

Steuerungstechnik und Feldbusse

Skriptum zur Vorlesung STUF

Dieter Bärnthaler

Stand: 9/2011

Inhaltsverzeichnis

1. Steuerungstechnische Grundlagen	4
1.1. Grundbegriffe der Steuerungstechnik.....	4
1.2. Unterscheidungsmerkmale für Steuerungen	6
1.3. Grafische Darstellung von Steuerungsabläufen	7
2. Signalverarbeitung in Steuerungen	13
2.1. Signalarten.....	13
2.2. Zeitelemente und Zähler in Steuerungen.....	14
2.3. Elektrische Steuerungen.....	15
2.3.1. Bauelemente elektrischer Steuerungen.....	15
2.3.2. Elektrische Schaltungstechnik	23
3. Speicherprogrammierbare Steuerungen	27
3.1. Aufbau und Funktionsweise	27
3.2. Programmierung	32
3.3. Grundlagen der Programmierung nach IEC 61131-3	35
3.4. Grundfunktionen	40
3.4.1. Binäre Abfragen und Verknüpfungen	40
3.4.2. Speicherfunktionen	41
3.4.3. Flankenauswertung	42
3.4.4. Zeitfunktionen	43
3.4.5. Zählfunktionen	43
3.4.6. Digitale Operationen	44
3.5. Ablaufsteuerungen.....	45
3.6. Analogwertverarbeitung	46
4. Feldbussysteme	48
4.1. Netzwerkgrundlagen	50
4.2. Feldbusse.....	52
4.3. Beispiele für Feldbussysteme	54
4.3.1. CAN BUS	54
4.3.2. Profibus, Profibus DP	55
4.3.3. Aktor Sensor Interface AS-I	56
4.3.4. Interbus-S	57
5. Sicherheitsanforderungen an Steuerungen	58

5.1.	EU Maschinenrichtlinie	61
5.1.1.	Gesichtspunkte zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz	63
5.1.2.	Kennzeichnung und Betriebsanleitung.....	65
5.1.3.	Risikoanalyse	66
6.	Normen.....	68

1. Steuerungstechnische Grundlagen

Steuerungen werden in der Fertigungs-, Montage- und Transporttechnik eingesetzt, wenn der aufgabengemäß zu beeinflussende Teil der Anlage stabil ist und nur erfassbare Störgrößen auftreten. Allgemeine Grundbegriffe zur Planung, für den Aufbau, die Prüfung und den Betrieb von technischen Steuerungen sind genormt. Bei der Projektierung von Steuerungsaufgaben lässt sich nicht immer von vornherein sagen, ob ein pneumatisches, hydraulisches oder elektrisches / elektronisches System am besten zur Lösung des Steuerungsproblems geeignet ist. In dem Bestreben, den Bauaufwand, die Betriebssicherheit und die technische Vollkommenheit für die jeweilige Aufgabe zu optimieren, müssen häufig zwei oder mehr Steuerungs- und Antriebsmedien miteinander verknüpft werden. Neben den technischen sind häufig auch ökonomische und ökologische Gesichtspunkte zu beachten.

1.1. Grundbegriffe der Steuerungstechnik

In der DIN IEC 60050-351 wird Steuerung wie folgt definiert:

„Das **Steuern**, die Steuerung, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen. Kennzeichen für das Steuern ist der offene Wirkungsweg oder ein geschlossener Wirkungsweg, bei dem die durch die Eingangsgrößen beeinflussten Ausgangsgrößen nicht fortlaufend und nicht wieder über dieselben Eingangsgrößen auf sich selbst wirken.“

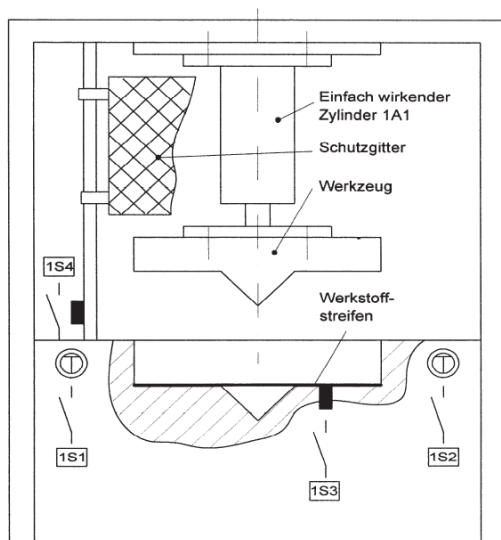


Bild 1. Technologieschema eines Biegewerkzeugs

Folgendes Beispiel einer Verknüpfungssteuerung (siehe Bild 1) dient der Einführung in die Begrifflichkeit der Steuerungstechnik:

Ein Werkzeug zum Biegen von Werkstücken wird durch einen einfach wirkenden Zylinder bewegt. Der Biegevorgang darf nur stattfinden, wenn der Werkstoffstreifen zugeführt ist, das Schutzgitter geschlossen ist und beide Handtaster betätigt werden. Die Signalgeber zur Erzeugung der Eingangsgrößen für das System sind:

- ein durch Taststift betätigtes Ventil zur Erkennung des Werkstücks (1S3),
- ein rollenbetätigtes Ventil zur Erkennung des geschlossenen Schutzgitters (1S4),
- zwei handbetätigte Ventile zur Erzeugung des Startsignals (1S1 und 1S2).

Ausgangsgröße des Systems ist der Wirkweg des Biegewerkzeugs.

In Bild 2 ist der allgemeine Wirkungsplan einer Steuerung dargestellt.

Begriffe lt. DIN IEC 60050-351 (internationales elektrotechnisches Wörterbuch Teil 351 Leittechnik)

Die **Signalgeber** erzeugen die Eingangsgrößen; sie bilden also die **Führungsgröße** W der Steuerung, die der Steuerkette von außen zugeführt wird und der die Ausgangsgröße der Steuerung in vorgegebener Abhängigkeit folgen soll. Die Eingangsgrößen wirken auf die Steuereinrichtung.

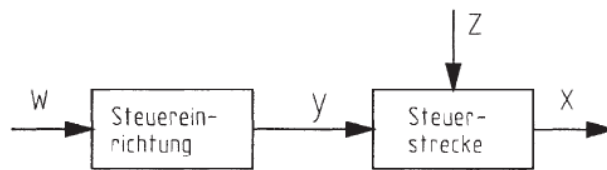


Bild 2. Wirkungsplan der Steuerung

Die **Steuereinrichtung** ist derjenige Teil des Wirkungswegs, der die aufgabengemäße Beeinflussung der Strecke über das Stellglied bewirkt, d.h. die Steuereinrichtung beinhaltet die dem System eigentümliche Gesetzmäßigkeit. Diese Gesetzmäßigkeit kann z.B. durch ein Steuerprogramm oder eine entsprechende Schaltung erzeugt werden. Erfüllen die Eingangsgrößen jene von der Schaltung oder dem Steuerprogramm abgefragten Bedingungen, so gibt die Steuereinrichtung als Ausgangsgröße die **Stellgröße** y an das Stellglied.

Das **Stellglied** überträgt die steuernde Wirkung auf die Strecke. Das Stellglied ist eine am Eingang der Steuerstrecke angeordnete Funktionseinheit, die in den Energiefluss eingreift.

Die **Steuerstrecke** ist der Teil des Systems, der aufgabengemäß zu beeinflussen ist. Die zu beeinflussende Größe (Steuergröße x im Wirkungsplan) der Steuerstrecke soll der Führungsgröße W folgen. Diese zu steuernde Größe ist der Weg des Werkzeugs.

Kennzeichen der Steuerung ist ein offener Wirkungsweg, d.h. es findet keine Rückwirkung der zu steuernden Größe auf die Führungsgröße statt. Gleichwohl kann die Steuerstrecke durch von außen wirkende Größen beeinflusst werden. Diese Größen werden in der Steuerungstechnik als **Störgrößen** (Z) bezeichnet. Störgrößen werden vielfach durch die Belastung der Strecke oder durch Druckabfall im System bewirkt. Ist die Störgröße erfassbar, so kann sie entsprechend Bild 3 der Steuereinrichtung als Eingangsgröße zugeführt werden. Man nennt dies eine **Störgrößenaufschaltung**.

Sind die Störgrößen nicht direkt erfassbar, dann ist zur Lösung der Aufgabenstellung eine Regelung *erforderlich*.

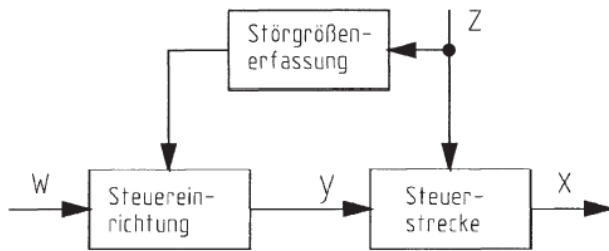


Bild 3. Wirkungsplan einer Steuerung mit Störgrößenaufschaltung

1.2. Unterscheidungsmerkmale für Steuerungen

Informationsdarstellung

Die **Eingangsgrößen** der Steuerung sind Signale, die bestimmte Informationen aus dem Prozess oder aus dem Betriebsartenteil geben. Nach der Art der Signaldarstellung kann zwischen analogen, digitalen und binären Steuerungen unterschieden werden.

Ein **analoges Signal** ist im Idealfall ein stetes Abbild der zu verarbeitenden Größe. Die meisten physikalischen Größen ändern sich stetig und werden deshalb analog dargestellt. Die Verarbeitung analoger Signale kann mit stetig wirkenden Funktionsgliedern (z. B. analoge Sensoren, Proportionalventile) erfolgen. Häufig werden die analogen Signale mittels Analog- Digital-Umsetzer in abzählbare Einheiten zerlegt und binär codiert der digital arbeitenden Steuereinrichtung zugeführt. **Digitale Steuerungen** arbeiten vorwiegend mit zahlenmäßig dargestellten Informationen. Der Wertebereich eines solchen Signals ist ein Vielfaches der kleinsten Einheit des Informationsparameters (Weg, Spannung). Die Signalverarbeitung erfolgt vorwiegend mit Funktionseinheiten wie Zähler, Register, Speicher und Rechenwerk.

Es gibt aber auch Signale, die nur zwei Werte oder Zustände annehmen können. Solche **binären Signale** werden z. B. von einem Schalter (Ein/Aus) oder von einem Relais (Kontakt geschlossen/geöffnet) abgegeben. Die Steuerung verarbeitet die binären (zweiwertigen) Eingangssignale mit Verknüpfungs-, Speicher und Zeitgliedern zu binären Ausgangssignalen.

Signalverarbeitung

Bei den digitalen und binären Steuerungen unterscheidet man nach der Art der Signalverarbeitung synchrone und asynchrone Steuerungen sowie Verknüpfungssteuerungen (DIN IEC 60050-351).

Bei **synchronen Steuerungen** erfolgt die Signalverarbeitung synchron zu einem Taktsignal. **Asynchrone Steuerungen** arbeiten taktunabhängig. Eine Signaländerung erfolgt nur in Abhängigkeit von der Änderung der Eingangssignale.

Eine **Verknüpfungssteuerung** ordnet den Zuständen der Eingangssignale durch eine Verknüpfungsfunktion bestimmte Zustände der Ausgangssignale zu. Eine Verknüpfungsfunktion ist eine Schaltfunktion für binäre Schaltgrößen. Sie kann durch die Boolesche Algebra beschrieben werden. Auch Steuerungen mit Speicher- und Zeitfunktionen ohne zwangsläufig schrittweisen Ablauf werden Verknüpfungssteuerungen genannt.

Steuerungsablauf

Ablaufsteuerungen sind Steuerungen mit zwangsläufig schrittweisem Ablauf. Das Weiterschalten von einem Schritt zum programmgemäß folgenden Schritt erfolgt in Abhängigkeit von Transitionsbedingungen. Transitionsbedingungen sind die Voraussetzungen für den programmgemäß folgenden Schritt. Die Schrittfolge kann jedoch auch mit Sprüngen, Schleifen und Verzweigungen programmiert werden.

Bei **prozessabhängigen** Ablaufsteuerungen sind die Transitionsbedingungen vorwiegend von Signalen aus der gesteuerten Anlage abhängig. Bei **zeitgeführten** Ablaufsteuerungen sind die Transitionsbedingungen nur von der Zeit abhängig.

Steuerungsmittel

Entsprechend der technischen Umsetzung der Steuerungseinrichtung können die Steuerungen in mechanische, fluidische und elektrische Steuerungen unterteilt werden. In mechanischen Steuerungen erfolgt die Umsetzung der Gesetzmäßigkeiten zur Verbindung der Eingangsgrößen z.B. über Getriebe, Kurvenscheiben und Hebel. Fluidische Steuerungen können je nach genutztem Medium pneumatische oder hydraulische sein. Die Informationsverarbeitung wird hierbei größtenteils über Ventile realisiert. Elektrische Steuerungen sind die in der Praxis am weitesten verbreiteten Steuerungen. Die logische Verknüpfung der Eingangsgrößen erfolgt zum einen über z.B. Schalter und Relais oder ihre Verarbeitung im Mikroprozessor mit Hilfe eines Programms.

Programmverwirklichung

Hinsichtlich der Programmverwirklichung unterscheidet man zwischen verbindungs- und speicherprogrammierten Steuerungen. Als **Programm** einer Steuerung gilt grundsätzlich die Gesamtheit aller Steuerungsanweisungen und Vereinbarungen für die Signalverarbeitung einer Steuerung, durch die die Ausgangsgröße aufgabengemäß beeinflusst wird (DIN IEC 60050- 351).

Bei **verbindungsprogrammierten** Steuerungen bestimmen die Funktionseinheiten und deren Verbindung den Programmablauf.

Speicherprogrammierbare Steuerungen enthalten einen Programmspeicher, in dem das Steuerprogramm gespeichert wird. Der **Speicher** ist eine Funktionseinheit, die Programme und andere Daten in digitaler Darstellung aufnimmt und abrufbar bereit hält. Die Art des Speichers bestimmt Umfang und Art der Änderungsmöglichkeiten für das Steuerprogramm. Eine speicherprogrammierbare Steuerung, die einen Nur-Lese-Speicher als Programmspeicher enthält, der nur durch Eingriff in die Steuereinrichtung ausgetauscht werden kann, wird als **austauschprogrammierbare** Steuerung bezeichnet. Eine speicherprogrammierbare Steuerung, die einen Schreib-Lese-Speicher als Programmspeicher enthält, welcher beliebig verändert werden kann, wird als **freiprogrammierbar** bezeichnet.

1.3. Grafische Darstellung von Steuerungsabläufen

Schaltpläne

Ein Schaltplan ist die zeichnerische Darstellung von Betriebsmitteln durch Schaltzeichen. Er zeigt die Art, in der verschiedene Betriebsmittel zueinander in Beziehung stehen und miteinander verbunden sind. Schaltpläne können ergänzt werden durch andere Schaltungsunterlagen, wie Diagramme,

Tabellen und Beschreibungen. Ein **Diagramm** ist die grafische Darstellung von Beziehungen zwischen verschiedenen Vorgängen, Vorgängen und ihrer Zeitabhängigkeit sowie Vorgängen und physikalischen Größen und Zuständen mehrerer Betriebsmittel. Diagramme sollen Wesentliches herausstellen und dadurch Vorgänge leicht fasslich und einprägsam darstellen.

Eine **Tabelle** ist eine systematisch angeordnete Übersicht, die ohne erläuternden Text verständlich sein soll.

Schaltpläne für elektrische Steuerungen: Elektrische Schaltpläne werden als Übersichtsschaltpläne, Installationspläne und Stromlaufpläne ausgeführt; sie zeigen die Arbeitsweise und die Verbindungen von elektrischen Einrichtungen.

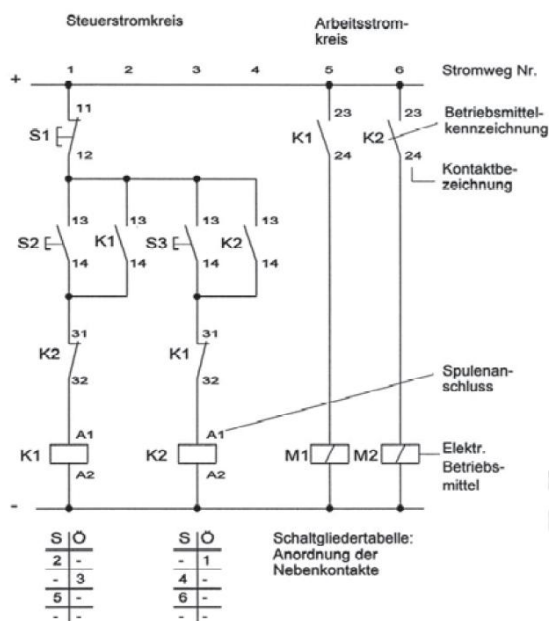


Bild 4. Elektrischer Schaltplan

In der Steuerungstechnik werden überwiegend **Stromlaufpläne** verwendet. Sie geben insbesondere Einsicht in die Arbeitsweise der Steuerkette. Jedes elektrische Betriebsmittel wird in einem senkrecht gezeichneten Stromweg dargestellt. Die Stromwege werden von links nach rechts durchnummeriert. Sie werden vorzugsweise so angeordnet, dass die Wirkungsweise bzw. die Signalflossrichtung berücksichtigt wird. Die räumliche Lage der Betriebsmittel und der mechanische Zusammenhang wird nicht berücksichtigt; dies ist den Kennzeichnungen zu entnehmen. Die Stromversorgung kann gekennzeichnet werden durch +, - /L₁, L₂ und andere Zeichen. Der Steuerstromkreis enthält die Bauelemente für die Signaleingabe und -verarbeitung, der Hauptstromkreis enthält die für die Betätigung der Arbeitselemente erforderlichen Stellglieder.

Der Zweck dieser Anordnung ist:

- ☐ Leichtes Lesen des Schaltplans
- ☐ Erkennen der Wirkungsweise eines Betriebsmittels oder einer Teilanlage
- ☐ Erleichterung der Prüfung, Wartung und Fehlersuche

Die Kennzeichnungen für die Art der Betriebsmittel sind den einschlägigen Normen zu entnehmen. Einige häufig vorkommende Kennbuchstaben sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Kennzeichnung von Betriebsmitteln

Kennbuchstabe	Art des Betriebsmittels	Beispiel
B	Umsetzer	Sensor
C	Kapazität	Kondensator
F	Schutzeinrichtung	Überstromauslöser
P	Meldeeinrichtung	Signalleuchte, Hupe
K	Schütz, Relais	Zeitrelais
M	Motor, Elektromech. Einrichtung	Drehstrommotor, Spule am Magnetventil
S	Schalter	Taster

Neben den Kennbuchstaben erhalten die elektrischen Betriebsmittel noch eine fortlaufende Zählnummer. Die Kennzeichnung des Betriebsmittels kann noch ergänzt werden durch einen Kennbuchstaben für die Funktion des jeweiligen Betriebsmittels; der Taster S1 im Stromlaufplan in Bild 4 könnte noch durch den Buchstaben H = Halt ergänzt werden, also S1H. Einzutragen sind auch die Kontaktbezeichnungen und die Spulenanschlüsse.

Aufgelöst dargestellte Betriebsmittel, z.B. das Relais K1, werden an der Relaisspule und an den Nebenkontakten mit der gleichen Kennziffer bezeichnet. Zum besseren Verständnis des Stromlaufplans dienen die Schaltgliedertabellen unterhalb der Relaisspulen in den Stromwegen 1 und 3. Im obigen Schaltplan dient der 1. Nebenkontakt im 2. Stromweg zur Selbsthaltung des Schützes, der 3. Nebenkontakt im 3. Stromweg zur Verriegelung des Schützes K2 für die entgegengesetzte Drehrichtung. Alle Betriebsmittel werden in der Steuerungs- und Regelungstechnik im spannungs- oder stromlosen Zustand oder ohne Einwirkung einer Betätigungskraft dargestellt. Abweichungen hiervon werden besonders gekennzeichnet. Zwischen den beiden unterschiedlichen Stromkreisen bilden Schütze die Schnittstelle. Allgemein ist eine **Schnittstelle** ein System von Vereinbarungen, die den Informationsaustausch zwischen miteinander kommunizierenden Systemen ermöglicht. Die hier angesprochene Hardware-Schnittstelle dient zur Realisierung folgender Aufgaben:

- ☐ Energetische Signalanpassung
- ☐ Leistungsverstärkung
- ☐ Energiewandlung

Funktionsplan

Die DIN EN 60848 – Spezifikationssprache für Funktionspläne (kurz GRAFCET) dient zur prozessorientierten Beschreibung und Darstellung von Steuerungsabläufen. Sie beschreibt die Funktion und das Verhalten der Steuerung unabhängig von der technischen Realisierung. Die Darstellung unterscheidet Struktur und Wirkungsteil. Die Struktur zeigt mögliche Abläufe zwischen den Situationen der Steuerung. Sie enthält folgende Bestandteile:

- ☐ Schritte
- ☐ Transitionen
- ☐ Wirkverbindungen

Die **Schritte** charakterisieren das stationäre Verhalten des Systems; sie werden durch Rechtecke mit einer den Schritt kennzeichnenden Ziffer dargestellt. Ein Schritt ist entweder aktiv oder inaktiv.

Eine **Transition** ist eine Aktivität zwischen den Schritten, die zum Auslösen des Folgeschrittes führt. Eine **Wirkverbindung** verbindet zwei oder mehrere Schritte mit einer Transition. Im Wirkungsteil werden folgende Elemente angewendet:

☐ Transitionsbedingungen

☐ Aktionen

Mit der Transition ist eine **Transitionsbedingung**, häufig ein logischer Ausdruck, verknüpft. Die **Aktion** zeigt in einem Rechteck an, was mit einer Ausgangsvariablen geschehen soll. Die Aktion kann durch Zuweisung oder durch Zuordnung ausgelöst werden. Die Zuordnung ist eine gespeichert wirkende Aktion. Die Anfangssituation wird durch den zu diesem Zeitpunkt aktiven Schritt beschrieben. Die Auswahl dieses Schrittes ist vom betrachteten System abhängig. Als Transitionsbedingungen können ebenfalls logische Verknüpfungen von Signalen, Werte von Zählern oder eine Zeit verwendet werden. Aktionen können zeitlich verzögert oder zeitlich begrenzt werden. Transitionsbedingungen zwischen den einzelnen Schritten des Funktionsplans können auch textuell beschrieben werden. Ist die Transitionsbedingung immer erfüllt, erhält sie den Wert TRUE.

Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen

Für die Erstellung von Funktionsplänen oder GRAFCET-Plänen stehen verschiedene charakteristische Strukturen zur Verfügung, die strikten Bildungsregeln unterliegen bezüglich des Wechsels von Schritten und Transitionen. Die Grundstruktur ist eine Folge von Schritten, eine lineare **Ablaufkette**. Jeder Schritt hat eine nachfolgende Transition. Die Transition ist freigegeben, wenn der vorhergehende Schritt und die Transitionsbedingung (Weiterschaltbedingung) erfüllt ist. Neben dem Ablauf einer Anzahl von Schritten, die nacheinander gesetzt werden, kann auch eine Auswahl aus mehreren Ablaufmöglichkeiten getroffen werden. Der Funktionsplan in Bild 5 zeigt eine **Zuführeinrichtung**.

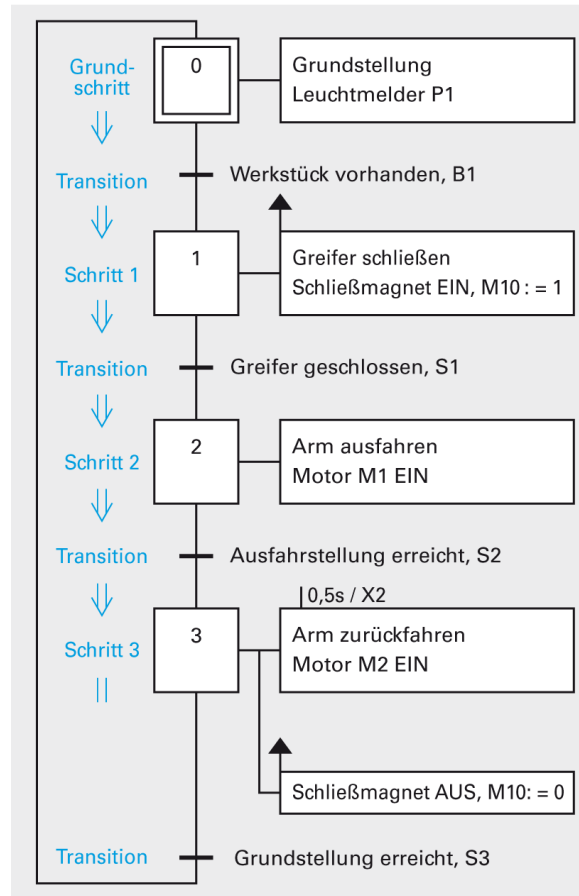
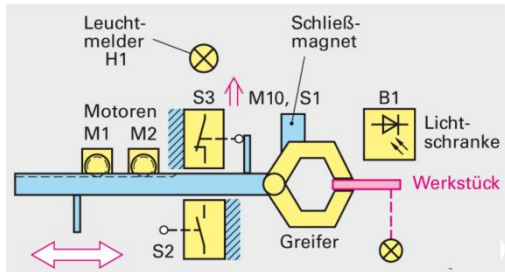


Bild 5. Funktionsplan

Die Zuführeinrichtung soll ein Werkstück einer Presse zuführen sobald dieses bereitgestellt ist. Das Vorhandensein des Werkstückes wird durch die Unterbrechung der Lichtschranke B1 signalisiert ($B1=0$). Ist das Werkstück vorhanden soll zunächst der Greifer mit dem Schließmagneten M10 schließen ($M10=1$). Das Schließen wird durch einen berührungslosen Grenztaster S1 im Greifer überwacht ($S1=1$, Greifer geschlossen). Nachdem der Greifer geschlossen ist, soll er durch einschalten eines Motors M1 ausgefahren werden ($M1=1$) bis der Grenztaster S2 anspricht ($S2=1$). Nach Erreichen des Grenztasters S2 soll der Greifer öffnen ($M1=0$). Danach wird durch Einschalten des Eilgangmotors M2 ($M2=1$) zurückgefahren bis zur Betätigung des Grenztasters S3 ($S3=1$). Dies ist die Ruhestellung und zugleich Ausgangsstellung, bis wieder ein Werkstück zur Zuführung bereitliegt. Die Ruhestellung soll durch den Leuchtmelder H1 angezeigt werden ($H1=1$).

Die Darstellung paralleler Abläufe nach einer Transition erfolgt durch das Synchronisationssymbol, eine Doppellinie.

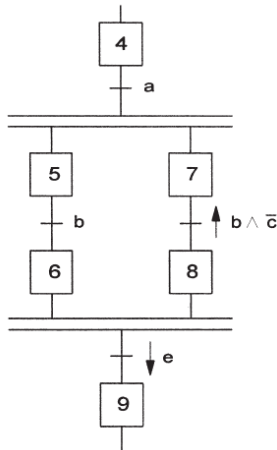


Bild 6. Parallelbetrieb

Nach der gleichzeitigen Aktivierung erfolgt der Ablauf der aktiven Schritte in jeder Ablaufkette voneinander unabhängig. Der Übergang von Schritt 4 zu den Schritten 5 und 6 sowie 7 und 8 findet nur statt, wenn der Schritt 4 aktiv und die der gemeinsamen Transition zugeordnete Transitionsbedingung a erfüllt ist. Die Zusammenführung der parallelen, unabhängigen Ablaufketten wird durch das Synchronisationssymbol dargestellt. Die Transition zum Schritt 9 steht unterhalb dieser Linie; sie wird nur freigegeben, wenn die Schritte 6 und 8 gesetzt sind und die gemeinsame Transitionsbedingung, die fallende Flanke des binären Signals e , erfüllt ist.

Struktogramm

Eine weitere grafische Darstellungsmethode für Steuerungsaufgaben, deren Lösung auf der Anwendung eines Algorithmus beruht, ist das Struktogramm. Der Algorithmus zählt die auszuführenden Schritte auf und legt die Reihenfolge fest. Ein Struktogramm wird mit den Sinnbildern nach Nassi-Shneiderman (DIN 66261) dargestellt und mit Texten erläutert.

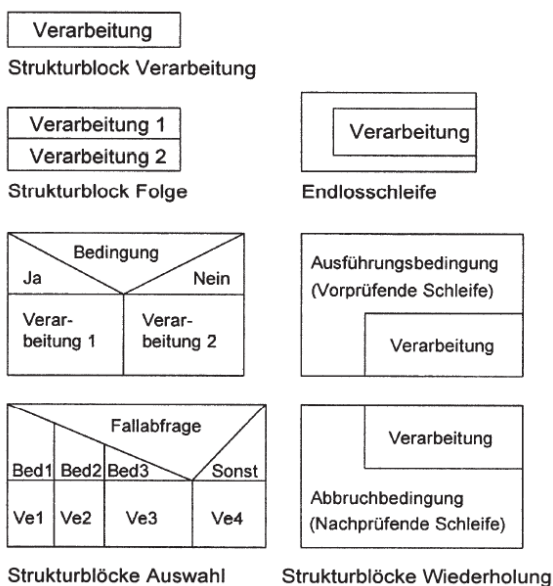


Bild 7. Strukturblocke des Struktogramms

Die Sinnbilder, sogenannte Strukturblocke (Beispiele siehe Bild 7), stehen für Programmkonstrukte, deren innere logische Struktur in Steuerungsanweisungen überführt werden muss. Ein Strukturblock ist eine abgeschlossene Einheit mit einem Ein- und Ausgang, zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe. Der Steuerfluss verläuft immer von oben nach unten. Neben einfachen Strukturblocken zur Beschreibung einer Aktionen oder einer Folge von Aktionen gibt es Strukturblocke zur Auswahl von alternativer Verarbeitungen in Abhängigkeit von einem logischen Ausdruck oder einem Vergleichsausdruck.

Unterschieden wird zwischen Einfach- und Zweifachauswahl oder einer Fallunterscheidung. Mit dem Strukturblock Wiederholung wird ein Verarbeitungsteil solange wiederholt, wie es der Steuerteil vorgibt. Ziel des Struktogramms ist eine von der Programmiersprache unabhängige, übersichtlich strukturierte Darstellung der Steuerungsaufgabe. Einzelne Strukturblocke können beliebig miteinander verknüpft werden.

2.Signalverarbeitung in Steuerungen

2.1. Signalarten

Ein **Signal** ist die Darstellung von Information. Die Darstellung erfolgt durch den Wert (digital) oder Werteverlauf (analog) einer physikalischen Größe (DIN 19226, T5). Als **Informationsparameter** des Signals gilt diejenige Größe, deren Wert oder Werteverlauf Informationen zur Verarbeitung in einer Steuereinrichtung enthält.

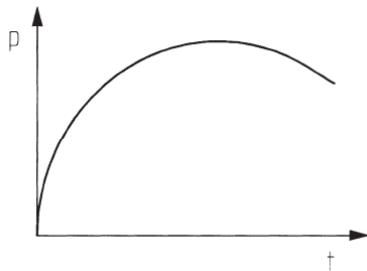


Bild 1. Analogsignal

Kontinuierlich veränderliche physikalische Größen, z.B. Temperatur, Druck liefern analoge Signale. Diese können innerhalb gewisser Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen. Bei analogen Signalen ist dem kontinuierlichen Werteverlauf des Informationsparameters Punkt für Punkt unterschiedliche Information zugeordnet. Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass zu jedem beliebigen Zeitpunkt dem Informationsparameter Druck (p) ein Wert (eine Information) zugeordnet werden kann.

Digitale Signale sind diskrete Signale, deren Informationsparameter innerhalb bestimmter Grenzen nur eine endliche Zahl von Wertebereichen annehmen kann.

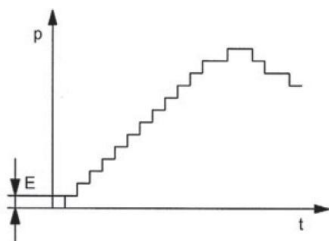


Bild 2. Darstellung digitaler Informationen

Entsprechend Bild 2 ist der Wertebereich des Informationsparameters ein ganzzahliges Vielfaches der kleinsten Einheit (E). Ein digitales Signal kann man sich auch als die Zusammenfassung mehrerer Binärstellen, also mehrerer zweiwertiger Größen vorstellen. So lassen sich z.B. Dezimalzahlen leicht als digitale Informationen darstellen. Werden Informationen von analogen Signalen in digital arbeitenden Systemen genutzt, dann muss die analoge Darstellung der Information durch Analog- Digital-Umsetzer in abzählbare codierte Einheiten zerlegt werden. Der Analog-Digital-Umsetzer liefert eine dem digitalen Wert proportionale physikalische Größe, die umso genauer ist, je besser das Auflösungsvermögen des Umsetzers ist.

Signale, die nur zwei Informationszustände darstellen können, nennt man **binäre Signale**. Ein Binärsignal ist ein einparametrisches Signal mit nur zwei Wertebereichen des Informationsparameters. Wertebereiche eines einparametrischen Signals können sein: Druck EIN/Druck AUS, Ventil geöffnet/ Ventil geschlossen oder 1/0. Die Verarbeitung solcher Informationszustände ist als Bitverarbeitung bekannt. Für die Darstellung im Zweier-System werden in der Mathematik zwei Symbole, nämlich die logischen Zustände 0 und 1, verwendet:

0 wird beschrieben mit $0 \cdot 2^0 = 0$

1 wird beschrieben mit $1 \cdot 2^0 = 1$

Den logischen Zuständen (0, 1) des Informationsparameters wird technisch ein entsprechender Signalpegel (H, L) zugeordnet werden. Zwischen dem oberen und dem unteren Bereich des

Signalpegels muss ein Sicherheitsbereich liegen. Der obere Bereich des Signalpegels (H) entspricht dem Zustand „logisch 1“, d.h. ein Schaltkontakt ist geschlossen oder ein Wegeventil ist in Durchlassstellung geschaltet worden. Der untere Bereich des Signalpegels (L) entspricht dem Zustand „logisch 0“, d.h. ein Schaltkontakt ist geöffnet oder ein Wegeventil ist in Sperrstellung geschaltet worden.

Eingangssignale	
Berührende Sensoren	Berührungslose Sensoren
Schalter, Taster, Grenztaster, Piezoaufnehmer	Optische, induktive, kapazitive Näherungsschalter, Thermoelemente

Ausgangssignale	
Stellglieder	Aktoren
Ventile, Schütze, Leistungstransistor, Leistungsthyristor	Meldeeinrichtungen, Motoren, Zylinder, Beleuchtungsanlagen, Heizelemente

Tabelle 1. Bauelemente zur Signalverarbeitung

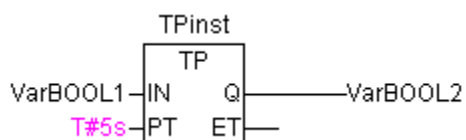
Signale von Signalgebern werden mit einem vorgeschriebenen Signalpegel als Eingangssignale an die Eingabeeinheit einer SPS oder in eine verbindungsprogrammierte Steuerung gegeben. Die eingehenden Signale werden durch die Steuereinheit entsprechend dem Anwenderprogramm oder der Schaltung verarbeitet. Als Ergebnis der Verarbeitung beeinflussen sie als **Ausgangsgrößen** über Stellglieder oder Aktoren die Steuerstrecke. Beispiele sind in Tabelle 1 aufgeführt.

2.2. Zeitelemente und Zähler in Steuerungen

Zeitoperationen mit speicherprogrammierbaren Steuerungen

Programmierbare Zeitglieder haben die Aufgabe, zwischen einem Eingangssignal und dem Ausgangssignal des Zeitglieds eine bestimmte zeitlogische Beziehung herzustellen. Zeitglieder von speicherprogrammierbaren Steuerungen können sowohl grafisch als Funktionsbausteine oder auch alphanumerisch editiert werden.

In der ABB Steuerungstechnik ist der Funktionsblock TP ein Pulsgeber.



TP(IN, PT, Q, ET) bedeutet:

IN und PT sind Eingabevariablen vom Typ BOOL bzw. TIME. Q und ET sind Ausgabevariablen vom Typ BOOL bzw. TIME. Wenn IN FALSE ist, sind die Ausgaben FALSE bzw. 0. Sobald IN TRUE wird, wird in ET die Zeit in Millisekunden hochgezählt, bis der Wert gleich dem in PT ist, danach bleibt der Wert konstant. Q ist TRUE nachdem IN auf TRUE gewechselt hat und ET noch kleiner gleich PT ist. Andernfalls ist es FALSE. Q liefert somit für den in PT angegebenen Zeitraum ein Signal.

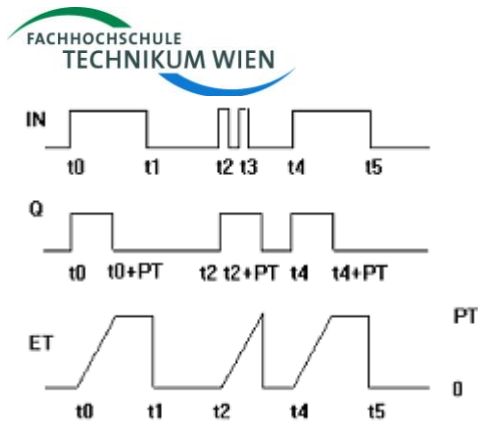


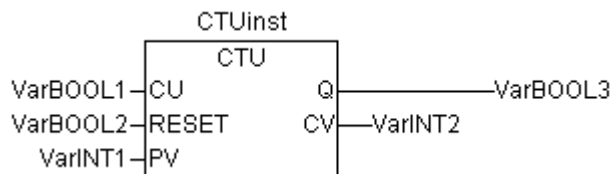
Bild 16. Graphische Darstellung des zeitlichen Ablaufs von TP

Andere Zeitglieder sind: TON, TOF, RTC – siehe CoDeSys Helpfunktion

Zähler in speicherprogrammierbaren Steuerungen

Zähler dienen in Verbindung mit einer SPS u.a. zur Erfassung von Stückzahlen, Flüssigkeitsmengen, Mengendifferenzen und Gewichten. Dabei werden die einer Teilmenge entsprechenden Impulse einem Zähler zugeführt, der die Summe der eintreffenden Impulse bildet. Der Zählerstand entspricht der erfassten Menge.

Der Funktionsblock Aufwärtszähler (CTU – bei ABB SPS)



Die Eingänge CU und RESET und der Ausgang Q sind vom Typ BOOL, der Eingang PV und der Ausgang CV sind vom Typ WORD. Wenn RESET TRUE ist, wird die Zählvariable CV mit 0 initialisiert. Wenn CU eine steigende Flanke von FALSE auf TRUE hat, dann wird CV um 1 erhöht. Q liefert TRUE, wenn CV größer oder gleich der Obergrenze PV ist.

Andere Zähler sind: CTD, CTUD – siehe CoDeSys Helpfunktion

2.3. Elektrische Steuerungen

2.3.1. Bauelemente elektrischer Steuerungen

Elektrotechnische Bauelemente zeichnen sich hinsichtlich leichter Energieversorgung, hoher Lebensdauer und Wartungsfreundlichkeit aus. In jeder elektrischen Steuerung werden elektromechanische Schaltkontakte benötigt, die als Signalgeber verwendet werden. Man unterscheidet bei den Schaltkontakten zwischen Schließerkontakten und Öffnerkontakten. Schließerkontakte schließen bei Betätigung einen Stromweg, Öffnerkontakte unterbrechen bei Betätigung einen Stromweg. Schließerkontakte dienen zum Einschalten von Maschinen und Anlagen. Ausgeschaltet wird mit Hilfe von Öffnerkontakten. Im Sinne der Digitaltechnik können sowohl

Schließer als auch Öffner nur 2 Zustände annehmen: Sie schließen (1) oder unterbrechen (0) einen Stromweg. Nach der Art ihrer Betätigung unterscheidet man zwischen Tastschaltern (Taster) und Stellschaltern (Schalter). Taster wirken, wie das Beispiel in Bild 3 zeigt, für die Dauer ihrer Betätigung. Der Kontakt oder die Kontaktunterbrechung erfolgt über bewegliche Schaltstücke. Die Betätigung kann von Hand oder durch Schaltnocken erfolgen. Eine Feder sorgt im Allgemeinen dafür, dass die Ausgangsstellung nach Rücknahme der Krafteinwirkung wieder erreicht wird. Tastschalter verfügen häufig über mehrere Schaltkontakte, die durchnummeriert werden.

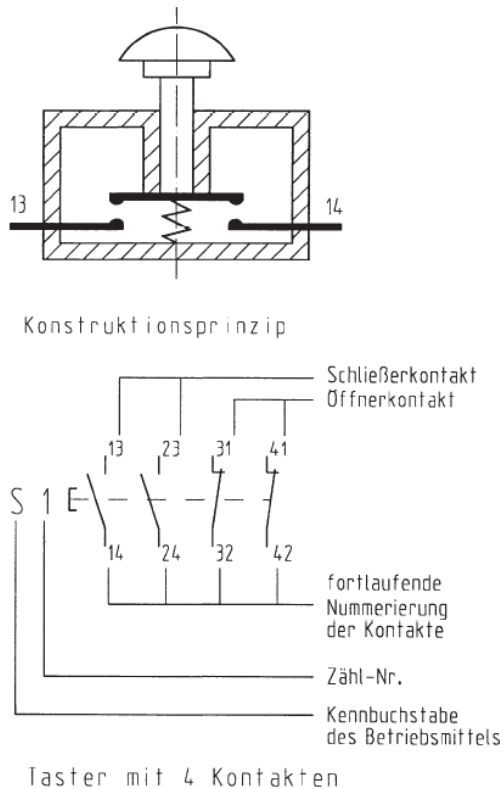


Bild 3. Tastschalter

Grenztaster werden durch Schaltnocken betätigt. Sie signalisieren das Erreichen von Endlagen oder verriegeln Bewegungsrichtungen. Sie sind mit Sprungschaltern ausgerüstet, damit bei langsamer Betätigung sprunghaft ein Kontakt geschlossen oder unterbrochen wird.

Stellschalter verharren in jener Schaltstellung, in der sie durch Betätigung versetzt werden. Sie werden ausgeführt als Kippschalter oder Wahlschalter für Betriebsarten mit mehreren Schaltstellungen.

Reed-Kontakte sind berührungslos betätigte Näherungsschalter. Die Kontakte sind zum Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit in einem Gehäuse angeordnet. Bei Annäherung eines Permanentmagneten werden die Kontaktzungen geschlossen. Das Signal kann zur Kontrolle von Endlagen oder zur Erfassung von Zählimpulsen für Stückzahlen verwendet werden. Die Schaltzeit ist kleiner 2 ms; die Schaltfrequenz 500 Hz.

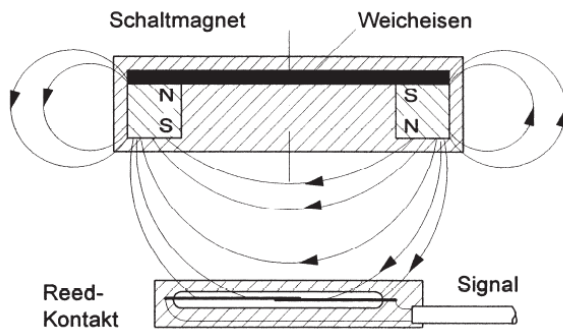


Bild 4. Reed-Kontakt

Die Fernbedienung von Schaltkontakten erfolgt über Relais oder Schütze (Beispiele siehe Bild 4). Relais sind kleine elektromagnetisch angetriebene Schalter, die bevorzugt im Steuerstromkreis eingesetzt werden zum Schalten kleiner Leistungen.

Schütze sind elektromagnetisch angetriebene Schalter, die mit kleiner Steuerleistung große Arbeitsleistungen (1 bis 500 kW) schalten. Die Kontakte werden geschlossen, wenn die Spule erregt wird und den Anker anzieht. Die Schützspule wird entweder von Wechselstrom (Wechselstromschütz) oder Gleichstrom (Gleichstromschütz) durchflossen. Nach dem Abfall der Steuerspannung wird der Anker durch Federkraft rückgestellt. Zusätzliche Hilfskontakte dienen zur Schützüberwachung. Relais und Schütze sind weitgehend wartungsfrei und sorgen für eine galvanische Trennung von Steuer- und Arbeitsstromkreis. Nachteilig sind der Kontaktabrieb, Schaltgeräusche und begrenzte Schaltgeschwindigkeiten. Will man in Fertigungsprozessen den bedienenden und überwachenden Menschen weitgehend ersetzen, müssen Kenngrößen des zu automatisierenden Prozesses durch Sensoren messtechnisch erfasst und aufbereitet werden. Ein Sensor ist eine in sich abgeschlossene Steuerungskomponente, die an ihrem Eingang durch einen geeigneten Messfühler mit der Messgröße in Verbindung steht und diese in ein elektrisches Signal umformt. Der Anwender unterscheidet die Sensoren nach der zu erfassenden Messgröße, dem Messverfahren und nach der Art des Sensorausgangs: binär oder multivalent. Binäre Sensoren kennen nur zwei Zustände: Ein oder Aus, entsprechend den logischen Zuständen 1/0. Multivalente Sensoren sind analoge oder digitale Sensoren. Um eine beliebige physikalische Größe in ein elektrisches Signal umzuformen, bedarf es eines Messfühlers (engl. Sensor element), der mittels eines geeigneten physikalischen Prinzips diese Umformung erreicht. Als physikalisches Prinzip zur Erfassung einer Temperatur kann die Temperaturabhängigkeit des ohmschen Widerstandes eines Metalls genutzt werden. Der Widerstand wird mit einem konstanten Strom gespeist. Ändert sich die Temperatur des Messobjekts, z.B. einer Flüssigkeit, kann die veränderte Messgröße (Temperatur) über ein proportionales Messsignal erfasst werden.

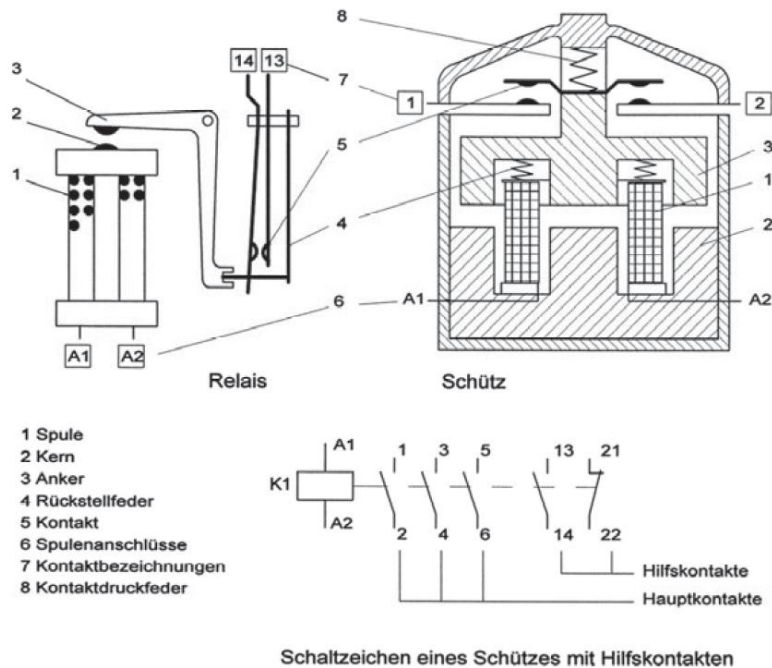
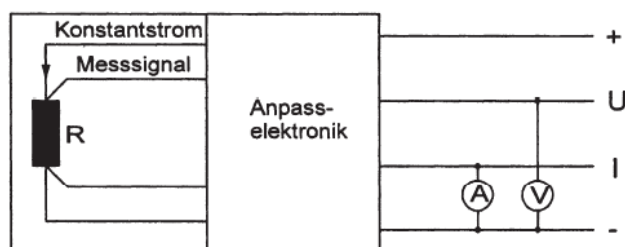


Bild 5. Relais und Leistungsschütz

Sensoren beinhalten prinzipiell einen geeigneten Messfühler und eine Anpasseelektronik zur Verstärkung und/oder Umformung des elektrischen Signals. Die Anpasseelektronik kann aus wenigen passiven Bauteilen bestehen oder aus einer komplexen Elektronik einschließlich eines Mikroprozessors für Selbstdiagnose und zur Aufbereitung eines genormten

Ausgangssignals:

- ☐ 0 ... 10 V oder 0 ... ± 10 V
- ☐ 0 ... 20 mA oder 4 ... 20 mA
- ☐ 5 ... 25 Hz



+, -: Spannungsversorgung
U, I: Ausgangssignal

Bild 6. Messwertaufnehmer

Wichtige physikalische Messgrößen sind: Länge, Weg, Dehnung, Geschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit, Kraft, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Beleuchtungsstärke. Die Messfühler können in zwei Hauptkategorien aufgeteilt werden:

Aktive Messfühler sind Energiewandler. Sie formen die zu messende nichtelektrische Größe direkt in ein Signal um. Wichtige aktive Sensorelemente sind elektromagnetische, kapazitive und piezoelektrische Fühler, Thermolemente, Fotoelemente und pH-Sonde. In vielen Bereichen der Automation reichen einfache Abfragen: Wird eine bestimmte Distanz über-/unterschritten, eine bestimmte Füllhöhe über-/unterschritten, Bohrer gebrochen/nicht gebrochen usw. Für solche Informationen werden binäre Sensoren verwendet.

Bis auf den mechanischen Grenztaster arbeiten alle Sensoren berührungslos. Mechanisch arbeitende Schalter sind jedoch nach wie vor sehr wichtig. Ihre Vorteile sind: robust, preisgünstig, sehr kleine Abmessungen, für kleine und große Schaltleistungen erhältlich und sicher im Einsatz. Die binären elektrischen Sensoren sind mit einem Schwellwertschalter (Trigger) aufgebaut. Erreicht die Messgröße die Einschaltsschwelle, dann wird eingeschaltet. Bei Unterschreitung der Ausschaltsschwelle wird das Signal ausgeschaltet.

Tabelle 1. Binäre Sensoren

Sensortyp	Messgröße	Physikalisches Prinzip
Grenztaster	Distanz über-/unterschritten, Druck, Kraft über-/unterschritten, Niveau über-/unterschritten	Kontaktbetätigung über ein Hebelsystem (taktile)
Lichtschranke	Objekte im Raum detektieren, Objektdistanz über-/unterschritten, Niveau über-/unterschritten	Lichtstrahl wird unterbrochen Reflektiertes Licht wird erfasst Winkel des vom Objekt zurückgeworfenen Lichtstrahls wird detektiert
Induktiver Sensor	Objektdistanz über-/unterschritten	Sensor erzeugt magnetisches Feld. In elektrisch leitendem Material im Feld werden Wirbelströme erzeugt.
Kapazitiver Sensor	Objekt im Raum detektieren, Objektdistanz über-/unterschritten	Sensor erzeugt elektrisches Feld. Objekt im Feld erhöht die Kapazität des Sensors.
Ultraschall	Objekt im Raum detektieren, Objektdistanz über-/unterschritten, Niveau über-/unterschritten	Sensor sendet Schallimpuls aus, der vom Objekt zurückgeworfen wird. Durch Messung der Laufzeit kann die Objektdistanz bestimmt werden.

Als Kriterien für die Auswahl geeigneter Sensoren sind zu beachten:

- ☐ Materialabhängigkeit
- ☐ Reichweite
- ☐ Wiederholgenauigkeit

- ☐ Schmutzempfindlichkeit
- ☐ Feuchteempfindlichkeit
- ☐ Temperaturbereich
- ☐ Schwingungsempfindlichkeit
- ☐ Schaltspielzahl
- ☐ Kosten
- ☐ Wartungsfreundlichkeit
- ☐ Selbstdiagnose

Mit analogen Sensoren werden physikalische Größen erfasst und in analoge elektrische Spannungs- oder Stromsignale umgewandelt. Durch Kalibrierung können sie auch als Messwertgeber in digitalen Steuerungen eingesetzt werden. Analoge Sensoren dienen zur

- ☐ Erfassung von Wegen, Winkeln, Abständen und Dicken
- ☐ Geschwindigkeitsmessung
- ☐ Erfassung von Dehnungen, Kräften, Kraftmomenten und Drücken
- ☐ Erfassung von Beschleunigungen (Schwingungen)
- ☐ Messung von Temperaturen.

Passive Messfühler sind Impedanzen (ohmscher Widerstand, Induktivität, Kapazität), die durch die physikalische Messgröße verändert werden. Damit ein elektrisches Signal entsteht, wird eine Hilfsenergie benötigt. Wichtige passive Sensorelemente sind das Potentiometer, der Dehnungsmessstreifen (DMS), induktive und kapazitive Fühler sowie temperaturabhängige Widerstände (NTC, PTC, Pt 100). Der ohmsche Widerstand R eines Körpers (einer Widerstandsbahn) mit gleichbleibendem Querschnitt hat den Wert:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Der Leiterwiderstand R kann sich durch eine Veränderung des spezifischen Widerstandes ρ infolge einer Temperaturänderung oder durch die Veränderung der mechanischen Spannung in einem Bauteil ändern. Auch die Änderung der Leiterlänge l oder des Querschnitts A führt zu einer Veränderung des Leiterwiderstandes. Diese Zusammenhänge werden in ohmschen Widerstandssensoren genutzt. Messpotentiometer dienen zur Schließwinkelerfassung von Ventilen oder zur Messung des Verfahrweges eines Schlittens aufgrund veränderter Potentiometerspannungen. Potentiometer liefern eine winkel- bzw. wegproportionale Spannung.

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{s}{s_o} \Rightarrow R_x = \frac{s}{s_o} \cdot R_o \quad \text{bzw.}$$

$$\frac{U_x}{U_o} = \frac{s}{s_o} \Rightarrow U_x = \frac{s}{s_o} \cdot U_o$$

Die Linearitätsabweichung bei Potentiometern nimmt zu, wenn die Teilspannung U_x gegenüber der Gesamtspannung sehr klein wird. Die Abweichung liegt jedoch weit unter 1 %.

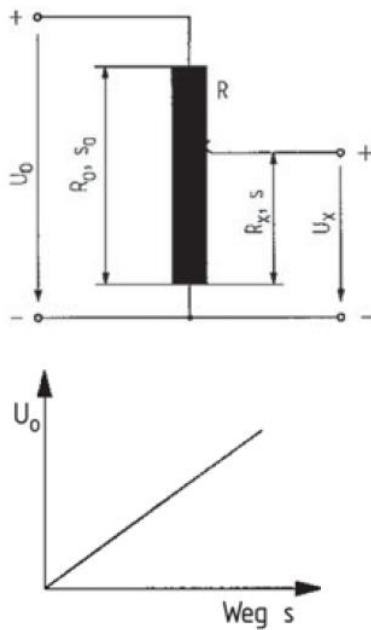


Bild 7. Prinzip eines analogen Sensors

Zum zahlenmäßigen Erfassen von Messgrößen wie Wegstrecken oder Zeitspannen werden digitale Sensoren verwendet. Wichtige digitale Sensoren im Maschinenbau sind inkrementale Wegsensoren, Codemaßstäbe und Winkelcodierer zur Erfassung von Verfahrenswegen oder Drehbewegungen an Werkzeugmaschinen.

Wichtige Aktorelemente in der Steuerungstechnik sind Elektromagnete. Sie werden häufig zur Betätigung von Ventilen und Kupplungen verwendet. Im Prinzip bestehen sie aus einer Spule mit Eisenkern und einem beweglichen Eisenkern, dem Anker. Wird die Magnetspule von Strom durchflossen, wird der bewegliche Anker angezogen. Er stellt sich so ein, dass der Widerstand für die magnetischen Flusslinien möglichst klein wird. Man unterscheidet zwischen Hub- und Drehmagneten.

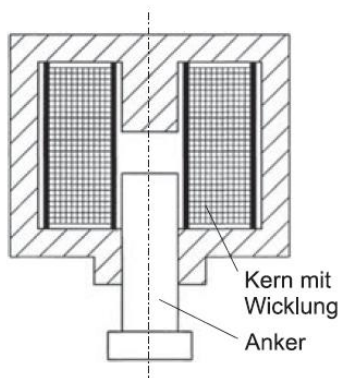


Bild 8. Hubmagnet

Wichtige elektrische Antriebe zur Erzeugung von Drehbewegungen sind der Gleich- und der Drehstrommotor. Lineare Bewegungen werden von Linearmotoren erzeugt. Beim Linearmotor bewirkt ein magnetisches Wanderfeld eine Kraft und bewegt je nach technischer Ausführung den Induktor oder den Anker in linearer Richtung des Feldes. Linearmotoren werden in Förderanlagen, für den Werkstofftransport und für Schnellbahnen verwendet. Gleich- und Drehstromantriebe benötigen einen hohen Anlaufstrom im Moment des Einschaltens, deshalb dürfen nur kleine elektrische Motoren direkt eingeschaltet werden. Gleichstrommotoren werden heute über Stromrichterschaltungen angelassen und betrieben. Auch für Drehstrommotoren gibt es eine Vielzahl von Anlassschaltungen, u.a. die Stern- Dreieckschaltung. Während der Hochlaufphase verringert sich der Anlaufstrom bis zum Bemessungsstrom. Je nach Bauart werden Gleichstrommotoren als Antriebe für Werkzeugmaschinen, Förderanlagen, Lüfter, Pumpen und Bahnen eingesetzt. Drehstrommaschinen finden u.a. Verwendung zum Antrieb von Werkzeugmaschinen, Ventilatoren, Wasserpumpen und Gebläsen. Die Auswahl des Antriebs richtet sich nach der Betriebsart und dem Drehzahlverhalten in Abhängigkeit vom Motordrehmoment. Die wichtigsten elektronischen Bauelemente für Schaltungen in der Steuerungstechnik sind Dioden, Transistoren und Thyristoren. Sie werden aus den chemisch 4-wertigen Grundwerkstoffen Silizium und Germanium gefertigt. Beide Stoffe haben im reinen Zustand nur eine begrenzte Leitfähigkeit. Bei der Herstellung der Halbleiterbauelemente werden die Grundwerkstoffe geringfügig durch die 3-wertigen Elemente Indium (P-Dotierung) oder 5-wertigen Elemente Antimon (N-Dotierung) verunreinigt. Bei P-Dotierung beruht der physikalische Leitungsmechanismus auf einem Mangel an Elektronen, bei der N-Dotierung auf einem Überschuss an Elektronen. Fügt man nun P- und N-dotierte Halbleiter aneinander, dann ist diese Anordnung leitend, sobald eine Spannung angelegt wird: Minuspol an der N Dotierung, Pluspol an der P-Dotierung. Die überschüssigen Elektronen des N-dotierten Halbleitermaterials wandern in die Fehlstellen des P-dotierten Halbleitermaterials. Man spricht von einem PN Übergang in Durchlassrichtung. Wird die Polung umgetauscht, findet kein Elektronenfluss statt. Die überschüssigen Elektronen des N-dotierten Materials werden zum hier anliegenden Pluspol getrieben. Aus dem Bereich des Elektronenmangels können keine Elektronen abfließen. Dieser PN-Übergang sperrt. Halbleiterdioden sind Bauelemente mit einem PN Übergang. Die Diode (siehe Bild 23) lässt in Pfeilrichtung den Strom fließen und sperrt in entgegengesetzter Richtung. Dioden werden zur Gleichrichtung von Wechselströmen, zur Trennung elektrischer Geräte von bestimmten Stromwegen und zur Verknüpfung von Signalen eingesetzt.

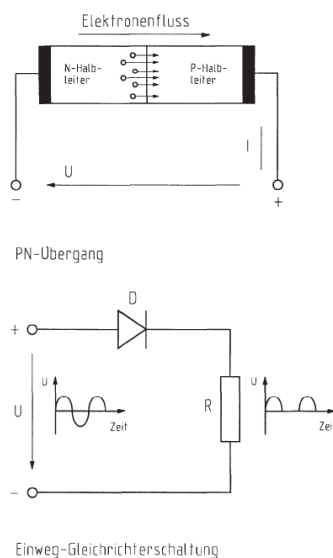


Bild 9. Diode

Transistoren bestehen aus 3 Halbleiterschichten mit der Dotierungsfolge PNP oder NPN. Die Basis des Transistor (B) dient zur Steuerung des Stromes. Liegt an der Basis des Transistors keine Steuerspannung, ist der Durchgang Emitter-Kollektor gesperrt, da ein PN-Übergang immer in Sperrrichtung arbeitet. Liegt an der Basis eine Spannung, bewirkt der Basisstrom eine Aufhebung dieser Sperrwirkung des PN-Übergangs; der Strom fließt zwischen Kollektor (C) und Emitter (E). Der Basisstrom I_B ist wesentlich kleiner als der gesteuerte Strom I_C , so können auf einfache Weise kleine Eingangsleistungen elektronisch verstärkt werden.

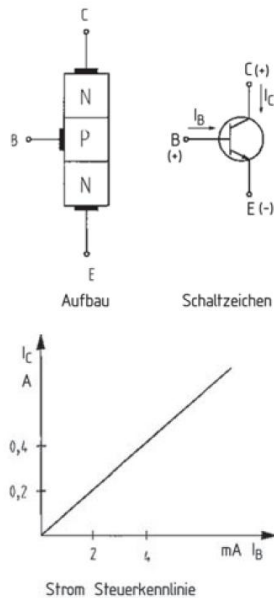


Bild 10. NPN-Transistor

Ein Thyristor ist ein steuerbarer Halbleiterbaustein mit mehreren P- und N-Bereichen. Im ungesteuerten Fall sperrt der Thyristor den Strom in beiden Richtungen. Durch einen Stromimpuls über eine Steuerelektrode wird der Thyristor leitend, wenn eine positive Spannung zwischen Anode und Katode anliegt. Solange die Spannung anliegt, bleibt der Thyristor leitend. Wird der durchfließende Strom Null, sperrt der Thyristor, bis er durch einen erneuten Impuls angesteuert wird. Mit Thyristoren können steuerbare Gleichstromquellen für Antriebe aufgebaut werden.

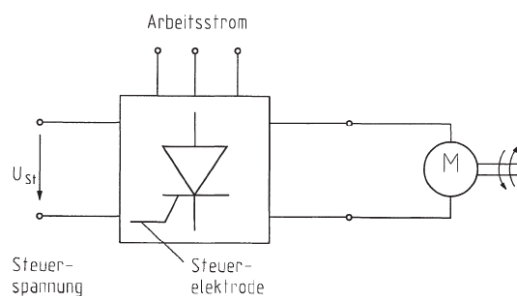


Bild 11. Steuerung mit Thyristor

2.3.2. Elektrische Schaltungstechnik

Elektrische Schaltungen werden durch Schaltpläne dargestellt. Sie erläutern die Arbeitsweise, die Anordnung und das Zusammenwirken der Betriebsmittel.

Beispiel: Drehrichtungssteuerung (Bild 12) Die Ständerwicklung eines kleinen Drehstrommotors mit einer Leistung von 1 kW für einen Lüfter soll in Sternschaltung durch einen handbetätigten Motorschutzschalter an ein Drehstromnetz angeschlossen werden. Der Motorschutzschalter Q1 wird als Hauptschalter an der Netzschaltstelle zur Dauereinschaltung verwendet. Er vereint die

Schaltfunktionen und Überlast- sowie Kurzschlussschutz. Nach Betätigung ist der Arbeitsstromkreis an das Drehstromnetz angeschlossen; ein Hilfskontakt schaltet den Steuerstromkreis betriebsbereit. Die Leitungen werden durch zusätzliche Schmelzsicherungen geschützt. Rechts- und Linkslauf werden durch zwei Taster geschaltet, die gegenseitig zu verriegeln sind. Eine direkte Umschaltung der Drehrichtung soll nicht möglich sein. Zum Anhalten dient ein Taster mit Öffnerkontakt.

Anmerkungen zum Schaltplan: Die Steuerung des Drehstrommotors erfolgt indirekt durch Trennung des Stromlaufplans in einen Steuer- und einen Arbeitsstromkreis. Die Ansteuerung des Motors erfolgt über die Schütze K1 und K2. Die Spulenanschlüsse liegen im Steuerstromkreis an

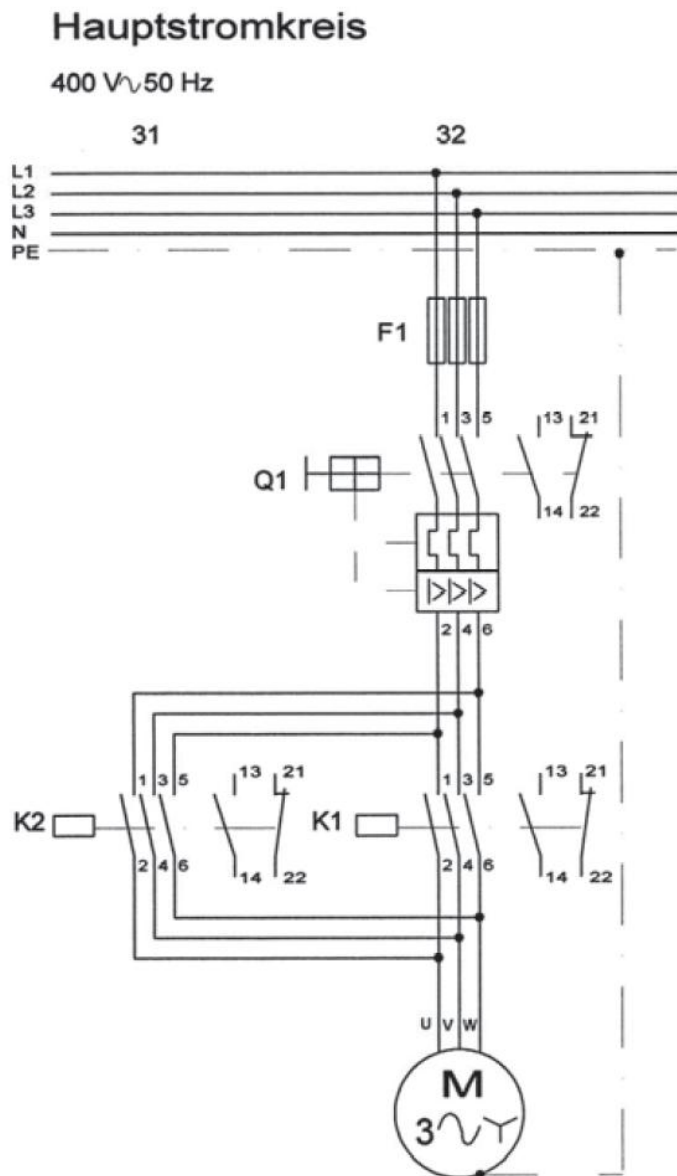


Bild 12. Schaltplan für einen Drehstrommotor

einer kleinen Steuerspannung; die Hauptkontakte schalten im Hauptstromkreis den Arbeitsstrom. Hierdurch ergeben sich wesentliche Vorteile:

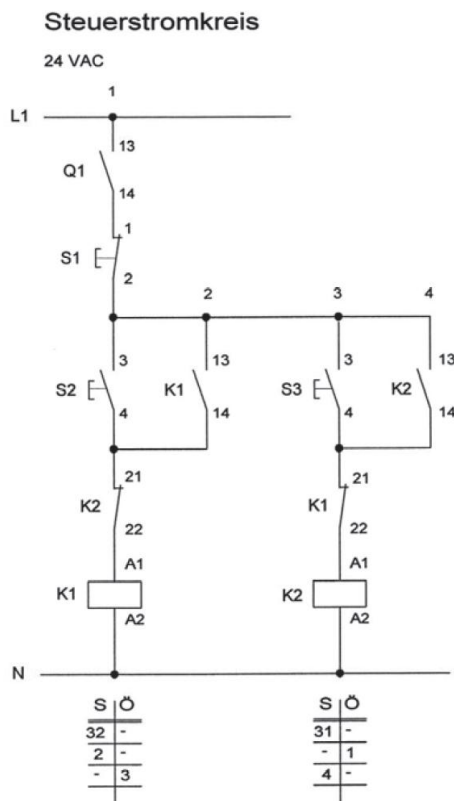
- ☐ Geringe Steuerspannungen schalten hohe Arbeitsströme (Sicherheit)

- ☐ Galvanische Trennung von Steuer- und Arbeitsstromkreis
- ☐ Die übersichtliche Darstellung der Steuerung erleichtert die Fehlersuche
- ☐ Fernbedienung der Antriebe

Wird der Taster S2 betätigt, schließt sich der Stromweg 1 für das Schütz K1. Über den 1. Nebenkontakt des Hilfsschützes im 2. Stromweg geht das Schütz in Selbsthaltung. Der 2. Nebenkontakt unterbricht den 3. Stromweg zum Schütz K2. Rechts- und Linkslauf sind gegeneinander verriegelt. Verriegelungen sollen unerwünschte Schaltzustände verhindern. Diese können verursacht werden durch:

- ☐ Fehlbedienung
- ☐ Durch fehlerhafte Befehlsgeräte und Schütze (Verschweißen oder Klemmen der Kontakte)
- ☐ Zu große Rückfallzeiten eines Schützkontaktes gegenüber der Anzugszeit eines anderen Schützes

Der Hauptkontakt des Schützes schließt im Stromweg 32 die 3 Strombahnen des Drehstromnetzes und der Motor läuft hoch. Eine direkte Umschaltung des Motors in den Linkslauf ist wegen der Schützverriegelung nicht möglich. Eine Umschaltung in den Linkslauf setzt zunächst die Betätigung des Tasters S1 voraus. Alle Kontakte des Schützes K1 fallen ab:



- ☐ Die Selbsthaltung wird unterbrochen
- ☐ Der Motor liegt nicht mehr am Drehstromnetz
- ☐ Die Verriegelung des Schützes K2 ist aufgehoben

Durch eine Betätigung des Tasters S3 wird der Linkslauf gestartet, die Selbsthaltung realisiert und das Schütz K1 verriegelt. Löst der Motorschutzschalter infolge Überlastung oder Kurzschluss aus, nimmt das Schaltschloss die Schaltstellung „Ausgelöst“ ein. Eine mechanische Wiedereinschaltsperr verhindert ein selbsttätiges Anlaufen des Motors, z.B. nach Abkühlung.

3. Speicherprogrammierbare Steuerungen

Automatisieren bedeutet den Einsatz künstlicher Mittel, um einen technischen Prozess selbsttätig ablaufen zu lassen. Die Steuerung der technischen Abläufe erfolgt vorwiegend durch speicherprogrammierbare Steuerungen, weil der zu beeinflussende Teil der Anlage stabil ist und nur erfassbare Störgrößen auftreten. Die Eingangsgrößen der Steuerungen kommen aus der zu steuernden Anlage oder erfolgen als Bedieneingriff durch den Menschen. Art und Umfang der Bedieneingriffe werden durch die Betriebsart festgelegt. Mögliche Bedieneingriffe sind Start- oder Stoppsignale. Meldungen aus dem Betriebsartenteil oder aus dem zu steuernden Prozess signalisieren den Zustand oder Zustandsänderungen im Automatisierungssystem. Durch technische Systeme zu automatisierende Funktionen sind u.a. das Speichern, Vereinzeln, Identifizieren, Positionieren, Spannen und Zusammenfügen von Maschinenelementen. Bei der Realisierung von Automatisierungssystemen sind einfache, möglichst lineare Bewegungen zu bevorzugen. Speicherprogrammierbare Steuerungen weisen in der Automatisierungstechnik gegenüber verbindungsprogrammierten Steuerungen viele Vorteile auf, u.a.:

- ☐ Programme können schnell und problemlos verändert und auf modifizierte Aufgaben zugeschnitten werden (hohe Flexibilität)
- ☐ Problemlose Speicherung der Programme
- ☐ Großer Funktionsumfang einschließlich der Verarbeitung digitaler und analoger Daten
- ☐ Geringe Betriebskosten
- ☐ Maßnahmen zur Fehlererkennung und -ortung sind programmierbar.

Nachteilig sind ihre höhere Komplexität und der Einfluss systematischer Fehler in der Software.

3.1. Aufbau und Funktionsweise

Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist hardwareseitig ähnlich wie ein PC aufgebaut. Eine SPS besteht im wesentlichen aus einer Spannungsversorgung (Netzteil), einer Signaleingabeeinheit, einer Zentralbaugruppe mit Mikroprozessoren, Programmspeicher, weiteren Funktionseinheiten und einer Signalausgabeeinheit. Im Gegensatz zu verbindungsprogrammierten Steuerungen, bei denen der Steuerungsablauf durch die eingesetzten Bauelemente und deren Leitungsverbindungen festgelegt wird, sind die Steuerungseigenschaften einer SPS als Programm im Programmspeicher gespeichert. Eine SPS wird zumeist als Verarbeitungsteil einer Steuerung (Bild 1) eingesetzt.

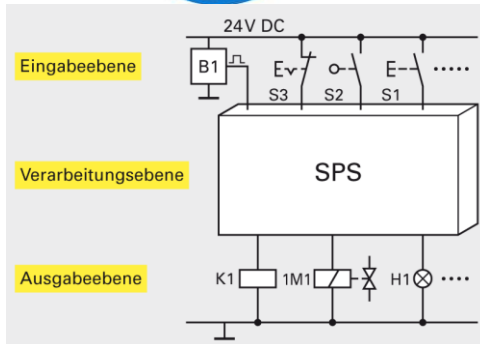


Bild 1: Verarbeitungsteil einer Steuerung

Für Steuerungen von geringem Umfang, d.h. max. 100 DI/DO (Digital Input, Digital Output) werden Kompakt SPS (Bild 2), auch Mikro – SPS genannt, eingesetzt. Bei großen Steuerungsaufgaben werden modular aufgebaute SPS eingesetzt.



Bild 2: Kompakt SPS

Oft wird auch an jeder Fertigungseinheit eine lokale SPS installiert. Diese lokalen SPS werden dann über einen Bus (z.B. Profibus) mit einer Masterbaugruppe verbunden. Die nachgeordneten SPS werden als Slave bezeichnet. Es können an das Bussystem weitere Komponenten wie z.B. Bedien- und Beobachtungsgeräte oder eine ASI (Aktor – Sensor- Interface) Buskopplung angeschlossen werden (Bild 3).

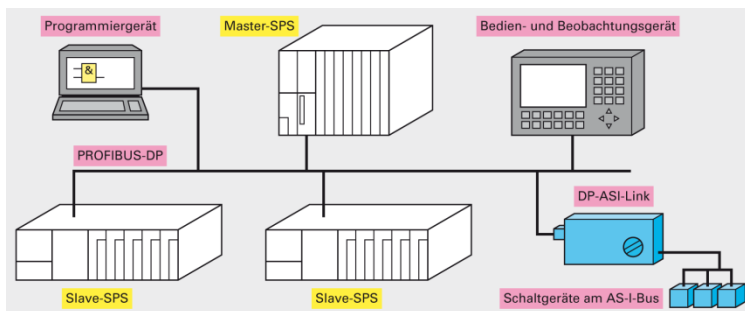


Bild 3: Vernetzte SPS

Eine SPS kann auch in andere Mikroprozessorsteuerungen (z.B. in eine CNC Steuerung) integriert sein. Die SPS wird dabei über das CNC Programm angesprochen. Sind nur wenige SPS Funktionen notwendig, dann werden diese softwaremäßig in das Betriebsprogramm der CNC Steuerung integriert. In diesen Fällen wird die SPS auch PLC (programmable logic controller) genannt (Bild 4).

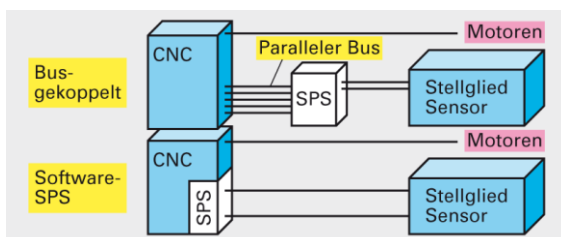


Bild 4: Integrierte SPS

Immer häufiger werden auch Industrie PCs als SPS eingesetzt (Bild 5). In diesem Fall übernimmt eine Steckkarte im PC die Funktion der SPS.

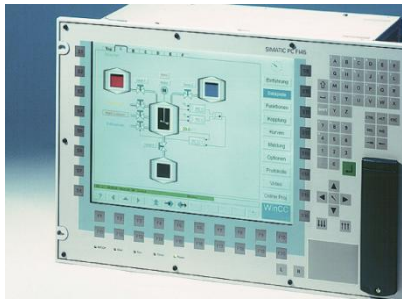


Bild 5: Industrie PC

SPS gibt es also in den Bauformen:

- Kompakt
- Modular
- Vernetzt
- Integriert
- Industrie PC

Am häufigsten werden derzeit modulare SPS eingesetzt. Die Zentralbaugruppe einer modularen SPS besteht aus einem Netzteil, einer CPU und mindestens einer digitalen Eingabe- und einer digitalen Ausgabebaugruppe (Bild 6).

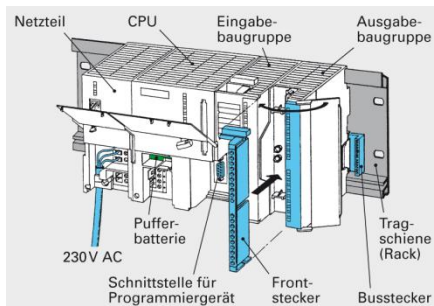


Bild 6: Modulare SPS

Zum Betrieb muss die CPU an eine Spannungsquelle (meist 24V DC) angeschlossen sein. Um bei einem Netzausfall die gespeicherten Daten nicht zu verlieren, werden diese auf einer Speicherkarte (z.B. SC Karte) gespeichert. Auf diese CPU werden die Anwenderprogramme übertragen. Die Datenübertragung erfolgt dabei auf unterschiedliche mögliche Arten (z.B. Kabel). Wenn die CPU in den „RUN“ Betrieb geschaltet wird, wird das Anwenderprogramm zyklisch abgearbeitet. Im „RUN“ Betrieb sind Eingriffe über die Programmierschnittstelle im Regelfall möglich. Bei laufender Anlage müssen solche Eingriffe aber mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden, um eventuelle Gefahren für Menschen bzw. Maschinen zu vermeiden.

Über eine Busschnittstelle kann eine Verbindung zu weiteren Baugruppen hergestellt werden. Diese werden häufig auch als dezentrale Peripherie bezeichnet. Status und Diagnoseanzeigen an der CPU geben Auskunft über den Betriebszustand der CPU. Im Fehlerfall können weitere Informationen mit Hilfe eines Programmiergerätes (bzw. PC) aus einem Diagnosepuffer der CPU ausgelesen werden.

Die CPU beinhaltet unter anderem den Mikroprozessor und verschiedene Speicherbereiche, Lade-, Arbeits- und Systemspeicher, die über eine Busleitung miteinander verbunden sind. Im Ladespeicher der CPU ist das Steuerungsprogramm der Anwendung abgelegt (Bild 7). Der Ladespeicher ist entweder ein RAM oder ein EPROM, der mit einer Memory Card erweitert werden kann. Ist die Memory Card mit einem EPROM bestückt, kann das Anwendungsprogramm offline (außerhalb der

CPU) spannungsausfallsicher geladen werden. Der Arbeitsspeicher ist als schneller RAM ausgelegt. Dorthin werden die für die Ausführung des Anwenderprogrammes wichtigen Daten kopiert. Der Systemspeicher enthält die Variablen, auch Operanden genannt, die vom Programm aus angesprochen werden. Die Variablen werden zu Bereichen, den Operandenbereichen, zusammengefasst. Die Größe dieser Bereiche ist abhängig von der eingesetzten CPU.

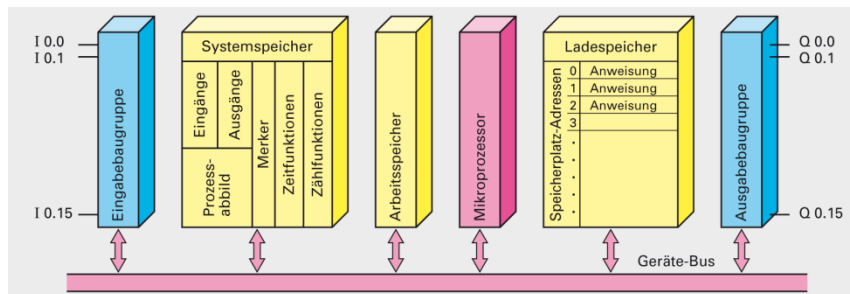


Bild 7: Innerer Aufbau SPS

Operandenbereiche der CPU:

- Eingänge (Input I) sind ein Abbild (Prozessabbild) der Digitaleingabebaugruppen
- Ausgänge (Output Q – quit) sind ein Abbild (Prozessabbild) der Digitaleausgabebaugruppen
- Merker (Memory M) sind Informationspeicher
- Zeitfunktionen (Timer T) stellen Zeitglieder dar, mit denen Warte- und Überwachungsfunktionen realisiert werden.
- Zählfunktionen (Counter C) sind Softwarezähler, die vorwärts und rückwärts zählen können

Ist die CPU im RUN (über Betriebsartenschalter) Mode, wird das Anwendungsprogramm zyklisch abgearbeitet (Bild 8). Zunächst wird aus dem Systemspeicher der momentane Zustand der Eingänge eingelesen, nämlich das Prozessabbild der Eingänge. Danach erfolgt die Bearbeitung des Hauptprogrammes. Anschließend werden die sich daraus ergebenden Zustände der Ausgänge (Prozessabbild der Ausgänge) in den Systemspeicher übertragen und den Ausgängen zugewiesen. Jetzt wird das Prozessabbild der Eingänge aktualisiert und das Hauptprogramm erneut abgearbeitet. Die Zeit für einen Durchlauf nennt man Zykluszeit. Sie ist umso größer, je länger das Hauptprogramm ist. Außerdem ist die Zykluszeit abhängig von der Leistungsfähigkeit der SPS. Meistens beträgt die Zykluszeit einige ms.

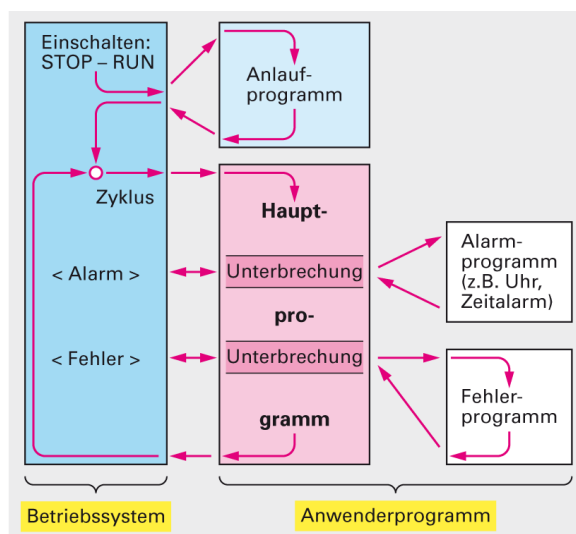


Bild 8: Bearbeitung Anwenderprogramm

Die Eingabeeinheit ist unterteilt in Eingabebaugruppen mit zumeist 8 oder 16 Binäreingängen (Bild 9). Eine Eingabebaugruppe enthält Schaltungen zur Signalanpassung, z.B. einen Spannungsteiler und einen RC Filter zur Störungsunterdrückung. Für Gleichspannungssignale ist weiters eine Diode als Verpolungsschutz vorhanden und bei Wechelspannungssignalen eine Gleichrichterbrückenschaltung. Zur Potentialtrennung wird das entstörte Gleichspannungssignal über einen Optokoppler (Fotodiode als Sender und Fototransistor als Empfänger in einem Bauelement) zugeführt. Eine Leuchtdiode ermöglicht bei der Inbetriebnahme oder Fehlersuche das Erkennen des Schaltzustandes der Eingangssignale. Der Multiplexer (Umschalter) wird über einen Adressdecoder geschaltet.

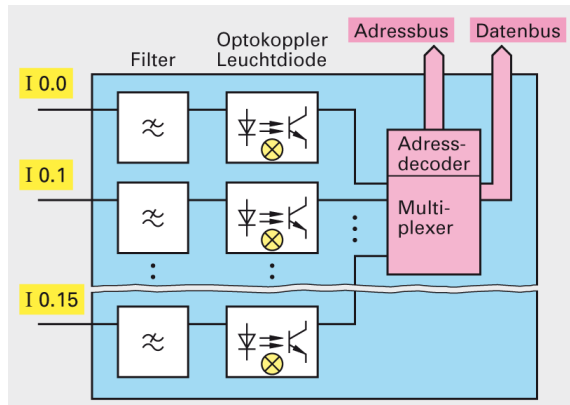


Bild 9: Beschaltung der Eingänge

Die Ausgabeeinheit ist ebenfalls in Ausgabebaugruppen mit 8 oder 16 Ausgängen unterteilt (Bild 10). Eine Ausgabebaugruppe enthält Leistungsstufen, z.B. Transistoren für binäre Gleichspannungssignale (24V, 200mA) oder Triac (elektronischer Wechselstromschalter) zur direkten Ansteuerung von Wechselstromlasten, z.B. 230V 50Hz.

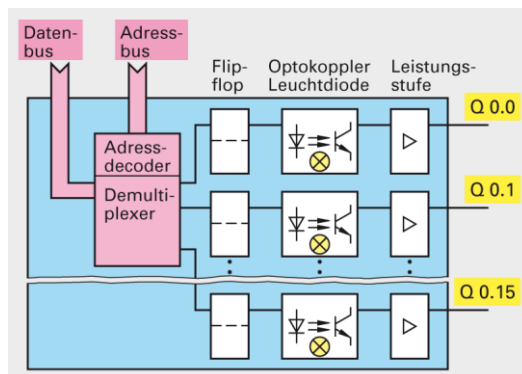


Bild 10: Beschaltung Ausgänge

Unterbleibt aufgrund irgendeiner Störung der regelmäßige Programmzyklus, dann schalten alle Ausgangsstufen nach Ablauf einer Zykluszeit aus (oder in eine definierten Sicherheitszustand) und schalten die angeschlossenen Stellglieder einer Maschine ab. Damit verhindert man gefährliche Betriebszustände.

Die einzelnen Ausgänge werden über ihre Adresse vom Mikroprozessor geschaltet. Im Adressentschlüssler wird die Adresse des im Programm angewählten Ausganges entschlüsselt und über einen Demultiplexer (Umschalter) das Schaltsignal durchgeschaltet.

Der Hardwareaufbau, der für die Übungen verwendeten ABB SPS AC 500 ist im -Projektbericht SPS Schulungsplattform- nachzulesen.



Grundsätzlich ist eine Konfiguration der Steuerungshardware zu empfehlen; dies erleichtert die Ermittlung der jeweiligen Adressen der Ein- und Ausgänge einer Steuerung. Konfigurieren bedeutet die softwaremäßige Anordnung von Baugruppen in einer Konfigurationstabelle entsprechend dem tatsächlichen physikalischen Aufbau. CoDeSys ordnet den Baugruppen dann automatisch Adressen zu, die einsehbar sind. Die Vorgangsweise ist im Kap. 3.2.1. des Projektberichtes SPS Schulungsplattform nachzulesen

3.2. Programmierung

Ein **Programm** ist eine nach den Regeln der verwendeten Sprache festgelegte syntaktische Einheit aus Anweisungen und Vereinbarungen, welche die zur Lösung einer Aufgabe notwendigen Elemente umfasst (DIN IEC 60050-351).

Es ist vorteilhaft, Anwenderprogramme in einzelne in sich geschlossene Programmschritte zu unterteilen. Hieraus ergeben sich folgende Vorteile:

- ☐ umfangreiche Programme werden übersichtlicher
- ☐ einzelne Programmteile können standardisiert werden
- ☐ Änderungen lassen sich leichter durchführen
- ☐ der Programmtest wird vereinfacht, weil er abschnittsweise erfolgen kann.

Der **Datentyp** der Variablen hat einen bestimmenden Einfluss auf den möglichen Wertebereich der Daten und auf die zulässigen Operationen, die mit den Variablen durchgeführt werden können.

BOOL

Variablen vom Datentyp **BOOL** können die Wahrheitswerte **TRUE** und **FALSE** annehmen. Es werden 8 Bit Speicherplatz reserviert.

Zu den ganzzahligen Datentypen gehören BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT.

Die unterschiedlichen Zahlentypen decken einen unterschiedlichen Zahlenbereich ab. Für die ganzzahligen Datentypen gelten die folgenden Bereichsgrenzen:

Typ	Untergrenze	Obergrenze	Speicherplatz
BYTE	0	255	8 Bit
WORD	0	65535	16 Bit
DWORD	0	4294967295	32 Bit
SINT:	-128	127	8 Bit
USINT:	0	255	8 Bit
INT:	-32768	32767	16 Bit
UINT:	0	65535	16 Bit
DINT:	2147483648	2147483647	32 Bit
UDINT:	0	4294967295	32 Bit

REAL / LREAL

Die Datentypen REAL und LREAL sind sogenannte Gleitpunkttypen. Sie sind nötig bei Verwendung von rationalen Zahlen. Der reservierte Speicherplatz beträgt 32 Bit bei REAL und 64 Bit bei LREAL.

Zulässige Werte für REAL: 1.175494351e-38 bis 3.402823466e+38

Zulässige Werte für LREAL: 2.2250738585072014e-308 bis 1.7976931348623158e+308

STRING

Eine Variable vom Datentyp STRING kann eine beliebige Zeichenkette aufnehmen. Die Größenangabe zur Speicherplatzreservierung bei der Deklaration bezieht sich auf Zeichen und kann in runden oder eckigen Klammern erfolgen. Ist keine Größe angegeben, so werden standardmäßig 80 Zeichen angenommen. Die String-Länge ist grundsätzlich nicht begrenzt, allerdings können die String-Funktionen nur Längen von 1-255 verarbeiten !

Beispiel einer Stringdeklaration mit 35 Zeichen: str:STRING(35):='Dies ist ein String';

Zeitdatentypen

Die Datentypen TIME, TIME_OF_DAY (kurz TOD), DATE und DATE_AND_TIME (kurz DT) werden intern wie DWORD behandelt. Bei TIME und TOD wird die Zeit in Millisekunden angegeben, wobei bei TOD ab 00:00 Uhr gerechnet wird. Bei DATE und DT wird die Zeit in Sekunden angegeben, wobei ab dem 1. Januar 1970 um 00:00 Uhr gerechnet wird.

TIME-Konstanten

Eine TIME-Konstante besteht stets aus einem anführenden "t" oder "T" (bzw. "time" oder "TIME" in der ausführlichen Form) und einem Doppelkreuz "#".

Danach kommt die eigentliche Zeitdeklaration, diese kann bestehen aus Tagen (bezeichnet mit "d"), Stunden (bezeichnet mit "h"), Minuten (bezeichnet mit "m"), Sekunden (bezeichnet mit "s") und Millisekunden (bezeichnet mit "ms"). Es ist zu beachten, dass die Zeitangaben der Größe nach geordnet sein müssen (d vor h vor m vor s vor m vor ms), wobei nicht alle Zeitangaben verwendet werden müssen.

Maximaler Wert: 49d17h2m47s295ms (4194967295 ms)

DATE-Konstanten, für Datumsangaben:

Eine DATE-Konstante wird deklariert durch ein anführendes "d", "D", "DATE" oder "date" und ein nachfolgendes "#". Anschließend können Sie ein beliebiges Datum in der Reihenfolge Jahr-Monat-Tag

TIME_OF_DAY-Konstanten, zum Speichern von Uhrzeiten:

Eine TIME_OF_DAY-Deklaration beginnt mit "tod#", "TOD#", "TIME_OF_DAY#" oder "time_of_day#", anschließend können Sie eine Uhrzeit angeben in der Schreibweise: Stunde:Minute:Sekunde. Sekunden können dabei als reelle Zahlen angegeben werden, es können also auch Sekundenbruchteile angegeben werden. Mögliche Werte: 00:00:00 bis 23:59:59.999.

Tabelle 1. Wertigkeit der Stellen der Dualzahlen

Wertigkeit	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Byte	1	0	0	1	1	0	0	1
Stellenwert der Bits	128	0	0	16	8	0	0	1

Unabhängig von der Wortlänge steht links das höchstwertige Bit (MSB: Most Significant Bit) und rechts das niedrigwertigste Bit (LSB: Least Significant Bit). Das Byte in der obigen Tabelle entspricht der Dezimalzahl 153. Haben alle 8 Bit den Wert 1, ergibt sich die zugehörige Dezimalzahl 255.

Tabelle 2. Aufbau von Ganzzahlen

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	VZ	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Gleitpunktzahlen sind gebrochene, mit einem Vorzeichen versehene Zahlen und haben den Datentyp REAL. Sie bestehen intern aus dem Vorzeichen VZ, dem 8 Bit-Exponenten Exp zur Basis 2 mit einem Abzugsfaktor 127 und einer 23 Bit-Mantisse. Die Mantisse stellt den gebrochenen Anteil der Zahl dar. Der ganzzahlige Anteil der Mantisse ist immer 1, er wird nicht gespeichert. Die Codierung der Gleitpunktzahl umfasst 32 Bit; Bit 31 ist das Vorzeichen. Eine Folge von 16 Binärzeichen wird als Wort bezeichnet. Als Dualzahl ist sie eine Ganzzahl vom Datentyp INTEGER (INT), das Bit Nr. 15 (MSB) enthält das Vorzeichen (VZ). Die Vorzeichenregel für Ganzzahlen der Datentypen INT und DINT und die Gleitpunktzahl lautet: VZ: 0 bedeutet positive Zahl, VZ: 1 bedeutet

negative Zahl. Daraus ergibt sich ein positiver Zahlenbereich von +32767 bis 0 und ein negativer Zahlenbereich von -1 bis -32768. Eine Bitkette von 32 Bit ergibt ein Doppelwort vom Datentyp DOPPELINTEGER (DINT), das Bit 31 enthält das Vorzeichen.

Tabelle 3. Aufbau einer Gleitpunktzahl

Bit	31	30	23	22	0
	0/1	2^7	2^0	2^{-1}	2^{-23}
	VZ	Exponent		Mantisse	

Der Wert einer Gleitpunktzahl wird errechnet aus:

$$\text{Wert} = (\text{VZ}) \cdot (1.\text{Mantisse}) \cdot (2^{(\text{Exp}-127)})$$

3.3. Grundlagen der Programmierung nach IEC 61131-3

In der nachstehenden Tabelle ist der Inhalt der IEC (International Electrotechnical Commission) 1131 dargestellt. Es handelt sich um keine bindende Vorschrift. Die PLCopen (Verein, der die Entwicklung kompatibler Software für PLS fördert).

- Teil 1: Allgemeine Informationen; aktuelle Ausgabe 3.2004
- Teil 2: Betriebsmittelanforderungen und Prüfungen; aktuelle Ausgabe 2.2004
- Teil 3: Programmiersprachen; aktuelle Ausgabe 12.2003
- Teil 3 Beiblatt 1: Leitlinien für die Anwendung und Implementierung von Programmiersprachen für Speicherprogrammierbare Steuerungen; aktuelle Ausgabe 4.2005
- Teil 5: Kommunikation; aktuelle Ausgabe 11.2001
- Teil 7: Fuzzy-Control-Programmierung; aktuelle Ausgabe 11.2001

Die EN 61131-3 (auch IEC 1131 bzw. 61131) ist die einzig weltweit gültige Norm für Programmiersprachen von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Sie löste am 1. August 1994 die DIN 19239 ab und definiert die folgenden fünf Sprachen:

Englisch		Deutsch		
Abk.	Bezeichnung	Abk.	Bezeichnung	Hinweise
IL	Instruction List	AWL	Anweisungsliste	Vergleichbar mit Assembler
LD	Ladder Diagram	KOP	Kontaktplan	Vergleichbar mit einem Elektro-Schaltplan, der um 90° gedreht ist
FBD	Function Block Diagram	FBS	Funktionsbaustein-Sprache	Ähnelt Logik-Schaltplänen
SFC	Sequential Function Chart	AS	Ablaufsteuerung	eine Art Zustandsdiagramm. Die IEC 61131-3:2003 sieht den SFC als eine Weiterentwicklung von Grafcet nach EN 60848.
ST	Structured Text	ST	Strukturierter Text	angelehnt an Hochsprachen

Die Sprachen IL und ST sind textbasiert, die anderen vier Sprachen (LD, FBD, SFC und CFC) grafisch. In allen Sprachen können Funktionen und Funktionsblöcke verwendet werden, die in einer der anderen Sprachen geschrieben oder vom SPS-Hersteller in Form von Software-Bibliotheken ohne Quelltext zur Verfügung gestellt werden.

Je nach Leistungsfähigkeit der SPS bzw. des Programmiergeräts müssen nicht alle Sprachen zur Verfügung stehen. Die Umwandlung zwischen Sprachen ist herstellerabhängig; also nicht oder nur mit Einschränkungen möglich. Viele Programmierumgebungen bieten auch die Möglichkeit, weitere Sprachen wie z. B. C zu verwenden.

Die Programmiersprachen Kontaktplan (KOP), Anweisungsliste (AWL) und Funktionsplan (FBS auch häufig FUP bezeichnet) sind weit verbreitet, da mit ihnen die Steuerungsfunktionen mit einfachen Symbolen oder Buchstaben dargestellt werden können.

Bei der Programmierung in Kontaktplan (KOP) ist die Darstellung einem Stromlaufplan sehr ähnlich.

Bei der Programmierung in FBS bzw. FUP werden grafische Funktionssymbole verwendet. Für Ablaufsteuerungen gibt es eine Ablaufsprache (AS). Die in einer Ablaufsteuerung sich regelmäßig wiederholenden Elemente der Funktionsbausteinsprache werden in der Ablaufsprache zu neuen, vereinfachten Sprachelementen zusammengefasst.

Die Anweisungsliste ist die universellste Programmiersprache. Große Programme werden aber in dieser Programmiersprache schnell unübersichtlich.

Bevor ein Anwenderprogramm in die SPS übertragen werden kann, müssen alle Steuerungsanweisungen mit dem Compiler (Übersetzer) in einen Code übersetzt werden, den die SPS entschlüsseln kann (Bild 11).

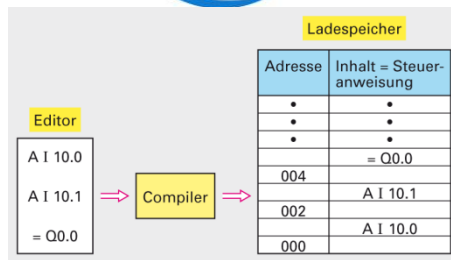


Bild 11 Übertragung der Steuerungsanweisungen

Die Steueranweisung enthält einen Operationsteil und einen Operandenteil (Bild 12). Der Operationsteil gibt an, welche Operationen mit der Anweisung durchgeführt werden sollen. Der Operandenteil wird in den Kennzeichnungsteil, z.B. 2 Bit und den Parameterteil, z.B. 10 Bit, gegliedert. Mit den Kennzeichnungen wird festgelegt, ob sich die Anweisungen auf einen Eingang (I), eine Ausgang (Q), oder einen anderen Operanden bezieht.

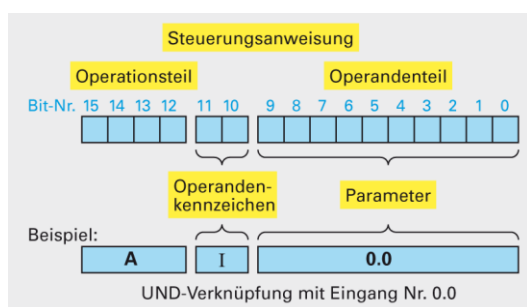


Bild 12 Steuerungsanweisung nach DIN 19239

Der Parameter bestimmt die Adresse des Operanden. Die erste Zahl ist die Byte Adresse und die zweite Zahl ist die Bit Adresse (Bild 13).

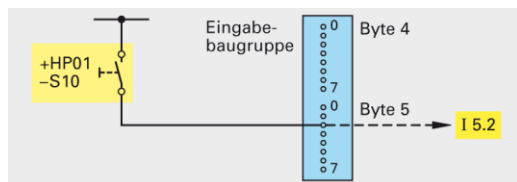
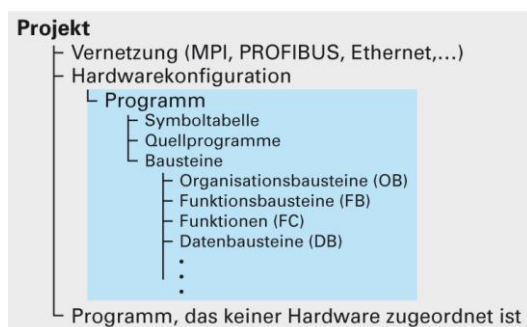


Bild 13: Operandenparameter bei Eingabebaugruppe

Programmaufbau

Nach IEC 1131 wird jede Automatisierungsaufgabe als Projekt verwaltet. Innerhalb eines Projektes ist eine bestimmte Hierarchie festgelegt.



Da die Programmiersoftware objektorientiert geschrieben ist, sind die Programmteile des Projektes Objekte, denen der Anwender bei der Programmierung Eigenschaften zuweist. Nachdem ein Projekt angelegt wurde, wird mit Hilfe eines Projekteditors festgelegt, welche Vernetzung vorgesehen ist.

Danach wird dem Projekt die eingesetzte Hardware zugeordnet (Bild 14). Dazu wird ein Netzteil, eine CPU und die Ein- Ausgabebaugruppen konfiguriert.

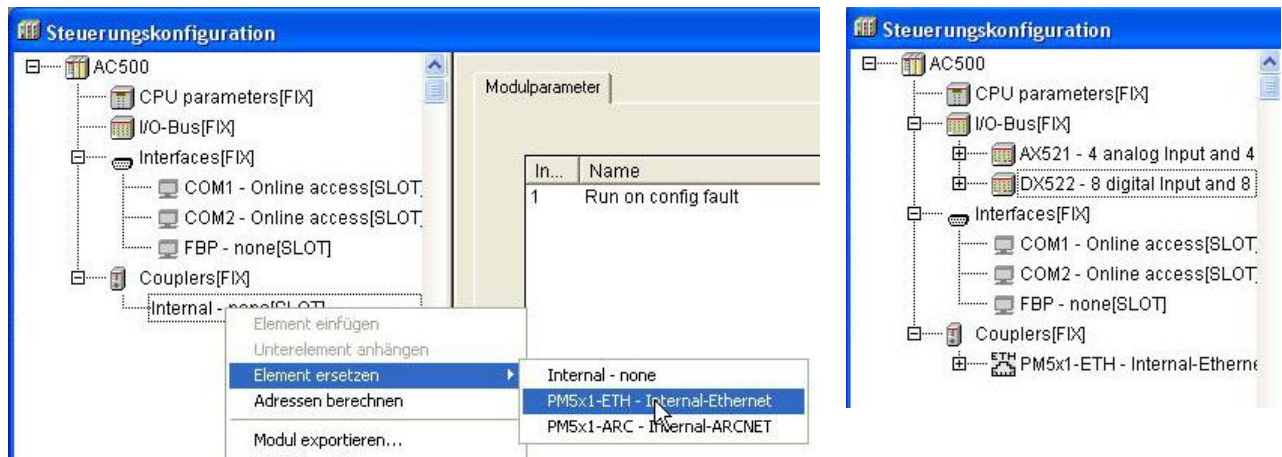


Bild 14: Hardwarekonfiguration (aus Projektbericht Schulungsplattform)

Ist die Hardwarekonfiguration abgeschlossen, wird die Hierarchie der Struktur vervollständigt. Jetzt können die Bausteine des Anwenderprogrammes geschrieben werden. Dabei ist es möglich bereits vorhandene Quellprogramme zu nutzen. Es ist auch möglich, Programme zu schreiben, die keiner Hardware zugeordnet sind. Diese können später als Quellprogramme genutzt werden. Die Verwendung einer symbolischen Adressierung ist sehr vorteilhaft (Bild 15) da der Anwender Fehler in der Zuordnung leichter vermeiden kann. Doppelbelegungen der Adressen können nicht mehr vorkommen.

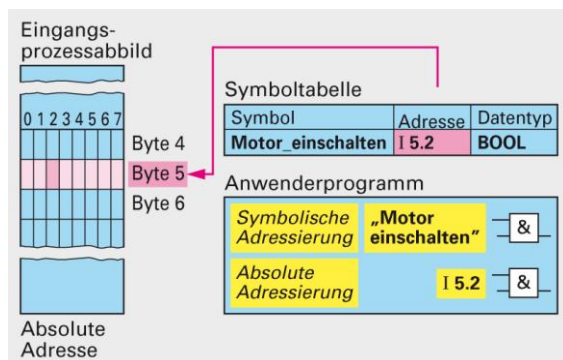


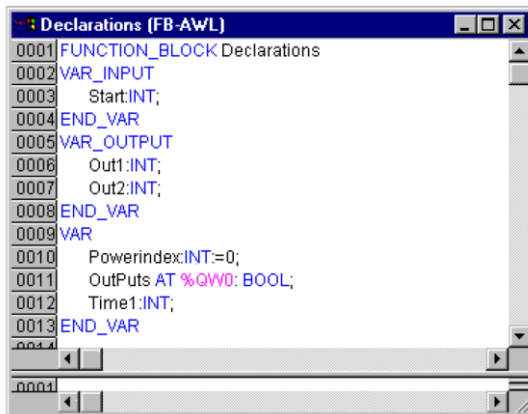
Bild 15: Zusammenhang zwischen symbolischer und absoluter Adressierung

Der Anwender kann anstatt einer Absolutadresse einen Namen (Symbol) verwenden. In der Symboltabelle werden globale Symbole definiert.

PLC_PRG (PRG-AS)					
VAR		VAR_INPUT	VAR_OUTPUT	VAR_IN_OUT	CONST
Name	Adresse	Typ	Initial	Kommentar	
0001 AMPEL1		AMPEL			
0002 AMPEL2		AMPEL			
0003 VERZ		WARTEN			
0004 ZAEHLER		INT			

Das bedeutet, dass die Symbole im gesamten Anwendungsprogramm bekannt sind und in allen Bausteinen die gleiche Bedeutung haben. In der Spalte Name wird der Name des Symbols eingetragen. Die Spalte Adresse enthält die absolute Adresse des Operanden. Daneben gibt es die

Möglichkeit, bausteinlokale Symbole zu verwenden. Die Namen dafür werden im Deklarationsteil des entsprechenden Bausteines festgelegt. Lokale Symbole sind nur innerhalb eines Bausteines gültig.

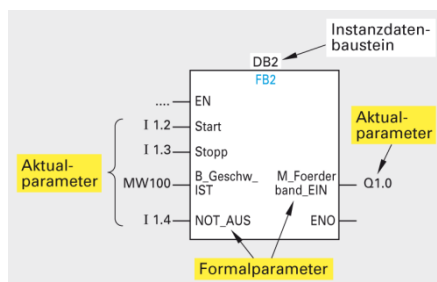


z.B. Lokale Variablen in einem Baustein

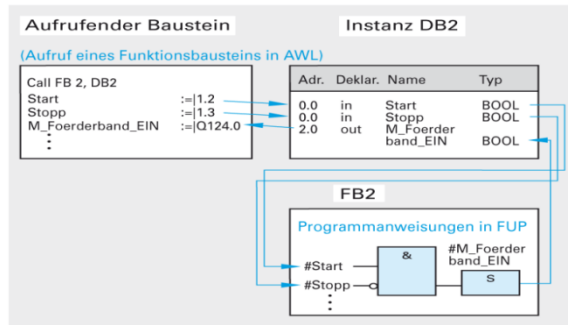
Damit Programme Übersichtlich werden, sollten sie bereits in der Entwurfsphase den technologischen und funktionellen Gegebenheiten der Steuerungsaufgabe angepasst werden. Daher bieten Programmiersprachen nach IEC 1131-3 die Möglichkeit der Strukturierung. Der Anwender teilt zweckmäßigerweise sein Programm in kleine gut überschaubare Einheiten (Bausteine) auf. Verwaltungsbausteine (z.B. PLC_PRO), Funktionsbausteine (Function_Block) und Funktionen (Function) enthalten das Anwenderprogramm und werden daher oft als Codebausteine bezeichnet.

Bibliotheken dienen zur Ablage wiederverwendbarer Programmkomponenten. Um Code Bausteine in Programmen beliebig oft verwenden zu können, müssen sie mit Bausteinparametern ausgestattet werden. Bei der Programmierung von Funktionen und Funktionsbausteinen müssen die zugehörigen Bausteinparameter in die zugehörige Deklarationstabelle deklariert werden. Dabei erhalten die Bausteinparameter symbolische Namen, die auch als Formalparameter bezeichnet werden. Diese können als Eingangsparameter (in), als Ausgangsparameter (out) und als Durchgangsparameter (in_out) deklariert werden. Außerdem ist es möglich, Variable als temporäre Parameter (temp) zu deklarieren.

Bei Aufruf eines Bausteines müssen dessen Formalparameter mit Konstanten, Operanden oder Variablen versorgt werden. Diese werden als Aktualparameter bezeichnet. Wird der Baustein öfter aufgerufen, so können bei jedem Aufruf andere Aktualparameter verwendet werden. Werden keine Aktualparameter zugeordnet, arbeitet der Baustein mit den Defaultwerten.



Aufruf eines parametrisierten Funktionsbausteines in FUP



Parameterübergabe bei Aufruf eines Funktionsbausteins

Die Speicherung der Daten aus technischen Anlagen erfolgt bei der Programmierung durch Variable. Eine Variable ist ein Speicherplatz, der mit einem Namen versehen wird und somit im Anwenderprogramm als Platzhalter für Daten dient. Eine Variable besteht aus dem Operanden und dem Datentyp. Der Operand besteht aus einem Operandenkennzeichen und einer Operandenadresse. Durch die Festlegung auf einen bestimmten Datentyp erhält die Variable eine passende Größe für die Daten.

3.4. Grundfunktionen

3.4.1. Binäre Abfragen und Verknüpfungen

Die Verknüpfungen binärer Signalzustände können durch die Funktionen UND und ODER verwirklicht werden. Möchte man den Signalzustand eines Binäroperanden direkt einem anderen Binäroperanden zuweisen, so verwendet man eine UND Funktion mit nur einem Funktionseingang (Bild 16).

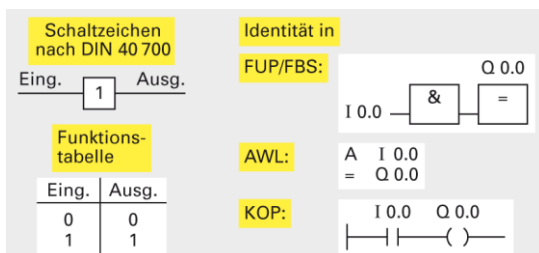


Bild 16: Identität

Die UND Funktion verknüpft zwei binäre Signalzustände miteinander. Bild 17 zeigt die Funktionstabelle und das Zustandsdiagramm einer UND Funktion.

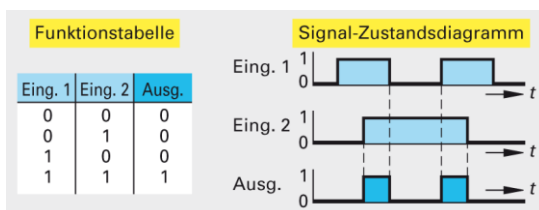


Bild 17: UND Funktion

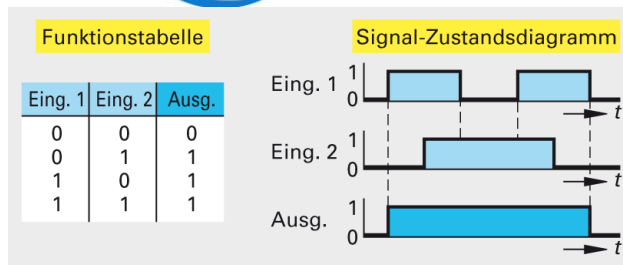


Bild 18: Oder Funktion

Wenn bei einer Programmerstellung der Signalzustand eines Sensors abgefragt werden soll, so ist zu berücksichtigen, ob der Sensor ein Schließer oder ein Öffner ist. Daher ist evtl. eine Negation erforderlich (Bild 19). Auf diese Weise können auch Eingänge abgefragt werden, die bei einem Signalzustand 0 Aktivitäten ausführen sollen (nullaktiv).

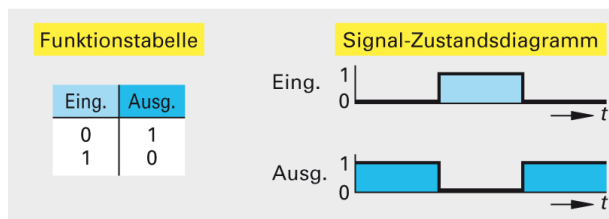


Bild 19: Negation

3.4.2. Speicherfunktionen

Für viele Steuerungsaufgaben ist es erforderlich, ein kurzzeitiges Signal zu speichern. In einer SPS können Merker hierzu eingesetzt werden. Merker sind Speicherplätze für Zwischenergebnisse, die über Bausteingrenzen hinaus Gültigkeit haben. Alternativ kann man Zwischenergebnisse auch als temporäre Lokaldaten innerhalb eines Bausteines zuweisen. Diese Daten sind dann zwar nur innerhalb eines Bausteines verfügbar, aber der Baustein wird dadurch bibliotheksfähig. Einen Teil der Merker kann man auch remanent einstellen, d.h. dieser Teil behält seinen Zustand auch bei stromloser SPS. Das Speicherverhalten einer Signalspeicherung kann mit binären Grundverknüpfungen verwirklicht werden (Bild 20).

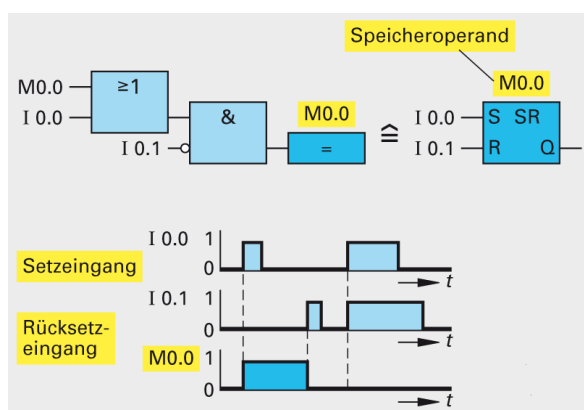


Bild 20: SR Speicher

Fast die gleiche Funktion zeigt der RS Speicher (Bild 21). Ein Unterschied besteht dann, wenn am Setz- und am Rücksetzeingang gleichzeitig ein 1 Signal ansteht.

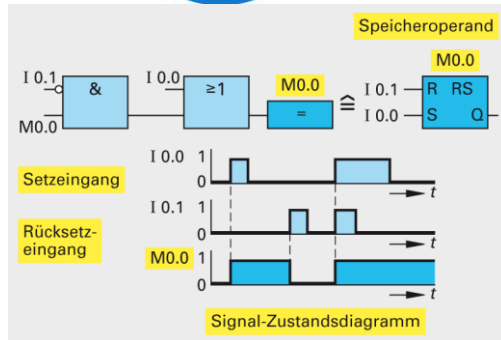


Bild 21: RS Speicher

Bedingt durch die sequentielle (fortlaufende) Verarbeitung der Anweisungen setzt die CPU bei dem zuerst bearbeiteten Setzeingang beim SR Speicher den Speicheroperanden, setzt ihn jedoch anschließen beim Bearbeiten des Rücksetzeinganges wieder zurück (Bild 22).

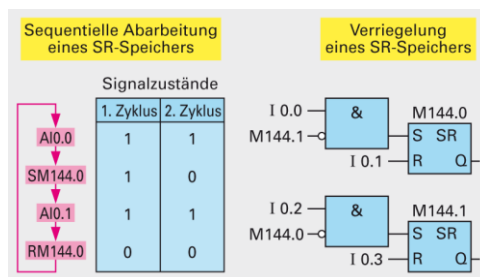


Bild 22: Sequentielle Verarbeitung von Speichern

Man sagt, der SR Speicher ist rücksetzdominant. Und der RS Speicher ist setzdominant. Speicherfunktionen können mithilfe einer UND Funktion am Setzeingang gegenseitig verriegelt werden (Bild 22). Der Speicheroperand kann nur gesetzt werden, wenn der jeweils andere Speicheroperand ein 0 Signal hat.

3.4.3. Flankenauswertung

Mit einer Flankenauswertung erfasst man die Änderung eines Signales, die Signalflanke (Bild 23).

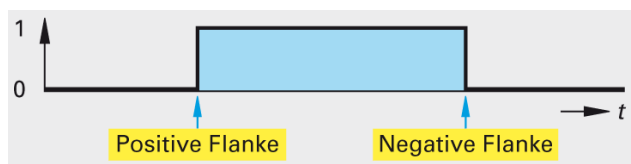


Bild 23: Signalflanken

In Bild 24 sind 2 Möglichkeiten für eine positive Flankenauswertung dargestellt.

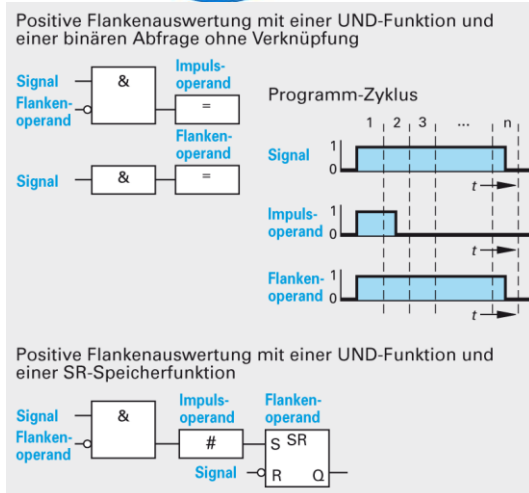


Bild 24

Mithilfe eines Dauersignales wird ein Impuls gebildet, der während der Programmbearbeitung in einer SPS für einen Zyklus lang den Signalwert 1 hat. Da während eines jeden Programmzyklus der Signalzustand des binären Verknüpfungsergebnisses mit dem Signalzustand des vorherigen Verknüpfungsergebnisses verglichen wird, können Änderungen festgestellt werden. In einem Flankenoperand wird deshalb das Verknüpfungsergebnis des vorangegangenen Zustands gespeichert.

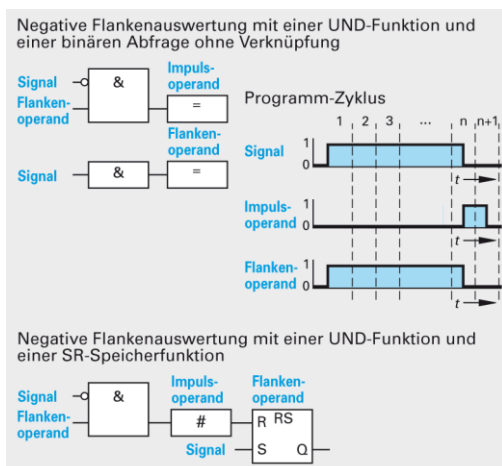


Bild 25: Negative Signalfankenauswertung

Meistens sind im Operationsvorrat einer SPS bereits eine positive und eine negative Flankenauswertung vorhanden.

3.4.4. Zeitfunktionen

Mit den Zeitfunktionen kann man programmtechnisch zeitliche Abläufe verwirklichen, wie z.B. Wartezeiten und Überwachungszeiten, Messungen von Zeitabläufen oder Bildung von Impulsen. Die Verhaltensweise einer Zeitfunktion sind: Impulsbildung (CD522_PULSE_OUT), verlängerter Impuls, Einschaltverzögerung (TON), Ausschaltverzögerung (TOF).

Die Zeitfunktion startet, wenn das Verknüpfungsergebnis am Starteingang wechselt.

3.4.5. Zählfunktionen

Mit den Zählfunktionen können Zählaufgaben (Vorwärtszählen, Rückwärtszählen, Vergabe des Zählwertes, Zähler setzen, Zähler rücksetzen, Zählwert abfragen, Zählerstatus abfragen,...) ausgeführt werden. Z.B. Baustein CD522.

3.4.6. Digitale Operationen

Die Digitalfunktionen verarbeiten digitale Werte vorwiegend mit den Datentypen INT, DINT und REAL und erweitern so die Funktionalität einer SPS.

Auszug aus den Operatoren

Modifikatoren und Operatoren in AWL

In der Sprache AWL können folgende Operatoren und Modifikatoren verwendet werden.

Modifikatoren:

- C bei JMP, CAL, Die Anweisung wird nur ausgeführt, wenn das
RET: Ergebnis des vorhergehenden Ausdrucks TRUE
ist.
- N bei JMPC, Die Anweisung wird nur ausgeführt, wenn das
CALC, RETC: Ergebnis des vorhergehenden Ausdrucks FALSE
ist.
- N sonst: Negation des Operanden (nicht des Akku).

Im folgenden finden Sie eine Tabelle aller Operatoren in AWL mit deren möglichen Modifikatoren und der jeweiligen Bedeutung:

Operator	Modifikatoren	Bedeutung
LD	N	Setze aktuelles Ergebnis gleich dem Operanden
ST	N	Speichere aktuelles Ergebnis an die Operandenstelle
S		Setze den Bool-Operand genau dann auf TRUE, wenn das aktuelle Ergebnis TRUE ist
R		Setze den Bool-Operand genau dann auf FALSE, wenn das aktuelle Ergebnis TRUE ist
AND	N,(	Bitweise AND
OR	N,(	Bitweise OR
XOR	N,(	Bitweise exklusives OR
ADD	(	Addition
SUB	(	Subtraktion
MUL	(	Multiplikation
DIV	(	Division
GT	(	>
GE	(	>=
EQ	(	=
NE	(	<>
LE	(	<=
LT	(	<
JMP	CN	Springe zur Marke
CAL	CN	Rufe Programm oder Funktionsblock auf
RET	CN	Verlasse den Baustein und kehre ggf.

zurück zum Aufrufer.
Werte zurückgestellte Operation aus

3.5. Ablaufsteuerungen

Damit Programme übersichtlicher werden und nicht nur vom Ersteller des Programmes gelesen werden können, soll strukturiert programmiert werden. Dafür teilt man Programme in einzelne Netzwerke ein, die jeweils nur einen zusammenhängenden Verknüpfungsbaum enthalten. Mehrere Netzwerke, die inhaltlich zusammen gehören, können dann in Funktionen oder Funktionsblöcke zusammen gefasst werden.

Steuerungen verfügen meist über die Betriebsarten Handbetrieb und Automatikbetrieb. Im Handbetrieb werden die einzelnen Steuerfunktionen schrittweise auf Tastendruck ausgeführt. Der Baustein für die Ablaufkette enthält für jeden Steuerungszustand einen sogenannten Schrittmarker und die Schaltfunktion mit den Weiterschaltbedingungen zum Setzen des nachfolgenden Schrittes. Diese Weiterschaltbedingung nennt man auch Transition. Der Baustein Befehlsausgabe enthält die Ausgabebefehle, die von den einzelnen Schritten und von den Betriebsarten abhängen. Mit diesem Baustein werden die Stellglieder angesteuert.

Die grafische Darstellung einer Ablaufsteuerung erfolgt mit dem Programmablaufplan nach DIN EN 60848 oder IEC 1131-3. Die DIN 60848 wird als GRAFECT bezeichnet (Bild 26).

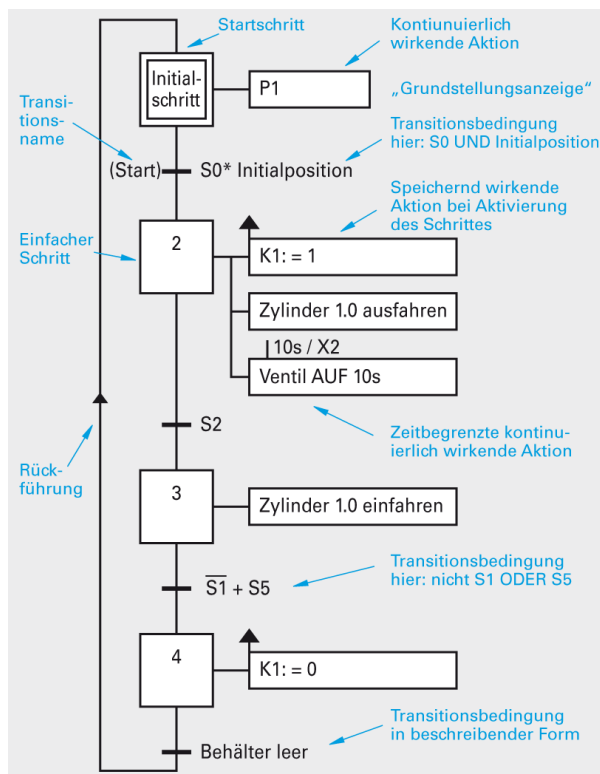


Bild 26: Darstellung einer sequentiellen Ablaufsteuerung nach DIN 60848

Wirklinien verbinden die einzelnen Schritte. Die Übergänge (Transitionen) werden mit einem Querstrich auf der Wirkungslinie dargestellt. Neben jedem Schrittsymbol werden in einem

rechteckigen Feld die Aktionen / Befehle gezeigt. Jeder Schritt enthält als zentrales Funktionselement einen Schrittmarker, der mit einer SR Speicherfunktion gesetzt wird (Bild 27).

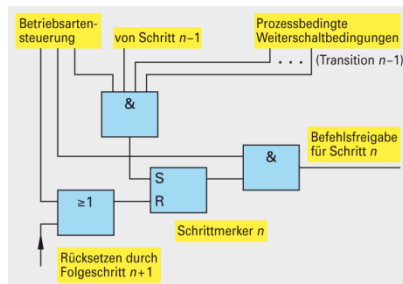
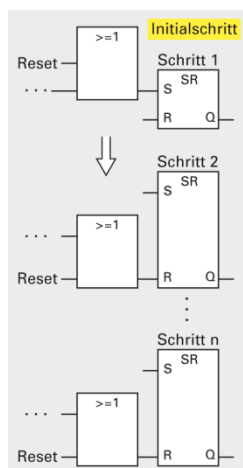


Bild 27: Struktur eines Schrittes

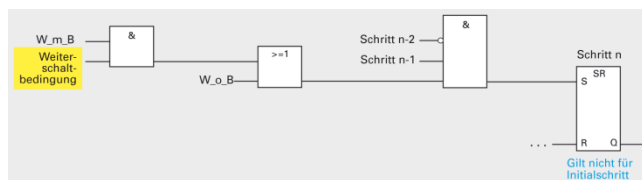
Der Schrittmarker kann nur gesetzt werden, wenn der vorhergehende Schritt gesetzt ist UND die Weichschaltbedingungen erfüllt sind.

Betriebsartensignale

Mithilfe der Betriebsartensignale wird es möglich eine Ablaufsteuerung während fast aller Betriebssituationen zu kontrollieren. Damit die Ablaufsteuerung muss die Ablaufkette initialisiert werden.



Zum Weichschalten kann das Signal mit Bedingung oder ohne Bedingung (evtl. bei Inbetriebnahme erforderlich) verwendet werden. Weichschalten ohne Bedingung kann auch als manuelle Betriebsart bezeichnet werden. Es muss jedenfalls ein Impulssignal sein, da es als gespeichertes Signal ein unkontrolliertes Auslösen der Schrittkette verursachen könnte.



3.6. Analogwertverarbeitung

Speicherprogrammierbare Steuerungen verarbeiten nur digitale Informationen. Sind jedoch Analogeingabe- und Ausgabeeinheiten z.B. als modulare Baugruppen vorhanden, so kann eine SPS auch analoge Prozesssignale aufnehmen und ausgeben. In einer Analogeingabebaugruppe setzt ein

Analog Digital Umsetzer ein analoges Prozesssignal in einen Digitalwert um. In der Analogausgabebaugruppe erzeugt ein Digital Analog Umsetzer aus einem digitalen Ausgabesignal der CPU einen Analogwert (Bild 28).

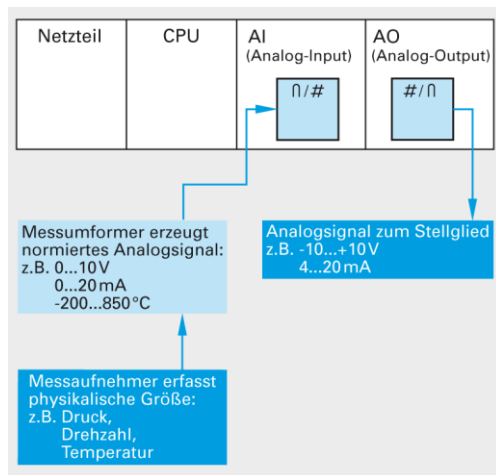


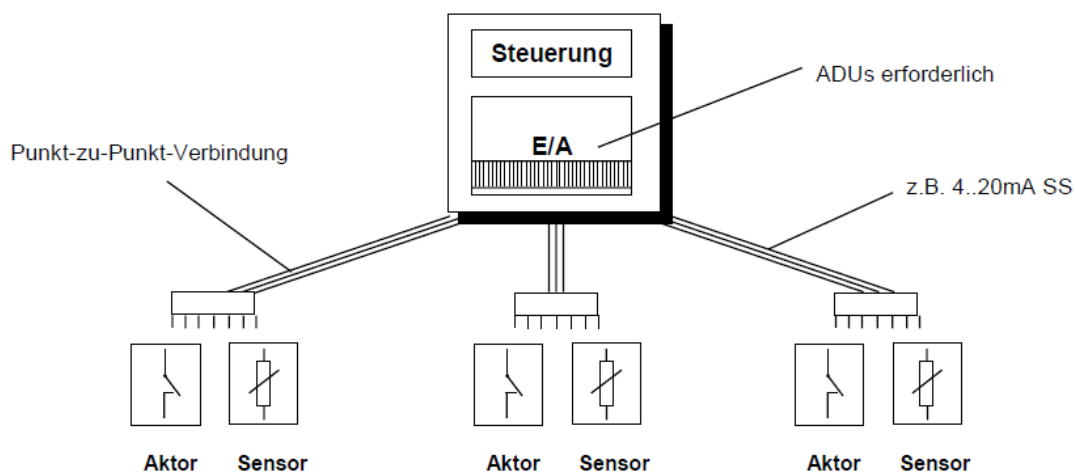
Bild 28: Analogwertverarbeitung

Sollen physikalische Größen, z.B. Druck, Drehzahl, Temperatur aus einem Prozess erfasst werden, so müssen sie mithilfe eines Sensors erfasst werden, und in ein elektrisches Signal, meist eine Spannung oder einen Strom, umgesetzt werden. Analogbaugruppen können sich in der Auflösung und im Messbereich unterscheiden. Unter der Auflösung eines Analogwertes versteht man die Anzahl der Bits, mit denen der Analogwert in einen proportionalen Digitalwert gewandelt wird. In der Automatisierungstechnik werden meist Auflösungen zwischen 8 und 16 Bit angewendet. Bei 16 Bit wird ein Bit für das Vorzeichen verwendet und mit 15 Bit wird das Prozesssignal aufgelöst. Bei Analogeingabebaugruppen kann meist zwischen den Messarten Spannung, Strom, Widerstand und Temperatur gewählt werden. Innerhalb der unterschiedlichen Messarten können verschiedene Messbereiche eingestellt werden. Ausgabebaugruppen liefern Spannungs- und Stromsignale, die für unterschiedliche Ausgabebereiche gewählt werden können.

4. Feldbussysteme

Die zentrale Automatisierungslösung

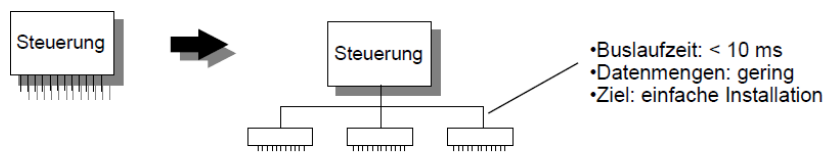
Die Steuerungsebene enthält den größten Teil der geforderten Intelligenz. Die Zahl der Schnittstellen zum Prozeß und die Aufgaben nehmen ständig zu. Folge: Die zentralen Automatisierungssysteme werden komplex, sind schwer zu beherrschen und sind unflexibel.



Dezentralisierung heißt

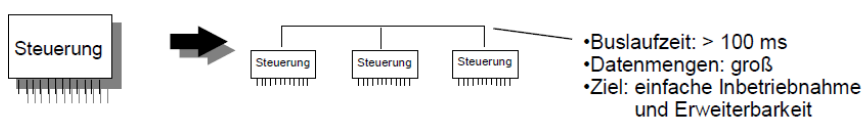
❑ dezentrale E/A

Anschluß der Peripherie vor Ort (vielfältige Austauschbarkeit von Feldgeräten, Vorverarbeitung, Offenheit)



❑ dezentrale CPUs

Verteilung der Automatisierungsaufgaben (übersichtliche, schnelle Fehlersuche, leichte Wartbarkeit)



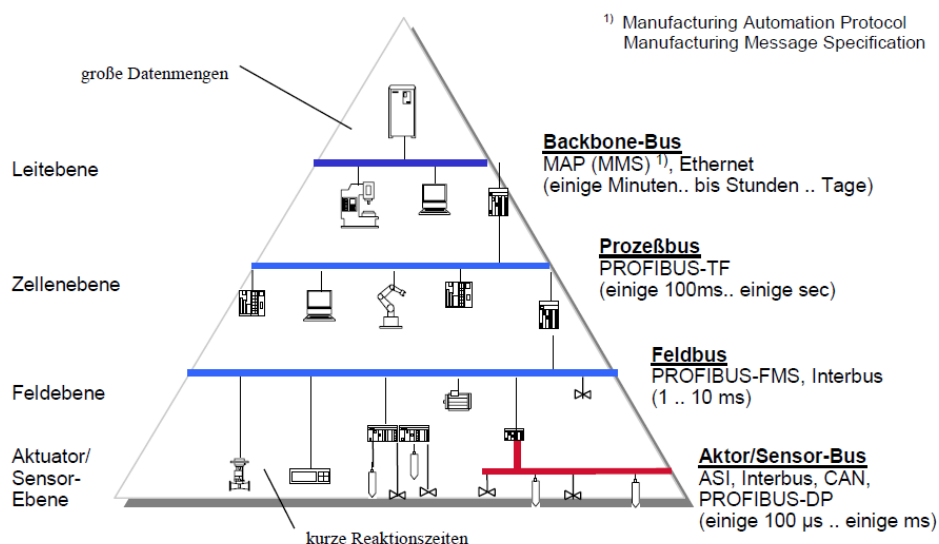
Dezentrale Strukturen - und ihre Vorteile

- geringerer Verkabelungsaufwand (Kostenreduktion)
- mehr Funktionalität durch intelligente Feldgeräte (z.B. Diagnose, digitale Signalverarbeitung, Parametrierbarkeit)
- kurze Wege bei kritischen, analogen Signalen (robuste Datenübertragung durch Digitalisierung und Codesicherung)
- bessere Übersicht (Fehlersuche und -behebung)
- modulare Struktur bringt Flexibilität (Erweiterung / Änderung)
- kürzere Reaktionszeiten (dezentrale Steuergeräte)
- mehr Informationsgehalt (höhere Genauigkeit)
- Offenheit durch standardisierte Übertragungsverfahren und Geräteschnittstellen
- größere Teilnehmerzahl möglich

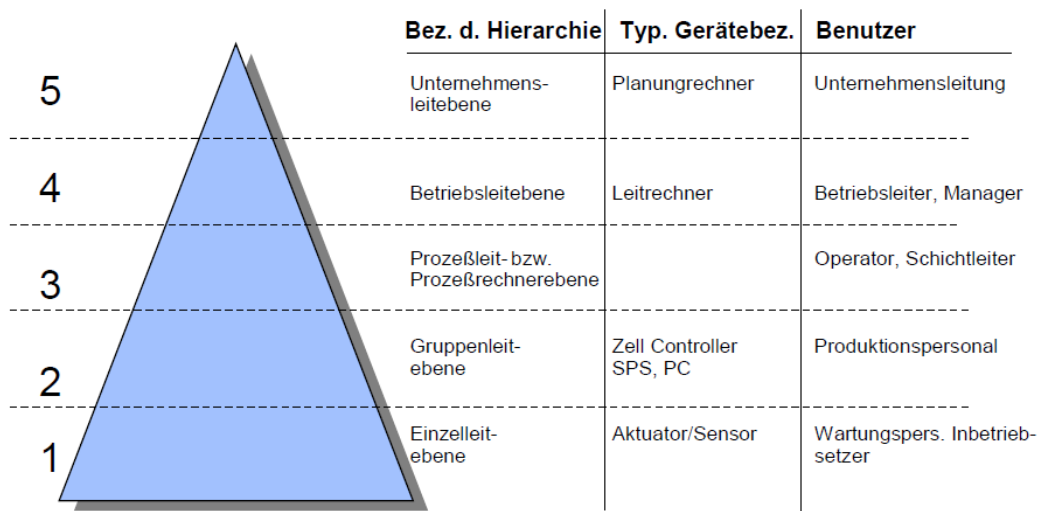
Ausprägungen von Bussystemen in der Automatisierungstechnik

- **Feldbus** und **Aktor/Sensor-Bus** für kleine Datenraten mit schnellen Reaktionszeiten, zur Erfüllung einer einzelnen Automatisierungsaufgabe.
- **Prozeßbus (LAN)** zum Datenaustausch mit mehreren Feldbussen (Gesamtanlage)
- **Backbone-Bus (WAN)** verteilte Datenkommunikation mit großer Komplexität und großen Entfernungen (z.B. Intra- bzw. Internet).

Einordnung eines Feldbusses in die Automatisierungshierarchie

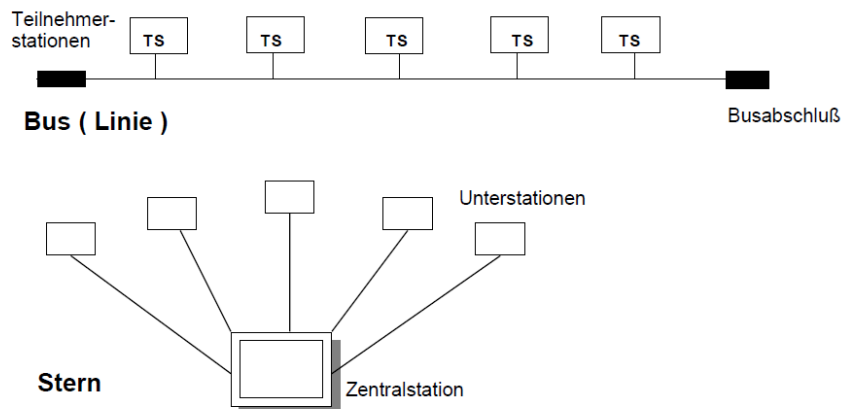


Leitebenen

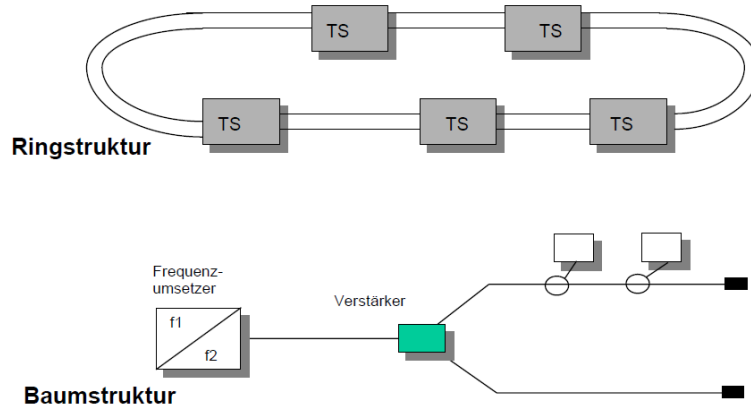


4.1. Netzwerkgrundlagen

Netztopologien



Netztopologien



Zugriffsberechtigung / Zugriffsverfahren / Übertragungstechnik

• Zugriffsberechtigung

- stochastisch
- prioritätsgesteuert
- Master / Slave
- Multimaster mit Token Passing

• Zugriffsverfahren

- CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect)
- CSMA / CA (- " - / Collision Avoidance)
- Summenrahmenprotokoll (Schieberegister)

• Übertragungstechnik

- RS 485 Technik nach EIA (Electronic Industries Association)
- Lichtwellenleiter

Schieberegister mit Summenrahmenprotokoll: Der Busmaster sendet in jedem Buszyklus die Ausgangsdaten an alle Slaveteilnehmer wie durch ein Schieberegister (Interbus) und bekommt als Antwort die Eingangsdaten der Slaveteilnehmer zurück. Die Buszykluszeit ist berechenbar und wird durch azyklische Parametertelegamente, sowie im Fehlerfall verlängert. Der Datenumfang ist bei diesem Verfahren gering, jedoch bei hoher Protokolleffizienz.

• **Prioritätsgesteuerter Datenverkehr:** Jeder Teilnehmer am Bus, der Daten zu senden hat, kann diese zum Zeitpunkt des Entstehens senden. (CAN-Bus). Die Zeit, wann welche Daten gesendet werden, ist nicht vorhersagbar. Allerdings können Nachrichten mit hoher Priorität dann abgesetzt werden, wenn sie entstehen bzw. vorliegen (z.B. Zündzeitpunkt im Benzinmotor).

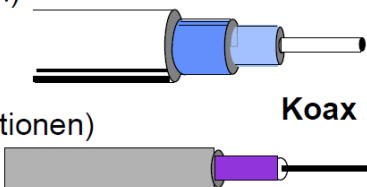
- **Master/Slave:** Die Initiative des Datenverkehrs geht vom Master aus. Ein Slaveteilnehmer antwortet nur auf Anfrage. Die Buszykluszeit eines solchen Systems ist berechenbar (deterministisches Verhalten). Nur im Störfall wird der Buszyklus für die Übertragung von Diagnosetelegrammen verlängert.
- **Multimaster mit Token Passing:** Sind mehrere Master am Bus beteiligt, teilen sie sich das Zugriffsrecht zum Bus durch Austausch eines Token zu. (PROFIBUS, Aktor-Sensor-Interface). Wer im Besitz des Tokens ist, hat alleiniges Buszugriffsrecht und darf innerhalb einer spezifizierten Zeit - oder bis er fertig ist - den Datenaustausch durchführen.

Mögliche Verbindungsformen

- **Parallele Verbindung** (Centronics, ISA-/PCI-Bus, Multibus...)
 - Kurze Datenstrecken im Bereich einige cm bis einige Meter
 - Extrem kurze Übertragungszeiten
 - Daten-, Adress- und Steuerbusse in Zentraleinheiten von Rechnern
- **Serielle Verbindung** (RS 232, RS 485, Ethernet ...)
 - Datenstrecken einige Meter bis mehrere Kilometer
 - schnelle Reaktionszeiten
 - Rechnernetze und Feldbusse

Übertragungsmedien für serielle Busse

- serielle Standardschnittstelle (asymmetrisch) **V.24**
(50 m bei max. 19,2 kbps, 2 Stationen)
- Geschirmte paarig verdrehte Zwei- oder Vierdrahtleitung (symmetrisch) **RS 485**
(400 m bei 500 kbps, 32 Stationen)
- Koaxial- bzw. Triaxialkabel **Koax**
(2,5 km bei 10 Mbit/sec, 1000 Stationen)
- Lichtwellenleiter **LWL**
(100 km bei größer 100 Mbit/sec, 2 Stationen)



4.2. Feldbusse

Anforderungen an ein Feldbussystem

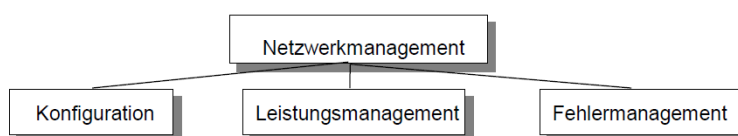
- zuverlässige und montagefreundliche Busanschlüsse
- bidirektionaler Informationsfluß

- An- bzw. Abkoppeln von Geräten ohne Auswirkung
- Ausfall von Geräten ohne Funktionsbeeinträchtigung für den restlichen Bus, bzw. Möglichkeit zur Fehlerlokalisierung
- erdfrei und galvanisch getrennt
- deterministisches Zeitverhalten
- Zündschutzart "Eigensicher"
- Versorgungsspannung über Bus
- Offenheit

Feldbusse:

• Interbus		DIN 19258
• CAN	Controller Area Network	ISO 11898
• Profibus	Process Field Bus	DIN 19245
• ASI	Aktuator/Sensor-Interface	IEC Entwurf
• Bitbus		IEEE 1118
• EIB	Europäischer Installationsbus	UTE 46 (Frankreich)
• LON	Local Operating Network	-
• P-Net		EN 50170
• FIP	Factory Information Protocol	EN 50170
• IEC 685, DIN Meßbus usw.		

Dienste eines Feldbussystems



Das **Netzwerkmanagement** enthält alle Programmteile, die zum Projektieren und zur Inbetriebnahme eines Automatisierungssystems notwendig sind.

- Das **Leistungsmanagement** enthält Funktionen zum Optimieren einer Automatisierungsaufgabe hinsichtlich effizientem Datenaustausch.
- Das **Fehlermanagement** sorgt dafür, daß alle auftretenden Fehler an den Host schnellstmöglich gesendet werden. Es dient dem Erkennen und Melden von Fehlerzuständen innerhalb einer Automatisierungsaufgabe.

4.3. Beispiele für Feldbussysteme

4.3.1. CAN BUS

Der CAN (control area network) Bus, ursprünglich für die Steuerungstechnik im Kraftfahrzeug entwickelt, wird stark zunehmend als preisgünstiger und robuster Feldbus im industriellen Bereich eingesetzt. Beim CAN Bus sind mehrere Teilnehmer (Stationen) gleichberechtigte Steuereinheiten. Die Adressierung der Daten ist botschaftsbezogen (nicht stationsbezogen), d.h. jede Station empfängt alle Daten, speichert aber nur diejenigen Daten ab, die sie betreffen (Bild 1).

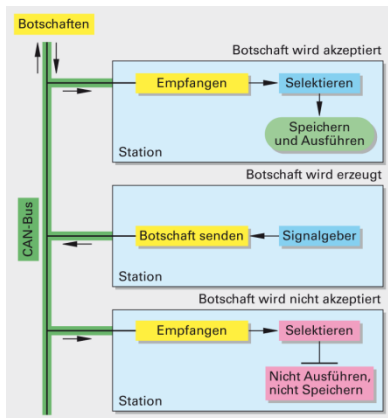


Bild 1: CAN Bus

Die Daten werden also über den kennzeichnenden Identifier, z.B. Motordrehzahl von dem Motorsteuergerät als eine, das Motorsteuergerät betreffende Botschaft selektiert und angenommen.

Benennung	Größe
Max. Ausdehnung	40m (1Mbit/s) 1000m (50kbit/s)
Übertragungsrate	1 Mbit/s (40m) 50kbit/s (1000m)
Adressierung	Botschaftsbezogen (2032 Botschaften)
Buszuteilung	Durch Prioritäten festgelegt (max. 2031)
Anzahl der Stationen	unbegrenzt
Übertragungssicherheit	Sehr hoch, Hamming Distanz 6
Übertragungsmedium	Zweidrahtverbindung oder Lichtwellenleiter

Bussteuerung

Wenn der Bus frei ist, kann jede Station senden. Beginnen mehrere freie Stationen gleichzeitig zu senden, dann wird zur Behebung des Buszugriffsconfliktes ein Wired And Verfahren, d.h. eine physikalische Beherrschung des Busses mit der Botschaft der höchsten Priorität durchgesetzt, ohne das ein Zeitverlust bzw. ein Bitverlust eintritt. Jeder Sender mit niederwertiger Botschaft beendet das Senden und wird zum Empfänger. Sobald der Bus frei ist, kann diese Station einen neuen Sendeversuch starten. Das CAN Protokoll besitzt zur Busvergabe zwei Bitzustände. Der Bitzustand ist entweder rezessiv, d.h. zurückweisend oder dominant, d.h. beherrschend. Wird ein dominantes Bit gesendet, dann werden rezessive Bits, die andere Stationen senden überschrieben.

Akzeptanzprüfung und Datenframe

Ist der Identifier der Botschaft in der Identifierliste der Station vermerkt, so wird diese Nachricht aufgenommen, so wird diese Nachricht aufgenommen. Der Datenframe besteht aus 7 Kennfeldern (Bild 2). Der Start of Frame (Startzeichen) markiert den Beginn der Botschaft und synchronisiert alle Stationen. Das Arbitration Field (Buszuteilung) besteht aus dem Identifier der Botschaft. Der CAN Bus arbeitet botschaftsbezogen und nicht mit Adressen.

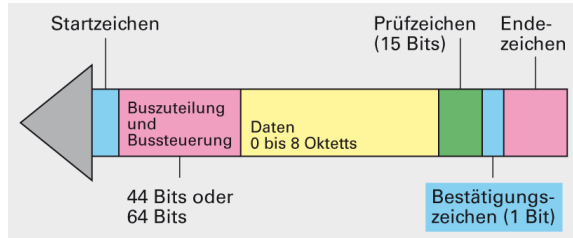


Bild 2: Nachrichtenformat

4.3.2. Profibus, Profibus DP

Der Profibus ist in DIN 19245 genormt. Man unterscheidet hier zwischen aktiven und passiven Teilnehmern (Bild 3). Ein aktiver Teilnehmer kann von sich aus, also ohne Aufforderung, Nachrichten senden. Die Sendeberechtigung wird über einen umlaufenden Token zyklisch erteilt. Passive Teilnehmer dürfen empfangene Nachrichten nur quittieren oder auf Anforderung Daten senden. Häufig ist in einem Profibus nur ein aktiver Teilnehmer, dann entfällt der Token.

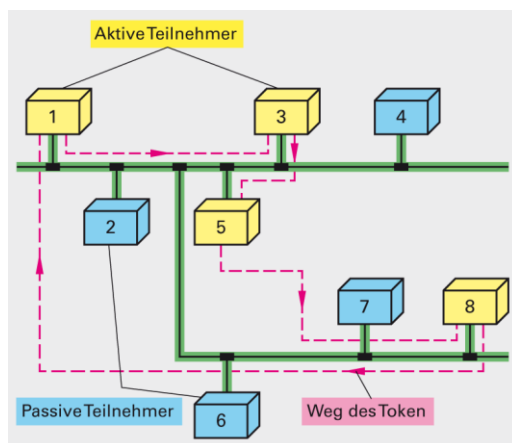


Bild 3: Struktur Profibus

Die Netzwerktopologie ist als Linie oder Baum möglich. Damit ist eine flächendeckende Vernetzung möglich. Das Übertragungsmedium ist eine abgeschirmte 2 adrige Leitung. Di maximale Anzahl der aktiven Teilenehmer beträgt 32 und die Übertragungsrate liegt zwischen 9,6 kbit/s und 500 kbit/s. Die größte Leitungslänge ist ohne Repeater 1200m. Das System erkennt folgende Störungen und Betriebszustände:

- Mehrere Token sind im Umlauf
- Kein Token ist vorhanden
- Fehlerhafte Tokenweitergabe
- Mehrere gleiche Teilnehmeradressen
- Defekter Empfänger
- Zuschalten und Abschalten eines Teilnehmers

Die Betriebsarten sind:

- Tokenverwaltung

- Zyklischer Sende- und Anforderungsbetrieb
- Teilnehmerverwaltung

Die Nachrichten setzen sich aus UC Zeichen zusammen, den sogenannten UART Characters. Ein UC Zeichen besteht aus 11 Bits (Bild 4).

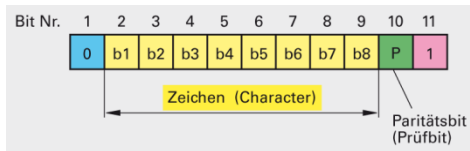


Bild 4: UC Zeichen

Es gibt mehrere Frameformate, die der Nachrichtenart angepasst sind. So entsteht eine Kurzquittung nur aus einem einzigen UC Zeichen, während ein Nachrichtenpaket bis zu 261 UC Zeichen umfassen kann (Bild 5).

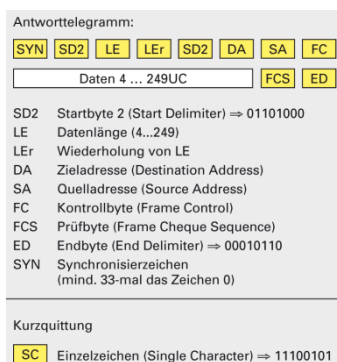


Bild 5: Frameformat

4.3.3. Aktor Sensor Interface AS-I

AS-I ist ein Feldbus zum Anschluss von Sensoren, wie z.B. Lichtschranken und von Aktoren z.B. Pneumatikzylinder, über eine einfache Zweidrahtleitung (Bild 6). Die Datenübertragung erfolgt über dieselbe Leitung wie die Stromversorgung der Teilnehmer. Die max. Datenübertragungsrate beträgt 167 kbit/s. Der max. Teilnehmerabstand ist ca. 100m und es können 31 Teilnehmer angeschlossen werden. Mithilfe von Repeatern können Abstand und Teilnehmeranzahl noch erweitert werden. Das Aktor Sensor Interface ist eine preisgünstige Vernetzung von binären Sensoren und Aktoren.

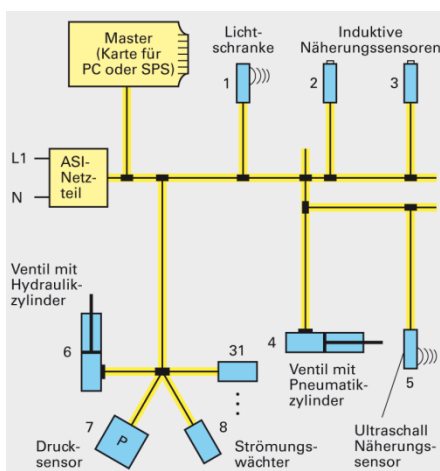


Bild 6: AS-I Feldbus

Die Bussteuerung erfolgt über einen Master. Er steuert die Teilnehmer, d.h. er fragt die Sensoren der Reihe nach ab bzw. er überträgt an die Aktoren der Reihe nach Signale und wiederholt dies zyklisch.

(zyklisches Polling). Die Zykluszeit hängt von der Anzahl der angeschlossenen Slaves ab und beträgt max. 5ms.

Die AS-I Anschaltung besteht aus einem hochintegrierten Schaltkreis im Sensor bzw. Aktor. Zur Ankopplung sonstiger Teilenehmer gibt es Anwendermodule mit IC, in die die Busleitung nur eingelegt werden muss. Über Kontaktspitzen wird ohne Leitungsunterbrechung der Kontakt hergestellt (Vampir Kontakte).

4.3.4. Interbus-S

Der Interbus S wird vor allem angewendet zur Anschaltung von Steuergeräten und Sensoren an SPS. Er besteht aus einem Fernbus mit einer Bussteuerkarte (Master) und mehreren Anschaltbaugruppen (Slaves) mit Ein-/Ausgabemodulen (E/A Module) (Bild 7).

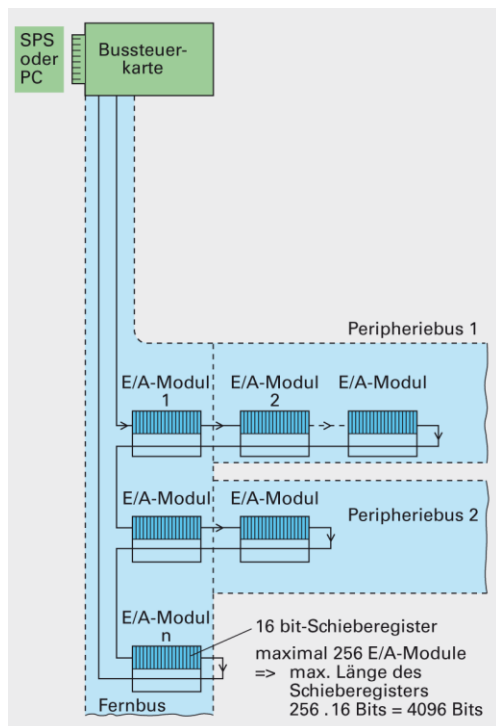


Bild 7: Interbus S

Die max. Netzlänge beträgt bei jedem Peripheribus 10m und beim Fernbus 400m ohne Repeater. Die E/A Module haben 8 Eingänge oder Ausgänge für Binärsignale.

Alle Daten laufen immer über die Bussteuerkarte. Diese kann in einem Zyklus Daten aufnehmen z.B. von E/A Modul 5 und in einem zweiten Zyklus diese übergeben, z.B. an E/A Modul 1.

Der Interbus S arbeitet wie ein binäres Schieberegister.

5. Sicherheitsanforderungen an Steuerungen

Technische Systeme sind für eine begrenzte Zeit brauchbar, vorausgesetzt, sie werden innerhalb vorgegebener Grenzen beansprucht. Dazu gehören mechanische Beanspruchungen, Umweltbedingungen und eine einwandfreie Instandhaltung. Im Fehlerfall dürfen von automatisierten Anlagen keine Gefahren für Personen ausgehen. Die technische Anlage muss ebenfalls vor Schäden bewahrt werden. Da Fehler in jeder Anlage auftreten können, sind die Auswirkungen der Fehler entscheidend. Tritt irrtümlich in der Steuerung an einem Ausgang zum Stellglied ein 1-Signal auf, so kann dadurch ein Antrieb eingeschaltet werden. Dies kann gefährliche Auswirkungen haben. Es kann jedoch auch versehentlich durch dieses Signal eine Gefahrenmeldung ausgelöst werden. Dieses ist ungefährlich. Tritt irrtümlich ein 0-Signal auf, so kann dies ebenfalls sehr unterschiedliche Auswirkungen haben. Gefährlich wäre die Unterdrückung einer Fehleranzeige; ungefährlich das Abschalten eines Antriebs. Allgemeingültige Lösungen für Sicherheitsanforderungen kann es nicht geben, da jede steuerungstechnische Lösung eines technischen Problems bestimmten, technologisch bedingten, funktionellen Abläufen unterliegt. Für jedes Problem muss deshalb entschieden werden, welche sicherheitstechnischen Maßnahmen erforderlich sind, um Schäden für Personen und Anlagen zu vermeiden. Nachfolgend sind einige Sicherheitsmaßnahmen erläutert:

1. Verriegelungen

Stellelemente (K1, K2), die einander entgegengesetzte Bewegungen steuern, dürfen nie gleichzeitig wirksam sein, da dies schwerwiegende Auswirkungen haben kann. Solche Bewegungen sind z.B. der Rechts- und Linkslauf von Motoren.

2. Sicherheitsgrenztaster

Endlagen von Maschinentischen, Hebebühnen, Transportbewegungen und anderen technischen Einrichtungen können von Grenztastern (S3, S4) kontrolliert werden. Bei Überfahren unterbrechen Öffnerkontakte unmittelbar die Energieversorgung der Antriebe.

3. Drahtbruchsicherheit

In Verbindung mit übergeordneten Sicherheitsschaltungen sollte beim Einsatz speicherprogrammierbarer Steuerungen immer die Forderungen nach drahtbruchsicherem Programmieren berücksichtigt werden.

Dies bedeutet:

- ☐ Signalgeber, mit denen Antriebe eingeschaltet werden, müssen bei Betätigung 1-Signal auslösen (Schließerkontakte).
- ☐ Signalgeber, die Antriebe abschalten, müssen bei Betätigung ein 0-Signal am Eingang der SPS abgeben (Öffnerkontakte).
- ☐ Gefahrenmeldungen sollen ebenfalls bei Auslösung ein 0-Signal abgeben.

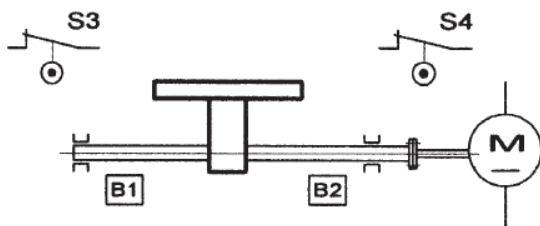
4. Not-Aus-Einrichtungen

Not-Aus-Signale müssen direkt alle Antriebe abschalten, durch die eine Gefährdung ausgeht. Über die beweglichen Anlagenteile hinaus muss ggf. auch die Energieversorgung (Druckluft, Öl, Spannung) betrachtet werden. Einrichtungen, durch deren Abschalten Menschen oder Geräte gefährdet werden (Spannvorrichtungen, Meldeeinrichtungen) dürfen nicht abgeschaltet werden. Das Entriegeln der Einrichtung darf nicht zu einem Wiederanlaufen einer Anlage oder Teilen einer Anlage führen. Die Anlage wird im energielosen Zustand in die Stellung versetzt, aus der sie nach dem Entriegeln der Einrichtung wieder gestartet werden soll. Bei pneumatischen Anlagen sind die Gefahrenmomente wegen der Kompressibilität der Luft und der fehlenden Selbsthemmung der Linearbewegungen für jedes Arbeitselement zu untersuchen und Sicherheitsbedingungen festzulegen. Elektrische Sicherheitsschaltungen werden häufig redundant aufgebaut. Dies bedeutet, dass zur Realisierung der Abschaltung mehr als die erforderlichen technischen Mittel verwendet werden, um ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit zu erreichen.

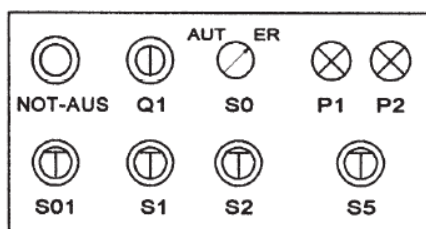
5. Anmerkungen zur Not-Aus-Schaltung bei Verwendung einer SPS

Aus dem Technologieschema (Bild 1) sind die Sicherheitsgrenztaster ersichtlich, die ein Überfahren der Endlagen verhindern. Dazu unterbrechen die Öffnerkontakte unmittelbar die Energieversorgung für den Antrieb. Die Kontakte können zusätzlich für optische Meldungen genutzt werden.

Technologieschema



Bedienfeld



Erläuterungen:

- S01: Not-Aus-Kontrolltaster
- Q1: Netzschalter
- S0: Betriebsartenschalter
- S1: Rechtslauf
- S2: Linkslauf
- S3: Sicherheitsgrenztaster
- S4: Sicherheitsgrenztaster
- S5: Stopp Motorlauf

Bild 1. Technologieschema und Bedienfeld

Die Verriegelung der Schütze zur Steuerung des Rechts- und Linkslauf erfolgt durch die Öffner der Hilfskontakte (Bild 3). Diese übergeordnete Sicherheitsschaltung sollte beim Einsatz speicherprogrammierbarer Steuerungen durch die Abfrage der Speicher für die jeweils entgegengesetzte Drehrichtung im Anwenderprogramm unterstützt werden. Eine Verriegelung der Taster für den Rechts- und Linkslauf erhöht die Sicherheit. Weiterhin sind die aufgeführten Forderungen bezüglich des drahtbruchsicheren Programmierens zu berücksichtigen. Die Not-Aus-Signale müssen direkt alle Antriebe abschalten, durch die eine Gefährdung ausgeht. Im Schaltplan ist eine redundante Gefahrenabschaltung für die Steuerung des Gleichstrommotors für einen

Maschinentisch dargestellt. Bei Betätigung des Tasters S01 wird über den Öffner 51/52 des Relais K02 kontrolliert, ob sich das Relais K02 für die Abschaltung tatsächlich in Ruhestellung befindet. K01 zieht an und schließt über den 2. Nebenkontakt den Stromweg 3 zur Spannungsversorgung für K02. Durch den 1. Nebenkontakt wird solange eine Selbsthaltung erzeugt, bis das Relais K02 angezogen hat und über den Öffner 61/62 das Relais K01 spannungslos macht. Jetzt werden die Stromwege zu den Schützen K1 und K2 für die Motoransteuerung freigegeben. Der 4. Nebenkontakt meldet dies über den Eingang E1.0 der Steuerung. Bei einer Betätigung des Not-Aus-Schalters fällt dieser Kontakt ab und die Steuerung erkennt das Not- Aus-Signal. Im Anwenderprogramm muss dieses Signal zum Rücksetzen der Speicher für die jeweilige Drehrichtung des Motors verwendet werden. Die Nebenkontakte von K02 in den Stromwegen zwischen den SPS-Ausgängen und den Schützen K1

bzw. K2 fallen ab und unterbrechen unmittelbar die Stromwege. Die Hauptkontakte der Schütze im Arbeitsstromkreis fallen ab und der Antriebsmotor liegt nicht mehr an Spannung.

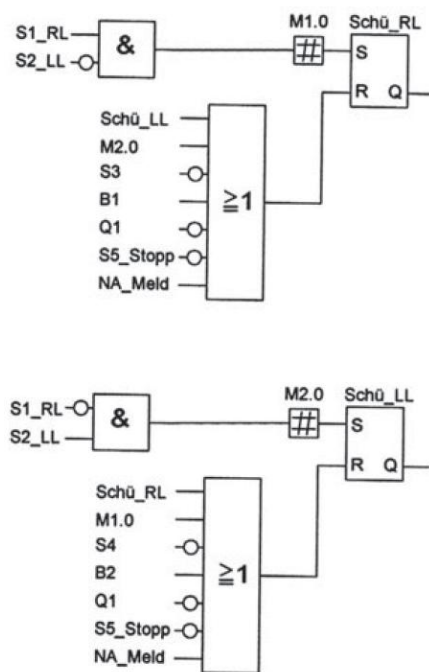


Bild 2. Software-Verriegelungen

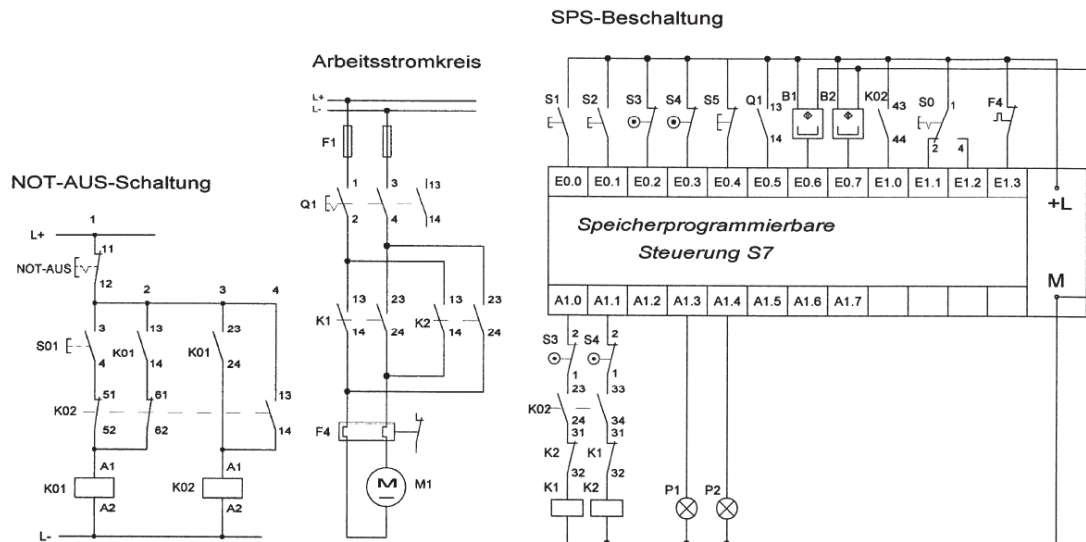


Bild 3. Schaltplan mit Not-Aus-Beschaltung

5.1. EU Maschinenrichtlinie

Die Maschinenrichtlinie der Europäischen Union (2006/42/EG vom 17.5.2006) gilt für alle ihre Mitgliedsstaaten. Sie gilt für alle Maschinen und Maschinenanlagen. Zu den Maschinen zählen auch Sicherheitsbauteile und auswechselbare Einrichtungen. Unter einer Maschine versteht man die Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines beweglich ist. Die Maschinenrichtlinie umfasst 29 Artikel und hat 12 Anhänge.

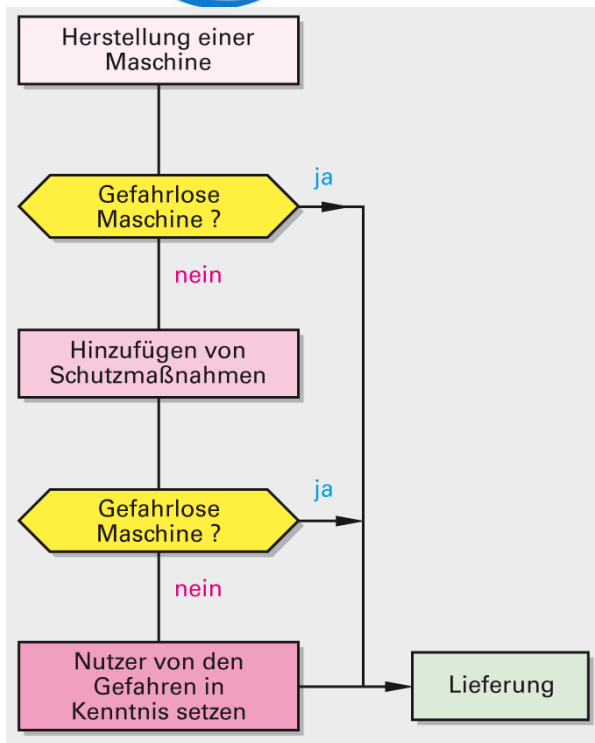
Artikel 1	Anwendungsbereich
Artikel 2	Begriffsbestimmungen
Artikel 3	Spezielle Richtlinien
Artikel 4	Marktaufsicht
Artikel 5	Inverkehrbringen und Inbetriebnahme
Artikel 6	Freier Warenverkehr
Artikel 7	Konformitätsvermutung und harmonisierte Normen
Artikel 8	Spezifische Maßnahmen
Artikel 9	Besondere Maßnahmen für Maschinen mit besondere
Artikel 10	Anfechtung einer harmonisierten Norm
Artikel 11	Schutzklausel
Artikel 12	Konformitätsbewertungsverfahren für Maschinen
Artikel 13	Verfahren für unvollständige Maschinen
Artikel 14	Benannte Stellen
Artikel 15	Installation und Verwendung der Maschinen
Artikel 16	CE-Kennzeichnung
Artikel 17	Nicht vorschriftsmäßige Kennzeichnung
Artikel 18	Geheimhaltung
Artikel 19	Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten
Artikel 20	Rechtsbehelfe
Artikel 21	Verbreitung von Informationen
Artikel 22	Ausschuss
Artikel 23	Sanktionen
Artikel 24	Änderung der Richtlinie 95/16/EG
Artikel 25	Aufgehobene Rechtsvorschriften
Artikel 26	Umsetzung
Artikel 27	Ausnahmen
Artikel 28	Inkrafttreten
Artikel 29	Adressaten

Im Anhang 1 der Maschinenrichtlinie sind die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen formuliert.

Es Gilt:

- 1. Das Risiko für Gefährdungen zu beseitigen oder zu minimieren**
- 2. Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren zu ergreifen**
- 3. Den Benutzer der Maschine über Restgefahren zu unterrichten**

Man muss also eine möglichst gefahrlose Maschine bauen und wenn das nicht geht, den Benutzer vor der Gefahr schützen, z.B. durch Kapselung und wenn das nicht alle Gefahren ausschließt ihn davon in Kenntnis setzen:



5.1.1. Gesichtspunkte zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz

Materialien. Die verwendeten Materialien einer Maschine dürfen nicht zur Gefährdung der Sicherheit und Gesundheit führen. Sie dürfen also z.B. nicht giftig sein und nicht brüchig werden und dabei keine Gefahr bilden. Man muss also Materialermüdung, Korrosion, Alterung und Verschleiß berücksichtigen, und entsprechende Wartung und Instandhaltung vorsehen.

Beleuchtung. Ergänzend zur normalen Raumbeleuchtung sind erforderlichenfalls zusätzliche Lichtquellen vorzusehen.

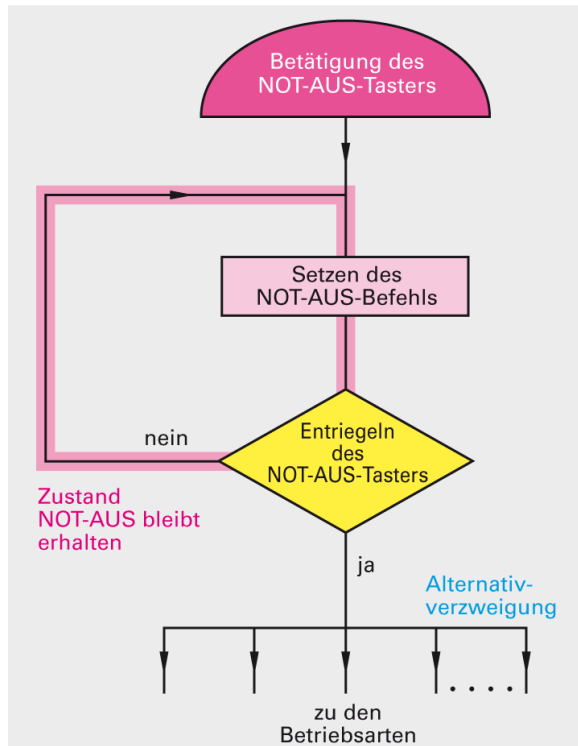
Handhabung. Eine Maschine muss man gefahrlos handhaben können. Das bedeutet auch, dass sie gefahrlos transportiert und aufgestellt werden kann. Es sind z.B. entsprechende Lastaufnahmeösen anzubringen oder bereit zu stellen.

Steuerungen und Befehlseinrichtungen. Steuerungen und Befehlseinrichtungen müssen sicher und zuverlässig funktionieren. Ein Fehler in einer Steuerungslogik darf zu keiner gefährlichen Situation führen.

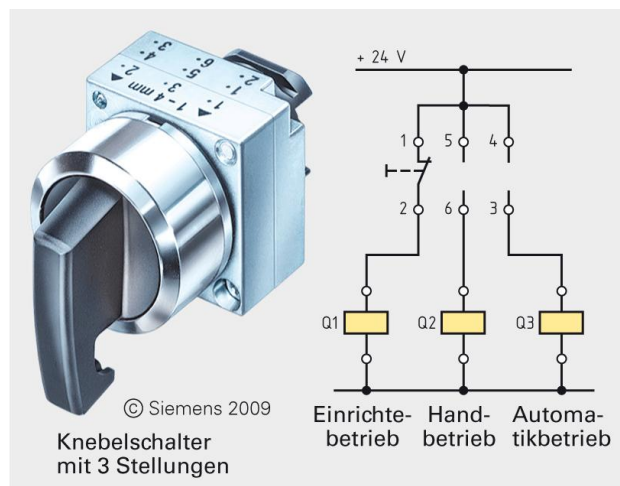
Stellteile. Bei Stellteilen (Hebel, Handräder, Tastaturen,...) müssen die Steuerwirkungen unmissverständlich erkennbar sein, z.B. durch Bildzeichen bzw. Anzeigen oder durch Kohärenz zwischen Stellbewegung und Wirkung. Stellteile sollen möglichst außerhalb des Gefahrenbereiches liegen.

Ingangsetzen. Das Ingangsetzen einer Maschine darf nur durch eine absichtliche Betätigung der dafür vorgesehenen Stelleinrichtung erfolgen, also z.B. durch das Einschalten einer gewählten Betriebsart. Eine Maschine darf sich keinesfalls selbst Ingangsetzen, nachdem zuvor ein Stillstand eingetreten ist.

Stillsetzen. Jede Maschine muss zum sicheren Stillsetzen mit einer Befehlseinrichtung, z.B. einem NOT Aus Taster ausgerüstet sein. Der NOT AUS Befehl muss solange erhalten bleiben, bis er bewußt zurück genommen wird (z.B. durch Entriegelung eines Tasters). Die Freigabe darf aber die Maschine nicht in Gang setzen, sondern dies nur ermöglichen.



Betriebsartenwahl. Die Betriebsartenwahl ist allen anderen Steuerungsfunktionen übergeordnet außer der Notbefehlseinrichtung bzw. dem Ausschalten. Jeder Stellung des Betriebsartenwahlschalters darf nur eine Betriebsart zugeordnet werden, z.B. dem Automatikbetrieb oder der Einrichtbetrieb.



Im Rüstbetrieb oder Wartungsbetrieb können einzelne Schutzfunktionen eingeschränkt sein, z.B. die Türverriegelung ist ausgesetzt. Im Automatikbetrieb müssen alle Schutzfunktionen aktiviert sein.

Störung der Energieversorgung. Eine Unterbrechung der Energieversorgung darf nicht zu einer gefährlichen Situation führen. Auch die Energiewiederkehr darf keine Gefahr bergen.

Stabilität. Maschinen müssen so stabil sein und aufgestellt werden können, dass sie bei bestimmungsmäßiger Nutzung nicht brechen, umstürzen, herabfallen oder sonstwie zur Gefahr werden können.

Schutzmaßnahmen gegen sonstige Gefahren.

Zu den sonstigen Gefahren zählen:

- Gefahren durch elektrische Spannung
- Gefahren durch elektrische Aufladung
- Gefahren durch nichtelektrische Energie
- Gefahren durch Montagefehler
- Gefahr durch extreme Temperaturen
- Brandgefahr
- Explosionsgefahr
- Gefahren durch Lärm
- Gefahren durch Vibrationen
- Gefahren durch Laserlicht oder andere Lichtquellen
- Gefahren in eine Maschine eingeklemmt oder eingeschlossen zu werden
- Sturzgefahr

5.1.2. Kennzeichnung und Betriebsanleitung

An jede Maschine muss deutlich lesbar und unverwischbar mindestens folgende Kennzeichnung angebracht sein:

- Name und Anschrift des Herstellers
- CE Kennzeichnung
- Bezeichnung der Serie oder des Typs
- Baujahr

Darüber hinaus sind sicherheitsrelevante Hinweise anzubringen, wie z.B. Maximalgewicht und dergleichen.



Jede Maschine muss mit einer Betriebsanleitung versehen werden. Diese enthält neben der Maschinenkennzeichnung

- Die bestimmungsmäßige Verwendung
- Angaben zur Inbetriebnahme, Wartung, Montage, Störungsbeseitigung
- Angaben für geeignete Werkzeuge oder Werkstoffe

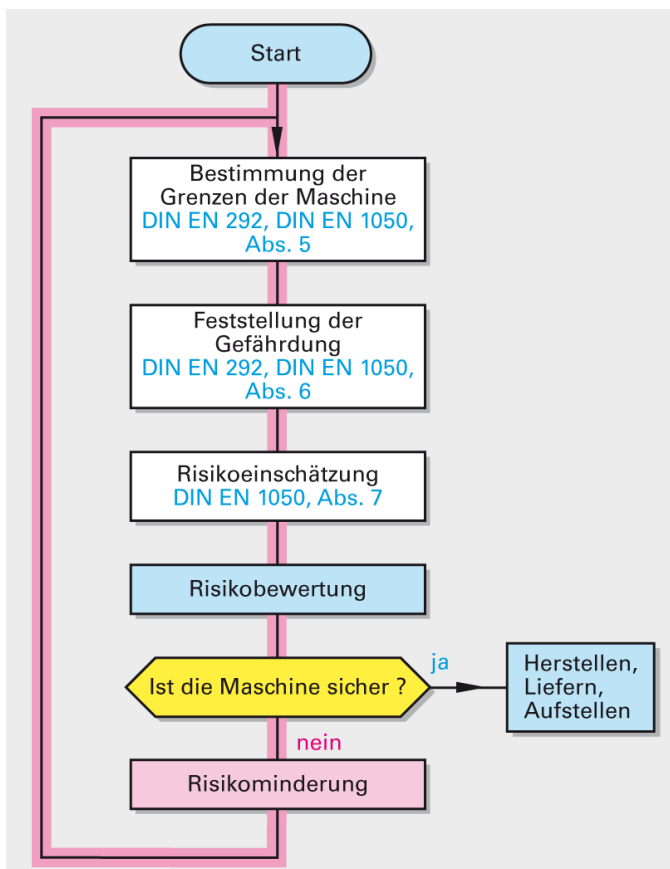
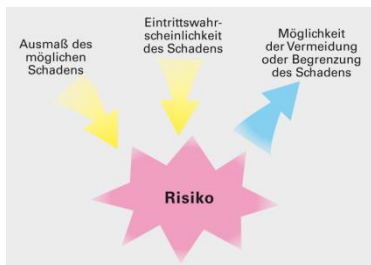
Auf sachwidrige Verwendungsmöglichkeiten ist auch hinzuweisen. Zur Betriebsanleitung gehören auch Planungsunterlagen für die Wartung und Reparatur sowie erforderlichenfalls Angaben zum sicheren Betrieb.

Die Betriebsanleitung muss enthalten:

- Den Dauerdruckschallpegel, gemessen in dB(A) sofern dieser über 70dB(A) liegt.
- Den Höchstwert des Schalldruckes, sofern dieser über 63 Pa liegt.
- Den Schallleistungspegel, sofern dieser an den Arbeitsplätzen über 80 dB(A) liegt.

5.1.3. Risikoanalyse

Maschinen bergen auf Grund ihres Aufbaus und ihrer Aufgaben Risiken. Die EU Maschinenrichtlinie verlangt daher eine Risikobeurteilung.



Die Risikoanalyse umfasst:

- Bestimmung der Grenzen der Maschine

- Identifizierung der Gefährdungen
- Verfahren zur Risikoeinschätzung

6. Normen

DIN EN 60848: GRAFCET (Spezifikationssprache für Funktionsplane und Ablaufsteuerungen)

DIN	DIN EN 60848
Bereich	automatisierte Produktionssysteme
Titel	definiert eine grafische Entwurfssprache
Kurzbeschreibung:	GRAFCET – Spezifikationssprache für Funktionspläne der Ablaufsteuerung
Letzte Ausgabe	2002-12-01
ISO	IEC 60848:2002

GRAFCET (Akronym aus « **GRA**phe **Fon**ctionnel de **Com**mande **E**tapes/**T**ransitions »), **EN 60848**, ist eine Spezifikationssprache für die Darstellung von Ablaufbeschreibungen. Sie findet hauptsächlich Anwendung in der Automatisierungstechnik, aber auch in der Verfahrenstechnik.

Die Norm ist der Nachfolger der **DIN 40719-6** Funktionsplan und hat diesen zum 1. April 2005 abgelöst. Im Vergleich zum Funktionsplan wird in GRAFCET vieles klarer definiert. Der Befehlsumfang wurde in vielen Teilen vereinfacht und durch einige neue Möglichkeiten ergänzt.

DIN	DIN 66261
Bereich	Programmierung
Titel	Informationsverarbeitung; Sinnbilder für Struktogramme nach Nassi-Shneiderman
Kurzbeschreibung:	Struktogramme
Letzte Ausgabe	11.1985

Ein **Nassi-Shneiderman-Diagramm** ist ein Diagrammtyp zur Darstellung von Programmentwürfen im Rahmen der Methode der strukturierten Programmierung. Er wurde 1972/73 von Isaac Nassi und Ben Shneiderman entwickelt und ist in der DIN 66261 genormt. Da Nassi-Shneiderman-Diagramme Programmstrukturen darstellen, werden sie auch als **Struktogramme** bezeichnet.

Die Methode zerlegt das Gesamtproblem, das man mit dem gewünschten Algorithmus lösen will, in immer kleinere Teilprobleme – bis schließlich nur noch elementare Grundstrukturen wie Sequenzen und Kontrollstrukturen zur Lösung des Problems übrig bleiben. Diese können dann durch ein Nassi-Shneiderman-Diagramm oder einen Programmablaufplan (PAP) visualisiert werden. Die Vorgehensweise entspricht der sogenannten Top-down-Programmierung, in der zunächst ein Gesamtkonzept entwickelt wird, das dann durch eine Verfeinerung der Strukturen des Gesamtkonzeptes aufgelöst wird.

DIN EN 61082: Dokumente der Elektrotechnik

Inhalt:

- **Regeln zur Darstellung von Informationen**
Layout, Texte, Papierformate, Raster, Linien, Symbole...
- **Dokumentenarten**
und welche IEC-Normen dafür gelten
- **Schaltpläne (Stromlaufplan, Übersichtsschaltplan, Funktionsschaltplan, Anschlussplan)**
Symbole und deren Betextung, Verbindungen...
Umrahmungen, Darstellung Referenzkennzeichen ...
- **Zeichnungen**
Regeln Lagepläne, Gebäudezeichnungen, Maßzeichnungen
- **Anhang**
Tabellen (Schriftfeld, Dokumentenarten und deren Inhalt...)

Elektrische Verbindungen/ Symbole

Verbindungslinien müssen dem graphischen Symbol S00001 aus IEC 60617 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Das graphische Symbol S00001 ist eine Volllinie.

Werden zwei oder mehr Verbindungslinien an einem bestimmten Punkt verzweigt, muss diese Verzweigung einem der graphischen Symbole S00019, S00020, S01414 oder S01415 aus IEC 60617 entsprechen, siehe Bild 15.

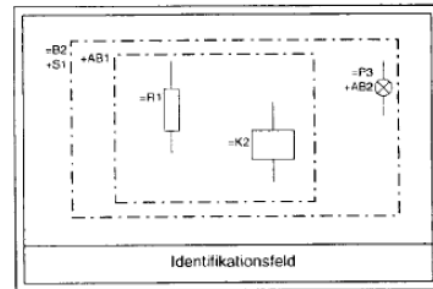
ANMERKUNG 2 Das graphische Symbol S01414 zeigt an, dass es zwei physikalische Verbindungen gibt, die durch eine Verbindungslinie dargestellt sind, wobei die ankommende elektrische Verbindung aufgezeigt ist. Das graphische Symbol S01415 wird für die graphische Bündelung angewendet, wobei die Richtung des ankommenden Bündels aufgezeigt ist.



Bild 15 – Graphische Symbole für die Verzweigung von Verbindungslinien
(Auszug aus 61082)

Darstellung von Referenzkennzeichen

Objekt	Referenzkennzeichen
Widerstand	+S1AB1... / =B2R1
Antrieb	+S1AB1... / =B2K2
Lampe	+S1AB2 / =B2P3
"Umrahmung"	+S1 / =B2
"Umrahmung"	+S1AB1



a)

b)

Bild 25 – Darstellung von Referenzkennzeichen-Sätzen an einer Umrahmung

- a) Referenzkennzeichen der Objekte
b) Referenzkennzeichen, dargestellt im Schaltplan

(Auszug aus 61082)

Rahmen und Schriftfelder

Nr.	IEC/ISO 8 2045-2	Metadatenelement Benennung	Beispiel für Beschriftung im Schriftfeld
1	2	DocumentId	Dokumenten Id
2	4	RevisionId	Rev.
3	6	LanguageCode	Sprache
4	13	Title	Benennung
5	17	DocumentKind	Dokumentenart
6	22	DocumentClassCodeIEC61355	DCC
7	38	CreatorName	Ersteller
8	39	CreatorOrganization	Ersteller Organisation
9	37	CreateDate	Erstelldatum

10

Brauchwasserförderung, Steuerung	Objektkennzeichen		DCC	Seitenzahl/nummer
	=G1K1		&EFS	MA1
	Sprache: EN	Projekt Id	WSS-95-123	
Stromlaufplan	Rev. A	Dokument ID	X1-Y2-123456-78	
			Seite / gesamt 14 / 27	

(Auszug aus 61082)

DIN 19235: Messen, Steuern, Regeln; Meldung von Betriebszuständen

DIN ISO 1219: Fluidtechnik; Vorgaben zur Erstellung fluidischer Schaltpläne.(Graphische Symbole und Schaltpläne T1 Graphische Symbole T2 Schaltpläne).

DIN EN 61131-3: Speicherprogrammierbare Steuerungen T3 Programmiersprachen (IEC 61131-3)

Ausführlich im Text erläutert.

DIN 19226: Regelungstechnik

DIN IEC 60050-351: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 351: Leittechnik

DIN IEC 60050: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch

DIN 66261: Sinnbilder für Struktogramme nach Nassi- Shneiderman

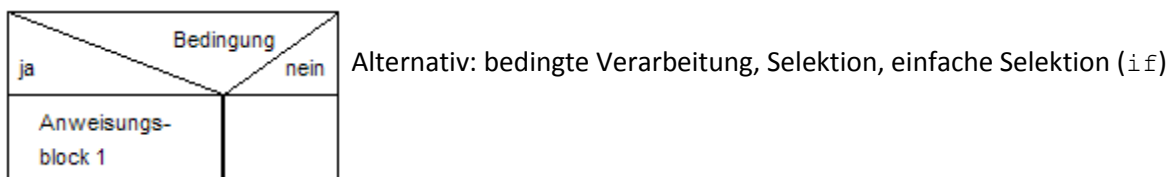
Die meisten der nachfolgenden Strukturblocke können ineinander geschachtelt werden. Das aus den unterschiedlichen Strukturblocken zusammengesetzte Struktogramm ist im Ganzen rechteckig, also genauso breit wie sein breitester Strukturblock.

Linearer Ablauf (Sequenz)

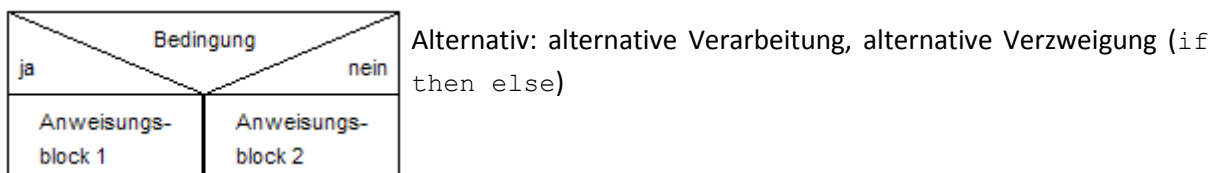
Anweisung 1	Jede Anweisung wird in einen rechteckigen Strukturblock geschrieben.
Anweisung 2	Die Strukturblocke werden nacheinander von oben nach unten durchlaufen.
Anweisung n	Leere Strukturblocke sind nur in Verzweigungen zulässig.

Verzweigung (Alternative)

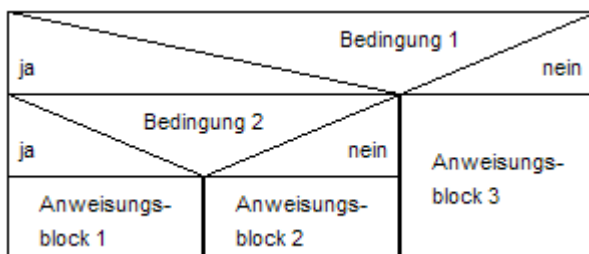
Einfache Auswahl [Einfache Verzweigung]



Zweifache Auswahl [Alternative Verzweigung]



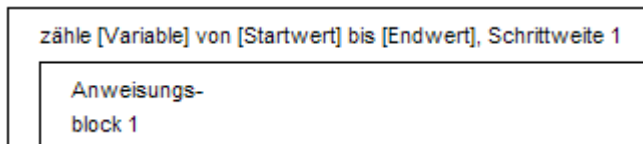
Verschachtelte Auswahl



Fallauswahl

Wert(ebereich) 1	Wert(ebereich) 2	Wert(ebereich) 3	Wert(ebereich) n	Variable
				sonst
Anweisungs- block 1	Anweisungs- block 2	Anweisungs- block 3	Anweisungs- block n	Alternativ- block (optional)

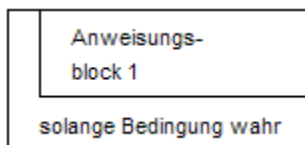
Zählergesteuerte Schleife



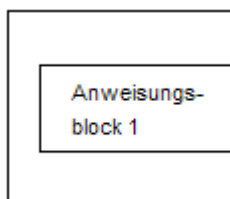
Abweisende (vorprüfende – kopfgesteuerte) (do while-) Schleife



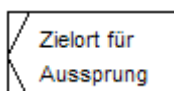
Nicht abweisende (nachprüfende – fußgesteuerte) (do until-) Schleife



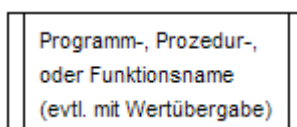
Endlosschleife



Aussprung



Aufruf



Literaturverzeichnis

Steuern und Regeln für Maschinenbau und Mechatronik

(Europa-Lehrmittel; Auflage: 12. Auflage. ISBN 978-3808511183)

Dietmar Schmid

Wikipedia ([www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org))

Projektbericht Schulungsplattform

Gabriel Mündl, Patrick Opelt

Handbuch für SPS Programmierung mit CoDeSys 2.3

Smart Software Solution

Handbuch Maschinenbau

Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik

(Vieweg+Teubner Verlag; DOI 10.1007/ 978-3-8348-9898-2_16)

Alfred Böge

Systembeschreibung AC 500 Einstieg

ABB

Bussysteme in der Automatisierungs-
und Prozesstechnik

Gerhard Schnell Bernhard Wiedemann

www.maschinenrichtlinie.de