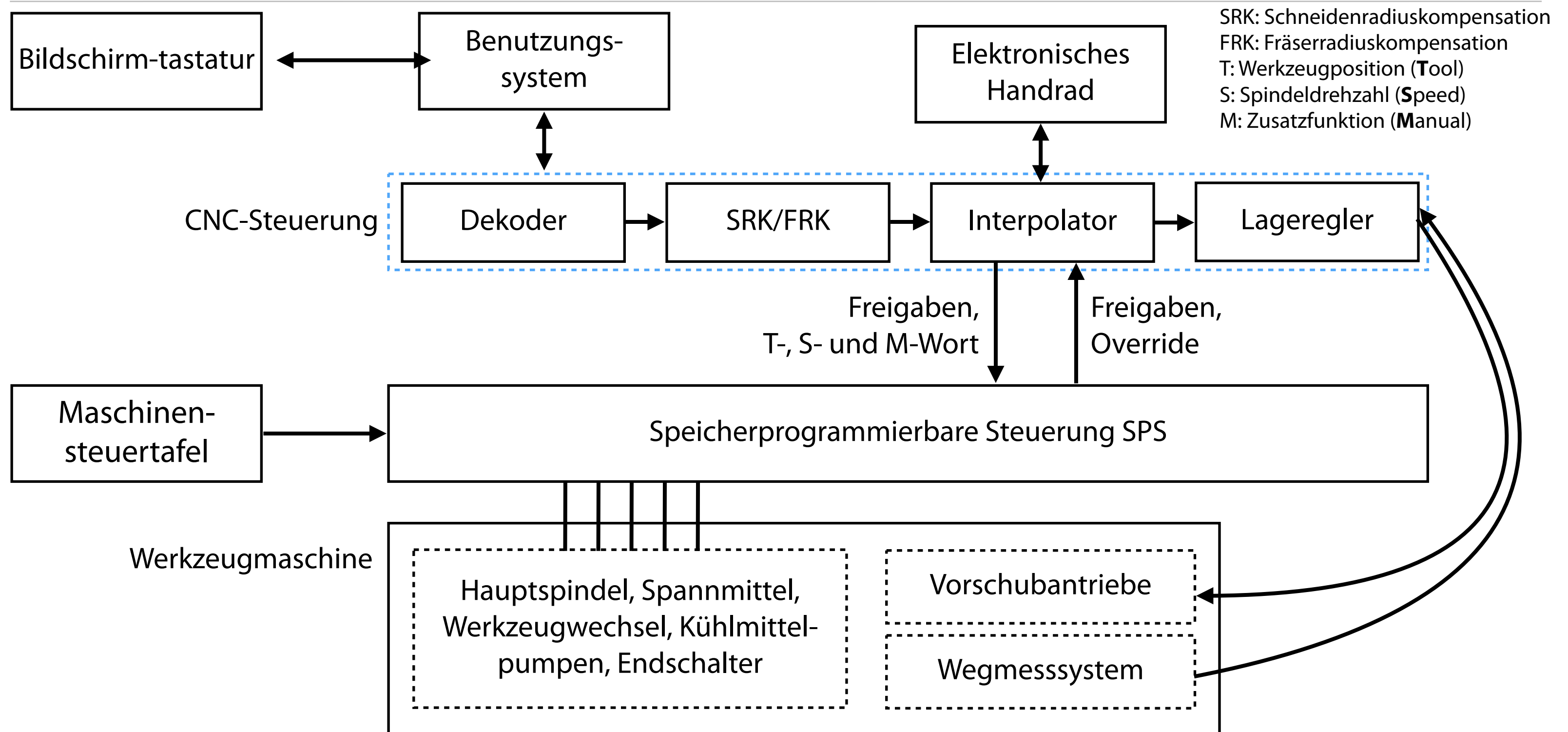
Kommunikationssysteme

Echtzeitprogrammiersysteme

Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS

Computerized Numerical Control CNC

Steuerung einer CNC-Werkzeugmaschine



CNC-Werkzeugmaschinen ermöglichen durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik die automatische Herstellung von Werkstücken komplexer Formen mit einer hohen Präzision.

Koordinatensystem einer CNC-Werkzeugmaschine

Bewegungsachsen

- Drei Bewegungsachsen bilden ein rechtshändiges, rechtwinkliges Koordinatensystem
- Normung nach DIN 66217
 - Zuordnung eines Koordinatensystems zu Bewegungsachsen einer numerisch gesteuerten Arbeitsmaschine
 - Vereinheitlichung der Programmierung von Werkzeugmaschinen

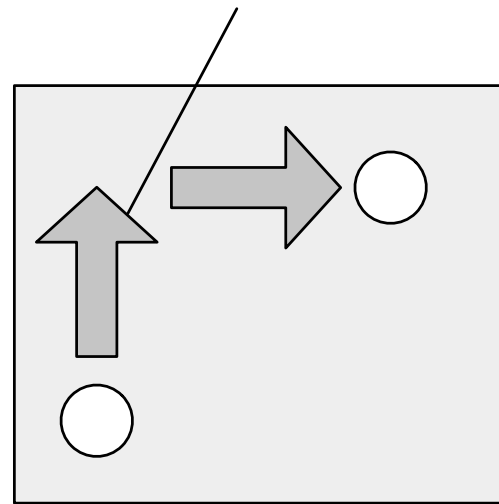
Referenzpunkt

- Festlegung eines Bezugspunktes mit bekannten, vorher ausgemessenen Koordinaten
- Zweck: Initialisierung der Achsenpositionen

Maschinennullpunkt

- Maschinenkoordinatensystem: Bezugskoordinatensystem für numerisch-gesteuerte Werkzeugmaschine
- Maschinennullpunkt: Ursprung des Maschinenkoordinatensystems

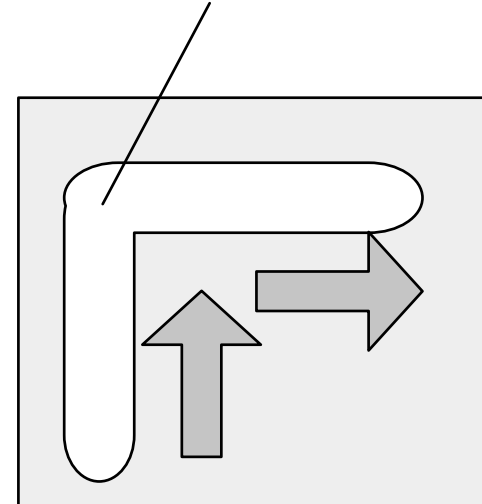
Werkzeug nicht im Eingriff



Punktsteuerung

- Für punktuelle Bearbeitung des Werkstückes (z. B. Punktschweißen)
- Kein funktionsmäßiger Zusammenhang zwischen den Bewegungen in Richtung verschiedener Koordinatenachsen
- Werkzeug bei Bewegung nicht im Eingriff

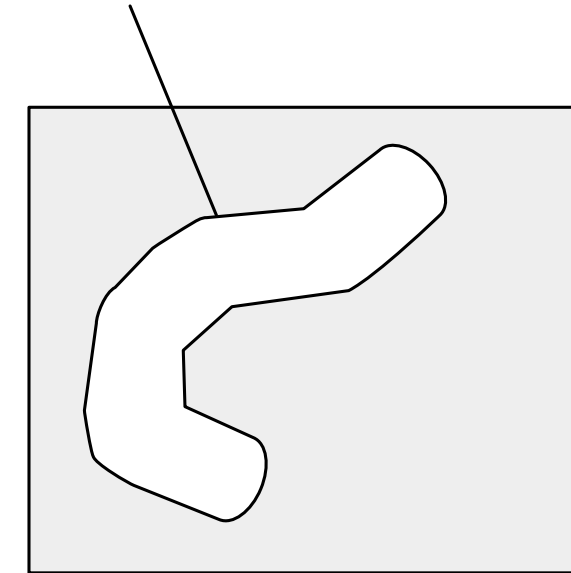
Werkzeug im Eingriff



Streckensteuerung

- Für Dreh- und Fräsmaschinen
- Vorschubbewegung immer nur entlang einer Achse
- z. B. Nutenfräsen, Drehen zylindrischer Wellen

Werkzeug im Eingriff



Bahnsteuerung

- Bearbeitung entlang beliebiger Kurven
- Bewegung in mehreren Koordinaten gleichzeitig
- Funktionsmäßiger Zusammenhang der Achsen
- Geraden- und Kreisinterpolation

Interpolation

Geradeninterpolation

- Kürzeste Verbindung zweier Punkte
- Räumliche Durchführung möglich

Kreisinterpolation

- Durchführung meist nur in einer Ebene möglich
- Angabe von Eckpunktkoordinaten, Mittelpunktkoordinaten und Drehrichtung der Kreisbewegung

Interpolation bezeichnet die Berechnung einzelner Stützpunkte eines Kurvenzugs. Sie dient der Reduzierung der zur Definition der Raumkurve (bei der Bahnsteuerung) notwendigen Datenmenge.

NC-Programme

Besteht aus Folge von Anweisungen (Sätzen), die eine NC-Maschine veranlassen eine bestimmte Bearbeitungsaufgabe durchzuführen

Notwendige Informationen

- Erforderliche Weginformationen
- Zusätzliche Schaltinformationen
- Hilfsbefehle

Sätze beinhalten

- Vollständige Arbeitsanweisung
- Programmanfangszeichen
- Spezielle Funktion für das Programmende



Aufbau von NC-Sätzen

Wegbedingung G

- Anweisungen, wie die nachfolgenden Daten zu verarbeiten sind (z .B. absolute vs. inkrementelle Bemaßung, Werkzeugkorrekturaufruf, Spiegelung der Achsen)

Werkzeugauswahl T

- Aufruf des für die Bearbeitungsart erforderliche Werkzeug am Revolver
- Gleichzeitige Berücksichtigung aller – im Werkzeugdatenspeicher abgelegten – zugehörigen Werkzeugdaten

Koordinatenwerte X,Y,Z

- Eingaben erfolgen mit oder ohne Vorzeichen in Vielfachen der kleinsten Einheit

Vorschubgeschwindigkeit F

- Angabe in mm/min

Drehzahl S

- Zweistellige Angabe nach VDI 3252 oder analoge Drehzahlausgabe bei V-konstant

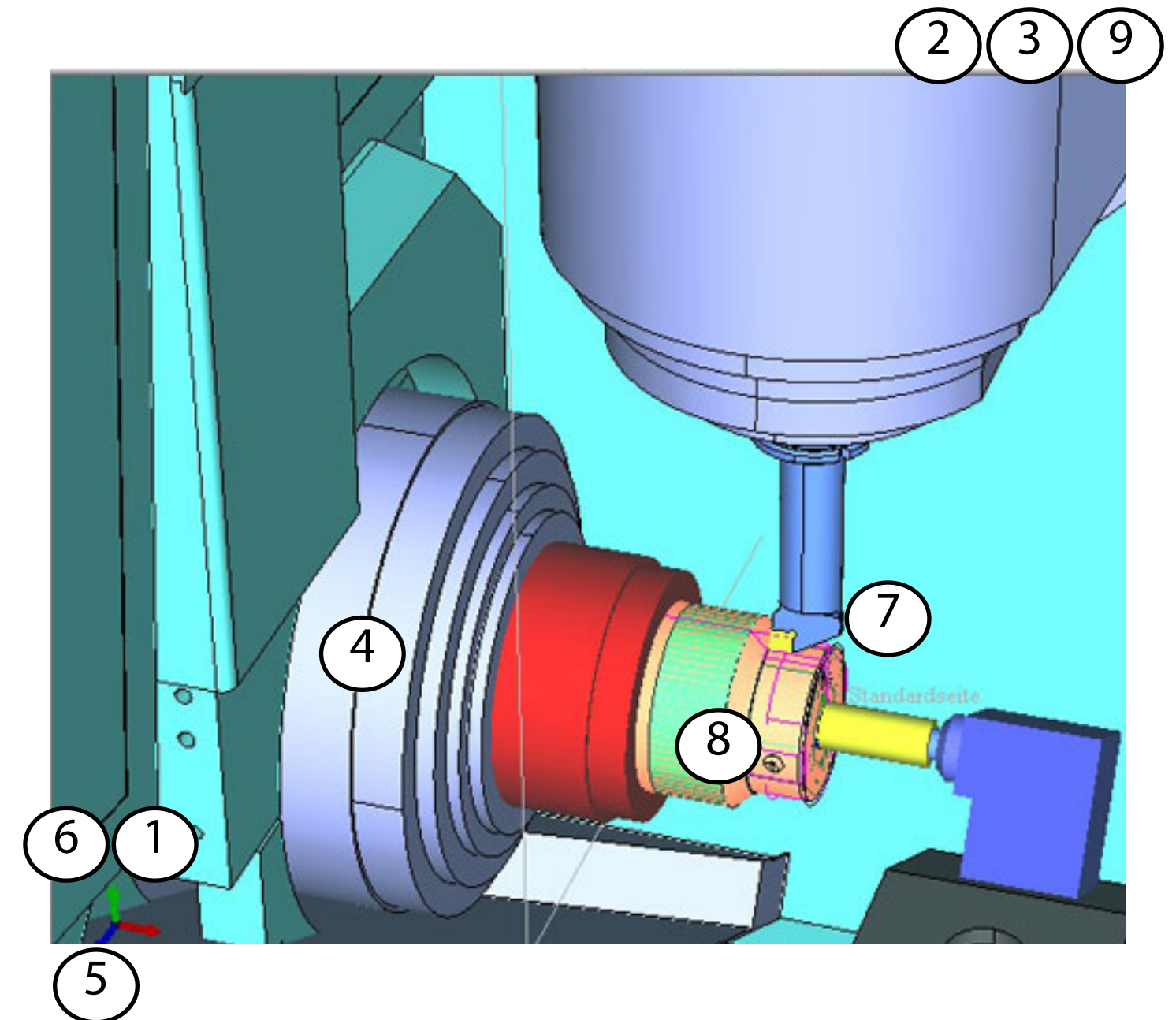
Hilfsfunktion

- Koordinierung von Schaltfunktionen außerhalb der NC-Steuerung (z. B. Drehrichtung, Werkzeugwechseln, Kühlmittelzufuhr)

Jeder Satz eines Maschinensteuerprogrammes beginnt mit einer (meist dreistelligen) Satznummer (N 001 bis N 999)

Beispiel NC-Programm

Schritt	01	Programm
1	N1 G59 Z60	Nullpunktverschiebung in Z programmiert
2	N2 G53 X150 Z200	Werkzeugwechsel anfahren (Eilgang) bezogen auf Maschinennullpunkt
3	N3 T0101	Werkzeugaufruf Werkzeug/WZ-Korrekturspeicher
4	N4 G96 V180 M03	Hauptspindel mit C=180 m/min (konst. Schnittgeschwindigkeit); Spindeldrehung rechts
5	N5 G0 X80	X zustellen mit Eilgang
6	N6 Z101	Z zustellen mit Eilgang (modaler Befehl G0)
7	N7 G1 Z50 F0.2 M8	Längsdrehen mit Vorschub (F= 0,2mm/U); Kühlmittelpumpe ein
8	N8 X100	Querdrehen mit Vorschub
9	N9 G53 X150 Z200 M9	Werkzeugwechselpunkt anfahren (Eilgang); Kühlmittelpumpe aus
-	N10 M30	Programmende



Arten der CNC-Programmerstellung

Externe Programmerstellung (CAM)

- Maschinelle, rechnergestützte Programmierung an separatem Rechner mit entsprechender Software
- Programm prüft auf Korrektheit, führt Berechnungen geometrischer und technologischer Art durch

Programmbibliothek beinhaltet u. a.

- Arithmetische Funktionen zur Berechnung komplizierter Strukturen
- Schnittstelle zu CAD-System
- Technologiedatenbank
- Dynamische Werkstückänderung

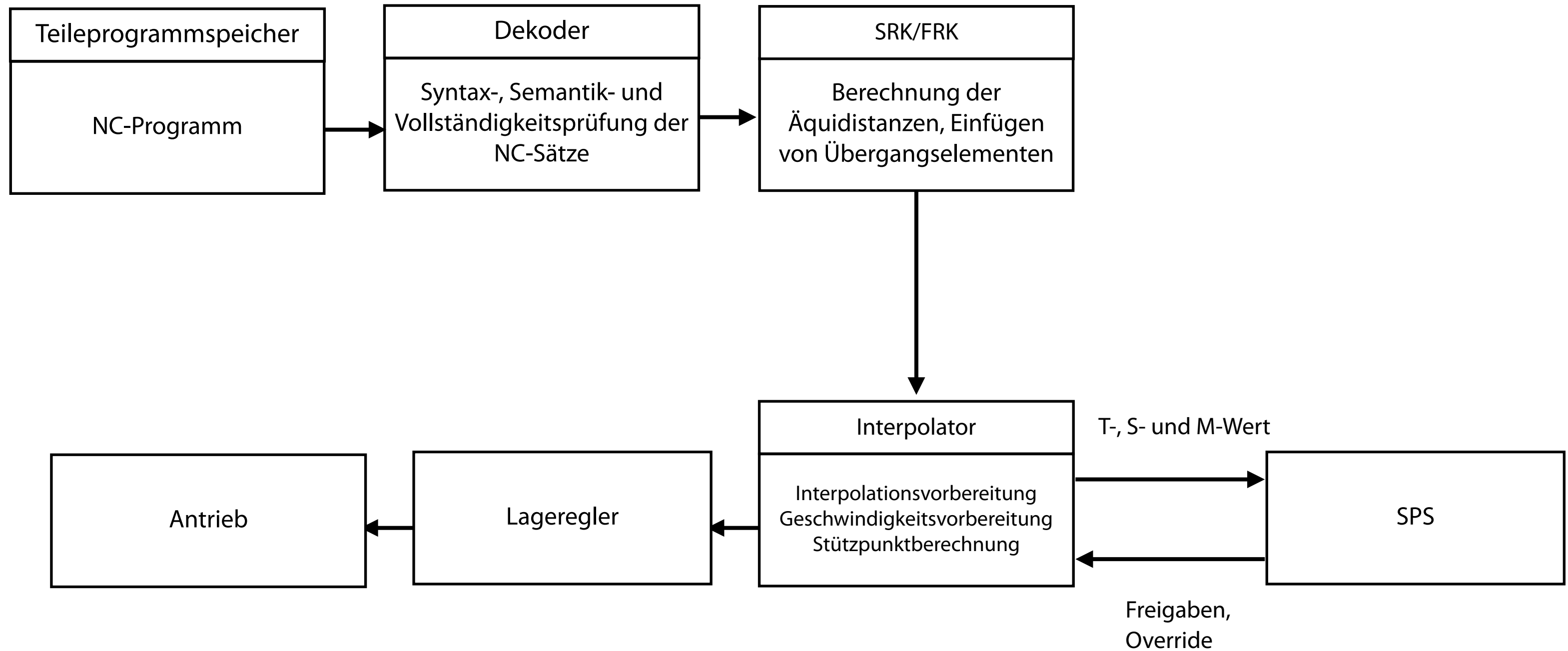
Handeingabe

- Direkte Eingabe der Steuerbefehle über Bedientastatur an Maschine
- Hohe Fehlergefahr

Sonderform: Werkstattprogrammierung

- In die CNC-Steuerung integriertes Programmiersystem
- Bedienung im Dialogbetrieb
- Für einfache Werkstücke geeignet

Informationsverarbeitung in einer CNC-Steuerung



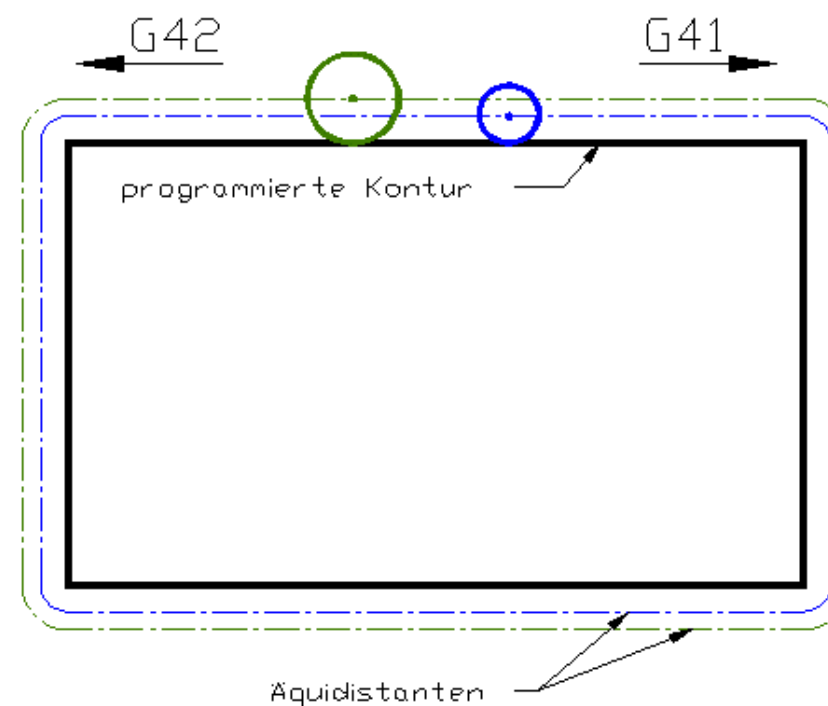
Korrekturmechanismen

Nullpunktverschiebung

- Ziel: vom Maschinenkoordinatensysteme unabhängige Programmerstellung
- Programmerstellung soll sich auf den Werkstücknullpunkt beziehen
- Achsparallele Verschiebung zwischen dem Maschinen- und dem Werkstückkoordinatensystem am Anfang des NC-Programms

Werkzeugkorrekturen

- Werkzeuglängenkorrektur: Ausgleich von Verschleiß, Voreinstellungstoleranzen durch Maßabweichung in Richtung der Werkzeugachsen
- Werkzeugradiuskorrektur: Berücksichtigung des Werkzeugradiuswertes (Werkzeugmittelpunkt-bahn):



Spindelsteigungsfehlerkompensation

- Notwendig, wenn Werkzeugmaschine über ein indirektes Wegmeßsystem (rotatorisches Meßsystem) verfügt
- Vorgehen
 - 1) Vermessung der Spindel
 - 2) Kompensation des mechanischen Fehlers
 - 3) Fehler wird im Interpolator korrigiert

Die Korrekturen dienen der Umrechnung der vorgegebenen Koordinatenwerte in die Koordinaten für die korrekte Ansteuerung der NC-Achsen.

Literatur

Becker, U., Grundlagen der Automatisierungstechnik I: Einführung in die Automatisierungstechnik; Fachzentrum für Automatisierungstechnik im BTZ Rohr-Kloster 2007

HMS Industrial Networks GmbH: Markttrends: Industrielle Kommunikation 2019: Marktanteile industrieller Netzwerke

IEC DIN EN 61131-3:2014-06 Speicherprogrammierbare Steuerungen - Teil 3: Programmiersprachen

Lauber, R.; Göhner, P.: Prozessautomatisierung I, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 1999.

Tröster, Fritz. Steuerungs-und Regelungstechnik für Ingenieure. Oldenbourg Verlag, 2011.

Uhlmann, E.: Skript: Übungen im Versuchsfeld – Grundlagen numerischer Steuerung, Sommersemester 2008.

Weyrich, M.: 2015 Skript Automatisierungstechnik I,, Universität Stuttgart, Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik, Sommersemester 2015.