



Leseprobe

Tilo Heimbold

Einführung in die Automatisierungstechnik

Automatisierungssysteme, Komponenten, Projektierung und Planung

ISBN (Buch): 978-3-446-42675-7

ISBN (E-Book): 978-3-446-43135-5

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-42675-7>

sowie im Buchhandel.

Vorwort

Automatisierungssysteme sind vielfältig, uns allgegenwärtig, und nicht selten im Verborgenen arbeitend. Automatisierte Anlagen produzieren Lebensmittel, steuern die Fahrgeschäfte auf Jahrmärkten, regeln den Bahn- und Straßenverkehr, überwachen gefährliche Bereiche und unterstützen den Menschen im täglichen Leben. Man setzt einfach voraus, dass alles funktioniert; doch der eine oder andere möchte vielleicht mehr erfahren, z. B.:

Was gehört zu einem Automatisierungssystem? Welche Komponenten werden benötigt? Wie werden Informationen übertragen? Wie werden die Messdaten erfasst? Wie erfolgt die Steuerung? Was sind Feldbussysteme? Sind die Anlagen sicher?

Dies sind nur einige der Fragen, die sich stellen, wenn man sich mit dem großen und breiten Gebiet der Automatisierungstechnik näher befassen möchte.

Dieses Lehrbuch soll vor allem Lesern, welche sich das erste Mal mit Automatisierungssystemen auseinandersetzen, einen Einblick bzw. eine Einführung in die Automatisierungstechnik geben. Der Verfasser hofft, damit das Interesse auf das spannende Thema der Automatisierung zu wecken. Dem Leser werden vielfältige Möglichkeiten und Wege zur Automatisierung technischer Prozesse aufgezeigt. Zum intensiveren Studium spezieller Teilgebiete wird auf die entsprechende Fachliteratur hingewiesen. Ergänzt wird der Inhalt durch eine tiefere Behandlung der Projektierung und Planung von Automatisierungsanlagen. Dazu werden die notwendigen Beschreibungen und Dokumente gezeigt und anhand von Beispielen näher beschrieben. Abschließend erfolgt die Vorstellung eines CAE-Werkzeuges zur Planung von Automatisierungsvorhaben.

Bedanken möchte ich mich bei Frau Franziska Jacob, M.A., Frau Mirja Werner, M.A. und Frau Dipl.-Ing. (FH) Franziska Kaufmann vom Hanser Verlag für die aufgeschlossene und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Herrn Dipl.-Ing. Helmut Rauschendorf der RTI GmbH danke ich für die überaus konstruktive Zusammenarbeit und die zur Verfügung gestellten Dokumente für Kapitel 7.

Herrn M.Eng. Tobias Rudloff gilt mein Dank für die unzähligen intensiven und anregenden Diskussionen und die technische Unterstützung.

Ganz besonders danken möchte ich abschließend meiner Familie für das unbremste Verständnis bei der Realisierung dieses Buchprojektes.

Leipzig, im August 2014

Tilo Heimbold

Inhalt

1	Einführung	11
1.1	Grundlagen/Begriffe	11
1.1.1	Ziele der Automatisierung	13
1.1.2	Begriffe	15
1.2	Technische Prozesse	20
1.2.1	Begriffsbestimmung	20
1.2.2	Klassifizierung technischer Prozesse	23
1.3	Prozessleittechnik	33
1.4	Ebenenmodell	36
1.5	Übungsaufgaben zu Kapitel 1	39
2	Aufbau und Struktur von Automatisierungssystemen	41
2.1	Automatisierungsstrukturen	41
2.2	Automatisierungshierarchien	48
2.3	Verteilte Systeme	50
2.4	Redundanzstrukturen	52
2.5	Automatisierungstechnik - gestern/heute	60
2.6	Übungsaufgaben zu Kapitel 2	62
3	Messeinrichtungen	63
3.1	Allgemein	64
3.2	Einteilung	67
3.2.1	Signalart	68
3.2.2	Systemfähigkeit	69
3.2.3	Funktionalität	70
3.3	Messprinzipien am Beispiel Temperatur	72
3.3.1	Widerstandsthermometer	74

3.3.2	NTC – Negative Temperature Coefficient	75
3.3.3	PTC – Positive Temperature Coefficient	76
3.3.4	Thermoelement	76
3.3.5	Gegenüberstellung mit Widerstandsthermometer	77
3.3.6	Pyrometer	78
3.3.7	Geräte	78
3.3.8	Messfehler	79
3.4	Anwendungsbeispiel	80
3.5	Übungsaufgaben zu Kapitel 3	81
4	Stelleinrichtungen	83
4.1	Allgemein	83
4.2	Einteilung	85
4.2.1	Elektrische Aktuatoren	87
4.2.2	Pneumatische Aktuatoren	89
4.2.3	Hydraulische Aktuatoren	91
4.2.4	Gegenüberstellung	94
4.2.5	Elektronische und unkonventionelle Aktuatoren	94
4.3	Intelligente Aktuatoren	95
4.4	Beispielanwendungen aus der Prozessautomatisierung	97
4.4.1	Ventil	99
4.4.2	Antriebe	101
4.4.3	Positioner	103
4.5	Übungsaufgaben zu Kapitel 4	105
5	Industrielle Kommunikation	107
5.1	Allgemein	107
5.2	Feldbussysteme	112
5.3	Buseigenschaften	114
5.3.1	Netzwerktopologie	115
5.3.2	Zugriffsverfahren	117
5.3.3	Datensicherung	119
5.3.4	Telegrammformat	120
5.3.5	Binäre Informationsdarstellung	121
5.3.6	Übertragungsstandards	122
5.3.7	Übertragungsgeschwindigkeit	123
5.3.8	Übertragungsmedium	123
5.3.9	Funklösungen	124
5.3.10	Systemkomponenten	126
5.3.11	Standardisierung/Zertifizierung	126

5.4	IO-Link	127
5.5	Industrielösungen	129
5.6	AS-Interface	132
5.7	Übungsaufgaben zu Kapitel 5	141
6	Informationsverarbeitung	143
6.1	Überblick	144
6.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen	147
6.2.1	Arbeitsweise	150
6.2.2	Umsetzungen/Realisierungen	152
6.2.3	Programmiersprachen	153
6.3	Übungsaufgaben zu Kapitel 6	156
7	Projektierung und Planung	157
7.1	Einführung	158
7.2	Fließbilder	159
7.2.1	Grundfließbild	159
7.2.2	Verfahrensfließbild	160
7.3	R&I-Fließbilder und PLT-Stellen	162
7.4	PLT-Stellenblatt und PLT-Stellenplan	169
7.4.1	PLT-Stellenblatt	169
7.4.2	PLT-Stellenplan	172
7.5	Anlagenkennzeichnung	177
7.6	Projektierungsphasen	179
7.6.1	Planungsphase	180
7.6.2	Definitionsphase	181
7.6.3	Entwurfsphase	182
7.6.4	Realisierungsphase	182
7.6.5	Inbetriebsetzungsphase/Abnahmephase	182
7.6.6	Phasen am Beispiel verfahrenstechnischer Anlagen	183
7.7	Rechnergestützte Projektierung	191
7.7.1	Arten von CAE-Systemen	192
7.7.2	Ausprägungen von CAE-Systemen	193
7.7.3	CAE-System PLANEDS	195
7.8	Übungsaufgaben zu Kapitel 7	202
7.9	Zusammenfassung	205

Abkürzungen, Symbole und Formelzeichen	207
Anhang	211
A Kennbuchstaben zur Kennzeichnung einer PLT-Stelle nach DIN 19227	213
B Normen – Übersicht (Auswahl)	215
C Nutzerorganisationen/Gremien	218
D Übersicht Feldbussysteme	220
E Häufig verwendete Symbole	222
F Kennbuchstaben zur Kennzeichnung nach DIN EN 62424	223
Literatur	225
Index	227

2

Aufbau und Struktur von Automatisierungssystemen

Kapitel 2 widmet sich den unterschiedlichen Strukturen und deren möglichen Umsetzungen.

Zu Beginn wird kurz auf die Entstehung von Automatisierungsstrukturen eingegangen und deren Entwicklung hin zu den heutigen Strukturen vorgestellt. Hierzu erfolgt die Darstellung unterschiedlicher Grundstrukturen und deren Ausprägungen. Ebenfalls wird eine Einordnung in die Automatisierungshierarchien durchgeführt. Zur Vertiefung der verschiedenen Strukturen werden die unterschiedlichen Topologien „verteilter Systeme“ näher vorgestellt. Die Behandlung klassischer Redundanzstrukturen schließt den Kreis zum Themengebiet „Aufbau und Struktur von Automatisierungssystemen“.

■ 2.1 Automatisierungsstrukturen

Seit der Errichtung erster Automatisierungsanlagen bis in die heutige Zeit haben diese unterschiedlichste Ausprägungen erfahren. In Abhängigkeit von den jeweiligen Anforderungen aus dem zu automatisierenden Prozess, den Anforderungen der Betreiber, aber auch durch die sich immerwährend fortsetzende technische Entwicklung sind verschiedenste Automatisierungsstrukturen entstanden.

Bis 1910 wurden die Sensoren und Aktuatoren an den entsprechenden Stellen (Orten) in der Anlage installiert. Die Feldgeräte waren somit über die gesamte Fabrikanlage verstreut. Dadurch entstanden sehr häufig große Entfernungen zwischen den einzelnen Feldgeräten. Die Bedienung der Aktuatoren, wie z. B. Stellventile zur Beeinflussung von Prozessgrößen erfolgte vorrangig von Hand (siehe Bild 2.1). Von einer „geschlossenen“ Automatisierung, wie wir sie heute kennen, war man noch weit entfernt.

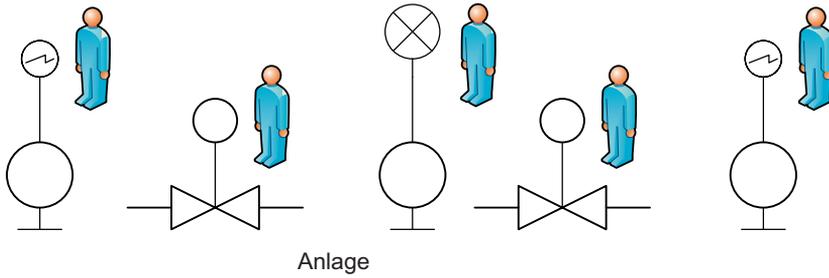


Bild 2.1 Erste Anlagen

Ein weiterer Entwicklungsschritt vollzog sich in den Jahren 1940 bis 1950. An der Anlage wurde ein sogenannter Leitstand errichtet. Hierzu wurde eine Wand montiert, welche zum einen zur Zentralisierung der Geräte dient und zum anderen ein Schutz für das Bedienpersonal darstellt. Die immer größer werdenden Produktionskomplexe wurden damit überschaubarer und konnten besser beherrscht werden. Die Bedienelemente der Aktuatoren wurden verlagert und die Leitungen der Sensoren zur Wand verlegt. Somit wurde das Messen und Stellen vom Leitstand aus ermöglicht. Man hatte so eine bessere Übersicht und die Bedienung wurde erleichtert. Durch ein schnelleres Ablesen konnten die Reaktionszeiten verkürzt werden. Auch befand sich das Bedienpersonal in einer sicheren Umgebung und es war möglich, die Anlage mit weniger Personalaufwand zu fahren (siehe Bild 2.2).

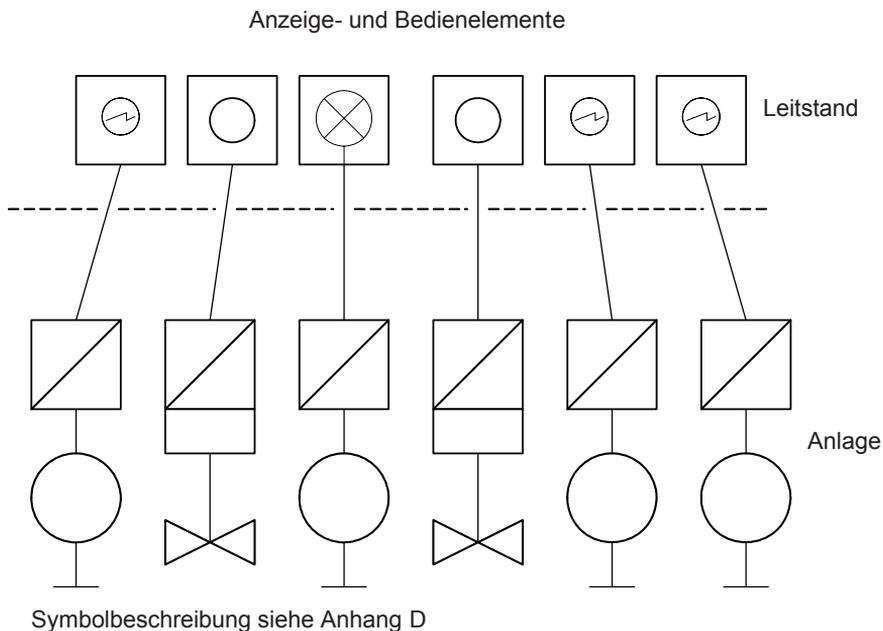


Bild 2.2 Erste Automatisierungsstrukturen

Von 1950 bis 1960 wurden Sensoren, Aktuatoren (jetzt fernbedienbar) und Messwarten installiert. Messwarten bestanden aus einer Anzeigetafel und einem Bedienpult. Man hatte eine komplette Übersicht über den aktuellen Prozesszustand, da auch die Werte der Ausgangsgrößen in der Messwarte angezeigt wurden. Für spätere Änderungen oder Erweiterungen konnte die Anzahl von Messanzeigen und Stellmöglichkeiten erhöht werden. Im Weiteren erfolgte der Einsatz von Reglern. Der Prozess kann hier nun ohne ständiges Eingreifen des Personals ablaufen. Der Kreis ist geschlossen. In der Messwarte wird dem Regler ein Sollwert vorgegeben. Dieser Sollwert wird von dem Regler mit dem Istwert des Sensors, der Messeinrichtung verglichen. Wird eine Abweichung zwischen Soll- und Istwert festgestellt, erfolgt ein Eingriff in den Prozess, um den Sollwert wiederherzustellen. Dies geschieht durch Änderung des Stellwertes wie z.B. der Ventilstellung, des Heizwertes oder der Motordrehzahl (siehe Bild 2.3).

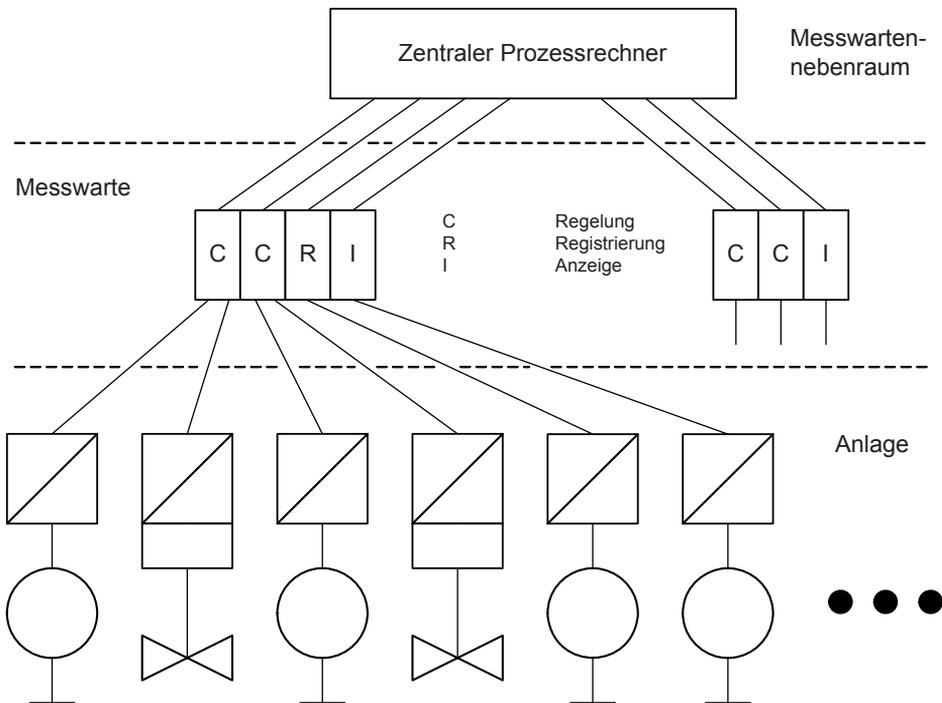


Bild 2.3 Parallelverdrahtung und zentraler Prozessrechner

Durch die Einführung weiterer Bausteine wie z. B. Grenzwertmelder und Schreiber wird dem Wartpersonal die Arbeit zusätzlich erleichtert. Mit der Verknüpfung solcher Bausteine können diese für spezielle Aufgaben genutzt werden. Erste Datenerfassungssysteme entstanden. Ab 1960 erfolgte nun die Automatisierung durch den Einsatz von zentralen Prozessrechnern (Bild 2.3). Sie zeichneten sich

durch eine höhere Leistungsfähigkeit und Flexibilität aus. Ab 1975 hielten auch Mikrorechner Einzug in die Automatisierungstechnik. Es war somit möglich, kleine und kostengünstige Recheneinheiten herzustellen. Diese ersetzen zunehmend die bisherigen Regler und tauschen Prozessdaten untereinander und mit dem zentralen Prozessrechner aus. Die Mikrorechner bearbeiten selbstständig ihre speziellen Aufgaben. Dadurch entwickelt sich eine teilweise Dezentralisierung des Automatisierungssystems (siehe Bild 2.4).

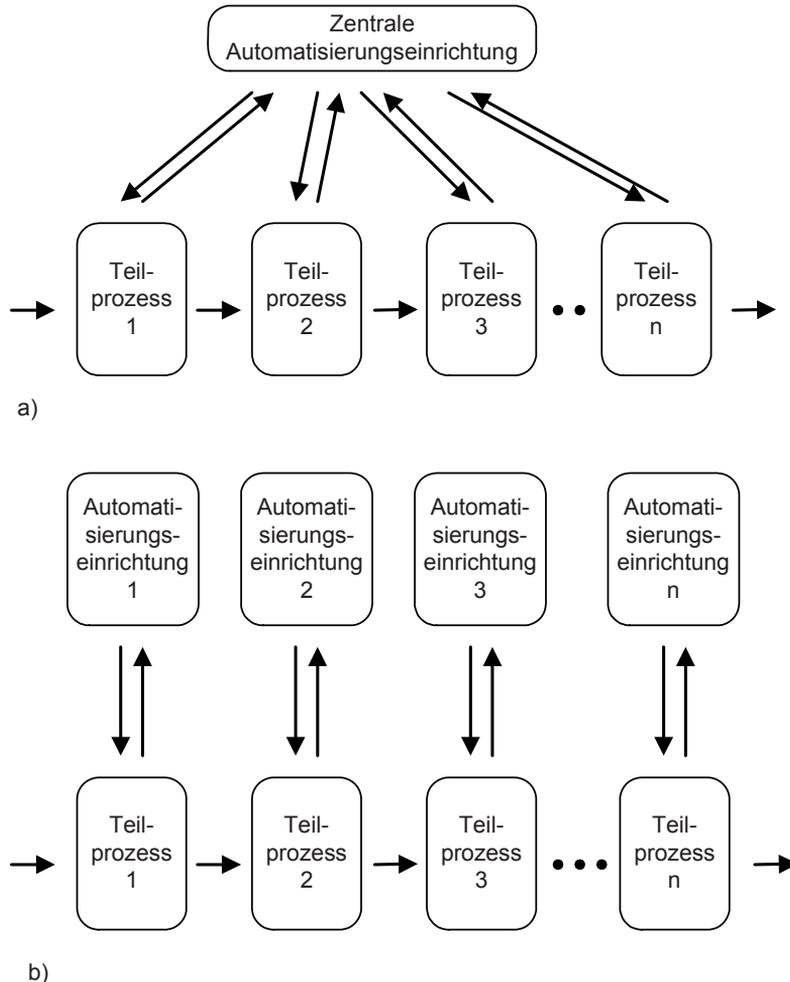


Bild 2.4 Automatisierungsstrukturen [Lau_99] a) zentrale Struktur, b) dezentrale Struktur

Bei Ausfall einzelner Geräte besteht immer noch die Möglichkeit, die Anlage in einen sicheren Zustand zu fahren. Die noch aktiven Mikrorechner organisieren den Übergang in einen stabilen Systemzustand. Es setzte sich immer mehr eine Modularisierung durch. Intelligente Module wurden entwickelt und die Forderung nach klaren einheitlichen Schnittstellen wurde laut. Im Zuge der Modularisierung entstanden überschaubare Teilprogramme und wieder verwendbare Teilsysteme. Erste Verfahren für eine herstellerübergreifende Diagnose entstanden.

Als Vorteile dezentraler Automatisierungsstrukturen sind u. a. zu nennen:

- geringere Projektierungs- und Betriebskosten
- schnellere Realisierung
- größere Verfügbarkeit
- höhere Diagnosefähigkeit
- höhere Flexibilität (z. B. bei Erweiterungen)

Zur Wahl einer entsprechenden Automatisierungsstruktur sollten die folgenden Vergleichskriterien dienen:

- Kosten für die Geräte, die Verkabelung, die Software, die Pflege und Wartung
- Teilverfügbarkeit bei Hardwareausfällen oder bei Softwarefehlern
- Flexibilität bei Änderungen
- Koordinierung der Teilprozesse und Optimierung des Gesamtprozesses
- Bedienbarkeit

Mit der Entwicklung der industriellen Datenkommunikation wurden die Mikrorechner miteinander vernetzt. Verbunden über Bussysteme entstehen so völlig neue Strukturen (Bild 2.5) (Kapitel 5).

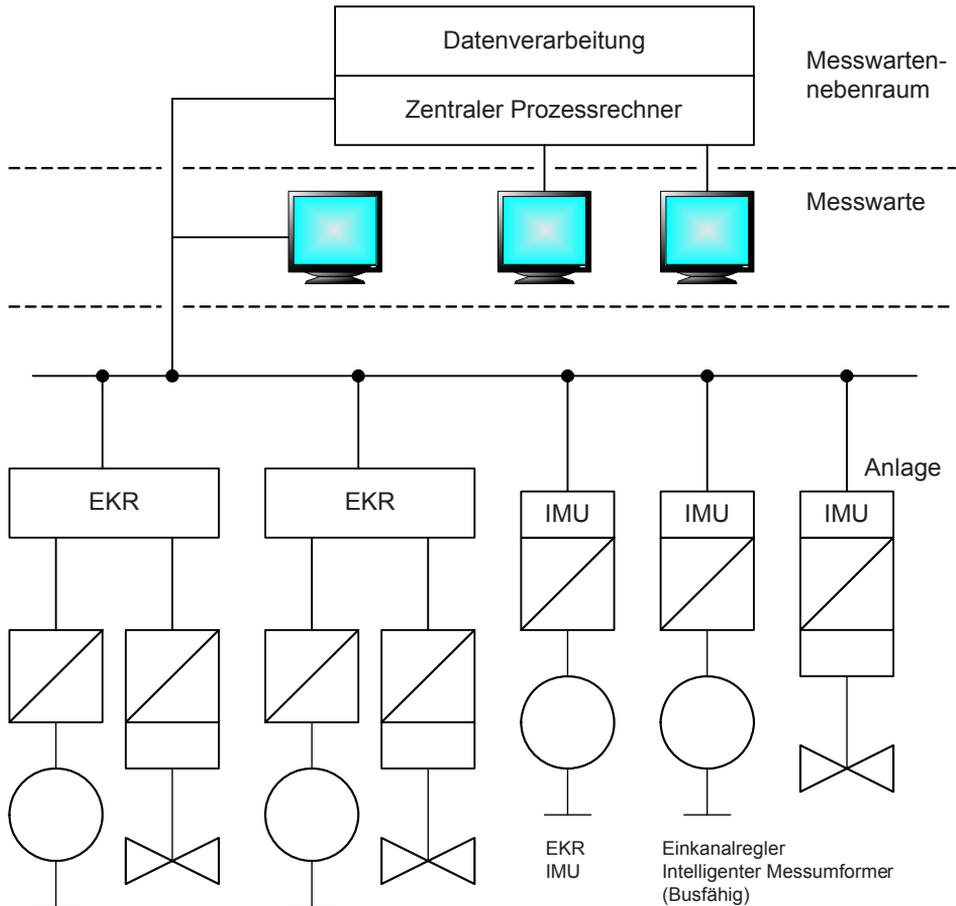


Bild 2.5 Erster Einsatz von Bussystemen

Die Automatisierungsgeräte bilden im Verbund unterschiedlichste Topologien. Es sind Linien-, Ring-, Stern- und Mischstrukturen möglich. Diese Strukturen werden „verteilte Systeme“ genannt (Abschnitt 2.3). In Bild 2.6 ist eine mögliche Mischstruktur dargestellt. Diese aktuell angewendeten Strukturen haben unterschiedlichste Auswirkungen auf die Gerätetechnik, das Engineering und den laufenden Betrieb. Einige Beispiele sind nachfolgend aufgeführt:

- Signalverarbeitung in den intelligenten Feldgeräten
- Bussystem statt Punkt-zu-Punkt-Verbindung
- räumliche Verteilung der Gerätetechnik
- mögliche Wiederverwendung von Programmmodulen
- Verringerung von Steckern und Kabeln

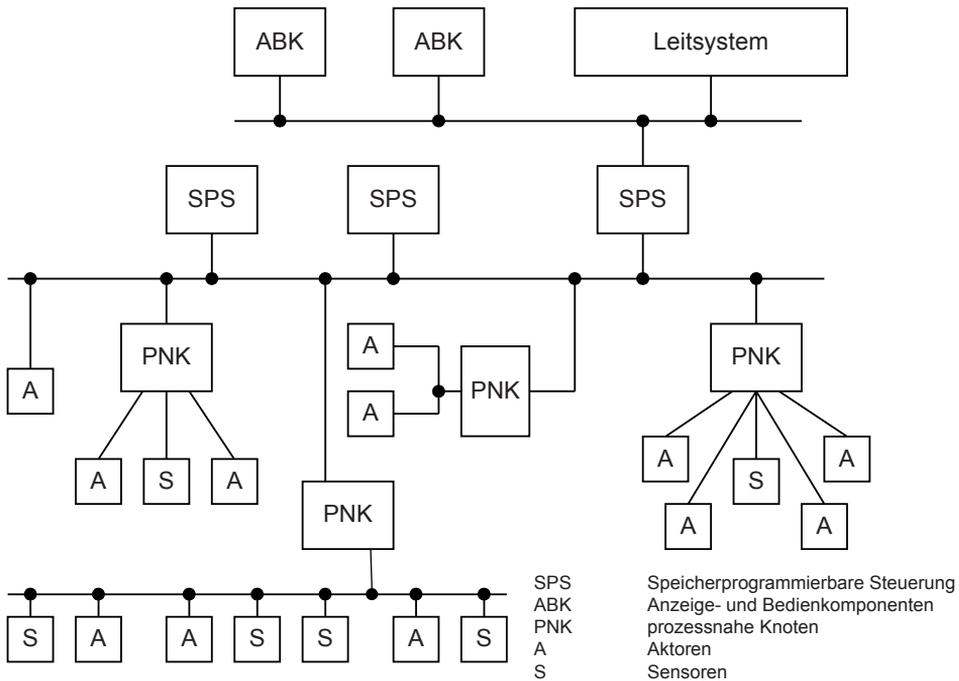


Bild 2.6 Mögliche Mischstruktur heutiger Anlagen

Die in Bild 2.6 dargestellten Gerätegruppen ABK (Anzeige- und Bedienkomponenten) und PNK (prozessnahe Knoten) führen im Wesentlichen die folgenden Aufgaben aus bzw. bestehen beispielgebend aus den aufgeführten Einzelkomponenten:

ABK

- Rezepte/Batch-Abläufe erstellen/modifizieren
- aktuelle Werte ändern
- Kommunikation mit dem Prozess
- Alarmer und Bedienanforderungen bearbeiten
- Prozessvisualisierung
- Schnittstelle zu Datenbanksystemen (Protokollierung)

PNK

- Automatisierungsrechner (SPS, IPC)
- dezentrale Peripherie
- Feldgeräte (Sensoren, Aktuatoren)

■ 2.2 Automatisierungshierarchien

Der Begriff „Hierarchie“ charakterisiert die Rangordnung verschiedener Elemente eines Systems. Diese Elemente sind entsprechend ihrer Bedeutung einander über- oder untergeordneter Hierarchieebenen zugeordnet. In der Automatisierungstechnik sind dies in der Rangfolge vom prozessnahen Bereich (Feld) bis hin zur Unternehmensebene (Management) – von unten nach oben aufsteigend – folgende Hierarchieebenen: prozessnahe Ebene, Koordinierungsebene, Leitebene (siehe Bild 2.7 und Bild 2.8). Je nach Branche und Größe des Automatisierungssystems können Bezeichnung und Anzahl der einzelnen Ebenen variieren.

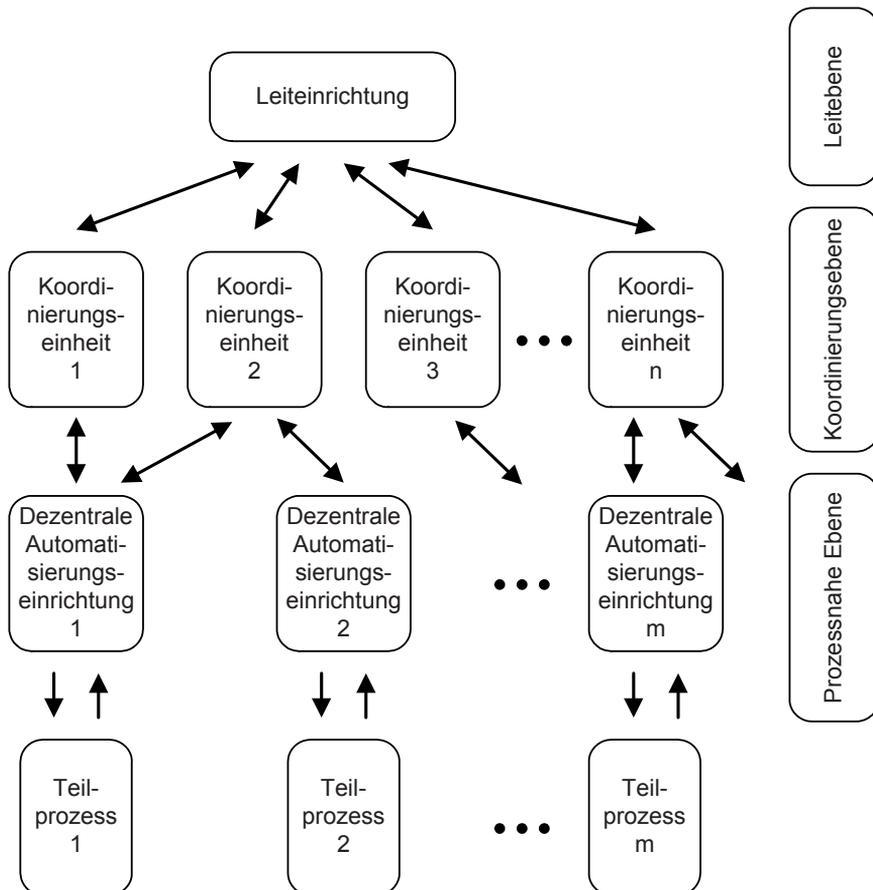


Bild 2.7 Automatisierungshierarchien [Lau_99]

Index

A

ABK 47
Ablaufsprache 156
Adressiergerät 126
Aktuator 63, 83, 85
Alternierende Puls Modulation 136
analog 146
Anlagenautomatisierung 18
Anlagenkennzeichnungssystem 177
Anlagenwelt 197
Anweisungsliste 154
AS-Interface 132
AS-Interface Safety at Work 141
AS-Interface ServiceBook 138
Automat 11
Automatisierungsanlage 41
Automatisierungsaufgabe 30, 64
Automatisierungsebene 108f.
Automatisierungsfelder 16
Automatisierungsgrad 16
Automatisierungskomponenten 107
Automatisierungsobjekte 15
Automatisierungspyramide 36, 125
Automatisierungsstruktur 41, 45

B

Baumstruktur 115
binär 146
Buseigenschaften 114
Busschnittstelle 69
Busspezifikation 126
Bussystem 45

C

CAE-Systeme 158
Computer Aided Engineering 191
CSMA/CA 119
CSMA/CD 118
Cyclic Redundancy Check (CRC) 120

D

Datensicherung 119
Datenübertragungssystem 107
Diagnosetool 126
digital 146
Drosselstellverfahren 99
Durchdringungstechnik 138

E

Einzelreservierung 53
Elektrische Antriebe 87
Elektrotechnik 94
Elementarsensor 70
Erdschlusswächter 138
EVA-Prinzip 150
Ex-Bereich 91

F

Fabrikautomatisierung 72
Feldbussystem 69, 112
Fließbilder 159
Fließbildsymbole 161
Funksystem 124

Funktionsbausteinsprache 155
Funktionswelt 197

G

Gateway 126
Gesamtreservierung 54
Grundfließbild 159

H

Hydraulik 94
Hydraulische Antriebe 91
Hydropumpe 93

I

Informationsausgabe 145
Informationsdarstellung 34
Informationseingabe 145
Informationsgewinnung 64
Informationstransport 34
Informationsverarbeitung 34, 63, 143
Informationsverarbeitungseinheit 144
IO-Link 127

K

Kennbuchstaben 178
Kommunikationsstruktur 107
Kontaktplan 155

L

Lastenheft 180
Leiteinrichtung 33
Linienstruktur 115

M

Master 126
Master-Slave 117
Membranstellantriebe 103
Messaufgabe 72
Messfehler 79

Messstellenblätter 169
Messwert 71
Modulationsverfahren 121

N

Netzteil 126
NTC-Sensor 75

O

Ortswelt 198
OSI-Referenzmodell 110

P

Paritätsbit 119
Pflichtenheft 181
PLANEDS 195
Planung 157
Planungsunterlagen 157
PLT-Stelle 163f.
PLT-Stellenblätter 169
PLT-Stellenplan 172, 198
Pneumatik 94
Pneumatische Antriebe 89
PNK 47
Positioner 104
Produktautomatisierung 18
Programmierung 153
Projektierung 157
Projektierungsaufwand 191
Projektierungsphasen 157, 179
Prozess 20
Prozessabbild 150
Prozessautomatisierung 72, 102
Prozessbeeinflussung 27
Prozessgröße 72
Prozessleittechnik 33
Prozessmodell 31
Prozesszustand 30
Pyrometer 78

R

Redundanz 52
Regelung 28
Repeater 126
R&I-Fließbild 162, 167
Ringstruktur 115

S

Safety-Monitor 140
Sensor 63
Sensor-Aktuator-System 130
Servoantriebe 96
Signalverarbeitungskette 65, 84
Siliziumsensor 76
Slave 126
Speicherprogrammierbare Steuerung 147
SPS 149
Stellantriebe 101
Stelltechnik 83, 85
Sternstruktur 115
Steuerung 29
Strukturierter Text 154

T

Telegrammformat 120
Temperaturmessung 73

Temperatursensor 78, 80
Thermoelement 76
Token Passing 118
Token-Verfahren 117
Topologie 123

U

Übertragungsgeschwindigkeit 123
Übertragungsmedium 123
Übertragungssicherheit 141
Übertragungsstandard 107, 122

V

Verfahrensfließbild 160
Vermaschte Struktur 116
Verstärkung 84

W

Widerstandsthermometer 74

Z

Zugriffsverfahren 117
Zuverlässigersatzschaltung 55
Zyklus 150