

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Helmut Schönenborn,
Scherzberg & Co GmbH, D-88069 Tettang
(Anerkung: seit 1990 Geschäftsführer der
VA GmbH, D-86971 Peiting, www.vagmbh.de)



Inhalt:

- 1.: Einleitung, allgemeine Betrachtungen
- 2.: Normung der Automation milchwirtschaftlicher Anlagen
- 3.: Speicherprogrammierbare Steuerungen
- 4.: Erstellung von Programmen
- 5.: Anwendersoftware im Nahrungsmittelbereich
- 6.: Perspektiven, Trends, Tendenzen
- 7.: Literaturhinweis

Kapitel 1: Einleitung, allgemeine Betrachtungen

Prozesssteuerungen und -leitsysteme haben heute neben weiteren Automatisierungssystemen in alle Industriezweige Einzug gehalten. Auf der einen Seite dringen speicherprogrammierbare Steuerungen in Bereiche vor, die bisher Hilfsschützen und Relais vorbehalten waren, andererseits erreichen sie bei einem günstigen Preis-/Leistungsverhältnis teilweise Prozessrechnerleistung. Bei anhaltend hohem Innovationstempo in der Mess- und Automatisierungstechnik und dem Vordringen in immer neue Anwendungsbereiche muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass die Geräte und Systeme trotz ihrer Variantenvielfalt miteinander kombinierbar und für den Benutzer handhabbar bleiben. Um der Forderung nach mehr Flexibilität und Auslastung der Produktionsmittel Rechnung zu tragen werden bei der Automatisierung im einzelnen folgende Ziele angestrebt:

- Hohe Wiederholgenauigkeit eines Prozesses soll eine verbesserte und gleichmäßigere Qualität aller Produkte gewährleisten.
- Die Reduzierung von Fertigungs-, Umrüst-, aber auch Ausfallzeiten erhöht die Verfügbarkeit einer Anlage.
- der Energie- und Rohstoffeinsatz wird minimiert, um die Kosten durch deren Einsatz und Bereitstellung zu senken, sowie die Umweltbelastung zu verringern.
- Rationelle Projektierung und Änderung der Systeme sowie Servicefreundlichkeit garantieren langfristig wirtschaftlichen Einsatz.
- Eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche sorgt für eine optimale Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Dies ermöglicht in Verbindung mit komfortablen Produktionsprotokollier- sowie Störmeldeeinrichtungen geringeren Personaleinsatz bei Betrieb und Wartung der Anlagen.

Um die Ziele der Prozessleittechnik, die mittlerweile zu einem eigenen technisch wissenschaftlichen Fachgebiet gewachsen ist, zu realisieren, muss zu Beginn jeder Betrachtung der Prozess eingehend analysiert werden. Zur Integration der verschiedenen Datenkreise bei der Automatisierung eines Betriebes in ein einheitliches System wurde das »Ebenen-Modell« entwickelt. Seine Hierarchie entspricht den Entscheidungs- und Ausführungsebenen eines Industriebetriebes. Um die Vorteile eines derartigen Systems zu nutzen, müssen einige grundlegende Regeln beachtet werden:

- Die Bearbeitung der Informationen erfolgt in jeder Ebene völlig getrennt, damit die anderen Teilsysteme davon nicht betroffen sind.
- Der Datenaustausch zu einer darunter oder darüber liegenden Ebene wird möglichst gering gehalten und zeitunkritisch durchgeführt.
- Für die Schnittstellen zwischen diesen funktionellen Ebenen ist eine inhaltlich und physikalisch klare Definition nötig.

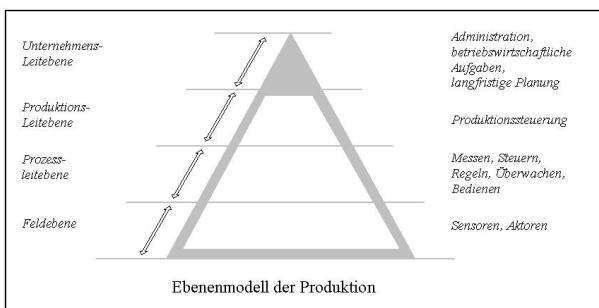


Bild 1.1

Zur Automatisierung von Prozessen, Produktionseinrichtungen und Maschinen stehen grundsätzlich verschiedene Automatisierungssysteme zur Verfügung: Prozessrechner (PR), Prozessleitsysteme (PLS),

Personalcomputer (PC), speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), intelligente Einzelkreis- oder Mehrkreisregler.

Speicherprogrammierbare Steuerungen lassen sich in drei Leistungsbereiche mit ganz spezifischen Anwendungsgebieten unterteilen:

- im unteren Leistungsbereich bieten SPS eine preiswerte Alternative zu Relais- und Schützsteuerungen mit wesentlich höherem Komfort.

- der mittlere Leistungsbereich beinhaltet kommunikationsfähige SPS wie sie in dezentralen Anlagenstrukturen häufig Verwendung finden.
- im oberen Leistungsbereich lassen sich SPS zu hochverfügbaren (redundanten) Systemen mit hoher Rechnerleistung und modernster Rechnerarchitektur ausbauen.

Redundanz bedeutet, mehr technische Mittel einzusetzen, als die Erfüllung einer Funktion erfordert. Dadurch werden bestimmte Systemfehler ohne negative Auswirkungen auf den Prozess toleriert. Die Redundierung elektronischer Systeme kann darin bestehen, wichtige Hardware-Komponenten zu vervielfachen, bestimmte Zusatzeinrichtungen anzubringen oder Software-Maßnahmen zu ergreifen. Bei der Zielsetzung unterscheidet man zwei Richtungen:

- Bei den »hochverfügbaren Systemen« (H-Systeme) sollen bestimmte Systemfehler die projektierten Automatisierungsfunktionen nicht beeinträchtigen (Nonstop-Betrieb). Nach dem fehlertolerierenden 1-von-2-Prinzip ist zur Prozessführung nur eines der beiden Teilsysteme nötig.
- Bei den »fehlersicheren Systemen« (F-Systeme) dürfen beliebige Systemfehler weder die gewünschten Sicherheits- und Überwachungsfunktionen beeinflussen, noch dazu führen, dass gefährlich wirkende Anlagenzustände eintreten. Der Ausfall eines Teilsystems führt beim 2-von-2-Prinzip zum sicherheitsgerichteten Abschalten des Prozesses, dadurch ist die Verfügbarkeit wesentlich geringer.
- Dreifach-redundante Systeme (HF-Systeme) besitzen H- und F-Eigenschaften, bieten Fehlertoleranz im Sinne hoher Verfügbarkeit sowie hohe Sicherheit. Mit Hilfe einer 2-von-3-Mehrheitsentscheidung werden Systemfehler beliebiger Art ignoriert.

Bislang fielen bei speicherprogrammierbaren Systemen die Preise für die 1 Hardware-Komponenten etwa in gleichem Maße, wie die Software-Kosten anstiegen. Durch geeignete Mittel bei der Softwareerstellung, beispielsweise strukturierter Programmierung gelang es diese Tendenz auszugleichen, sodass die Gesamtkosten derzeit rückläufig sind.

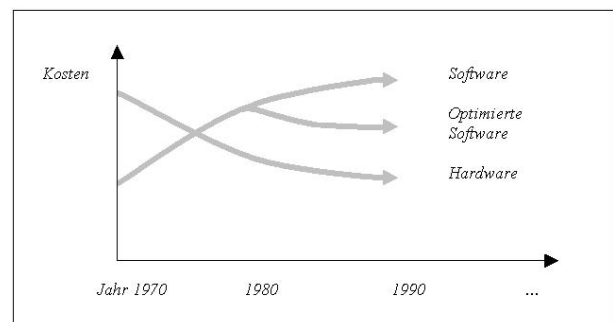


Bild 1.2: Kostenentwicklung beim Einsatz speicherprogrammierbarer Automatisierungssysteme

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Kapitel 2: Normung der Automation milchwirtschaftlicher Anlagen

Hierfür wurde durch den Technischen Ausschuss 10 »Milchwirtschaftliche Anlagen« im Normenausschuss Maschinenbau (NAM) die DIN 11 489 erarbeitet. Ziel der Norm ist es, den Dialog zwischen den Herstellern der Molkerei- und Lebensmittelverfahrenstechnik einerseits und den Herstellern der Anlagen- und Prozesssteuerungen andererseits zu erleichtern. Insbesondere kommt es darauf an, verständliche Begriffe für den Grad einer Automation festzulegen. Die spezielle Ausführung, Relaissteuerung oder elektronische Steuerung, speicherprogrammierte Steuerung, oder Rechnersteuerung ist davon völlig unabhängig. Sie kann sinngemäß auch für andere Anlagen, beispielsweise der Lebens- oder Genussmittelindustrie angewendet werden.

Das Automatisierungsniveau bestimmt, welche Aufgabe das Steuerungssystem innerhalb der Verantwortung des Bedienpersonals erfüllen soll. Es wurde in folgende Bereiche unterteilt:

- MECHANISIERUNGSNIVEAU »MN«:**
 Das Mechanisierungsniveau ist ein Maß dafür: bis zu welchem Grad ein Betrieb für die Automation vorbereitet ist und beschreibt wie die Komponenten miteinander verbunden sind. Es wurden drei Niveaus der Mechanisierung definiert: *MN 1 - MN 3*
- STEUERUNGSNIVEAU »CN«:**
 Das Steuerungsniveau beschreibt bis zu welchem Grad die Funktionen, die für die Führung des Prozesses erforderlich sind, von der Bedienungsperson an das Steuerungssystem übertragen werden. Die Unterteilung reicht von einfachen manuellen Fernbedienungen in *CN 1* bis zur Führung durch einen übergeordneten Prozessrechner in *CN 6*. *CN 1 - CN 6*.
- INFORMATIONSNIVEAU »IN«:**
 Das Informationsniveau gibt an wie viele Kriterien zur Verfügung stehen um den Zustand der Anlage zu erkennen. Hierbei müssen folgende drei Gruppen berücksichtigt werden:
 - Informationen über Komponenten und Funktionen INA 1 - INA 3*
 - Informationen über Prozessdaten INB 1 - INB 5*
 - Anordnung der Informationssignale INC 1 - INC 3*

- INFORMATIONSNIVEAU »IN«:**
 Das Informationsniveau gibt an wie viele Kriterien zur Verfügung stehen um den Zustand der Anlage zu erkennen. Hierbei müssen folgende drei Gruppen berücksichtigt werden:
 - Informationen über Komponenten und Funktionen INA 1 - INA 3*
 - Informationen über Prozessdaten INB 1 - INB 5*
 - Anordnung der Informationssignale INC 1 - INC 3*
- SICHERHEITSNIVEAU »SN«:**
 Das Sicherheitsniveau bezeichnet die Fähigkeit der Prozesssteuerung, Fehler in der Anlage oder Bedienungsfehler festzustellen und die notwendigen Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um die Qualität des Produktes zu sichern, Beschädigungen der Anlage und Produktverluste zu vermeiden. Unterschieden wird zwischen:
 - Verhinderung von Fehlern SNA 1 - SNA 4*
 - Gegenmaßnahmen des Systems bei Abweichungen SNB 1 - SNB 4*
- REGELNIVEAU »RN«:**
 Das Regelniveau wird bestimmt von der Art und dem Umfang des eingesetzten Steuer- bzw. Regelsystems, aufgeteilt in *RN 1-4*. *RN 1 - RN 4*

Bild 2.1 zeigt die Möglichkeiten eine Anlage nach Mechanisierungsniveau (MN) 1-3 auszurüsten, wobei für ein Rohrleitungssystem MN 1 nicht empfehlenswert ist. Ferner zeigt diese Darstellung deutlich, dass die Informationen über Prozessdaten (INB) sowie das Regelungs-niveau (RN) unabhängig vom Mechanisierungsniveau sind. Die einzelnen Niveaus, maximal 1-6 bei dem Steuerungsniveau (CN) sind in der DIN genau definiert.

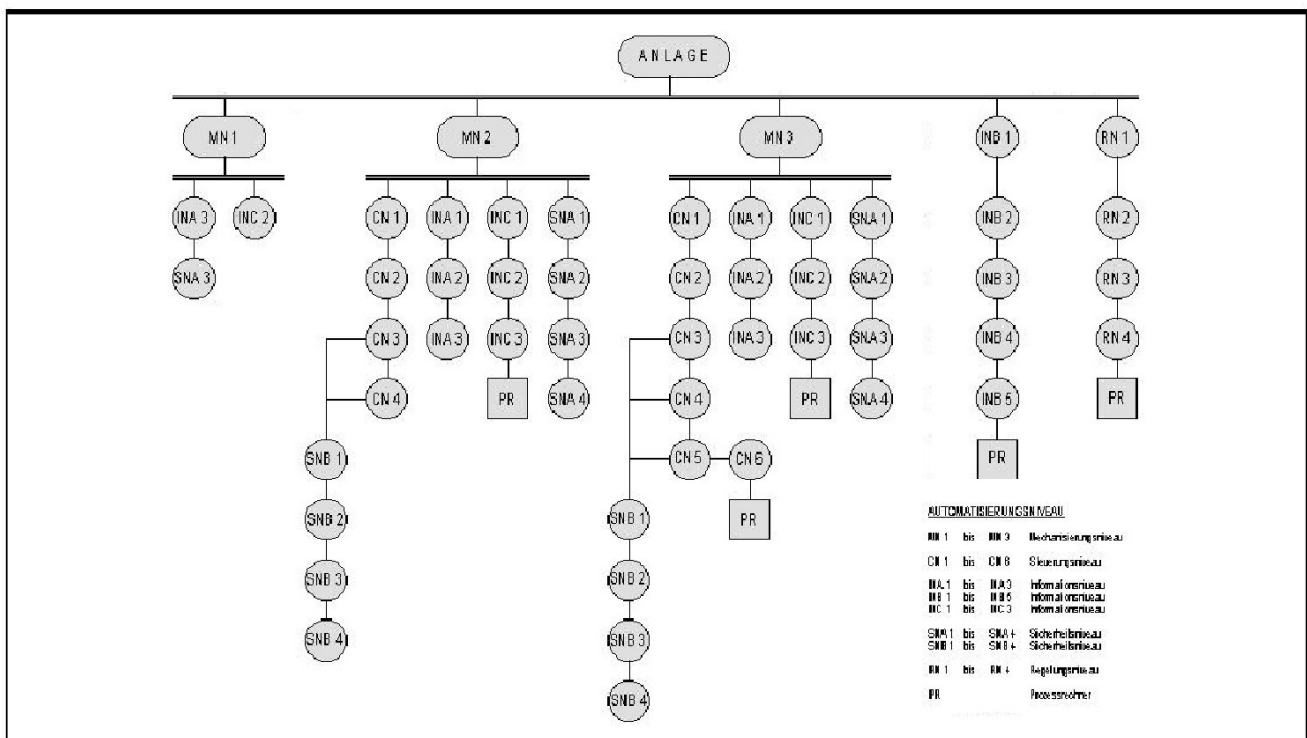


Bild 2.1: Übersicht

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Kapitel 3: Speicherprogrammierbare Steuerungen

3.1 Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen

SPS bestehen aus ihrer »Hardware« sowie »Software«. Mit Ausnahme sehr kompakter Kleinsteuergeräte sind beide modular aufgebaut. Als Hardware bezeichnen wir alle technischen Einrichtungen die zum Betrieb erforderlich sind, im Gegensatz zu der als Programm ausgebildeten Software. Beide dienen je nach Art und Ausstattung als Merkmal zur Beurteilung der Leistung und Einsatzfähigkeit einer Steuerung. Das Wortpaar Hard-/Software bietet darüber hinaus eine Kennzeichnungsmöglichkeit, ob eine Funktion wie z. B. Sortieren durch ein Programm oder eine eigens dafür vorgesehene technische Einrichtung ausgeführt wird. Das E-V-A Prinzip

EINGEBEN - VERARBEITEN - AUSGEBEN

lässt sich auf SPS genauso wie auf alle anderen datenverarbeitenden Systeme anwenden.

Auch in Lösungen von noch so hohem Automatisierungsgrad muss der Mensch den Überblick über den Prozess behalten und gezielt eingreifen können - und sei es zur Eingabe des ersten Programms (Bild 3.1).

Bei der Betrachtung der EINGABE lassen sich folgende Gruppen zusammenfassen

- **Bedienung:** über Befehlsgeber wie Wahlschalter, Taster, Tastaturen, Eingabe von Rezepten oder Programmen werden verschiedene Funktionen aktiviert.
- **Erfassung von Prozessdaten:** Vorgewählte Mengen (Stückzahlen, Volumina, Gewichte) werden quantitativ, ggf. auch qualitativ erfasst. Physikalische Größen wie Temperaturen, Drücke, Mengen, etc. werden als Grenzwert oder als kontinuierlicher Wert (Analogsignal) entweder überwacht, oder aber in den Prozess einbezogen (Sterilisieren, Kühlen, Reifung, Reinigung). Das umfangreiche Gebiet der Sensorik spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Unter VERARBEITUNG verstehen wir Umwandlung, Umformung, Umsetzung, Verstärkung, Verknüpfung und Änderung im zeitlichen Verlauf. Darunter fallen beispielsweise:

- **Steuern und Regeln von Funktionen:**
Nach DIN 19226 unterscheiden wir zwischen »Steuern bei offener Kette (Steuerkette) und Regelung bei geschlossenem Kreis (Regelkreis)«. Werden Motore und Ventile einfach nur ein- und ausgeschaltet, entspricht das einer Steuerung, auch wenn eine fehlende Rückmeldung beispielsweise eine Alarm- oder Fehlermeldung auslöst. Eine Regelung ist dann vorhanden, wenn der Istwert einer physikalischen Größe fortlaufend mit dem Sollwert einer Führungsgröße verglichen und bei Abweichung so beeinflusst wird, dass er sich dem Sollwert möglichst nähert. Wesentlicher Unterschied ist der Regler in dem der Soll-/Istwert-Vergleich erfolgt.
- **Alarm- und Meldenfunktionen:**
Durch die Auswertung der Istzustände oder den Vergleich von Ist- und Sollzuständen werden Betriebsprotokolle, Störmeldeprotokolle und dergleichen erstellt.
- **Überwachungs- und Sicherheitsfunktionen:**
Die Bedienung durch das Personal wird auf Zulässigkeit überprüft, bestimmte Funktionsabläufe werden automatisch aktiviert oder abgebrochen, die erfassten Parameter in den Prozess einbezogen.

Die AUSGABE durch das Automatisierungsgerät erfolgt:

- an den Prozess:
wie bereits erläutert das Steuern oder Regeln von Stellgliedern.
- an den Bediener:
Die momentanen Anlagen- und Prozesszustände werden mittels Meldeleuchten, Prozessbedientastaturen und Leuchtschaltbildern (Fließbilder) dargestellt. Produktionsdaten lassen sich archivieren, interpretieren und über Peripheriegeräte ausgeben: Textanzeigergeräte,

Die AUSGABE durch das Automatisierungsgerät erfolgt:

- an den Prozess:
wie bereits erläutert das Steuern oder Regeln von Stellgliedern.
- an den Bediener:
Die momentanen Anlagen- und Prozesszustände werden mittels Meldeleuchten, Prozessbedientastaturen und Leuchtschaltbildern (Fließbilder) dargestellt. Produktionsdaten lassen sich archivieren, interpretieren und über Peripheriegeräte ausgeben: Textanzeigergeräte, Datensichtgeräte (Monitore), Kurvenschreiber (Plotter, Videoprints), Blattschreiber (Drucker), und dergleichen. Optische und akustische Signalgeber (Blitzleuchten, Hupen, etc.) zeigen kritische Zustände an.
- **Kommunikation mit anderen Systemen:**
Die »Vernetzung« und der Verbund von Steuerungssystemen wird in Kapitel 6 näher betrachtet.

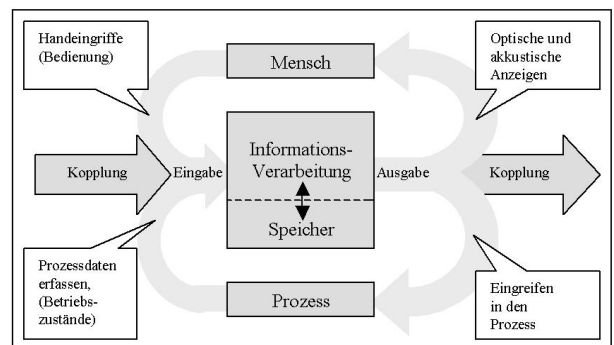


Bild 3.1

3.2 Die einzelnen Komponenten der SPS

Während sich im unteren Leistungsbereich die ganze Hardware auf wenigen oder gar nur einer Baugruppe befindet, sind im mittleren und oberen Bereich dafür eine Vielzahl sogenannter Hardwarekomponenten nötig.

Bei der kompakten Bauweise muss wegen der hohen Integration von ca. 20 Baugruppen in einem Baugruppenträger die entstehende Wärme durch Zwangskonvektion abgeführt werden. Durch Schwebeteile, Schmutz aber auch aggressive Partikel, die sich dabei auf den Baugruppen ablagern, kann einerseits der Luftstrom beeinträchtigt, andererseits die elektronischen Systeme beschädigt werden.

Die Robustergeräte benötigen keine derartigen Maßnahmen, da nur etwa 10 Baugruppen in einem Rahmen installiert werden. Neben dem erhöhten Platzbedarf erfordert diese Version wesentlich mehr Anschaltungsbaugruppen. Solche Systeme setzt man bevorzugt unter erschwerten Betriebsbedingungen beispielsweise bei mobilen Fördereinrichtungen, ja sogar im Flug- und Schiffsbetrieb ein.

Die unterschiedlichen Fabrikate der ungefähr 200 Hersteller allein auf dem deutschen Markt besitzen überwiegend folgende Konfiguration:

Stromversorgungen (SV), auch Power-Supply (PS):

- **Interne Stromversorgungen** werden sowohl in zentralen wie auch in dezentralen Baugruppen eingesetzt, um aus einer Speisespannung von beispielsweise 115 oder 230 Volt Wechselspannung interne Betriebsspannungen wie V Gleichspannung zu erzeugen. Abhängig von der Anlagengröße können diese beispielsweise durch Verwendung einer 3,4 V Lithiumbatterie, die in die Stromversorgungs- oder Speicherbaugruppe eingesetzt wird, bei Spannungsausfall gepuffert werden. Für größere Spannungen und Leistungen bietet sich der Einsatz von USV-Anlagen (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) an, welche kurzzeitig auch Lastspannungen ersetzen können.
- **Laststromversorgungen** stellen die Steuerspannung für Stellglieder, Anzeigergeräte und Befehlsgeber bereit, größtenteils stammen sie nicht aus SPS Systemen. Als häufigste Lastspannung wird eine Gleichspannung mit 24 Volt verwendet. Die Stromversorgungen werden in verschiedenen

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Leistungsstufen (beispielsweise 5/10/30/50/100 Ampere) gefertigt. Sie basieren meist auf einer Drehstrombrückengleichrichtung und müssen weder geglättet noch stabilisiert werden. Wesentlich sinnvoller ist eine Überwachung der absoluten Ausgangsspannung möglichst jeder einzelnen Sicherung so wie eine Phasenüberwachung auf der 400 V-Seite. In Betriebsräumen mit sehr hoher Luftfeuchtigkeit oder bei aggressiver Umgebung (Salzbad, CIP Anlagen) haben sich Lastspannungen wie 42/48 V Wechselstrom als vorteilhafter erwiesen, da hierbei Korrosion an den Anschlüssen von Signalgebern und Stellgliedern weitgehend vermieden wird. Der erhöhte Schaltepegel ist auch hinsichtlich Fehlschaltungen durch Kriechströme günstiger.

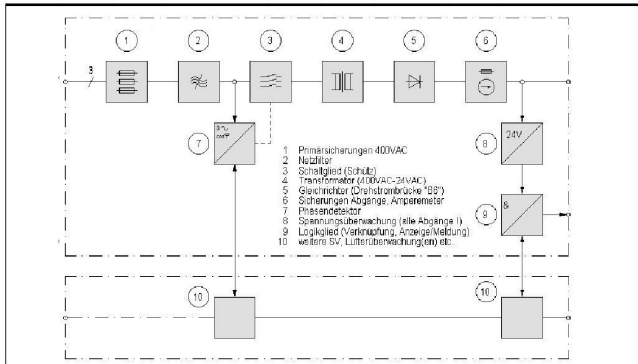


Bild 3.2

- Lüfterüberwachungsbaugruppen werden an Stromversorgungen und Geräten in Kompaktbauweise eingesetzt, wo durch Konvektion eine verbesserte Wärmeabfuhr nötig ist. Zur Kontrolle verwendet man Kaltleiterwiderstände, bei denen eine Minderung des Luftstromes durch eine elektronische Schaltung erkannt wird und entweder zu einer Meldung oder Abschattung führt.

Zentralgeräte (ZG)

Um ein modular aufgebautes Automatisierungsgerät (AG) zu betreiben, ist es erforderlich im Zentralgerät oder bei Bedarf in einem Zentralerweiterungsgerät folgende Baugruppen zu installieren:

- Zentralbaugruppen: zentrale Funktionen können bei einigen Systemen auf einer Baugruppe realisiert werden, sind jedoch meist auf mehrere verteilt. Diese enthalten einen oder mehrere Prozessoren mit einem Programm für das Betriebssystem (Firmware); Speicher für interne Kriterien, Zeiten und Zähler, für Daten des Betriebssystems und das Prozessabbild (Abbild der Ein- und Ausgänge sowie Merker die ein Prozessabbild besitzen). Der Wortprozessor hat die Aufgabe die Anweisungen des Programmes auszulesen, zu interpretieren und die entsprechende Operation auszuführen. Vor Beginn eines jeden Programmzyklus werden die Eingangssignalzustände in den Speicher für das Prozessabbild Eingänge (PAE) übertragen, auf das der Prozessor während der Bearbeitung zugreift. Signale für Ausgänge hinterlegt der Prozessor bei der Programmbearbeitung zunächst im Speicher für das Ausgangsprozessabbild (PAA) das am Ende eines jeden Zyklus zu den Ausgangsbaugruppen übertragen wird. Ein- und Ausgänge, sowie die zusätzlichen zentralen Baugruppen sind über ein Bussystem mit den Zentralbaugruppen gekoppelt. Wir unterscheiden hier immer Adressbus und Datenbus.
- Ferner ist es möglich, während eines Zyklus PAE oder PAA zu aktualisieren und die Anzahl der adressierbaren Ein- und Ausgänge, durch solche ohne PAE/A zu erhöhen. Beim Multiprozessing werden die einzelnen Aufgaben von mehreren unterschiedlichen Prozessoren übernommen, wobei teilweise zusätzliche Koordinierungsbaugruppen erforderlich sind.
- Speicherbaugruppen werden wie der Name schon sagt, zum Speichern Anwenderprogramme und von Daten benötigt. Als Speicher bezeichnen Bauelemente oder Geräte, bei denen man in adressierbaren Zellen Informationen für eine spätere Wiederverwendung ablegen kann. Trotz aller Fortschritte in der Elektronik gibt es den idealen Speicher noch immer nicht. Dieser müsste nämlich raumsparend und billig sein, einen

schnellen Zugriff zu den gespeicherten Informationen zulassen, möglichst wenig Energie verbrauchen und außerdem bei Ausfall der Stromversorgung seine gespeicherten Daten nicht verlieren, also ein nichtflüchtiger Speicher sein. Da keiner der heutigen Speicher diesem Ideal entspricht, verwendet man in datenverarbeitenden Geräten meist Kombinationen verschiedenartiger Speicher. Das Steuerwerk enthält zur Zwischenspeicherung von Ergebnissen Register (-speicher), sogenannte Akkumulatoren. Dabei existieren Systeme die nur über einen Akku verfügen, andere sind dagegen mit weiteren Hilfsakkus ausgestattet.

- Zentralspeicher, das sind nach DIN 44300 Speicher, zu denen Rechenwerke, Leitwerke und gegebenenfalls Eingabe- und Ausgabewerke unmittelbar Zugang haben, bestehen aus RAM (Random-Access-Memory), und ROM (Read-Only-Memory).

RAM sind Schreib-/Lesespeicher die meist aus CMOS-Bausteinen (Complementary-Metall-Oxid-Semiconductor) bestehen.

ROM sind Festwertspeicher mit unterschiedlichen Funktionsmerkmalen:

PROM (Programmable-Read-Only-Memory) sind nur einmal programmierbar, die Verwendbarkeit wird dadurch stark eingeschränkt.

EPROM (Erasable-Programmable-Read-Only-Memory) lassen sich mit UV-Licht löschen, müssen dazu aber aus dem Gerät entfernt werden.

EEPROM (Electrically-Erasable-Programmable-Read-Only-Memory) sind elektrisch lösch- und programmierbare Festwertspeicher, bei denen die mögliche Anzahl an Schreibvorgängen eingeschränkt ist. Dadurch sind sie zwar als veränderbare Programmierspeicher aber nicht als Datenspeicher einsetzbar.

Neben den internen Speichern stehen außerhalb des datenverarbeitenden Geräts Massenspeicher als sogenannte externe Speicher zur Verfügung, die große Datenmengen aufnehmen können:

Magnetblasenspeicher (Bubble-Memory)

Magnetisch/mechanische Speicher: Disketten (Floppy-Disk), Magnetplatten (Hard-Disk), Magnetband (Rekorder, Streamer)

Ein Vergleich mit dem menschlichen Gehirn zeigt einen Größenunterschied von 10^5 (hunderttausend!), die Differenz bei der benötigten Energie entspricht etwa einem Faktor von 25. Mit Zugriffszeiten im Bereich von Hundert Nanosekunden sind elektronische Speicher normaler Kapazität wesentlich schneller als das menschliche Gehirn. Dieses Verhältnis würde sich bei gleicher Kapazität jedoch zugunsten des Gehirns verschieben.

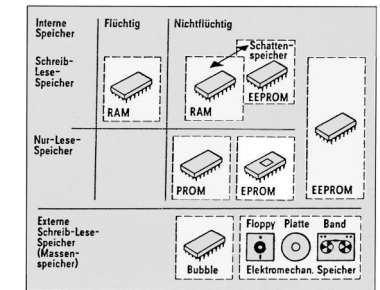


Bild 3.3

- Anschaltungen (AS) wickeln den Datenverkehr zwischen den einzelnen Geräten ab. Über den Adress- und Datenbus werden beispielsweise die Signalzustände der Ein- und Ausgänge zwischen Zentralgerät und Erweiterungsgeräten übertragen. Weitere solcher »Schnittstellen« stehen für den Datenaustausch der Automatisierungsgeräte untereinander, mit anderweitigen Systemen oder dem Programmiergerät zur Verfügung. Ferner lassen sich »Peripheriegeräte« wie Datensichtgeräte oder die bereits erwähnten Externspeicher anschließen. Während auf »ZG-EG-

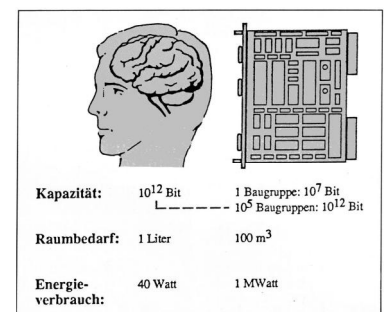


Bild 3.4

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Anschaftungen« vorwiegend Pegelumsetzungen, sowie Umwandlungen zwischen parallelen und riellen Signalen erfolgt, benötigen komplexere Anschaltungen eigene Prozessoren und Speicher.

Erweiterungsgeräte (EG)

werden benötigt, wenn im Zentralgerät keine Steckplätze für Peripheriebaugruppen vorgesehen sind oder diese nicht ausreichen. Zentralerweiterungsgeräte, können darüberhinaus Zentralbaugruppen aufnehmen. Peripheriebaugruppen sind beispielsweise: digitale Eingabe- und Ausgabebaugruppen, mit oder ohne Potentialtrennung

analoge Eingabe- und Ausgabebaugruppen zum Anschluß von Strom- oder Spannungssignalen sowie Meßfühler signalvorverarbeitende Baugruppen

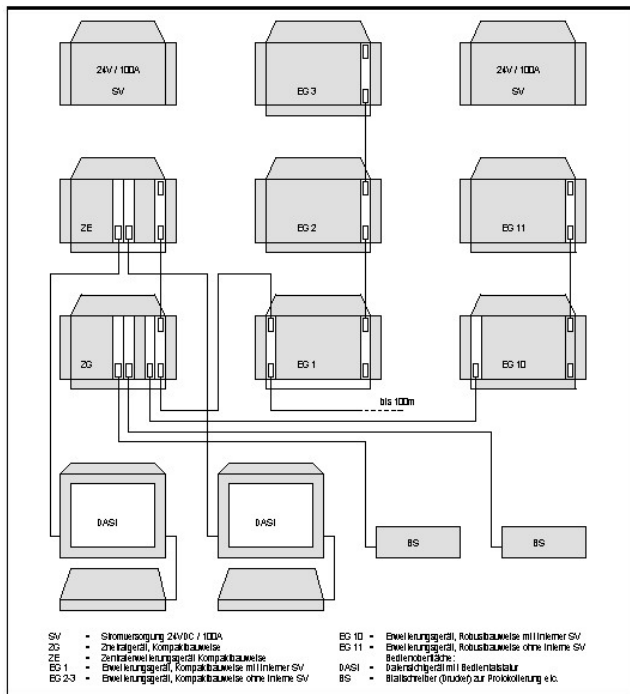


Bild 3.5: Zentraler Aufbau

Kapitel 4: Erstellung von Programmen

4.1: Aufbau und Struktur von Programmen:

Programme bestehen immer aus Systemprogrammen und Anwenderprogrammen:

Systemprogramme, auch »Firmware« genannt, verwirklichen interne Betriebsfunktionen wie Anlauf beim Einschalten oder nach Netzspannungsausfall, Organisation bei Bausteinschachtelung, Sicherstellung von Daten bei Netzausfall, Behandlung von Gerätefehlern und Programmierfehlern usw. Sie befinden sich auf EPROM's im Programmspeicher und unterliegen nicht dem Zugriff durch den Anwender.

Anwenderprogramme bezeichnet man die anlagen- und maschinenspezifischen Programme, die gemäß der Steuerungsaufgabe erstellt werden. Die sog. Softwareerstellung erfolgt nach bestimmten Prinzipien und wird durch umfangreiche Programmierhilfen der Hersteller unterstützt. Eine weitere sehr komfortable Möglichkeit besteht darin, komplexe Standardprogramme nur noch zu parametrieren, das heißt, mit bestimmten Eingangsgrößen zu versehen und die symbolischen Ausgangsparameter dem Prozeß oder den restlichen Programmteilen zuzuweisen.

Zu diesem Zweck werden vom Hersteller ganze Softwarebibliotheken angeboten, aber auch viele Anwender erstellen »Standardbausteine«, die für eigene sich wiederholende Aufgaben maßgeschneidert sind. Folgende Beispiele sollen das veranschaulichen.

Standardsoftware eines Herstellers:

a. für digitale Funktionen

- Rechenfunktionen (Addition, Multiplikation, Subtraktion, Division, Radizieren, Mittelwerte bilden, etc.)
- Codewandlungen (Umwandlung verschiedener Zahlendarstellungen wie Dualzahlen, BCD-Zahlen, Gleitpunktzahlen untereinander etc.)
- Registerfunktionen (Schieberegister, Stapelspeicher, Ringspeicher, Keller-/Schattenspeicher usw.)
- Sonderfunktionen (Suchfunktionen, Alarmfunktionen, Datum/Uhrzeit, ...)

b. Meldefunktionen

- Meldung über Prozeßperipherie (Erstwertmeldungen, Sammelmeldungen, Meldungen speichern)
- Meldungen über Standardperipherie ausgeben (Stör- oder Betriebsprotokolle für Drucker ausgeben, Klartextanzeigen, etc.)
- Behandlung von Alarmen und Interrupts

c. Visualisierung

- menügeführte Bedienung mit Datensichtgerät plus Standardtastatur
- Prozessdarstellung (Regelung, Fehler- bzw. Störmeldungen, Grenzwertüberschreitungen, Anlagen- und Prozesszustände)

d. Bausteine für Ablaufsteuerung

- Betriebsarten für Ablaufsteuerungen (Hand/Automatik, Tippbetrieb, unterlagerter Betrieb)
- Verwalten von Haupt- und Unterprogrammen Störungsanalyse für Ablaufsteuerungen

e. Bausteine für Sonderfunktionen wie Regelungen

- Betriebsarten: Hand- Automatikbetrieb
- P, I, D Regelalgorithmen (ein sehr umfangreiches Gebiet, das hier nicht näher beleuchtet werden soll)

f. Komplette Programmpakete für ganze Anlagenteile

- Bediensysteme (menügeführt im Dialog)
- Protokolliereinrichtungen mit Meldungserfassung und -auswertung
- Wiege- und Dosiersteuerungen (mit Bediensystem)

Programme eines Anwenders in Milchbetrieben:

a. Bedienung

- Softwarebausteine für anlagenspezifische Bedienterminals

b. Wegelogik

- Wegesysteme mit / ohne Vorwahlen

c. Programme und Unterprogramme

- Maschinenprogramme für Produktions- sowie andere Verfahren
- Anlagenprogramme für Produktionsanlagen und weitere Technische Anwendungen
- Unterprogramme für Teil- oder Hilfsfunktionen

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

d. Meldesysteme

- Stellgliedüberwachung
- Niveaubearbeitung

Einfache Steuerungsprobleme mit einer geringen logischen Verknüpfungstiefe und ohne Verzweigungen benötigen keinen besonderen Programmaufbau. Die Anweisungen werden einfach aneinandergefügt und ebenso abgearbeitet, wir bezeichnen derartige Programme als linear. Mit zunehmendem Umfang eines Programmes, steigender Anzahl der Anweisungen und Verzweigungen sind die Möglichkeiten dieser Programmiermethode schnell erschöpft, ja sogar überschritten. Es ist sinnvoll solche Steuerungsaufgaben in überschaubare Abschnitte zu zerlegen und in getrennten Software-Modulen zu realisieren. Bei dieser Struktur werden die einzelnen Bausteine gegenseitig aufgerufen und im Bedarfsfall mit Ein- und Ausgangsgrößen (Parametern) versehen.

Ähnliche Teilbereiche lassen sich durch wiederholte ProgrammROUTINEN, die teilweise aus der Softwarebibliothek stammen bearbeiten, müssen aber innerhalb der maximalen Schachtelungstiefe liegen, die in einem System oder einer Systemfamilie definiert ist. Der Operationsumfang der dafür zur Verfügung steht hängt vom eingesetzten Gerätetyp, aber auch von der Bausteinart ab. Die Software komfortabler Systeme ist aufwärtskompatibel, Programme die für ein Gerät erstellt wurden können auf einem hierarchisch höheren ablaufen.

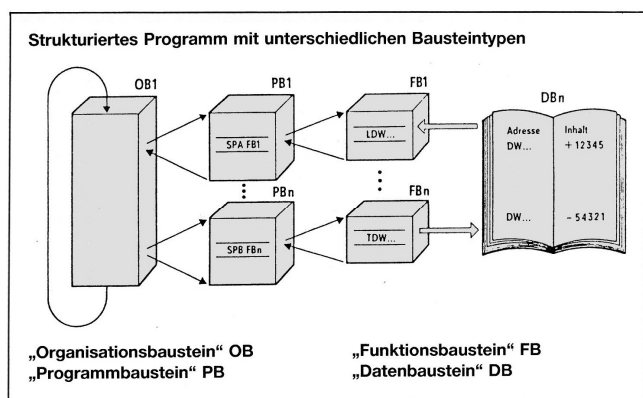


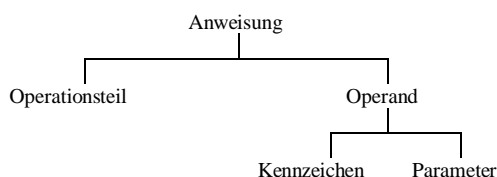
Bild 4.1

4.2 Programmiersprachen

Leider existiert derzeit noch keine einheitliche Programmiersprache aber innerhalb der verschiedenen Hersteller sind große Ähnlichkeiten vorhanden. Neben »Höheren Programmiersprachen« (Assembler ASM86, Basic), die lediglich einige Sonderprozessoren verstehen, verwendet man für SPS folgende Sprachen beziehungsweise Darstellungen:

Die Anweisungsliste (AWL) nach DIN 19239 (Anm.: heute IEC 1131)

Ist zwar wesentlich abstrakter als die beiden folgenden Darstellungsarten, ist jedoch dem internen Abbild des Programms, der sogenannten Maschinensprache (Assembler) am ähnlichsten. Darüber hinaus ist ihr Leistungsumfang höher, da keine Einschränkungen hinsichtlich der graphischen Darstellung nötig sind. Die kleinste Einheit eines solchen Programms ist eine (Steuerungs-) Anweisung. Sie beinhaltet eine Arbeitsvorschrift für den Prozessor einen sog. »Befehl« und ist aus einem Operationsteil und einem Operanden aufgebaut. Der Operand wiederum besteht aus Kennzeichen und Parameter.



Der Operationsteil beschreibt die auszuführende Funktion, besagt also »was« der Prozessor zu tun hat (Verknüpfen, Negieren, Laden, Transferieren, Zählen, Schieben, Speichern, Rücksetzen, Sprung absolut oder bedingt, ...).

Aus dem Operanden erfährt der Prozessor, »womit« er den Befehl ausführen soll. Das Kennzeichen definiert die Art des oder der Operanden (z. B. Eingang, Ausgang, Merker, Zeit, Zähler, Datum). Der Parameter gibt die jeweilige Adresse, an, wobei sowohl die Angabe eines einzelnen (binären) Operanden als auch ganzer Operandenbereiche (Byte, Wort, Doppelwort) möglich ist.

Einen Sonderfall stellen sog. »Doppelwortbefehle« und Befehle, die sich auf den Inhalt des Akkus beziehen dar. Hier werden zwei Anweisungen meist unmittelbar hintereinander geschrieben, wobei sich die zweite auf die erste bezieht. In Beispiel 4 wird ein Operand in den Akkumulator (Akku) des Prozessors geladen und in der zweiten Anweisung erfährt dieser, was damit geschehen soll. Das »Ergebnis« dieser Funktion steht anschließend zur weiteren Bearbeitung im Akku zu Verfügung.

Beispiele für Anweisungen (Siemens Simatic-S5@):

| Beispiel | Operation | Operanden- | |
|----------|--|-----------------------|--|
| | | kennzeichen | parameter |
| 1 | S Setzen | M Merker | 5.1 5 = Byteadresse 1 = Bitadresse |
| 2 | R Rücksetzen | T Timer | 3 (Wortadresse) |
| 3 | SPA Sprung absolut | SB Schrittbaustein | 100 (Bausteinadresse) |
| 4 | L Lade | MW Merkerwort | 13 (Wortadresse) |
| | SLW Schiebe links Wort (Akku) | | 3 (Stellenzahl) |

Tabelle 4.2

Der Parameter eines Operanden ist beispielsweise wie folgt aufgebaut:

| Bit | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--------|----------|----|----|----|----|----|---|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wort »n« | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | Wort »n« | | | | | | | | Wort »n+1« | | | | | | | |
| Status | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 4.3

Das Bit das den Status »I« führt, könnte in einem Operanden vom Typ »Wort« beispielsweise unter der Adresse 17.4 angesprochen werden, während es bei einem Operand vom Typ »Byte« bzw. als binärer Operand 18.4. heißen würde. Hier müssen herstellerspezifische Definitionen beachtet werden!

Definitionen:

Ein »BIT« (binary digit) ist die kleinste Darstellungseinheit für Binärcodes und binäre Daten. Es kann die Bezeichnung binär null (0) oder binär eins (1) annehmen.

Ein BYTE ist die Folge zusammen betrachteter Bitstellen, meist 8 die zur Darstellung eines Zeichens im Prozessor verwendet werden. Eine Byte von 8 Bits Länge ermöglicht die Verschlüsselung (Codierung) von 256 verschiedenen Zeichen ($2^8; n = 8 + > 256$).

Ein WORT besteht aus zwei Bytes, und beinhaltet in unserem Fall also 16 Bits, ein DOPPELWORT wiederum aus zwei Worten, gleich 32 Bits.

CODES oder Schlüssel verwendet man, um alphabetische oder numerische Zeichen durch Zeichen eines anderen Systems darzustellen. Für reine Zahlendarstellungen verwendet man sogenannte BCD-Codes (binär codierte Dezimalzahlen). Alphanumerische Codes ermöglichen die Darstellung von Ziffern, Groß- und Kleinbuchstaben sowie Sonderzeichen. Darüber hinaus enthalten sie teilweise noch ein sogenanntes Prüfbit zur Fehlererkennung bei der Übertragung (fehlererkennende Codes) und Steuerzeichen für die Ausgabegeräte. Der gebräuchlichste alphanumerische Code ist der ASCII-Code (American Standard-Code for Information Interchange).

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Der Funktionsplan (FUP)

Der Funktionsplan nach DIN 70700 / 40719 entspricht der logischen Darstellung von Maschinen- und Prozessabläufen. Diese Methode erleichtert die Umsetzung technologisch vorgegebener Funktionen in Programme und ist in ganz Europa als Verständigungsmittel zwischen Verfahrenstechnikern und Steuerungskonstrukteuren anerkannt.

Kontaktplan (KOP)

Die Bezeichnung Kontaktplan wurde für eine Darstellungsart gewählt, die durch ihren Symbolvorrat die Programmierung für denjenigen besonders erleichtert, der es von der konventionellen Schütztechnik gewohnt ist, in Kontakten und Strompfaden zu denken. Funktions- und Kontaktplan sind, sehr anschauliche graphische Programmiermethoden und bieten deswegen größtmögliche Unterstützung, bei dem Umgang mit speicherprogrammierbaren Steuerungen. Sie benötigen jedoch einen erheblichen Aufwand an Unterstützung vom Betriebssystem und können deswegen nicht alle Operationen über die eine Listensprache wie AWL verfügt, realisieren. Deswegen beschränken sie sich auf Boolesche Verknüpfungen und können nur in Verbindung mit weiteren Softwarebausteinen benutzt werden.

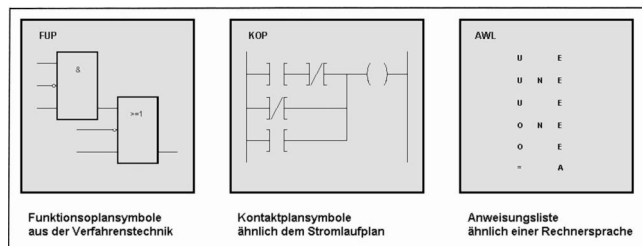


Bild 4.2: Darstellungsarten (STEP 5)

Graphische Programmierung

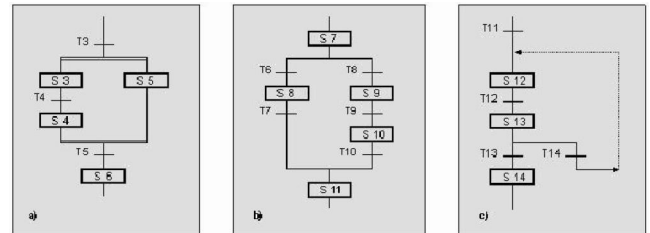
Als weitere »Werkzeuge« entstanden in den letzten Jahren speziell für Ablaufsteuerungen »Graphische Programmiersprachen« die eine rationellere Erstellung und übersichtlichere Dokumentation von Ablaufsteuerungen ermöglichen. (IEC Entwurf SC 65A/WG G). Der Anwender legt zuerst die Struktur eines Programmablaufes fest, indem er einzelne Schritte (Aktionen) mit logischen Verknüpfungen (Transitionen) versieht. Dabei sind neben linearer Abfolge auch Simultan- oder Alternativverzweigungen sowie Sprünge möglich. Bei Simultanverzweigungen werden nach Erfüllung einer Transition mehrere Schritte gleichzeitig gesetzt, während bei Alternativverzweigungen in Abhängigkeit unterschiedlicher Transitionen jeweils nur ein Schritt aktiviert wird. Mit einer »Lupenfunktion« werden anschließend sämtliche Aktionen und Transitionen in den bekannten Darstellungsarten, (AWL, FUP, KOP) »ausgefüllt«. Oftmals werden hier nur symbolische Parameter verwendet und anschließend dem Prozeß zugewiesen (z.B. Ventil 1-8, Motor 1-8) womit folgende Vorteile erreicht werden:

- Verarbeitung weiterer Kriterien in der Stellglied- bzw. Ausgabeebene (Erhöhung der Sicherheit, einfachere Fehlersuche des Servicepersonals ohne in das eigentliche Programm »einzusteigen«.
- Schnellere Wiederverwendbarkeit bei Projektierung ähnlicher Steuerungsaufgaben
- Verbesserte Struktur des gesamten Programmes durch Aufteilung in funktionelle Abschnitte (Bedienung, Wege, Programme, Meldungsbearbeitung, Stellgliedebeine) ermöglicht bequemeren Test und Inbetriebnahme

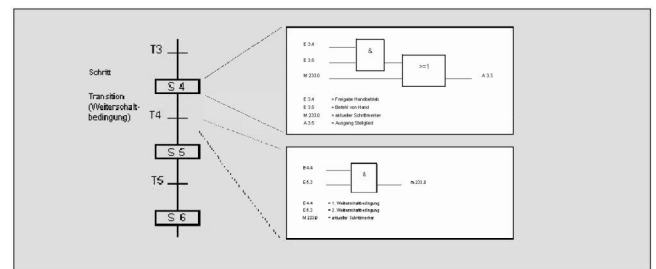
Die Entscheidung in welcher Darstellungsart ein Programm erstellt und dokumentiert wird oder welche Programmiermethoden zum Einsatz kommen hängt nicht zuletzt vom persönlichen Geschmack des Anwenders ab.

Bild 4.3: Graphische Programmierung von Schrittketten

- in Abhängigkeit einer Transition (T3) werden gleichzeitig 2 Schritte (S 3, S 5) aktiviert
- gemäß den Transitionen T6 und T8 wird entweder Schritt 8 oder Schritt 9 aktiv
- »Sprünge« sind auch »rückwärts« möglich



d) Übersichts- und Detaildarstellung



Kapitel 5: Anwendersoftware im Nahrungsmittelbereich

5.1 Anwendungen

Im gesamten Nahrungsmittelbereich zählt die milchverarbeitende Industrie neben Brauereien, Süßwarenindustrie, Obst- und Gemüse verarbeitenden Betrieben zu den Anwendern deren Automatisierungs- und Steuerungsaufgaben sehr vielfältig sind. Als Vorläufer zu Steuerungen und Regelungen wurden auch in den Molkereien Bedientafeln eingebaut, von welchen aus räumlich entfernte Stellglieder aktiviert wurden. Bei motorischen Antrieben wurde über einen Wahlschalter eine Steuerspannung auf ein elektromechanisches Schaltglied (Leistungsschütze, Schützkombinationen) gegeben, die meist schon räumlich getrennt in Niederspannungsräumen installiert waren. Bei den pneumatischen Antrieben für Ventile und Schieber verwendete man entweder pneumatische Schaltelemente oder steuerte mittels einer Steuerspannung Pilotventile. Als weiterer Schritt kamen reine Messtafeln und -warten dazu. Über Kapillaren konnten Temperaturen angezeigt, ja sogar zur Regelung herangezogen werden, pneumatische Differenzdruckanzeigen gaben über Tankinhalte Auskunft und sind vereinzelt auch heute noch in Betrieb. Über Steuerrelais wurden alsbald Gruppen von Stellgliedern zusammengefasst, logische Verknüpfungen und Verriegelungen realisiert, Schaltzustände stellte man in Leuchtschaltbildern dar und mit elektromechanischen Programmsteuerungen und pneumatischen Regelungen konnten in begrenztem Umfang kleinere Steuerungsaufgaben bewältigt werden.

Wie bereits erwähnt, lassen sich die Steuerungen in Maschinensteuerungen und sog. Anlagen einteilen. Nach Aufgabengebieten lässt sich folgende Einteilung treffen:

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Energie- und Hilfsstoffe:

- Dampferzeugung: nur TÜV zugelassene, redundante Systeme
- Kälteanlagen
- Wasseraufbereitung: Enthärtung durch Ionenaustausch, Filteranlagen, Destillen, Dosiereinrichtungen
- Energierückgewinnung: Blockheizkraftwerke (Wärme-Kraft-Kopplung), „Wärmeschaukeln“
- Entsorgung: Neutralisationsanlagen, aerobe und anaerobe Klärverfahren, Faultürme, Biogasreaktoren, Rauchgaswäsche,
- Transport- und Fördersysteme: Aufzüge, Förderbänder
- Klimaanlage: Gebäudeklimatisierung, Reiferäume

Produktbehandlung:

Milchbehandlung und -verarbeitung

- Milchannahme (Einstellen, Pasteurisieren, Kühlen, Lagerung) Butterei und Frischkäserei
- Ultrahocherhitzung, Sterilprodukte
- Sauermilcherzeugnisse, Speiseeis und Desserts
- Mischvorrichtungen, Wiege- und Dosiersysteme, Abfüll- und Verpackungsanlagen

Käsereianlagen

- Milchvorreifung
- Steuerungen für Käsefertiger und Pressen, Bruchbearbeitung
- Lagerung und Reifung, Umhordung

Molkeverarbeitung

- Eindampfungs- und Trocknungsanlagen, Milchzuckergewinnung

Chemische Reinigung:

- zentrale / dezentrale CIP-Systeme (cleaning in place)
- Stapelreinigungen, Teilstapelung, »verlorene Reinigung«
- Waschanlagen (für Formen, Flaschen, Horden, Tankwagenreinigung)
- Kombinationen der verschiedenen Systeme

Spezielle Anwendungen in verschiedenen Bereichen:

- Ultrafiltrationsanlagen (UF), Umkehrosmoseanlagen (RO), Elektrodialysen (ED)
- Störmelde- und Betriebsdatenerfassungsanlagen (BDE)
- Personenschutzanlagen
- Lager und Ersatzteilkhaltung für technische Hilfsstoffe, Ersatzteile und Produkte

Wege und Programme

Als eines der ersten »Programme« wurden Ablaufsteuerungen für chemische Reinigungen hergestellt und mit dem Bau von elektronischen Programmsteuerungen folgten Separatorenprogramme und Erhitzersteuerungen. Diese Aufteilung finden wir neben vielen anderen Funktionen noch immer in heutigen Anlagen. Wir definieren im logischen Teil Wege sowie Programme, Steuern oder Regeln in Abhängigkeit von Anwahlen, Vorwahlen, Rezepturen, Melden und Signalisieren Prozessdaten und -zustände.

Unter einem Weg verstehen wir die Verbindung von zwei Aggregaten, beispielsweise Annahmestation und Tank. Oftmals genügt es ein System »Weg woher« oder »Weg wohin« festzulegen, wenn nämlich Ausgangspunkt oder Ziel nur ein Aggregat sind. In anderen Fällen ist es meist günstiger zwei Wegesysteme einzuführen, da die Anzahl der gesamten Wege dann geringer ist. Dazu ein einfaches

Beispiel: »m Tanks nach n Tanks« für $m = 2$ und $n = 3$

| Ein Wegesystem | Zwei Wegesysteme |
|--|---|
| »m« nach »n« »m« nach »n+1« »m« nach »n+2« »m+1« nach »n« »m+1« nach »n+1« »m+1« nach »n+2« | Weg woher: Aus Tank »m« Aus Tank »m+1« Weg wohin: in Tank »n« in Tank »n+1« in Tank »n+2« |
| Summe $6 (m * n)$ | Summe $5 (m + n) !$ |

Tabelle 5.1

In der Praxis finden wir für $(m; n)$ und damit auch für die Differenz aus $(m * n) - (m + n)$ meist wesentlich höhere Werte, wie:

| m | n | $(m * n)$ | $(m * n)$ | Differenz |
|---|----|-----------|-----------|-----------|
| 3 | 4 | 12 | 7 | 5 |
| 3 | 6 | 18 | 9 | 9 |
| 4 | 8 | 32 | 12 | 20 |
| 6 | 10 | 60 | 16 | 44 (!) |

Tabelle 5.2

Wege können verschiedene Zustände annehmen. Dies sind Vorwahl, Anfahren, Betrieb und Ausschleiben. Die Reinigung ist als eigener Weg einem CIP-System zugeordnet. Wenn eine Um- oder Weiterschaltung einzelner Wege nicht schnell aufeinander erforderlich ist, genügt es oftmals nur eine Vorwahlmöglichkeit vorzusehen. Im anderen Falle wird entweder in einer Reihenfolge, die sich durch die Funktion der Steuerung ergibt, gearbeitet (Programmierung in aufsteigender Reihenfolge), oder die Vorwahlen durch den Bediener müssen in einem Schieberegister abgespeichert werden.

Anfahren und Ausschleiben von Wegen und Wegesystemen:

Da die Rohrleitungen üblicherweise mit Wasser gefüllt bleiben, nachdem produziert oder gereinigt wurde, werden sie bei Benutzung meist automatisch »angefahren«. Dabei wird das Wasser vom Produkt verdrängt und läuft über ein Leckageventil in den Gully. Dieser Vorgang wird zeitlich oder durch Überwachung eines Messwertes begrenzt. Wenn physikalische Größen wie Menge, Trübung, Dichte, Leitfähigkeit (CT), oder ähnliches zur Trennung von Medien in einen Prozess einbezogen werden, sollte immer eine Überwachungszeit parallel dazu ablaufen, um bei Ausfall der Messeinrichtung den Vorgang nach einer Maximalzeit zu beenden. Dies gilt selbstverständlich auch für den umgekehrten Vorgang: bei Ausschleiben wird das restliche Produkt mit Wasser in den Zieltank verdrängt. Ein wesentlicher Unterschied liegt im Anfahren / Ausschleiben von einzelnen Wegen und Wegesystemen.

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

Im Regelfall genügt es, sich auf Wegesysteme zu beschränken, wobei hier Tankgruppen zusammengefasst werden. Die Tankschienen zwischen Tank und Ventilknoten bleiben unberücksichtigt und müssten bei Bedarf durch ein Wegeanfahren /-ausschieben ergänzt werden, sofern das durch die installierten Ventile möglich ist.

Betrachten wir das Anfahren eines Systems mit zwei Tanklagern. Wir benötigen Systemanfahren 1-3, wobei diese wie folgt zugeordnet sind:

SYSTEMANFAHREN / -AUSSCHIEBEN 1: gemeinsame Rohrleitung bis zu einem Verteilventil

SYSTEMFAHREN / -AUSSCHIEBEN 2: Füllschiene Tanklager 1
SYSTEMFAHREN / -AUSSCHIEBEN 3: Füllschiene Tanklager 2

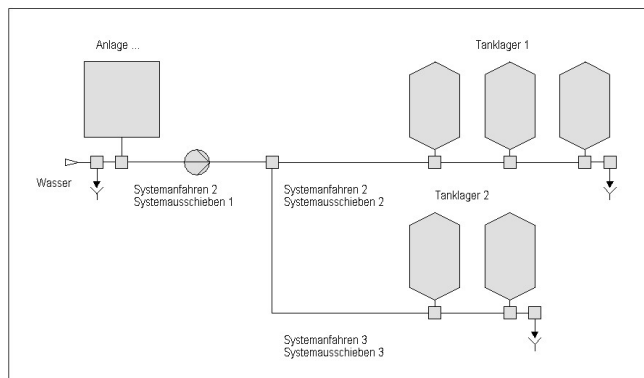


Bild 5.3: Unterteilung eines Wegesystems

Wird nun bei erstmaliger Benutzung ein Tank aus der zweiten Gruppe verwendet, führt die Steuerung erst Systemanfahren 1 aus, das kann sowohl über ein eigenes Leckageventil an der Verteilstelle erfolgen, als auch nur einem bestimmten Zeit- oder Mengenwert etc. entsprechen. Anschließend erfolgt Systemanfahren 3. Wird nun zu einem späteren Zeitpunkt ein Tank der ersten Gruppe benötigt, erkennt die Steuerung, dass die zugehörige Tankschiene noch nicht angefahren wurde, und führt Systemanfahren 2 aus. Die Entscheidung, ob angefahren werden muss trifft die Steuerung selbst, und die Umschaltung zwischen Anfahren und Betrieb eines Weges erfolgt im Regelfall automatisch. Das Ausschieben eines Weges erfolgt in manchen Fällen wiederum automatisch wird jedoch meist vom Bediener separat gestartet. Bei einem Wegesystem »wohin« muss er entscheiden, in welchen Tank das restliche Produkt mit Wasser geschoben werden soll.

Beim Betrieb eines Weges kann man nun entweder alle Ventile stellen und zeitverzögert die Motore anlaufen lassen, oder nach Ansteuerung der Ventile die Endlage aller bzw. definierter »Bedingungsventile« prüfen, bevor die Antriebe anlaufen sollen. Darüber hinaus finden wir im Weg teilweise auch Regel- oder Dosiereinrichtungen, Mess- und Erfassungsgeräte für Chargenbetrieb und dergleichen. Diese Festlegungen werden in der Projektierungsphase nach Erstellung eines Fließschemas getroffen, das als Grundlage für Schaltbeschreibung und Softwareerstellung dient.

Wegesysteme und Programme lassen sich sowohl miteinander als auch untereinander koordinieren. Ebenso wichtig ist die Festlegung gegenseitiger Verriegelungen, die wir nach ihrer Wirkung bezeichnen, und durch ihre unterschiedlichen Funktionen als Einschaltverriegelungen oder Ausschaltbedingungen festlegen.

- Wegeverriegelungen verhindern den Start eines oder mehrerer Wege: z. B. : Produktweg <> Tankreinigung
- Wegesystemverriegelungen wirken auf ganze Wegesysteme: z. B. : Produktwegesysteme <> Rohrleitungsreinigung
- Programmverriegelungen werden sowohl am Anfang als auch an jeder beliebigen Stelle eines Programmes abgefragt.

Beispiele für die Koordinierung von Wegesystemen und Programmen, die teilweise auch als Verriegelung ausgeführt werden kann:

- Wegesystem woher - Erhitzerprogramm - Wegesysteme wohin (Rohmilch) (Milch / Rahm)
- Wegesystem Cip-Wege / CIP-Programm
- CIP-Programm (Hauptprogramm) / Leckagespülen (Unterprogramm)
- CIP-Programm / Erhitzerprogramm / Separatorenprogramm(e)

Hierbei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Anzahl der zwischen den einzelnen Programmen oder Wegesystemen auszutauschenden Signale zu minimieren, unabhängig davon, ob diese in einem Steuerungssystem (STSY) ausgeführt oder auf mehrere verteilt werden und Signalübergaben erforderlich sind. Ansonsten sollten die einzelnen Programme völlig autark ausgeführt sein.

Als Beispiel Koordinierung von Erhitzer- und Separatorenprogramm: Zur Synchronisation der beiden Programme genügen ganze fünf (!) Informationen. Die Auswahl zwischen Teil- und Vollentleerungen und die Länge der Wiederholzyklen liegen im Separatorenprogramm fest. Bei einer Störung, die für das andere Programm relevant ist, nimmt entweder der Separator seine Information »betriebsbereit« bzw. der Erhitzer seine Info's bezüglich der Betriebsart weg und das Jeweils andere Programm kann darauf reagieren.

| Erhitzerprogramm Funktion (Schritte) | Information (Signale) | Separatorenprogramm Funktion (Schritte) |
|---|---------------------------------|--|
| Anfahren (1-4) | | Anlauf (1-4) |
| Betriebsbereit (5) | an Erhitzer: "bereit" ← | Betriebsbereit (5) (Betriebsartenwahl) |
| Betriebsarten: | | Betriebsarten: |
| - Produktion | an Separator: → „Produktion“ | - Produktion |
| - CIP Wasser (6-21) | → „CIP Wasser“ | - CIP Wasser (6-12) |
| - CIP Lauge (22 -) | → „CIP Lauge“ | - CIP Lauge (13 -) |
| - CIP Säure (- 46) | → „CIP Säure“ | - CIP Säure (- 26) |
| Grundstellung (0) | | Auslauf (27-33) |

Tabelle 5.4

Viele Programme bestehen aus einzelnen Sequenzen bei dem bereits erwähnten Erhitzerprogramm sind dies:

- »Anfahren« (Füllen mit Wasser, Aufheizen, Sterilisieren, Kühlen),
- »Produktion« bestehend aus: Entrahmen, Vermischen und zugehörigen Wechselschritten
- »Reinigung«, beispielsweise als CIP ausgeführt

In Abhängigkeit von Betriebs- und Produktionsbedingungen werden diese nun in ganz unterschiedlicher Reihenfolge benötigt. Hier empfiehlt es sich, das Programm so zu strukturieren, dass an einer zentralen Stelle eine sogenannte »Betriebsartenwahl« stattfindet, wobei die Rückkehr immer in diesem Schritt erfolgt. Selbstverständlich ist diesem Schritt eine logische Funktion zugeordnet, hier »Wasser Umlauf«, in der die Anlage verweilen darf. Wie das nachstehende Beispiel zeigt, kann nun nach der Produktion die Anlage entweder gereinigt oder abgestellt, die Reinigung aber auch vor der Produktion durchgeführt werden, wobei das Anfahren des Erhitzers dann entfallen kann. Verriegelungen gewährleisten, dass die Produktion nur erfolgt wenn auch tatsächlich angefahren wurde, die Anlage also auch steril ist.

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

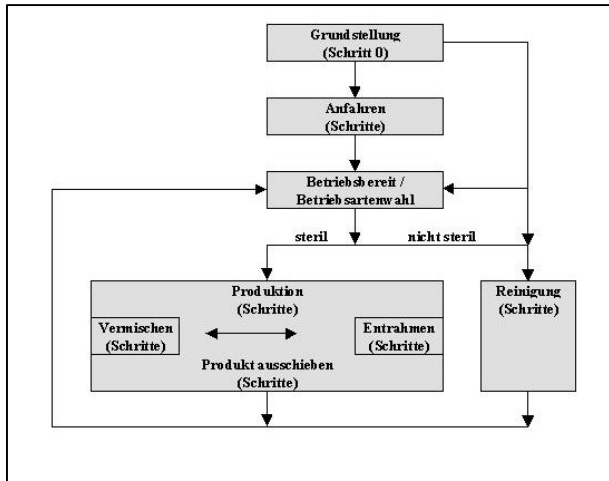


Bild 5.2: Ablaufdiagramm Milcherhitzer

CIP-Programme:

Da die chemische Reinigung eine der häufigsten und vielfältigsten Anwendungen in Molkereibetrieben darstellt, soll sie in diesem Kapitel näher betrachtet werden. Während vor wenigen Jahren fast ausschließlich zentrale Reinigungssysteme aufgebaut wurden, finden inzwischen immer mehr dezentrale Systeme Verwendung.

Ausgehend von der Überlegung, daß ein beachtlicher Anteil an Energie und Zeit, verloren geht um Reinigungsmittel von einer teilweise sehr weit entfernten Station zu dem zu reinigenden Objekt zu transportieren und dabei auch noch die ganzen notwendigen Rohrleitungsabschnitte der CIP-Verteilung aufzuheizen entwickelten viele Hersteller dezentrale CIP-Systeme. Deren Vorteil besteht darin, daß sie in unmittelbarer Nähe eines Tanklagers oder direkt in den betreffenden Betriebsstätten aufgestellt werden. Gegebenenfalls werden von einem zentralen Reinigungsmitteldepot entweder gebrauchsfertige Lösungen oder Konzentrate über Ringleitungen zu diesen »Satelliten« gefördert. Gleichzeitig kann bei Stapelung wieder in dieselbe Ringleitung eingespeist werden.

Bei komfortablen Programmen lassen sich Sollwerte für Zeiten, Mengen und dergleichen blockweise in Datenbausteinen ablegen, so daß im Programm jeweils nur die Blockanfänge definiert, und die richtigen Werte selbständig ermittelt werden.

Wird eine physikalische Größe, beispielsweise die Menge die dem Volumen der Rohrleitungen entspricht in den Prozeß einbezogen, ist die Überwachung der Funktion durch mindestens einen unabhängigen Prozeßparameter, in diesem Beispiel Fließgeschwindigkeit und Vorlaufdruck vorteilhaft. Der zulässige Bereich wird durch Grenzwerte in beiden Richtungen eingeschränkt. Darüber hinaus können von diesen Meßwerten auch noch Kurven dargestellt werden.

Kapitel 6: Perspektiven, Trends, Tendenzen

6.1 Kommunikation zwischen datenverarbeitenden Anlagen:

Die Leistungsfähigkeit eines Steuerungssystems wird nicht nur durch die eigentlichen Steuerfunktionen eines Automatisierungsgeräts, sondern ganz entscheidend auch durch zusätzliche Funktionsmerkmale bestimmt:

Neben der Anlagenvisualisierung gehört hier-zu vor allem ein leistungsfähiges Kommunikationssystem. Die Prozeßautomatisierung tendiert immer mehr zu einer dezentralen Anlagenautomatisierung (distributed control): Eine komplexe Zentralsteuerung wird dabei in kleinere und übersichtlichere Teile zerlegt, die Informationen werden somit schneller und vor Ort bearbeitet. Die Verfügbarkeit der Anlage erhöht sich, da bei Ausfall einer Unterzentrale der übrige Teil des Gesamtsystems weiterarbeitet. Für eine solche Struktur ist ein leistungsfähiges und umfassendes Kommunikationsmittel notwendig, in geradezu idealer Weise eignet sich ein Bussystem, auch LAN (Local-Area-Network) genannt. Die bietet speziell bei komplexen und umfangreichen Kommunikationssystemen u. a. drei große

Vorteile gegenüber herkömmlichen Sternstrukturen:

- geringerer Installationsaufwand
alle Teilnehmer sind an eine gemeinsame Datenleitung angeschlossen, über die Informationen ausgetauscht werden. Für die beliebige Kommunikation zwischen den verschiedenen Stationen eines Datennetzes müssen keine vermaschten Leitungsnetze mehr verlegt werden.
- leichtere Erweiterbarkeit
wird eine weitere Station angekoppelt, ist keine zusätzliche Hardware-Schnittstelle in den installierten Geräten erforderlich. Dabei entfallen die Programme, die sich bei der sternförmigen Kopplung auf Grund der begrenzten Anzahl von Schnittstellen ergaben.
- beliebiger Querverkehr
eine Busstruktur ermöglicht eine beliebige Kommunikation zwischen den angeschlossenen Stationen. Ein Bussystem ist daher ein universell einsetzbares Übertragungsmedium für alle in der Prozeßautomatisierung anfallenden Daten.

Da bei Datenaustausch über ein Bussystem alle Teilnehmer die gleiche Datenleitung benutzen muß diese gezielt zugeteilt werden (bus arbitration), WER also WANN senden darf. Für die Aufgabe, den Zugriff zu regeln, stehen zwei prinzipiell unterschiedliche Verfahren zur Verfügung: zentrale und dezentrale Bussteuerung.

Bei der zentralen Bussteuerung (fixed master) wird die Zugriffsberechtigung von einem zentralen Bus-Master gesteuert. Bei Ausfall des

Masters ist die gesamte Übertragung gestört, die Auswirkung ist vergleichbar mit einem Kabelbruch. Bei dezentraler Bussteuerung (flying master), ist jede Station durch ihre eigene »Intelligenz« in der Lage, selbständig zu steuern, wann sie das Übertragungsmedium in Anspruch nimmt. Da keine zentrale Masterstation diese Zuteilungsfunktion durchführt, ist bei Ausfall einer Station lediglich der Datenverkehr mit dieser Station unterbrochen, nicht jedoch der gesamte Informations-austausch. Deshalb haben sich dezentrale Zugriffsverfahren durchgesetzt bei denen die Sendeerlaubnis schneller und nicht nur von einem Teilnehmer erteilt werden kann. Zwei dieser Kommunikationsverfahren haben sich mittlerweile durchgesetzt. Das CSMA/CD- (ETHERNET) und das Token-Passing-Verfahren.

CSMA/CD bedeutet »Carrier-Sense-Multiple-Access/Collision-Detect«, also Mithören bei Mehrfachzugriff / Erkennen einer Datenüberlagerung, jeder Teilnehmer kann senden, wenn die Leitung frei ist. Dieser Vorgang spielt sich in Mikrosekunden ab, Kollisionen sind sehr selten. Tritt der Fall tatsächlich ein, daß zwei Teilnehmer gleichzeitig senden, wird dies von beiden erkannt, und der Sendeauftrag sofort abgebrochen. Nach unterschiedlicher Wartezeit erfolgt ein neuer Versuch. Dadurch entstehen nur kurze Wartezeiten, der Buszugriff kann sehr schnell erfolgen.

Beim Token-Passing-Verfahren darf nur senden, wer die Sendebe-rechtigung - den Token - erhalten hat. Dieser wird in festgelegter Reihenfolge jedem Netzteilnehmer angeboten. Wer eine Nachricht abgesandt hat oder nicht senden möchte, reicht den Token zum nächsten Partner weiter. Für jeden Teilnehmer kann eine maximale Wartezeit garantiert werden, Prioritäten sind möglich.

Die International Organization for Standardization (ISO) hat ein 7-Schichten-Modell festgelegt, das als Basis der weltweiten Normung von Kommunikation, protokollen inzwischen anerkannt ist. Dieses Modell zerlegt das komplexe Problem der Datenübertragung in sieben über-schaubare und hierarchisch angeordnete Teilprobleme, die transport-orientierten Ebenen 1-4 und die anwender orientierten Ebenen 5-7. Um größere Datenmengen, bedingt durch die räumliche Ausdehnung von Produktionsanlagen aber auch größere Entfernungen zu bewältigen, werden in der Ebene 1 neuartige Techniken, wie Lichtleiter aus Glasfaserkabeln verwendet. Entfernungen bis ca. 100 km (!) sind mit diesen Techniken möglich. Übertragungsgeschwindigkeiten (Baudrate) von 10 Mbit/s, also 10 Millionen binäre Informationen innerhalb einer Sekunde sind in Industrieanlagen derzeit bereits realisiert.

Automation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)

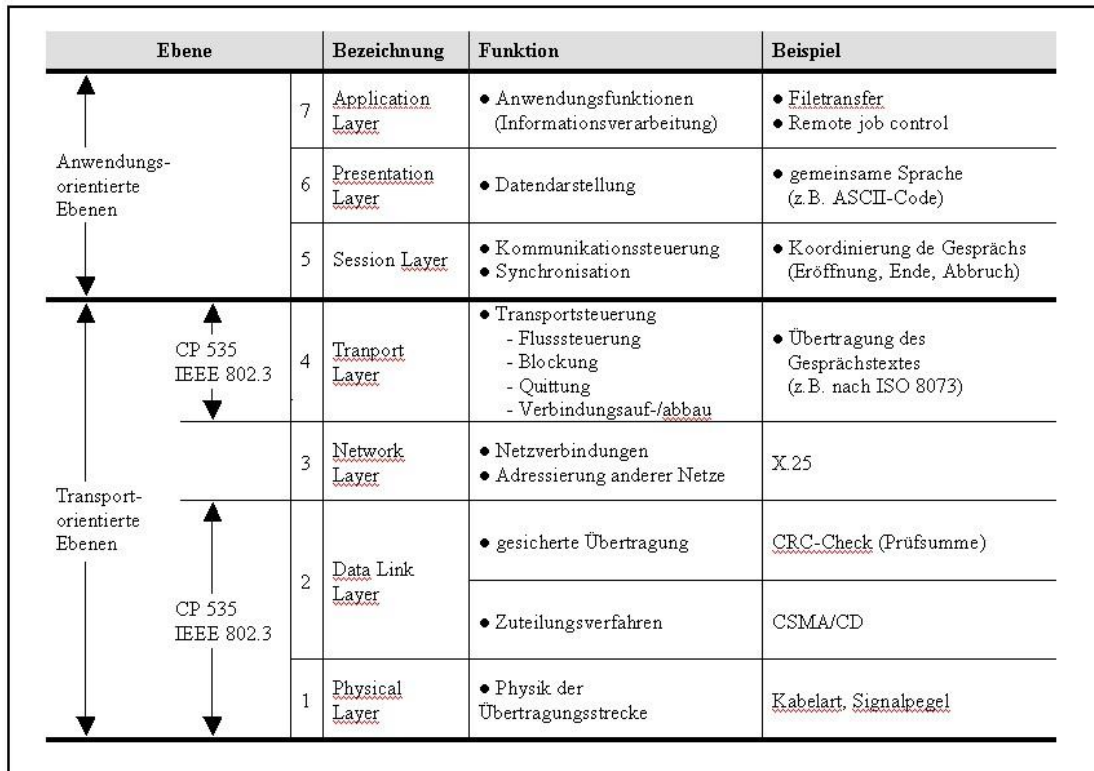


Bild 6.1: 7-Ebenen-Modell für lokale Netze nach ISO

Die ISO-Schichten 1 und 2 zur Sicherung der Datenübertragung werden bereits weltweit anerkannt, die Normung der Schichten 3 und 4 ist weitgehend abgeschlossen. Die Erprobung sich abzeichnender Industriestandards für die oberen Protokollschichten in unterschiedlichen Anwendungsbereichen kostet derzeit große Anstrengungen.

6.2 Offene Kommunikation über Netzwerke:

Erst wenn sich alle Hersteller von Automatisierungssystemen an international genormte Protokolle halten, wird »offene Kommunikation« möglich: Datenaustausch zwischen Steuerungen und Prozeßleitsystemen, Robotern, Laborrechnern, Arbeitsplatzrechnern und Personal-Computern, unterschiedlicher Hersteller. Im MAP-Projekt (Manufacturing-Automation-Protocol) erarbeiten Rechner- und Produktionsfachleute von General Motors (GM) auf der Basis des ISO-Referenzmodells hersteller-neutrale, einheitliche Kommunikationsstandards. Als Schirmherr beteiligt GM namhafte Hersteller von Automatisierungstechnik in aller Welt.

In der EMUG (European-MAP-User-Group) beteiligen sich in Europa 150 Anwender und Hersteller. Im Anschluß daran hat die Europäische Gemeinschaft ein Forschungsprogramm geschaffen, das unter anderem industrielle Kommunikationsmittel erprobt: ESPRIT. Als Projekt innerhalb von ESPRIT werden in CNMA (Communications-Network-for-Manufacturing-Applications) heute bereits MAP-Standards von folgenden Firmen erprobt: Aeritalia, BMW, British Aerospace, Bull, CGE, GCE, Nixdorf, Olivetti, Peugeot, Siemens.

6.3 Ziele der Entwicklungen:

Während in der Vergangenheit Datenverarbeitungssysteme vorwiegend für abgegrenzte Aufgaben eingesetzt wurden und sogenannte Inselösungen entstanden, berücksichtigen durchgängige Konzepte heute nicht nur den Fertigungsprozess selbst, sondern alle damit zusammenhängenden Bereiche, Entwicklung, Konstruktion und Arbeitsplanung. Bei CIM (Computer-Integrated Manufacturing) werden die einzelnen »Rechnerinseln« in die Verfahrenskette der Fertigungsindustrie einbezogen, die Zauberformeln heißen:

- CAD / CAE (Computer-Aided-Design/Engineering) bei der Konstruktion
- CAP (Computer-Aided-Planing) bei der Arbeitsplanung
- CAM (Computer-Aided-Manufacturing) für die Fertigung

Neben weiteren computerunterstützten Techniken, die in CIM einbezogen werden, erfaßt der Datenaustausch auch Bereiche außerhalb der Fertigung, bis hin zum Management. (siehe auch Kapitel 1, Bild 1.1) Über öffentliche Kommunikationsmittel, Leitungen der Postbehörden, Satelliten, werden internationale Netze errichtet.

Beim Dialog zwischen dem Menschen und den einzelnen Systemen verdrängen Werkzeuge wie Maus und Lichtgriffel die Tastaturen immer mehr, verbale Kommunikation ist greifbar nahe.

7. Literaturhinweis:

Siemens AG, Produktinformationen SIMATIC

Deutsches Institut für Normung (DIN):
Deutsche Elektrotechnische Kommission (DKE in DIN und VDE)
Normenausschuss für Maschinenbau (NAM im DIN)
Normenausschuss für Automationstechnik (NI im DIN)

B. Kamman, Fischer & Porter GmbH:
»Entscheidungskriterien für den Einsatz moderner Prozeßleittechnik in Molkereibetrieben«, Deutsche Milchwirtschaft 51/52.1982

Brockhaus Enzyklopädie, 17. Auflage, 1966

Schlußbemerkung:

Dieser Beitrag wurde ohne inhaltliche Veränderung überarbeitet (Gestaltung Grafiken/Tabellen etc.)

© VA GmbH 2002

Veröffentlichung:

- LBM Jahrbuch 1988

- Deutsche Milchwirtschaft 1989, 33-41