



Leseprobe

Taschenbuch der Automatisierung

Herausgegeben von Reinhard Langmann

ISBN (Buch): 978-3-446-44664-9

ISBN (E-Book): 978-3-446-45102-5

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44664-9>

sowie im Buchhandel.

---

## Vorwort

Das vorliegende Taschenbuch fasst die wichtigsten Themenbereiche zusammen, die für die Automatisierung technischer Prozesse erforderlich sind. Das Buch löst sich bewusst von einer sonst eher gerätebezogenen bzw. prozessorientierten Strukturierung, wie sie üblicherweise in automatisierungstechnischen Lehrgebieten (z. B. Automatisierungstechnik, Prozessleittechnik, Prozessautomatisierung, Fertigungsautomatisierung) anzutreffen ist. Es versucht mittels einer übergreifenden Systemstrukturierung die gemeinsamen Aspekte unabhängig von der Art des technischen Prozesses hervorzuheben.

Automatisierung ist heute ohne moderne Informations- und Kommunikationstechnologie nicht mehr denkbar. Die Darstellung der einzelnen Themen im Taschenbuch nimmt deshalb soweit sinnvoll auf die informationstechnischen Inhalte Bezug.

Ein Taschenbuch als Nachschlagewerk erfordert von den Autoren eher die Kunst des Weglassens als die des Hinzuschreibens. Das interdisziplinäre Team der Autoren hat sich bemüht, die Kernaussagen zu berücksichtigen und darüber hinausgehende Inhalte zu verdichten und mit markanten praktischen Beispielen zu ergänzen.

Die vorliegende dritte Auflage wurde umfassend überarbeitet und aktualisiert. Zahlreiche Kapitel wurden hinsichtlich des aktuellen Standes der Technik neu bearbeitet und z. T. ergänzt (z. B. die Kapitel 3, 6 und 8).

Für die konstruktive Mitarbeit aller Autoren sowie für die freundliche und kompetente Unterstützung durch den Fachbuchverlag Leipzig möchte ich mich bedanken und wünsche allen Lesern ein erfolgreiches Stöbern und Nachschlagen in diesem Taschenbuch.

Auch für die dritte Auflage sind die Autoren und der Herausgeber für Hinweise und Anregungen aus dem Leserkreis dankbar und werden diese bei weiteren Nachauflagen berücksichtigen.

Solingen, im März 2017

Reinhard Langmann

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Einleitung</b>	<b>17</b>
0.1	<i>Begriff der Automatisierung</i>	17
0.2	<i>Fachinhalt</i>	17
<b>1</b>	<b>Strukturen</b>	<b>20</b>
1.1	<i>Automatisierung technischer Prozesse</i>	20
1.1.1	Grundbegriffe	20
1.1.1.1	Prozess und Prozesstechnik	20
1.1.1.2	Produktionstechnik	20
1.1.1.3	Informationstechnik	21
1.1.2	Strukturierung produktionstechnischer Prozesse	21
1.1.2.1	Prozessabschnitte	21
1.1.2.2	Prozessoperationen	22
1.1.2.3	Prozessschritte	23
1.1.3	Darstellungsformen für Prozesse	23
1.1.3.1	Grundfließbild	23
1.1.3.2	Formalisierte Prozessbeschreibungen	24
1.1.3.3	GRAF CET-Plan	26
1.1.3.4	Fertigungsablaufplan	27
1.1.4	Anlagenhierarchien	27
1.1.4.1	Produktionstechnische Anlagen	27
1.1.4.2	Teilanlage	28
1.1.4.3	Technische Einrichtung	29
1.1.5	Darstellung verfahrenstechnischer Anlagen	31
1.1.5.1	Fließbilder	31
1.1.5.2	Anlagen- und Apparatekennzeichen (AKZ)	33
1.1.6	Charakteristika technischer Prozesse	36
1.1.6.1	Kontinuierliche Verfahren	36
1.1.6.2	Diskontinuierliche Verfahren	36
1.1.6.3	Fertigungen	37
1.1.6.4	Mengen- und Zeitbegriffe	37
1.1.7	Anlagenkonzepte	38
1.1.7.1	Taxonomien nach NAMUR	38
1.1.7.2	Anlagen für den Fließbetrieb	39
1.1.7.3	Anlagen für den Absatzbetrieb	39
1.1.8	Anforderungen an die Leittechnik	40
1.1.8.1	Anlagentechnische Anforderungen	40
1.1.8.2	Anforderungen aus Sicht der Produktion	41
1.2	<i>Strukturen von Prozessleitsystemen</i>	43
1.2.1	Zielsetzung	43
1.2.2	Topologien	44
1.2.2.1	Parallele Technik	44
1.2.2.2	Zentrale Technik	45
1.2.2.3	Dezentrale Technik	45

1.2.3	Prozessnahe Komponenten (PNK)	47
1.2.3.1	Funktionen	47
1.2.3.2	Aufbau	47
1.2.4	Anzeige- und Bedienkomponenten (ABK)	48
1.2.4.1	Funktionen	48
1.2.4.2	Aufbau	49
1.2.5	Engineering Workstations (EWS)	50
1.2.6	Leitrechnerkomponenten (LRK)	50
1.2.7	Netzwerkkomponenten	51
1.2.7.1	Funktionen	51
1.2.7.2	Topologien und Technologien	51
1.3	<i>Aktuelle Entwicklungen</i>	52
<b>2</b>	<b>Rechner</b>	<b>55</b>
2.1	<i>Einführung</i>	55
2.2	<i>Rechnerkern</i>	56
2.2.1	Darstellung von Prozessgrößen	56
2.2.2	Grundstruktur eines Mikroprozessors	61
2.2.3	Basisfunktionen einer CPU	63
2.2.3.1	Befehlsarten	64
2.2.3.2	Adressierungsarten	66
2.2.3.3	Multitasking-Unterstützung	68
2.2.4	Busschnittstelle	71
2.2.5	Leistungserhöhung des Rechnerkerns	74
2.2.5.1	Parallelverarbeitung	74
2.2.5.2	Schneller Zwischenspeicher	76
2.2.5.3	Mehrkernprozessoren	77
2.3	<i>Eingabe- und Ausgabesystem</i>	78
2.3.1	Betriebsarten für die Ein- und Ausgabe	79
2.3.1.1	Programmierte Ein- und Ausgabe	79
2.3.1.2	Interruptgesteuerte Ein- und Ausgabe	80
2.3.1.3	Direkter Speicherzugriff	83
2.3.2	Prozessrechner-Schnittstellen	84
2.3.2.1	Bussysteme	85
2.3.2.2	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen	87
2.4	<i>Spezielle Rechnerstrukturen</i>	89
2.4.1	Mikrocontroller	89
2.4.2	Signalprozessoren	92
2.4.3	Kundenspezifische Controller	93
2.5	<i>Prozessrechner-Peripherie</i>	93
2.5.1	Digitalausgabe	94
2.5.2	Digitaleingabe	94
2.5.3	Analogausgabe	96
2.5.4	Analogeingabe	97
2.5.5	Echtzeituhren	100
<b>3</b>	<b>Komponenten</b>	<b>101</b>
3.1	<i>Aufbau eines automatisierten Systems</i>	101
3.2	<i>Sensoren</i>	103

---

3.2.1	Einführung in die Sensortechnik	103
3.2.1.1	Sensoreigenschaften	104
3.2.1.2	Physikalische Effekte für Sensoren	105
3.2.1.3	Signalauswertung	108
3.2.2	Sensoren und Messverfahren	110
3.2.2.1	Temperatur	110
3.2.2.2	Kraft, Masse	116
3.2.2.3	Druck	117
3.2.2.4	Drehmoment	121
3.2.2.5	Länge, Winkel	122
3.2.2.6	Position, Lage	124
3.2.2.7	Drehzahl	125
3.2.2.8	Beschleunigung	126
3.2.2.9	Durchfluss	127
3.2.2.10	Füllstand	132
3.2.2.11	Feuchte	136
3.2.2.12	Gassensoren	139
3.3	<i>Aktoren</i>	141
3.3.1	Einführung in die Aktorik	141
3.3.2	Stellglieder für Masseströme	142
3.3.2.1	Übersicht	143
3.3.2.2	Eigenschaften und Kennlinien	143
3.3.2.3	Auswahl von Stellgliedern	146
3.3.3	Stellantriebe	147
3.3.3.1	Eigenschaften	147
3.3.3.2	Elektrische Stellantriebe	148
3.3.3.3	Pneumatische Stellantriebe	149
3.3.3.4	Hydraulische Stellantriebe	150
3.3.3.5	Thermische Stellantriebe	151
3.3.4	Ansteuereinrichtungen	153
3.4	<i>Automatisierungseinrichtungen</i>	154
3.4.1	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) – Aufbau und Wirkungsweise	156
3.4.1.1	Zentralbaugruppe	158
3.4.1.2	Peripheriebaugruppen	158
3.4.1.3	Hardwarekonfiguration	158
3.4.1.4	Einbindung des Anwendungsprogramms	159
3.4.2	PC-basierte Steuerungen (Soft-SPS)	160
3.4.3	Programmierbare Automatisierungs-Controller (Programmable Automation Controller, PAC)	161
3.5	<i>Steuerungen</i>	162
3.5.1	Einführung in die Steuerungstechnik	162
3.5.1.1	Stetige Steuerungen	162
3.5.1.2	Binäre Steuerungen	163
3.5.2	Technische Realisierung	164
3.6	<i>Regelungen</i>	165
3.6.1	Einführung in die Regelungstechnik	166

3.6.2	Berechnungsmethoden für Regelkreise	167
3.6.2.1	Linearisierung	168
3.6.2.2	Differenzialgleichung	169
3.6.2.3	Laplace-Transformation	169
3.6.2.4	Test-/Antwort-Funktionen	170
3.6.2.5	Frequenzgang	171
3.6.3	Elementare Übertragungsglieder	172
3.6.3.1	Typische Regelstrecken	172
3.6.3.2	Typische Regler	176
3.6.4	Regelkreis	179
3.6.4.1	Systemverhalten	180
3.6.4.2	Auswahl geeigneter Regler	180
3.6.4.3	Statisches Regelverhalten	180
3.6.4.4	Stabilität von Regelkreisen	181
3.6.4.5	Regelgüte	184
3.6.4.6	Einstellregeln	185
3.6.5	Technische Realisierung von Reglern	189
3.6.5.1	Elektronische Regler	189
3.6.5.2	Digitale Regler	190
3.6.5.3	Pneumatische Regler	191
3.6.5.4	Regler ohne Hilfsenergie	191
3.6.6	Ergänzende Regelverfahren	191
3.6.6.1	Störgrößenaufschaltung	192
3.6.6.2	Hilfsgrößenaufschaltung	193
3.6.6.3	Kaskadenregelung	194
3.6.6.4	Adaptive Regler	194
3.6.6.5	Schaltende Regler	196
3.6.6.6	Zweipunktregler ohne Rückführung	196
3.6.6.7	Zweipunktregler mit Rückführung	197
3.6.6.8	Dreipunktregler	198
3.6.7	Fuzzy-Regler	198
<b>4</b>	<b>Modelle</b>	<b>202</b>
4.1	<i>Einführung</i>	202
4.1.1	Modellbildung	202
4.1.2	Modellnutzung	203
4.2	<i>Prozessmodelle</i>	204
4.2.1	Theoretische Prozessanalyse	205
4.2.1.1	Ablauf der theoretischen Modellbildung	205
4.2.1.2	Methode der Bilanzgleichungen	206
4.2.2	Experimentelle Prozessanalyse	208
4.2.2.1	Modellgüte	208
4.2.2.2	Testsignale	209
4.3	<i>Steuer- und Ablaufmodelle</i>	210
4.3.1	Überblick	210
4.3.2	Programmablaufplan	213
4.3.3	Zustands- und Automatengraph	217
4.3.3.1	Zustandsgraph	217
4.3.3.2	Automatengraph	218

---

4.3.4	Steuernetz	223
4.3.5	SPS-Modelle	226
4.3.5.1	Einordnung	226
4.3.5.2	Der SPS-Standard IEC 61 131	227
4.3.5.3	Software-Modell des Standards IEC 61 131-3	228
4.3.5.4	SPS-Modelle nach IEC 61 131-3	230
4.3.5.5	Zum Umfeld der IEC 61 131-3	238
4.4	<i>Informationstechnische Modelle</i>	239
4.4.1	Software-Entwicklung	239
4.4.2	Strukturierte Methoden	241
4.4.2.1	Systementwicklung und strukturierte Methoden	241
4.4.2.2	Strukturierte Analyse	244
4.4.2.3	Real-Time-Analyse	246
4.4.3	Objektorientierte Methoden	249
4.4.3.1	Objektorientierte Analyse	249
4.4.3.2	Unified Modeling Language	250
4.4.3.3	Webbasierte Methoden	251
<b>5</b>	<b>Programme</b>	<b>254</b>
5.1	<i>Betriebssysteme</i>	254
5.1.1	Begriffe	254
5.1.1.1	Programmsystem	254
5.1.1.2	Betriebssystem	254
5.1.1.3	Anwendungs-Software	255
5.1.1.4	Ebenenmodell der Programmsysteme	255
5.1.1.5	Aufträge und Rechenprozesse	255
5.1.1.6	Betriebsarten	256
5.1.2	Betriebssystemkern	257
5.1.2.1	Komponenten	257
5.1.2.2	Unterbrechungsbearbeitung	259
5.1.2.3	Prozessverwaltung	260
5.1.2.4	Zeitverwaltung	268
5.1.2.5	Speicherverwaltung	269
5.1.2.6	Geräteverwaltung	271
5.1.2.7	Dateiverwaltung	273
5.1.3	Betriebssystemschale	277
5.1.3.1	Komponenten	277
5.1.3.2	Betriebssprachen	278
5.1.3.3	Grafische Bedienoberflächen	278
5.1.3.4	Programme zur Systempflege	280
5.1.4	Realzeitbetrieb	280
5.1.4.1	Begriffe und Voraussetzungen	280
5.1.4.2	Realzeitprozesse im Singletask-Betrieb	281
5.1.4.3	Realzeitprozesse im Multitask-Betrieb	282
5.1.4.4	Realzeitmöglichkeiten marktüblicher Betriebssysteme	283
5.2	<i>Programmiersprachen</i>	284
5.2.1	Genealogie	284

5.2.2	Prozessprogrammiersprachen	285
5.2.2.1	Allgemeine Kriterien	285
5.2.2.2	C als Prozessprogrammiersprache	285
5.2.3	SPS-Programmierung nach DIN EN 61 131-3	286
5.2.3.1	Softwaremodell	286
5.2.3.2	Grafische Programmiersprachen	287
5.2.3.3	Textuelle Programmiersprachen	290
5.2.3.4	Ablaufsprache	291
5.2.4	Programmierungsumgebung	293
5.2.4.1	Editoren	293
5.2.4.2	Übersetzer	294
5.2.4.3	Testhilfen	295
5.3	<i>Objektorientiertes Programmieren</i>	296
5.3.1	Grundlagen	296
5.3.1.1	Objekte und Klassen	296
5.3.1.2	Beziehungen zwischen Objekten	297
5.3.1.3	Beziehungen zwischen Klassen	298
5.3.2	Objektorientierte Programmiersprachen	299
5.3.2.1	Anforderungen	299
5.3.2.2	Eigenschaften objektorientierter Programmiersprachen	299
5.3.2.3	Beispiele objektorientierter Sprachen	300
5.4	<i>Komponentenbasiertes Programmieren</i>	303
5.4.1	Grundlagen	303
5.4.1.1	Technische Motivation	303
5.4.1.2	Anforderungen an Komponentenmodelle	303
5.4.2	Architekturen und Komponentenmodelle	304
5.4.2.1	CORBA	304
5.4.2.2	DCOM	306
5.4.2.3	Realisierte Komponentenmodelle	306
<b>6</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>309</b>
6.1	<i>Kommunikationstechnik im industriellen Umfeld</i>	309
6.1.1	Zweck der industriellen Kommunikationstechnik	309
6.1.2	Anforderungen an industrielle Kommunikationstechnologien	310
6.2	<i>Referenzmodelle für Kommunikationssysteme</i>	311
6.2.1	OSI-Referenzmodell	313
6.2.2	TCP/IP-Referenzmodell	317
6.3	<i>Kommunikationstechnologien</i>	320
6.3.1	Kommunikation auf der physikalischen Ebene	321
6.3.2	Netzwerktopologien	334
6.3.3	Medienzugriff	339
6.3.4	Ethernet	353
6.3.5	Funktechnologien	363
6.4	<i>Paketübertragung auf der Netzwerkschicht</i>	382
6.4.1	IP Version 4 (IPv4)	384
6.4.2	IP Version 6 (IPv6)	390
6.5	<i>Industrielle Kommunikationstechnik</i>	394
6.5.1	Einfache digitale Schnittstellen	394



---

6.5.2	Feldbusse	400
6.5.3	Industrielles Ethernet	416
<b>7</b>	<b>Mensch-Maschine-Systeme</b>	<b>422</b>
7.1	<i>Einführung</i>	422
7.2	<i>Mensch-Maschine-Kommunikation</i>	424
7.2.1	Aufgaben- und Tätigkeitssituationen	424
7.2.2	Bedien- und Benutzerfreundlichkeit	425
7.2.3	Mensch-Rechner-Schnittstelle	426
7.2.4	Kommunikationsformen	426
7.3	<i>Grafische Benutzerschnittstellen</i>	427
7.3.1	Grundlagen	427
7.3.2	Grafische Systeme und Schnittstellen	428
7.3.3	Fenstertechnik	430
7.3.3.1	X-Window-System	431
7.3.3.2	MS Windows	431
7.3.4	Interaktion und Dialog	432
7.3.5	Gestaltung	433
7.4	<i>Informationsvisualisierung</i>	438
7.4.1	Grafische Datenanalyse	439
7.4.1.1	Datenmatrixen	439
7.4.1.2	Datenbanken	440
7.4.2	Prozessvisualisierung	441
7.4.2.1	Bildobjekte für technische Prozesse	442
7.4.2.2	Erzeugung der Bilddynamik	443
7.4.2.3	Prozessvisualisierungssysteme	446
7.4.2.4	Prozessvisualisierung im Internet	447
7.4.3	Neue Techniken der MMK	450
7.4.3.1	Virtual Reality	451
7.4.3.2	Computer Augmented Reality	452
7.4.3.3	Multimedia	453
<b>8</b>	<b>Anwendungen</b>	<b>454</b>
8.1	<i>Rezeptsteuerung und Verfahrenslogistik</i>	454
8.1.1	Grundbegriffe	454
8.1.2	Funktionenmodelle und Aufgabenbereiche	455
8.1.2.1	Funktionenmodell nach NE 33	455
8.1.2.2	Aufgabenbereiche nach DIN EN 61 512-1	457
8.1.3	Produktunabhängige Steuerungskomponenten für Produktionsprozesse	457
8.1.3.1	Steuerfunktionselemente	457
8.1.3.2	Steuerfunktionen	458
8.1.4	Rezepte	460
8.1.4.1	Rezeptausprägungen und -hierarchien (nach NAMUR NE 33)	460
8.1.4.2	Rezeptausprägungen und -hierarchien nach DIN EN 61 512-1	463

8.1.4.3	Aufbau von leittechnischen Grundoperationen und Steueroperationen	465
8.1.4.4	Darstellungsformen	466
8.1.5	Steuerungskomponenten für die Rezeptfahrweise und Verfahrenslogistik	468
8.1.5.1	Teilanlagensteuerung	468
8.1.5.2	Anlagensteuerung	469
8.1.6	Rezeptausführung	470
8.1.6.1	Bearbeitungsstände von Chargen	470
8.1.6.2	Zustände von Steuerungskomponenten	470
8.1.7	Bedienkonzepte	472
8.1.7.1	Betriebsarten von Steuerungskomponenten	472
8.1.7.2	Bedienen und Beobachten	474
8.1.8	Chargendokumentation	474
8.1.9	Erstellen und Pflegen von Rezepten	474
8.1.9.1	Implementierung von Ausprägungen	474
8.1.9.2	Erzeugung von Rezeptausprägungen	475
8.2	<i>Motion Control, Bahnsteuerungen</i>	476
8.2.1	Einführung, Begriffe	476
8.2.2	Geregelte elektrische Antriebssysteme	478
8.2.2.1	Grundlagen Regelung elektrischer Antriebe	478
8.2.2.1.1	Dynamisches Verhalten elektrischer Antriebe	478
8.2.2.1.2	Regelkonzepte elektrischer Antriebe	481
8.2.2.2	Gerätetechnische Ausführung von Umrichtern für Drehstromantriebe	483
8.2.2.3	Übersicht Umrichterfunktionalität	484
8.2.2.3.1	Reglergrundfunktionen	486
8.2.2.3.2	Kommunikations- und Schnittstellenfunktionen	487
8.2.2.3.3	Überwachungs- und Sicherheitsfunktionen	488
8.2.3	Motion Control – Anwendungen	489
8.2.3.1	Positioniersteuerung	490
8.2.3.2	Synchronisierte Antriebe	491
8.2.4	Grundlagen Bahnsteuerungen	493
8.2.4.1	Teileprogramm und Steuerdatenaufbereitung	494
8.2.4.2	Geometriedatenerzeugung	495
8.2.4.3	Bahninterpolator – Trajektoriengenerierung	495
8.2.4.4	Kinematische Transformationen	497
8.3	<i>NC-Technik</i>	497
8.3.1	NC-Maschinen	497
8.3.2	Grundlagen der Werkstoffbearbeitung	498
8.3.3	Koordinatensysteme in Werkzeugmaschinen	499
8.3.4	Numerische Steuerungen	501
8.3.4.1	NC-Systeme	501
8.3.4.2	Programmiersprachen	503
8.3.5	Fertigungssysteme	505
8.3.6	Fertigungsintegration	507

---

8.3.7	Die digitale Fabrik	509
8.3.8	Ziel und Aufgaben der digitalen Fabrik	510
8.4	<i>Industrieroboter</i>	512
8.4.1	Struktur von Industrierobotern	512
8.4.2	Programmierung von Robotern	515
8.4.3	Sensorführung	517
8.4.4	Industrielle Bildverarbeitung	520
8.4.5	Anwendungsbeispiele	524
8.5	<i>Intelligente Rechnersysteme</i>	526
8.5.1	Einleitung	526
8.5.2	Intelligente Maschinen	527
8.5.3	Fuzzy-Logik	528
8.5.3.1	Fuzzy-Sets	529
8.5.3.2	Zugehörigkeitsfunktionen	530
8.5.3.3	Fuzzy-Steuerungssystem	531
8.5.4	Expertensysteme	532
8.5.4.1	Fuzzy-Expertensysteme	534
8.5.5	Neuronale Netze	534
8.5.5.1	Aufbau von neuronalen Netzen	534
8.5.5.2	Eigenschaften	535
8.5.5.3	Lerntypen	536
8.5.5.4	Datendarstellung	537
8.5.5.5	Typen von neuronalen Netzen	537
8.5.6	Genetische Algorithmen	538
<b>9</b>	<b>Projekte</b>	<b>539</b>
9.1	<i>Projektmanagement</i>	539
9.1.1	Ziele	539
9.1.2	Begriffe	539
9.1.3	Abwicklungsphasen	542
9.1.3.1	Vorgehensweise im Projekt	542
9.1.3.2	Grundlagenermittlung	543
9.1.3.3	Vorplanung	544
9.1.3.4	Basisplanung	544
9.1.3.5	Ausführungsplanung	545
9.1.3.6	Errichtung	548
9.1.3.7	Inbetriebsetzung	548
9.1.3.8	Projektabschluss	549
9.1.4	Qualitätssicherung in der Prozessleittechnik	549
9.1.4.1	Begriffe	549
9.1.4.2	Qualitätssicherung in der Produktion	551
9.1.4.3	Validierung von Prozessen	551
9.2	<i>Verfügbarkeit und Sicherheit von PLS-Komponenten</i>	554
9.2.1	Begriffe zur Verfügbarkeit und Sicherheit	554
9.2.2	Erhöhung der Verfügbarkeit von PLS-Komponenten	555
9.2.2.1	Eigenüberwachung von PLS-Komponenten	555
9.2.2.2	Backup- und Redundanzkonzepte	557
9.2.3	Sicherung von Daten auf Rechnern	559
9.2.3.1	Backup-Medien	559

9.2.3.2	Organisatorische Maßnahmen für Backups	560
9.2.3.3	RAID-Technologie	561
9.2.4	Schutz gegen unautorisierten Zugang	562
9.2.5	Schutz gegen feindliche Software (Malware)	563
9.2.5.1	Malware	563
9.2.5.2	Viren	564
9.2.5.3	Würmer und Trojanische Pferde	564
9.2.5.4	Gegenmaßnahmen	565
9.3	<i>Sicherheit</i>	567
9.3.1	Begriffe	567
9.3.1.1	Sicherheit und Verfügbarkeit	567
9.3.1.2	Wertebereiche von Prozessgrößen	567
9.3.1.3	Erhöhung der Anlagensicherheit	569
9.3.1.4	Sicherheitsanalysen	570
9.3.2	Einteilung der PLT-Einrichtungen	571
9.3.2.1	Klassifizierung nach VDI/VDE und NAMUR	571
9.3.2.2	Darstellung der Funktionalität	572
9.3.3	Überwachungseinrichtungen	573
9.3.4	Schutz- und Schadensbegrenzungseinrichtungen	574
9.3.4.1	Allgemeine Kriterien	574
9.3.4.2	PLT-Schutzeinrichtungen	575
9.3.4.3	PLT-Schadensbegrenzungseinrichtungen	579
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>580</b>
10.1	<i>Normen und Richtlinien</i>	580
10.1.1	Normen-Auskunftscentren	580
10.1.2	Normungsinstitutionen	580
10.1.3	Bezeichnungen von Normen und Standards	580
10.1.4	DIN-Normen	581
10.1.5	VDI/VDE-Richtlinien	583
10.1.6	NAMUR-Richtlinien	586
10.1.7	Internationale Standards	586
10.2	<i>Gremien und Verbände</i>	587
10.3	<i>Messen, Ausstellungen und Veranstaltungen</i>	588
10.4	<i>Abkürzungen</i>	589
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>595</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>611</b>

---

# 1 Strukturen

Norbert Große, Wolfgang Schorn

---

## 1.1 Automatisierung technischer Prozesse

---

### 1.1.1 Grundbegriffe

---

#### 1.1.1.1 Prozess und Prozesstechnik

Unter einem **Prozess** versteht man Abläufe, mit welchen Materie, Energie oder Information umgeformt bzw. transportiert werden, DIN EN ISO 10 628 /1.1/. Die **Prozesstechnik** befasst sich mit der Durchführung solcher Vorgänge.

Nach SCHÖNE /1.2/ und TGL 25 000-1 /1.3/ definiert man weitere Teilgebiete (→ Bild 1.1).

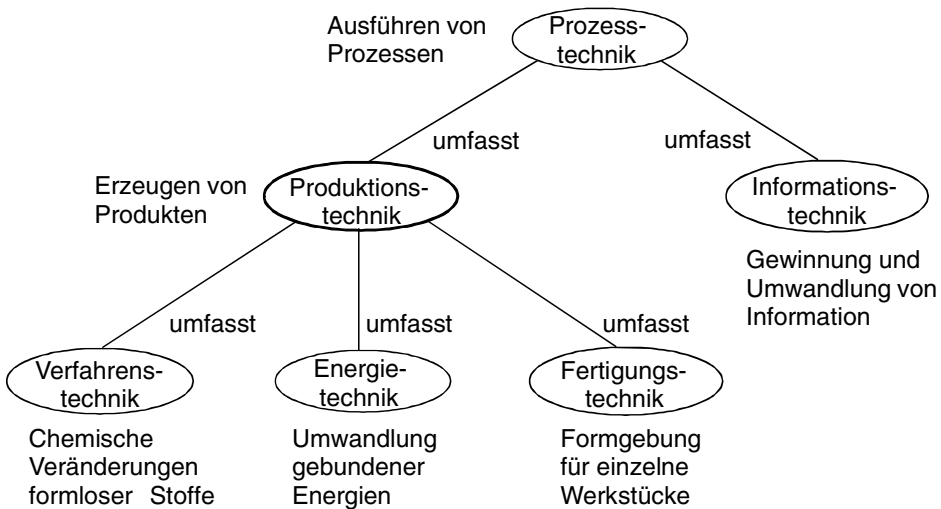


Bild 1.1 Teilgebiete der Prozesstechnik nach SCHÖNE /1.2/

---

#### 1.1.1.2 Produktionstechnik

Bei der Produktionstechnik geht es um die Herstellung von Produkten und um die Gewinnung nutzbarer Energien. Hierbei unterscheidet man drei Kategorien:

- Gegenstand der **Verfahrenstechnik** ist das Erzeugen formloser Stoffe. Dies sind typisch Gase, Flüssigkeiten, Pasten, Pulver, Granulate und dgl.

Verfahrenstechnische Prozesse werden nach DIN EN ISO 10 628 /1.1/ auch **Verfahren** genannt. Verfahrensklassen sind **Fließverfahren (Konti-Verfahren)** zur kontinuierlichen Herstellung großer Stoffmengen über längere Zeiträume und **Chargenverfahren (Absatzverfahren)** für häufig wechselnde Produkte.

- Das Ziel der **Fertigungstechnik** ist die Herstellung einzelner Werkstücke (Erzeugnisse) mit definierter Form und festgelegten Abmessungen. Bei diesen Gütern spielt die geometrische Gestalt eine wichtige Rolle. Fertigungstechnische Prozesse heißen auch **Fertigungen**. Hier gibt es die **Linienfertigung** für die Herstellung großer Produktmengen über längere Zeiträume und die **Werkstattfertigung** bei wechselnden Produkten kleinerer Stückzahl.
- Im Bereich der **Energietechnik** werden gebundene Energien in Energieformen umgesetzt, welche sich unmittelbar in technischen Anwendungen nutzen lassen. Es geht dabei um das Umwandeln, Transportieren und Speichern von Energie.

### 1.1.1.3 Informationstechnik

Bei informationstechnischen Prozessen befasst man sich mit der Gewinnung und Auswertung von Informationen. Unter anderem gehören Mess- und Prüfprozesse ebenso dazu wie die Vorgänge bei der Informationsverarbeitung mittels EDV-Anlagen und Prozessleitsystemen.

## 1.1.2 Strukturierung produktionstechnischer Prozesse

### 1.1.2.1 Prozessabschnitte

Untergliedern kann man produktionstechnische Prozesse in weitere Einheiten, die sog. **Prozessabschnitte** (DIN 61 512-1 /1.5/). Hierunter sind Teile von Prozessen zu verstehen, welche sich organisatorisch weitgehend autark ausführen lassen und zur Verarbeitung von Stoffen dienen. Die Aufteilung eines Prozesses in Abschnitte ist von großer Bedeutung für das Aufrechterhalten der Produktion bei Störungen oder kurzzeitigen Außerbetriebnahmen etwa für Wartungsaufgaben und muss beim Anlagenbau durch das Einrichten von Pufferbehältern oder Zwischenlagern berücksichtigt werden.

In der Fertigungstechnik spricht man von **Fertigungsabschnitten**, in der Verfahrenstechnik von **Verfahrensabschnitten**. In Anlehnung an EIGENBERGER /1.6/ sind folgende Kategorien von Verfahrensabschnitten entsprechend der Art der technologischen Vorgänge unterscheidbar:

- **Stoffaufbereitung:** Hierbei werden die zu verarbeitenden Einsatzstoffe für die Produktion vorbereitet, z. B. zerkleinert, aufkonzentriert usw. Die chemischen Stoffeigenschaften werden hierbei nicht verändert.
- **Stoffumwandlung:** In einem solchen Verfahrensabschnitt stellt man die eigentlichen Produkte her. Es finden chemische Vorgänge (Reaktionen) statt, wobei neue Stoffe (i. Allg. auch unerwünschte Nebenprodukte) entstehen.
- **Stoffaufarbeitung:** Die produzierten Ausgangsstoffe werden Nachbehandlungsschritten unterzogen. Hierzu gehören beispielsweise Trennvorgänge sowie Abfüll- und Verpackungsarbeiten. Auch hier bleiben die Stoffeigenschaften erhalten.

Eine alternative Möglichkeit der Definition von Verfahrensabschnitten ergibt sich aus der zur Ausführung gewählten Produktionsmethode (kontinuierlich, diskontinuierlich).

---

### 1.1.2.2 Prozessoperationen

Prozessabschnitte setzen sich aus Vorgängen zusammen, welche die Eigenschaften von Stoffen oder Energien beeinflussen oder dem Transport oder der Speicherung dienen. Diese Vorgänge heißen nach DIN 61 512-1 /1.5/ **Prozessoperationen**.

Operationen der Fertigungstechnik nennt man **Fertigungsoperationen**; eine Operation zur Werkstückbearbeitung wird nach MEINBERG, TOPOLEWSKI /1.26/ auch als **Fertigungsstufe** bezeichnet.

In der Verfahrenstechnik spricht man von **Grundoperationen**. Bei diskontinuierlicher Produktion besteht ein Verfahrensabschnitt aus einer sequenziellen Folge solcher Operationen, welche jeweils zu quasistationären Zwischenzuständen mit definierten Produkteigenschaften führen. Kontinuierliche Verfahrensabschnitte enthalten – abgesehen von An- und Abfahrvorgängen – stets *eine* Grundoperation. **Leittechnische Grundoperationen** sind nach NAMUR NE 33 /1.7/ Arbeitsfolgen zur Realisierung der nachstehend beschriebenen **verfahrenstechnischen Grundoperationen** sowie von **Speicher- und Transportoperationen**.

Nach TGL 25 000-1 /1.3/ stellen **verfahrenstechnische Grundoperationen** zielgerichtete Handlungen dar, mit welchen man Zwischenprodukte mit definierten Eigenschaften erzeugen kann. Mittels solcher Grundoperationen werden über physikalische Vorgänge die Zusammensetzung, der Verteilungsgrad oder der Energieinhalt des betreffenden Guts verändert.

Der zugrunde liegende angelsächsische Begriff *Unit Operation* wurde 1915 von LITTLE /1.8/ in den USA geprägt. Nach TGL 25 000-1 /1.3/ kann man folgende Einteilung vornehmen:

- **Grundoperationen zur Stofftrennung:** Hiermit sind z. B. Vorgänge zum Destillieren, Filtrieren, Trocknen, Eindampfen, Kondensieren etc. verbunden.
- **Grundoperationen zur Stoffvereinigung:** Dazu zählt man das Kneten, Suspendieren, Verschmelzen, Mischen von Gasen usw.
- **Grundoperationen zur Stoffzerteilung:** Hierzu gehören das Brechen, Mahlen und Zerschneiden.
- **Grundoperationen zum Agglomerieren:** Diese bedeuten z. B. Tablettieren, Brikettieren, Sintern.
- **Grundoperationen zum Ändern der Enthalpie:** Hierunter versteht man Aufheiz- und Abkühlvorgänge wie etwa Verdampfen, Erstarren, Kondensieren, Erwärmen und Abkühlen von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen.

### 1.1.2.3 Prozessschritte

Die Elemente der Prozessoperationen sind nach DIN 61 512-1 /1.5/ **Prozessschritte**. Solche Schritte lassen sich nicht sinnvoll in kleinere, prozesstechnisch autonome Einheiten zerlegen; sie sind die unterste Stufe definierbarer Vorgänge innerhalb eines technischen Prozesses. Prozessschritte werden durch Prozessereignisse oder menschliche Eingriffe beendet.

In der Fertigungstechnik kann man zwei Klassen von **Fertigungsschritten** unterscheiden:

- **Handhabungsfunktionen** nach VDI 2860 /1.27/ dienen zum Positionieren und zum Prüfen von Werkstücken.
- Mit **Arbeitsvorgängen** nach TGL 21 639 /1.28/ werden Werkstücke bearbeitet.

In der Verfahrenstechnik werden die Begriffe **Verfahrensschritt** und – nach NAMUR NE 33 /1.7/ – **Grundfunktion** verwendet. Beispiele sind Vorgänge wie Rühren, Dosieren und Heizen.

## 1.1.3 Darstellungsformen für Prozesse

### 1.1.3.1 Grundfließbild

Das **Grundfließbild** entsprechend DIN EN ISO 10 628 /1.1/ gibt Vorgänge und deren Zusammenhänge mit Rechtecken und gerichteten Linien wieder.

Bild 1.2 zeigt die Darstellung eines Verfahrens.



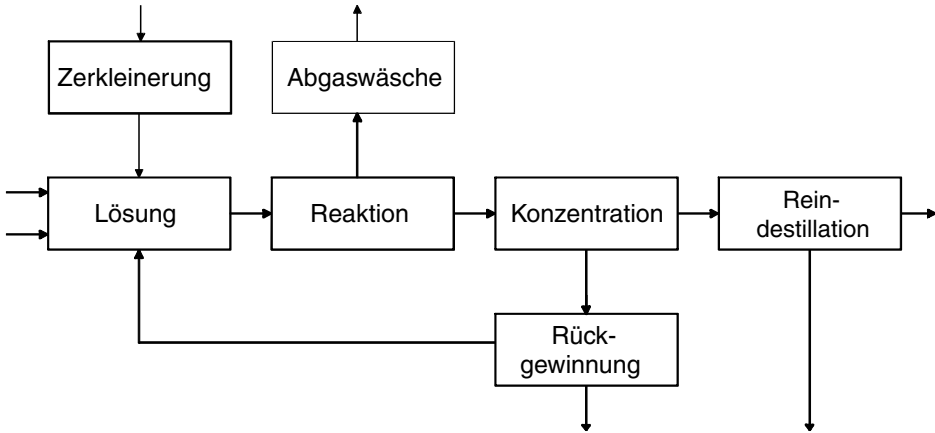


Bild 1.2 Grundfließbild nach DIN EN ISO 10628 /1.1/

Bei produktionstechnischen Prozessen bedeuten diese Rechtecke je nach Detaillierungsstufe Prozessabschnitte, Prozessoperationen oder Prozessschritte. Die gerichteten Linien repräsentieren konditionale Zusammenhänge. Speicher- und Transportoperationen werden nicht mit eigenen Symbolen dargestellt.

### 1.1.3.2 Formalisierte Prozessbeschreibungen

Als Alternative zum Grundfließbild kann man **formalisierte Prozessbeschreibungen** (auch unter der Bezeichnung **Phasenmodelle** bekannt) nach VDI/VDE 3682 /1.29/ verwenden. Sie beschreiben das Wechselspiel zwischen Stoffen und Energien einerseits und Vorgängen andererseits.

Diese Darstellungsformen kennen folgende Objekttypen mit zugehörigen Typkennzeichen TK und grafischen Symbolen:

- Stoffe (TK: P) werden durch Kreise dargestellt, Energien bzw. Energieträger (TK: E) durch Rauten.
- Vorgänge wie z. B. Prozessabschnitte oder -operationen (TK: O) gibt man mit Rechtecken (sog. **Prozessoperatoren**, früher als **Prozesselemente** bezeichnet) wieder. Ein Prozessoperator kann wiederum eine formalisierte Prozessbeschreibung beinhalten; ein Vorgang kann also seinerseits in Vorgänge zerlegt oder *dekomponiert* werden. Formalisierte Prozessbeschreibungen können hierarchisch aufgebaut sein.
- Für Ressourcen wie etwa Teilanlagen oder technische Einrichtungen (TK: T → 1.1.4.3) werden Langrunde verwendet.
- Stoff- oder Energieflüsse (ohne TK) stellt man mit einfachen Pfeilen dar, Ressourcennutzungen (ohne TK) mit gestrichelten Doppelpfeilen.
- Die Systemgrenze (auch: Bilanzraum) der betrachteten Vorgänge (TK: B) wird durch ein gestricheltes Rechteck wiedergegeben.

Eindeutige Bezeichnungen (Idents, engl. auch *tags*) von Objekten erhält man durch Kombination des Typkennzeichens mit einer alphanumerischen Zeichenfolge. Bei Ressourcen lässt sich ein „sprechendes“ Ident z. B. aus einem Anlagenstrukturkennzeichnungssystem AKZ (→ 1.1.5.2) ableiten, sodass eine Pumpe in einer Destillationsteilanlage etwa mit T\_DS1PA10 bezeichnet werden kann.

Bild 1.3 enthält als Beispiel zwei ortssequenzielle Verfahrensabschnitte.

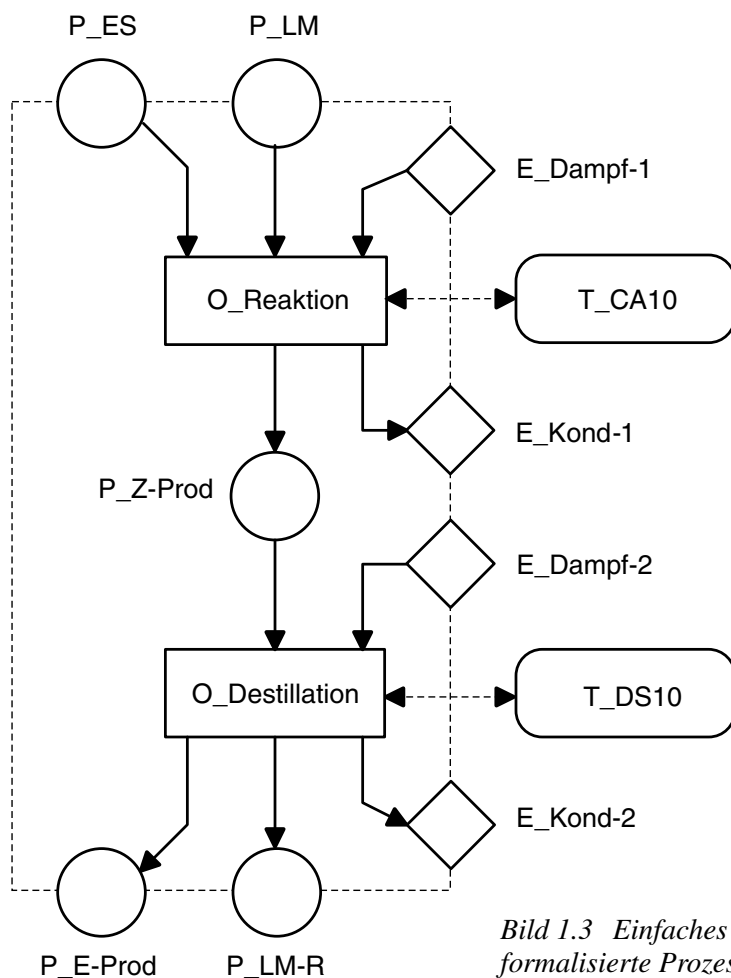


Bild 1.3 Einfaches Beispiel für eine formalisierte Prozessbeschreibung

- Im Verfahrensabschnitt **Reaktion** wird ein Zwischenprodukt *Z-Prod* aus Einsatzstoff *ES* und Lösemittel *LM* erzeugt. Hierzu wird als Energieträger Heizdampf *Dampf-1* verwendet, welcher als Kondensat *Kond-1* wieder austritt. Die Reaktion läuft in der technischen Ressource (einer Teilanlage → 1.1.4.2) *CA10* ab.
- Im Verfahrensabschnitt **Destillation** wird das Zwischenprodukt *Z-Prod* in Lösemittel *LM-R* und Endprodukt *E-Prod* aufgespalten. Auch hier wird als Energieträger Heizdampf *Dampf-2* verwendet, welcher als Kondensat *Kond-2* wieder austritt. Die Destillation läuft in der Teilanlage *DS10* ab.

Der Informationshaushalt von Prozessen wird durch **Attribute** der zugehörigen Objekte beschrieben. Hierbei unterscheidet man zwischen **Kennzeichen** und **Merkmale**.

- Das **Kennzeichen** (die Identifikation) eines Objekts enthält das bereits angegebene Ident., einen Langnamen, einen Kurznamen, Versionsangaben u. a. Hinzu kommen objektspezifische Verweise auf Zusatzinformationen, bei einem Prozessoperator z. B. auf Produkte und Energien.
- Die **Merkmale** (Charakteristika) umfassen jeweils wiederum ein Kennzeichen (hier auch Kategorie genannt), eine Beschreibung (z. B. physikalische Einheit, Grenzwerte, Messwerthistorie) und ggf. Referenzen auf weitere Informationen, z. B. auf Prozessmodelle.

### 1.1.3.3 GRAFCET-Plan

Eine weitere Möglichkeit zur Darstellung von Prozessen ist der **GRAFCET-Plan** (auch Ablaufplan, Funktionsplan) mit Symbolen nach DIN EN 60 848 /1.30/ (→ 4.3.5). Man verwendet ihn, wenn man die zur Prozessdurchführung erforderlichen Steuerungsaktivitäten hervorheben will. Bild 1.4 gibt als Beispiel ein diskontinuierliches Verfahren wieder.

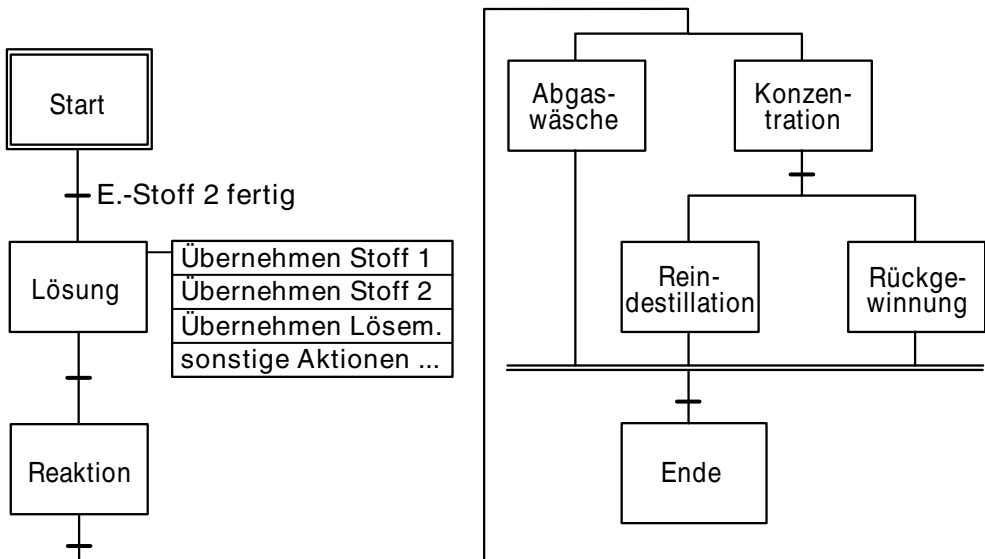


Bild 1.4 GRAFCET-Plan für ein Verfahren

Bei einem **GRAFCET-Plan** stellen die Rechtecke Maßnahmen (**Steuer-schritte**) zur Durchführung von Vorgängen dar. Auch hier können diese Vorgänge Prozessabschnitte oder Prozessoperationen sein. Die gerichteten Linien repräsentieren konditionale Zusammenhänge, und die Bedingungen

zum Durchführen eines Steuerschritts in Abhängigkeit von anderen Steuerschritten gibt man mit Querbalken an. Übergänge zwischen Schritten nennt man **Transitionen**. Neben den Schrittsymbolen kann man Einzelheiten der zugehörigen Maßnahmen notieren. Diese Details nennt man **Aktionen**, und sie haben – je nach Detaillierungsgrad der Darstellung – die Bedeutung von Prozessoperationen oder Prozessschritten (→ 1.1.2.3).

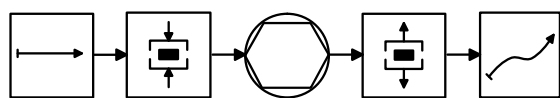
#### 1.1.3.4 Fertigungsablaufplan

Fertigungstechnische Vorgänge können in einem **Fertigungsablaufplan (Bearbeitungsfolgegraf)** dokumentiert werden. Im einfachsten Fall werden Vorgänge durch Rechtecke dargestellt, welche man mit gerichteten Linien verbindet.

VDI 2860 /1.27/ legt verdeutlichend folgende Grundsymbole fest:

- Kreise bezeichnen Arbeitsvorgänge.
- Quadrate kennzeichnen Handhabungsfunktionen mit Ausnahme von Prüfungsvorgängen.
- Dreiecke kennzeichnen Prüfschritte.
- Funktionsfolgen werden durch gerichtete Linien dargestellt; bei parallelen Abläufen zeichnet man die zugehörigen Symbole unmittelbar nebeneinander.

In die Grundsymbole können Zusatzsymbole zur Darstellung der Funktionalität eingetragen werden. In Bild 1.5 wird ein Werkstück einer Drehmaschine zugeführt, eingespannt und bearbeitet. Dann wird es wieder gelöst und der Weiterverarbeitung zugeführt.



Zuführen    Spanen    Drehen    Lösen    Weitergeben

*Bild 1.5 Einfacher Fertigungsablaufplan*

#### 1.1.4 Anlagenhierarchien

##### 1.1.4.1 Produktionstechnische Anlagen

Eine **produktionstechnische Anlage** umfasst in Anlehnung an DIN EN ISO 10 628 /1.1/ die für die Durchführung produktionstechnischer Prozesse notwendigen Einrichtungen (Apparate, Maschinen, Leiteinrichtungen inklusive der Sensor- und Aktorsysteme etc.) und Bauten.

---

# Sachwortverzeichnis

- 10BASE 327
- 10BASE2 324, 354 f.
- 10BASE5 324, 354 f.
- 10BASE-F 354
- 10BASE-T 324, 354 f.
- 100BASE-FX 357, 417, 419
- 100BASE-T4 327, 357 f.
- 100BASE-TX 324, 327, 357 f., 417, 420
- 1000BASE-CX 358
- 1000BASE-LX 358 f.
- 1000BASE-SX 358 f.
- 1000BASE-T 358
- A**
- A2DP 371
- Abhören 367
- Ablaufmodell 211 f.
- Ablaufplan 212, 291
- Ablaufsprache 230
- , grafische 291
- , textuelle 293
- Ablaufsteuerung 211
- Absatzbetrieb 36 f., 39
- Abschlussimpedanz 402
- Abschlusswiderstand 322, 354, 397
- Absenderadresse 319, 383, 388
- Absolutdruck 118
- absolute Zeit 61
- Abstraktion 202
- Abtastung 281
- Abwicklungsphase 542
- Access Control 379
- Access Control List 379
- Access Point 351, 365, 367
- Account 562
- achtwertige Phasenmodulation 411
- ACK 351, 378, 409
- Acknowledge 405, 409
- ACL 369, 379
- ACL Mode 379
- ActiveX 265, 306
- additiv gaußverteilt 321
- Addressierungsformat 412
- Aderpaar 323–326, 341, 357 f., 397
- , verdrehtes 323
- Ad-hoc-Mode 365
- Adressbereich 386, 390
- Adressbit 402
- Adressdarstellung 66
- Adresse 315, 360
- , effektive 66
- , logische 70
- Adressfilter 367
- Adressierungsschema 336, 383
- Adresskonstante 66
- Adressraum 69
- Adressschema 390
- Adressumsetzung 70
- Advanced Encryption Standard 376
- A/D-Wandler 97
- AES 368, 376, 379 f.
- Aknowledge 351
- Aktion 292
- Aktionsbezeichnung 293
- Aktionsinhalt 293
- Aktor 141
- , elektromagnetischer 149
- Aktor-Sensor-Interface 401
- Aktorsystem 141
- Aktortechnik 18
- AKZ 33, 35
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Feuchtesensor 138
- Algorithmus, genetischer 538
- ALOHA 345 ff.
- alphanumerische Zeichen 60
- Alternative, einfache 214
- ALU 61
- Amplitudengang 171, 175
- Amplitudenrand 183
- An- und Abfahrlilfe 41
- Analogausgabe 96
- Analogeingabe-System 97
- analoger Regler 190
- Analyse 240
- , objektorientierte 241, 249
- , strukturierte 244

- Angriff 379  
 Anlagen- und Apparatekennzeichen 33, 35  
 Anlagenplanung 540  
 Anlagensicherheit 540  
 Anlagensicherung 567  
 Anlagensteuerung 455, 469  
 Anlagenstruktur 462  
 Ansprechzeit 111  
 Ansteuereinrichtung 141, 154  
 Antwortfunktion 170  
 Anweisungsliste 212, 230, 235, 290  
 Anweisungsteil 237  
 Anwendungsschicht 317, 320, 404, 407, 414  
 Anwendungs-Software 255  
 Anzeige- und Bedienkomponente 46  
 AP 365  
 APL 380  
 Applet 302  
 Application Layer 317, 320, 380  
 Application Objects 381  
 Application Profiles 381  
 Application Support Sub-Layer 381  
 Applikations-Software 255  
 APS 381  
 Arbeitsprogramm 255  
 Arbitrierung 311 f., 410  
 Arbitrierungsphase 353, 410  
 Arbitrierungsprozess 410  
 ARCnet 327  
 Armatur 34  
 ARPAnet 318, 383 f.  
 ARQ 316, 320  
 AS-i-Bus 401  
 AS-i-Bus-Master 403  
 AS-i-Busmaster 402  
 ASIC 93  
 AS-i-Datenrahmen 403  
 AS-i-Gerät 401  
 AS-Interface 401 ff.  
 AS-i-Slave 402  
 AS-i-Spezifikation 403  
 –, 2.04 402  
 –, 2.11 402  
 AS-i-Verteilermodul 402  
 Assembler 294  
 Assemblerbefehl 65  
 asymmetrische Aufteilung 342  
 asynchron 396  
 Asynchronous Connection-Less 369  
 ATM 327  
 Auditierung 552  
 Auftrag 255  
 Auftragskontrollsprache 278  
 Auftragssteuerung 277  
 Ausbreitungsbedingung 332  
 Ausfallrate, mittlere 554  
 Ausfallsicherheit 561  
 Ausführungsplanung 545  
 Ausführungszustand 470  
 Ausgabematrix 220  
 Ausnahmebehandlung 68, 80  
 Authentication Response 372  
 Authentifizierung 312, 366, 372 f.  
 Automat 247  
 –, sequenzieller 219  
 Automatengraph 212, 218, 221, 224  
 Automatentabelle 212, 220  
 Automatic Repeat Request 316, 320  
 Automation 17  
 Automatisierung 17  
 Automatisierungs-Controller, programmierbarer 161  
 autonomer Kanal 271  
 Autorisierung 372  
 AVRCP 371  
 azyklische Nachricht 414  
 azyklische Übertragung 418  
 azyklischer Dienst 406
- B**
- Backbones 330  
 Backoff-Timer 351  
 Backup 559 f.  
 Bahnsteuerung 513  
 Balkendiagramm 541  
 Bandbreite 321, 332, 343  
 Bänder 333  
 –, lizenzfreie 333  
 –, lizenzpflichtige 333  
 Basisautomatisierung 457  
 Basisplanung 544  
 Basisstation 365  
 Batch-Produktion 37  
 Bau 540  
 Baumstruktur 414, 420  
 Baum-Topologie 338 f., 380

- B&B-System 446  
BCNT-Feld 412  
Bedienelement 422  
–, virtuelles 434  
Bedienen und Beobachten 474  
Bediener 424  
Bedienoberfläche 49, 278  
bedingte Verarbeitung 214  
Bedingungsprüfung 214  
Befehlsdurchsatz 74  
Befehlstyp 66  
Befehlswort 65  
Befehlszähler 63  
Belegung 218  
Belegungskoordinierung 272  
Benachrichtigungsdienst 407  
–, Acknowledge Event Notification 407  
–, Event Notification 407  
Benchmark-Programm 280  
Benutzer 424  
Benutzerfreundlichkeit 425  
Benutzeroberfläche 427  
Benutzerschnittstelle 427  
–, grafische 427 f.  
Beschaffung 548  
Beschleunigung 126  
Beschreibungsmittel 211 f.  
Bestimmungszeichen 292  
Betragsoptimierung 187  
Betrieb, bestimmungsgemäßer 569  
–, nicht bestimmungsgemäßer 568  
Betriebsart 472  
Betriebseinrichtung 572  
Betriebsfunk 334  
Betriebskennlinie 144 f.  
Betriebsprache 255, 278  
Betriebspracheninterpreter 278  
Betriebsssystem 254  
Betriebsystemkern 254  
Betriebsystemschaale 255, 277  
Betriebszustand 471  
Beweglichkeitsgrad 515  
Bewegungsanweisung 516  
Bezugspunkt 499  
bidirektionale Kommunikation 340  
Biegebalken 119  
Biegeradius 328  
Bilanzraum 207  
Bildodynamik 443  
Bildschirmarbeitsplatz 49  
Bildschirmrichtlinie 425  
Bildverarbeitungssensor 518  
binäre Steuerung 163  
binary exponential backoff 348  
Bindeprogramm 294  
BIP 371  
Bit 313  
–, dominantes 409 f.  
–, rezessives 409 f.  
Bitübertragungsschicht 313, 368, 377, 380, 404, 415  
Bit-Arbitrierung 351, 353, 408, 410  
Bitebene 420  
Bit-Takt 360, 396  
Bitübertragungsschicht 314 f., 319, 357, 382, 404 f., 407, 414, 417  
Bluetooth 89, 367 f., 370, 372  
– 2.0 369 f.  
– 2.1 373  
– 3.0 369  
– 4.0 370  
– 4.1 370  
– 4.2 370  
Bluetooth-Dienst 371 ff.  
Bluetooth-Funktechnologie 370  
Bluetooth-Profil 370 f.  
BNC-Verbinder 355  
Bode-Diagramm 171  
boolesche Anzeigevariable 293  
Bootsektor-Virus 564  
BR 373  
Breakpoint 296  
Brechungsindex 327, 329  
Broadcast 405  
Broadcast-Adresse 361, 381, 385  
Brückendiagonalspannung 108  
Brückenschaltung 108  
Büroautomation 52  
Bus 71, 336 f., 353, 360  
Busabschluss 414  
Business Intelligence 450  
Busklemme 370  
Busleitung 413  
Busprotokoll 71  
Busschnittstelle 71  
Bussegment 402, 407, 414  
Bussystem 84

Bus-Topologie 335 ff., 339, 346,  
354 f., 402

Bustreiber 73

Byte 57

## C

C 285

C++ 301

Cache 76, 272

CAD-Grafik 437

CAN 408

– 2.0A 409

– 2.0B 409

CAN application protocol over  
EtherCAT 420

CAN-Bus 353, 408 ff.

CAN-Bus-Knoten 409

CAN-Data-Frame 409

CAN-Data-Frame-Format 409

CAN-Feldbus 351

Canonical Format Indicator 363

Carrier Sense Multiple Access 346

Carrier Sense Multiple Ac-  
cess/Collision Avoidance 350

Carrier Sense Multiple Ac-  
cess/Collision Detect 348

Carrier Sense Multiple Ac-  
cess/Collision Resolution 351

Carrier-Sensing 345, 348, 350 f.

Cat-1 327

Cat-2 327

Cat-3 327, 355

Cat-4 327

Cat-5 327, 358

Cat-5e 327

Cat-6 327

Cat-6A 327

Cat-7 327

Cat-7A 327

CDMA 343

Centronics-Schnittstelle 88

Challenge-Response-Verfahren 372

Chargendokumentation 474

Chargenproduktion 37

Chargenprotokoll 474

Chirp Spread Spectrum 382

CHK-Feld 412

CIDR 386 f., 391

CIDR-Notation 388

CIM 507

CIP 371

Circuit Switching 315

CISC 61

Claimant 372

Classless Inter-Domain Routing 386

Clear to Send 351

Client-Server-Modell 279

Cluster 381

Cluster Identifier 381

CMOS-Uhrenbaustein 100

CNC-System 503

Coating 328

Code Division Multiple Access 343

Code-Bereich 260

Codesequenz 343

CoE 420

COM 306

Command-Feld 412

Compiler 294

Computer Augmented Reality 452

Continuous Function Chart 290

Control Bit 409

Controller Area Network 408

Coprozessor 60

CORBA 304

Core-only-System 269

Coriolis-Massedurchflussmessung 131

CPU 55, 61

CPU-Befehl 64

CRC 315, 409

CRC Delimiter Bit 409

CSMA 346, 348, 350

–, non-persistentes 347, 349 f.

–, persistentes 346 f., 350

–, *p*-persistentes 347

CSMA/CA 350 f., 366, 378

CSMA/CD 348–351, 354 ff., 362

CSMA/CR 351, 353, 410

CSRD 405 f.

CSS 382

CTP 371

CTS 351, 396

Cycle-Steal-Betrieb 83

Cyclic Redundancy Check 409

Cyclic-Redundancy-Check Codes 315

## D

Daisy-Chain 335

Daisy-Chain-Prinzip 81



- Daisy-Chain-Topologie 335, 420  
Dämpfung 328, 330  
Darstellungsschicht 316 f., 320  
Data Carrier Detect 396  
Data Encryption 379  
Data Frames 315  
Data Link Layer 315, 405  
Data Set Ready 396  
Data Terminal Ready 396  
DATA-Feld 412  
Data-Frame 353, 409 f.  
Datagramm 315, 388 f., 394  
Datei 274  
Dateibaum 274  
dateiinfiltrierender Virus 564  
Dateistruktur 276  
Dateisystem 275  
Dateiverwaltung 258, 273  
Daten 55, 359 f.  
–, grafische 429  
Datenanalyse, grafische 439  
Datenaustausch 448  
Datenbank, relationale 475  
Datenbankschnittstelle 440  
Datenbereich 260  
Datendurchsatz 340, 365  
Datenfeld 274, 361  
Datenfeldlänge 412  
Datenfluss 244  
Datenflussdiagramm 244  
Datenkapselung 300 f.  
Datenleitung 322  
Datenmatrix 439  
Datennetz 330, 420  
Datenpaket 315, 319, 346  
Datenrahmen 315, 355 f., 359–363, 379  
Datenrate 321 f., 325, 328–332, 364 f., 395, 397 f., 401  
Datensatz 274  
Datensicherheit 275, 300, 375, 378  
Datenspeicher 244  
Datentyp 60  
Datentypkonzeption 227  
Datenübertragungsrate 357, 415  
DB25 396  
DB9 396  
DCD 396  
DCOM 306  
DDC-Betrieb 557  
deadlock 271, 283  
DECT 374  
DECT Standard Authentication Algorithm 375  
DECT Standard Cipher 375  
DECT Ultra Low Energy 334  
DECT-Frequenzbereich 374  
DECT-Standard 333 f.  
DECT-ULE 375  
Defuzzifizierung 200, 532  
Defuzzyfikation 200, 532  
Dehnstoff-Antrieb 152  
Dehnungsmessstreifen 119  
Deklarationsteil 237  
Dekomposition 205  
demarshalling 306  
Design 240  
Design Qualification 553  
destination address 389, 394  
dezentrale Technik 45  
dezentrales Prozessleitsystem 45  
df 389  
df-Feld 389  
DFT 342  
Diagnoseprogramm 280  
Diagramm 212  
Dialog 432  
Dialogbetrieb 257  
Dialogkontrolle 316  
Dielektrikum 325  
Dienst 238  
Dienstzugriff 372  
differentielles Übertragungsverfahren 397  
Differenzdruck 118  
Differenzdruckzelle 120  
Differenzialgleichung, lineare 169  
Differenzialkondensator 123  
Differenzialtransformatorprinzip 122  
Diffie-Hellman-Schlüsselaustausch 372  
Digital Enhanced Cordless Telecommunications 374  
Digital/Analog-Wandler 96  
digitale Schnittstelle 394 f.  
Digitaleingabe 94  
digitaler Regler 190  
DIN EN 61 512-1 457, 463

- DIN/PDV-Bus 87  
Direct Sequence Spread Spectrum 343  
directory 274  
direkt dargestellte Variable 287  
Diskless Client 269, 560  
diskrete Fouriertransformation 342  
Displaycontroller 428  
Distributed Component Object Model 306  
DMA-Controller 83  
DMA-Kanal 84, 94  
DMS 119  
DNS 320  
Document Type Definitions 252  
Domain Name System 320  
dominant 352 f.  
dominantes Bit 409 f.  
dominant-rezessiv 408  
don't fragment 389  
door 266  
DP 405  
Drahtgeflecht 323, 325  
drahtlose Kommunikation 331  
drahtloses Kommunikationssystem 331 f.  
Drehmoment 121  
Drehmomentaufnehmer 121  
Drehzahl 125  
3-D-Objektmodell 438  
Dreipunktregler 198  
Drei-Zustands-Ausgang 74  
Drosselstellverfahren 142  
Druck 117  
Drucksensor 118  
–, kapazitiver 120  
–, piezoelektrischer 120  
DSAA 375  
DSC 375  
DSR 396  
DSSS 343, 365, 378  
D-Sub-Steckverbinder 396, 404  
DTD 252  
DTR 396  
DUN 371  
Duplexing 340  
Duplex-Verfahren 340, 342  
Durchfluss 127  
Durchflusskennlinie 144  
Durchflussmesser, magnetisch-induktiver 130  
–, Ultraschall- 130  
Durchsatz 346  
Dynamikattribut 444  
dynamische Beziehung 297  
dynamisches Modell 205, 249  
Dynamisierung 444
- ## E
- E/A-Baustein 78  
Echtzeitanforderung 332, 344 f., 383, 405  
Echtzeitanwendung 432  
Echtzeitbetrieb 56  
Echtzeitprotokoll 418 f.  
Echtzeituhr 93, 100  
Echtzeitverhalten 441  
Echtzeitvisualisierung 451  
Editor 293  
EDR 369, 373  
Effective Isotropic Radiation Power 334  
Effective Radiation Power 334  
effektive Adresse 66  
EIA/TIA 568 324  
EIA/TIA 568A 326  
EIA/TIA 568B 324  
Eigenüberwachung 555  
Ein-/Ausgabe-System 55  
Einfallswinkel 327 f.  
Einkopplung, induktive 322  
Einproduktanlage 39  
Einstellregel 185  
–, Chien, Hrones und Reswick 186  
–, Kessler 187 f.  
–, Ziegler und Nichols 185  
Einstranganlage 38  
Einzelementvariable 287  
Einzelleiteebene 457  
Einzelsteuereinheit 457  
EIRP 334  
elektrischer Leiter 321, 327  
elektrisches Feld 322  
elektrochemischer Gassensor 140  
elektromagnetische Wellen 321, 332, 366  
elektromagnetischer Aktor 149  
Elektromotor 148

- embedded controller 89
- Embedded-Web-Server 449
- Empfänger-Adresse 383
- Empfindlichkeit 111
- EMSR-Kreis 33
- Encryption Mode 372
- End of Frame 409
- End User 392
- Endpunkt-Adresse 381
- Energieeffizienz 364
- Engineering Workstation 50
- Enhanced Data Rate 369
- enhanced SCO 369
- Entfernungsbestimmung 382
- Entscheidungstabelle 212, 247
- EoE 420
- EOF 409
- Ereignis 239
- Ergonomie 423
- ERP 334
- Ersatzsystem 173
- eSCO 369
- ESDP 371
- EtherCAT 357 f., 420
- Ethernet 324, 331, 345 f., 348, 350, 353–356, 362, 420
  - , industrielles 416
- Ethernet for Control Automation Technology 420
- Ethernet II Format 360 f.
- Ethernet II Rahmenformat 361
- Ethernet over EtherCAT 420
- Ethernet-Backbone 421
- Ethernet-Bus-Topologie 354
- Ethernet-Frame 360 f.
- Ethernet-Rahmen 360 f.
- Ethernet-Rahmenformat 359, 362
- Ethernet-Standard 417
- Ethernet-Switch 330, 358, 360, 363, 419
- ETSI 374
- ETSI-Standard 374
- EU 392
- European Telecommunications Standards Institute 374
- EVA-Prinzip 282
- Expansion-Feld 412
- Expertensystem 532
  - , Fuzzy- 534
- Extended-Frame 409
- eXtensible Markup Language 241, 251
- F**
- Fachsprache 212
- Fahrabweisung 456
- Fahrweise 458
- Failsafe-Terminierung 397
- Fall 225
- Farbcode 326
- Farbdisplay 428
- FAS 414
- Faser 327 ff.
  - , optische 327
  - , polymeroptische 328
- Faserhygrometer 137
- Fast Ethernet 357
- Fast-Ethernet 324, 357
- FAX 371
- FDD 342
- FDDI 327
- FDMA 342
- Fehlerbereich, unzulässiger 568
  - , zulässiger 568
- Fehlerbaum 570
- fehlerbehaftetes Modell 208
- Fehlerkorrektur 364
- fehlertolerant 364
- Feld 287
  - , elektrisches 322
- Feldbus 87, 315, 400 f., 405, 408, 415
- Feldbusstandard 413
- Feldcontroller 415
- Feldebene 320, 335 f., 338 ff., 400 f., 405
- Feldgerät 379, 412 ff., 418
- Feldplatte 126
- Fenster 430
- Fenstermanager 430
- Fenstersystem 430
- Fenstertechnik 431
- Fernservice 447
- Fernzugriff 448
- Fertigung, rechnerintegrierte 507
- Fertigungsintegration 507
- Fertigungsleitsystem 506
- Fertigungssystem 505
- Festkommaarithmetik 92
- Festkommazahl 59

- Festkörperperionenleiter 140  
 Feuchte 136  
 –, absolute 136  
 –, maximale 136  
 –, relative 136  
 Feuchtesensor, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 138  
 –, Faserhygrometer 137  
 –, kapazitiver 137  
 –, LiCl-Hygrometer 138  
 –, Psychrometer 136  
 –, Tauspiegelhygrometer 136  
 FFD 377  
 F/FTP 325  
 FHSS 343, 365, 368  
 Fibre Channel 51  
 Fieldbus Access Sublayer 414  
 Fieldbus Foundation 413, 420  
 Fieldbus Message Specification 415  
 file 274  
 File Transfer Protocol 320  
 Firewall 566  
 Firewire 89  
 Fließbetrieb 36, 39  
 Fließbild 31, 33, 442  
 flow label 394  
 Flusskontrollmechanismus 395  
 FMDA 374  
 FMS 405, 415  
 FMS-Schicht 415  
 Folienschirmung 323  
 formalisierte Prozessbeschreibung 466  
 Formatierungsprogramm 280  
 Formgedächtnis-Legierung 151  
 Forwarding 383  
 Fotodiode 327, 330  
 FOUNDATION Fieldbus 413 f.  
 FOUNDATION High Speed Ethernet 421  
 FOUNDATION HSE 420 f.  
 FPGA 93  
 Fragment 389  
 fragmentiert 389  
 Frame 500  
 Frame Format 360  
 Frame Integrity 379  
 Frequency Division Duplexing 342  
 Frequency Division Multiple Access 342  
 Frequency Hopping Spread Spectrum 343, 368  
 Frequency Shift Keying 411  
 Frequenzband 334, 364, 374, 378  
 Frequenzbereich 333, 342, 364, 366, 374 f., 378  
 Frequenzfolge 343  
 Frequenzgang 171  
 Frequenzspreizung 368  
 Frequenzzuteilung 333  
 FSK 411  
 FSoE 420  
 F-SPS-System 557  
 F/STP 325  
 FTP 320  
 Führungsgröße 162  
 Führungsverhalten 180  
 Full Function Devices 377  
 Füllstand 132  
 Füllstandsmessung, hydrostatische 132  
 –, kapazitive 133  
 –, mechanische 132  
 – mit Laufzeitmessung 134  
 – mit Schwingsonde 135  
 –, thermische 134  
 –, Ultraschall- 134  
 Functional Block 408  
 Funkkanal 382  
 Funknetz 350, 366 f.  
 Funknetzwerk 366, 376  
 –, unverschlüsseltes 367  
 Funksystem 332  
 Funktechnik 331  
 Funktechnologie 331 f., 363 f.  
 Funktion 229, 233, 286, 539  
 funktionales Modell 249  
 Funktionalität 539  
 Funktionsbaustein 229, 233, 238 f., 265, 286  
 Funktionsbausteinsprache 230, 233, 288  
 Funktionsdiagramm 212  
 Funktionsmodell 203  
 Funktionsplan 212  
 Funkübertragungssystem 342  
 Funkzelle 365  
 F/UTP 325  
 Fuzzifizierung 200  
 Fuzzy-Expertensystem 534

Fuzzy-Logik 198, 528

Fuzzy-Regler 198

## G

GAP 371, 375

Gassensor 139

–, elektrochemischer 140

–, Metalloxidhalbleiter- 140

–, Pellistor 139

Gateway 415

gaußverteilt 321

GAVDP 371

Gefahr 567

Geflechschirmung 325

Gelenkfreiheitsgrad 514

General Access Profile 375

genetischer Algorithmus 538

Geräteadresse 412

Gerätedeskriptor 271

Geräteklasse 369

Gerätetreiber 271

Geräteverwaltung 258

Gestaltung 425

Gigabit-Ethernet 324, 327, 358

Glasfaser 328 f., 357, 359, 404

Gleitkommaarithmetik 92

Gleitkommaeinheit 60

Gleitkommazahl 60

Global Unicast Address 391

globale Variable 287

GND 396

GOEP 371

Gradientenprofil 329

GRAF CET 26, 231

Grafiksystem 428

grafische Ablaufsprache 291

grafische Bedienoberfläche 278

grafische Benutzerschnittstelle 427 f.

grafische Daten 429

grafische Datenanalyse 439

grafisches Objekt 435

Graph 212, 217

–, Kante 217, 221

–, Knoten 217, 221

Grenzabweichung 113

Grenzschicht 327

Grenzwertschalter, faseroptischer 135

Grundfließbild 31

Grundfunktion 465

Grundlagenermittlung 543

Grundmode 329

Grundrezept 461, 463, 475

Grundzustand 471

Gruppenleitebene 458

Gutbereich 568

Gütekriterium 209

## H

H1-Bus 414

H1-Bussegment 414

Haarhygrometer 137

Halbduplex 354 f., 357

Halbduplex-Betrieb 341

Halbduplex-Übertragung 340 f.

Handshake-Verfahren 79

Hardware-RAID 562

Hardware-Unterbrechung 259

HART 411 f.

HART Revision 6 412

HART-Modem 411

HART-Multiplexer 413

HART-Protokoll 53, 395, 411

HART-Spezifikation 411

HART-Telegramm 411 f.

HART-Telegrammformat 412

Harvard-Struktur 92

Hauptklasse 386

Hauptsatz 504

HCRP 371

HDP 371

Header 388 f.

header checksum 389

header length 388

Headerformat 392

Headeroption 390

Heimautomatisierung 382

herstellerspezifische Schnittstelle 429

Hexadezimalziffer 58

HFD 371

HID 371

High-Speed 369

Highway Addressable Remote Transducer 411

Hitzdraht-(Heißfilm-)Anemometer 131

Hochfrequenz 323, 333

Hochfrequenzfilter 343

Hochfrequenztechnik 313

hop limit 394

- Host-Anteil 385  
 Hot-Plugging 337, 420  
 HS 369, 373  
 HSP 371  
 H-SPS-System 557  
 HTTP 317, 320  
 Hub 337, 355, 370, 420  
 Human Machine Interface 48  
 Hurwitz-Kriterium 182  
 Hybrid-Topologie 338 f., 414  
 hydrostatische Füllstandsmessung 132  
 Hypertext 312  
 Hypertext Transfer Protocol 317, 320  
 Hyper-Threading 75
- I**
- IANA 392  
 Icon 434 f.  
 ICP 371  
 IDE 409  
 identification 389  
 Identifier 353, 409 f.  
 Identifier Extension 409  
 Identifier-Bit 409  
 Identifier-Block 409  
 Identifikation 296  
 Identität 372  
 IDL 304 f.  
 IEC 61 131 227  
 IEC-Bus 86  
 IEEE 345  
 – 802.11 351, 364 f., 367 f., 376  
 – 802.11a 365, 369  
 – 802.11ac 365  
 – 802.11b 364 f., 369  
 – 802.11c 369  
 – 802.11g 364 f.  
 – 802.11n 364 f.  
 – 802.15.1 368, 376  
 – 802.15.4 376–380, 382  
 – 802.15.4a 382  
 – 802.1P 417  
 – 802.1Q 362 f., 417  
 – 802.3 324, 353 f., 359 f., 417  
 – 802.3u 357 f.  
 – 802.3z 358  
 – 802.4 345  
 – 802.5 345  
 IEEE-Format 361  
 IEEE-Rahmenformat 361  
 IFS 350 f., 409  
 Impedanz 322, 354  
 Implementierung 240  
 Inbetriebsetzung 548  
 induktiv 323  
 induktive Einkopplung 322  
 induktiver Impulsgeber 126  
 induktiver Sensor 122  
 Induktivitätsbelag 321  
 industrielles Ethernet 416  
 Industrieroboter 512  
 Inferenz 200  
 Inferenzmaschine 533  
 Information Hiding 297  
 Informationsbit 402  
 Informationstechnik 18, 21, 310  
 informationstechnisches Modell 241  
 Informationstheorie 313  
 Informationsvisualisierung 438  
 Infrarotbereich 328  
 Infrastructure-Mode 365  
 inkrementales Messsystem 124  
 Inselnetz 386  
 Inspektion 575  
 Installation Qualification 553  
 Instandhaltung 575  
 Instandsetzung 575  
 Instanz 297  
 Instanziierung 301  
 Instrumentationsverstärker 108  
 integrierender Regler 178  
 Interaktion 452  
 Interaktionsdiagramm 251  
 Interaktionstechnik 432  
 interaktives System 242  
 INTERBUS 416  
 Interface 303  
 Interface Description Language 305  
 Interframe Spacing 350, 409  
 International Telecommunication  
   Union 333  
 Internet 318, 320, 386, 391  
 Internet Assigned Numbers Authority  
   392  
 Internet Layer 319  
 Internet of Things 370, 382  
 Internet Protocol 318, 383 f.  
 Internet Protocol version 4 384

- Internet Service Provider 392  
internetbasierte Technologie 251  
Internet-Browser 450  
Internetschicht 318 f.  
Internet-Technologie 450  
Interpreter 294  
Interpretersystem 295  
Interrupt 259  
Interrupt Service Routine 259  
Interruptbearbeitungsroutine 80  
interruptgesteuerte E/A 80  
Interruptquittungssignal 82  
Interruptsystem 81  
Interruptvektor 82  
IO-Controller 418  
IO-Device 418  
IO-Link 399 f.  
IO-Link-Gerät 400  
IO-Link-Master 399 f.  
IoT 370, 382  
IP 318, 383 f., 418  
IP Version 6 390  
IP-Adresse 384 f., 390, 392  
–, private 386  
IP-Datenformat 319  
IP-Netz 394  
IP-Paket 390  
IP-Protokoll 388, 393  
IPv4 384 ff., 390 f., 393  
–, -Paket 389  
–, -Router 389  
IPv4-Adresse 384, 390  
IPv4-Datagramm-Headerformat 388  
IPv4-Headerformat 388  
IPv4-Quelladresse 389  
IPv4-Zieladresse 389  
IPv6 370, 390 ff., 394  
IPv6-Adressbereich 391  
IPv6-Adresse 390 ff.  
IPv6-Adresszuweisung 392  
IPv6-Datagramm 392, 394  
IPv6-Datagramm-Header 393  
IPv6-Datagramm-Headerformat 393  
IPv6-Header 394  
IPv6-Headerformat 392  
IPv6-Quelladresse 394  
IPv6-Zieladresse 394  
I-Regler 178  
IRT 419  
IRT-Protokoll 419  
ISDN 327, 371  
ISM-Band 333, 364, 366, 368, 374, 377  
–, lizenzfrei 374  
ISM-Frequenzbänder 333 f.  
Isochronous Real-Time-Protokoll 419  
ISP 392  
ITU 333  
ITU-T V.11 397
- ## J
- Jam-Signal 349  
Java 302  
Java Virtual Machine 302  
job 255  
Job Control Language 255, 278
- ## K
- Kabel 321  
Kabelfernsehtz 323  
Kanal 321, 340 f., 345–348, 366  
–, autonomer 271  
Kanalabstand 366  
Kanalbandbreite 342 f.  
Kanalbreite 364, 366  
Kanalcodieralgorithmus 312  
Kanalzugriff 342, 346  
Kapazitätsbelag 321, 397  
kapazitiver Drucksensor 120  
kapazitiver Feuchtesensor 137  
kapazitiver Füllstandsmesser 133  
Karmansche Wirbelstrasse 129  
Kern 327  
Kerndurchmesser 328 f., 359  
Kernel 257  
–, monolithischer 258  
Kerntabelle 261  
Kernel-Thread 263  
Klasse 296, 298  
klassenbasierte Adressierung 385 f.  
klassenbasiertes IPv4-Adressschema 385  
klassenlose IPv4-Adressierung 386  
Koaxialkabel 322 f., 325, 346, 354  
–, RG58 354  
–, RG8 354  
Kollaborationsdiagramm 251  
Kollektor, offener 73

- Kollision 315, 337, 339 f., 346 ff.,  
350 f., 356, 409  
Kollisionsauflösung 347 f., 351  
Kollisionsdomäne 355 f.  
Kollisionserkennung 348, 351  
Kollisionsvermeidung 350 f.  
Kollisionswahrscheinlichkeit 350  
Kommandoprozessor 278  
Kommunikation 238  
Kommunikationsform 426  
Kommunikationssystem 44  
Kommunikationstechnik 18  
Komponente 303  
–, prozessferne 47  
–, prozessnahe 46 f.  
komponentenbasiertes Programmieren  
303  
Komponentenmodell 303  
Konfiguration 228, 286  
Konfiguriererrichtlinie 547  
Konnektor 292  
Konsistenz 276  
Kontaktplan 230, 232, 287  
Kontaktplansprache 287  
Kontaktprellen 95  
Kontextdiagramm 244  
Kontrollspezifikation 246  
kooperatives Multitasking 257, 262,  
283  
Koordinatensystem 500  
Koordinierungssteuerung 457  
Kopierprogramm 280  
Kraft-Weg-Sensor 519  
kritischer Pfad 542  
kritischer Winkel 327  
kryptographische Methode 312  
kryptographischer Algorithmus 375  
Künstliche Intelligenz 526  
Kurzstrecken-Funknetzwerk 367
- L**  
Ladungsverstärker 109  
Lambda-Regelung 141  
Lambda-Sonde 140  
LAN 334, 560  
Länge 122, 360 f.  
Langzeitstabilität 111  
LAP 371  
Laplace-Transformation 169  
LAS 414  
Laserdiode 327, 330  
Lastenheft 544  
Lastkennlinie 145  
Latenzzeit 311, 332, 382, 400 f.  
Laufzeit 319  
Lauschangriff 332  
Layoutkonzept 440  
LE 370  
Lean Management 53  
LED 327  
Leiter, elektrischer 327  
Leitfunktion 547  
Leitrechnerkomponente 50  
Leitsystem 446  
Leittechnik 18  
leittechnische Grundoperation 465  
Leitungsimpedanz 322, 397  
Leitungslänge 398  
leitungsvermittelte Verbindung 369  
leitungsvermitteltes Netz 383  
Leitungsvermittlung 315, 383  
Leitungswegsuche 383  
Leitungswellenwiderstand 321  
–, verlustloser 322  
Lichtwellenleiter 321, 327–330, 341,  
354, 357, 404 f., 419  
LiCl-Hygrometer 138  
lineares System 167  
linearisiertes Modell 206  
Linienstruktur 420  
Linientopologie 335, 402, 404, 408,  
414, 419  
Link Active Scheduler 414  
Link Key 372 f.  
Linker 294  
Linux 52, 283  
LIR 392  
lizenzfrei 334  
lizenzfreie Frequenzbänder 333  
lizenzpflichtig 334  
lizenzpflichtige Bänder 333  
Local Internet Registries 392  
LocalTalk 327  
Logikbaustein, programmierbarer 93  
Logikplan 212  
logische Adresse 70  
logische Bombe 564  
logisches Laufwerk 275



- lokale Variable 287
- lokales Netz 386
- lokales Netzwerk 324, 330 f., 359
- Long Frame 412
- Longitudinal Redundancy Check 556
- Low Energy 370
- LSB 58
- LWL 327, 404
- M**
- M12-Steckverbinder 400
- MAC 380
- MAC-Adresse 360, 367
  - , globale 361
  - , lokale 361
- MAC-Adressfilter 367
- MAC-Layer 378, 380
- magnetisches Wechselfeld 322 f.
- magnetisch-induktiver Durchflussmesser 130
- Main-Thread 264
- Makroassembler 295
- Makrobefehl 292
- Malware 563
- Manipulation 332, 366, 374, 379
  - , direkte 433
- Manipulator 512
- Mantel 327
- Marke 224
- marshalling 305
- Masche 338
- Maschinenbefehl 64
- Maschinen-Koordinatensystem 500
- Maschinenstellverfahren 142
- masquerading 566
- Massestrom 127
- Master Klasse 407
- Master Link Key 372
- Master/Slave-Betrieb 405, 418
- MAU 354
- Mealy-Automat 219
- Mean Time Between Failures 554
- Mean Time To Repair 554
- mechanischer Füllstandsmesser 132
- Media Access Control 360
- Media Attachment Units 354
- Media Redundancy Protocol 417
- Media Redundancy Real-Time Protocol 417
- Medienzugriff 339 f., 408, 419, 421
- Medium Access Control Layer 378
- Mehrantennensystem 364
- Mehrbenutzerkoordination 335 f.
- Mehrkernprozessor 77
- Mehrprodukthanlage 39 f.
- Mehrstranganlage 39
- Mehrstrang-Mehrweganlage 39
- Mensch-Maschine-Dialog 425, 432
- Mensch-Maschine-Interaktion 423
- Mensch-Maschine-Kommunikation 424
- Mensch-Maschine-System 18, 422
- Mensch-Prozess-System 423
- Mensch-Rechner-Schnittstelle 426
- MeshScape 382
- Messeinsatz 114
- Messglied 164
- Messsystem, inkrementales 124
- Messumformer 103
- Messverfahren, optisches 124
- Messverstärker 108
- Metadvice 275
- Metall-DMS-Drucksensor 119
- Metallfolie 323, 325
- Metalloxidhalbleiter-Gassensor 140
- Metall-Widerstandsthermometer 111
- mf 389
- Microkernel 258
- Mikrocontroller 89, 103
- Mikroprozessor 61
- Mikrowelle 135
- MIMO 364
- MIMO-OFDM 365
- mittlere Ausfallrate 554
- MMS 422
- Mode 328 f.
- Modell 202
  - , dynamisches 205, 249
  - , fehlerbehaftetes 208
  - , funktionales 249
  - , informationstechnisches 241
  - , linearisiertes 206
  - , parametrisches 208
  - , qualitatives 205
  - , statisches 249
- Modellbildung 202
- Modellgenauigkeit 210
- Modellgleichung 206 f.

- Modellgüte 209  
 Modellierung 243  
 –, objektorientierte 249  
 Modellierungssprache 250  
 Modendispersion 329, 331  
 Modifizierer 235  
 Monitoring 295  
 Monomode-Faser 329 ff., 359  
 Montage 524, 548  
 Moore-Automat 219  
 Mooresches Gesetz 62  
 more fragments 389  
 MRP 417  
 MRRT 417  
 MS Windows 431  
 MSB 58  
 Multicast 405  
 Multicast-Adresse 361, 386  
 Multicore-Prozessor 77  
 Multidrop 398  
 Multidrop-Betrieb 412 f.  
 Multidrop-Netzwerk 397  
 Multimedia 453  
 Multimode-Faser 328–331, 358 f.  
 Multimode-Glasfaser 357  
 Multiple Access 342  
 Multiple-Input Multiple-Output 364  
 Multiplex 342  
 Multiplexing 312, 342  
 Multitask-Betrieb 256, 262  
 Multitask-Betriebssystem 282  
 Multitasking 68, 262  
 –, kooperatives 257, 262, 283  
 –, präemptives 257, 262, 283  
 Multithreading 263, 302  
 Multi-User MIMO-OFDM 365  
 Multiuser-MIMO 365
- N**
- Nachricht, azyklische 414  
 –, zyklische 414  
 Nachrichtentechnik 540  
 Nachrichtentyp 412  
 Näherungssensor 518  
 Namensraum 307  
 Namenssystem 545  
 NAMUR 38  
 nanoLOC 382  
 NC-Maschine 498  
 NC-Satz 503  
 NC-Sprache 503  
 NC-Steuerung 498  
 Network Access Layer 319  
 network beacons 378  
 Network File System 274  
 Network Layer 315  
 Netz 212  
 –, leitungsvermitteltes 383  
 –, lokales 386  
 –, neuronales 534  
 –, paketvermitteltes 383  
 –, selbstorganisierendes 377  
 –, selbstorganisierendes vermaschtes 379  
 Netzauslastung 348  
 Netzlast 383  
 Netzmaske 385 ff., 389, 392  
 Netzplantechnik 541  
 Netztheorie 225  
 Netzwerk 51  
 –, lokales 324, 330 f., 359  
 –, privates 391  
 –, vermaschtes 377  
 Netzwerkadresse 384  
 Netzwerkanteil 385  
 Netzwerkauslastung 362  
 Netzwerkdurchsatz 311, 336, 347, 356  
 Netzwerkkategorie 385 f.  
 Netzwerkkomponente 51  
 Netzwerkklast 389  
 Netzwerkmanager 380  
 Netzwerkmaske 391  
 Netzwerkprotokoll 382, 388  
 Netzwerkschicht 315 f., 319, 382, 415, 421  
 Netzwerksegment 316, 389  
 Netzwerksicherheit 367  
 Netzwerktechnologie 420  
 Netzwerkteilnehmeranteil 385  
 Netzwerktopologie 334, 376, 417  
 Netzwerkverteiler 358  
 Netzwerkverwaltung 258  
 Netzwerkzugangsschicht 319  
 Neuron 535  
 neuronales Netz 534  
 next header 394  
 non-persistentes CSMA 347, 349 f.  
 NRU-Verfahren 270

- NTC-Thermistor 112  
Nullpunkt 499  
Nutzdatenfeld 394  
NWK 380  
Nyquist-Kriterium 183
- O**
- Object Linking and Embedding 265  
Object Management Architecture 304  
Object Management Group 304  
Objekt 296  
–, grafisches 435  
Objekthierarchie 307  
Objektindizes 406  
Objektmodell 436  
objektorientierte Analyse 241, 249  
objektorientierte Methode 433  
objektorientierte Modellierung 249  
objektorientierte Programmiersprache 299 f.  
objektorientiertes Programmieren 296  
obligatorischer Dienst 406  
Abort 407  
–, Get Object Dictionary 407  
Identify 407  
–, Initiate 407  
–, Reject 407  
–, Status 407  
OFDM 342, 365  
OFDMA 342  
offener Kollektor 73  
offener Regelkreis 180  
offenes System 53  
Offline-Programmierung 513, 516  
Öffnungskennlinie 143  
Oktalziffer 58  
OLE 265, 306  
OLE for Process Control 53, 306  
OPC 53, 306, 313  
OPC AE 317  
OPC Alarms and Events 317  
OPC DA 317  
Opc Data Access 317  
OPC Extended Markup Language 317  
OPC XML 317  
Open Plattform Communications 313  
Open Systems Interconnection 313  
Operation 64  
Operational Qualification 553  
Operator 424  
OPP 371  
optionaler Dienst 407  
–, Download Services 407  
–, Information Report 407  
–, Physical Read 407  
–, Physical Write 407  
–, Read 407  
–, Write 407  
optionaler Header 393 f.  
options 390  
Optionsfeld 392  
optisch dichter 327  
optisch dünner 327  
optische Faser 327  
optisches Messverfahren 124  
ORB 304  
Original 202  
Orthogonal Frequency Division Multiple Access 342  
Orthogonal Frequency Division Multiplexing 342  
orthogonaler Code 343  
orthogonales Mehrträgerverfahren 342  
Ortskurve 171, 175  
OSI 313  
OSI-Modell 313, 316–320, 382  
OSI-Referenzmodell 313 f., 317, 319, 376, 404  
OSI-Schicht 369, 379  
OSI-Sicherungsschicht 359, 378
- P**
- Packet Switching 315  
Pad 359 f.  
Pad-Feld 361  
Paging 270  
Pairing 372  
Paketfilter 566  
paketorientiert 319, 383  
paketvermittelt 316, 369, 394  
paketvermitteltes Netz 383  
Paketvermittlung 315  
PAN 371  
PAN-Koordinator 376 ff.  
Paralleldrahtleitung 322 f.  
parallele Technik 44  
Parallelisierung 75  
Parallelschaltung 167

- parameteradaptive Regelung 42
- parametrisches Modell 208
- Partition 275
- payload length 394
- PC 56
- PCD 419
- PC-Interface-System 89
- PCP 363
- PD-Regler 178
- Peer-to-Peer 376 f.
- Pellistor 139
- Performance Qualification 553
- Peripheriebus 86
- persistentes CSMA 346 f., 350
- Persönliche Identifikationsnummer 372
- Petri-Netz 212, 223 f.
- Pflichtenheft 544
- Phase 465
- Phasengang 171, 175
- Phasenmodell 32, 542
- Phasenmodulation, achtwertige 411
- Phasenrand 183, 188
- PHY 380
- Physical Block 408
- Physical Layer 313
- Physical Layer PHY 404
- physikalische Netzwerktopologie 334
- PID-Regler 179
- Piezo-Antrieb 149
- piezoelektrischer Drucksensor 120
- piezoelektrischer Effekt 105
- piezoresistiver Effekt 106
- Piktogramm 434
- PIN 372 f.
- Pipe 264
- Pipeless Plants 40
- Pipelining 75
- PI-Regler 178
- Pixel 428
- Platz 223
- Play-Back-Programmierung 515
- PLCopen 227
- PLS 43
- PLT-Stelle 33
- P-NET 415
- P-NET-Bus 415
- POF 328, 404
- Polling-Betrieb 403
- Polling-Verfahren 80
- polymeroptische Faser 328, 404
- Polymorphismus 298
- Port 355 f., 361, 399, 420
- Port-Zustand 399
- Positionsbestimmung 382
- POSIX-Standard 266
- potenziometrische Weg/Winkel-Messung 122
- Power-Fail-Interrupt 83
- p-persistentes CSMA 347
- PPS 52
- Prüfbit 402
- Präambel 359 ff., 411
- präemptives Multitasking 257, 262, 283
- P-Regler 177
- Presentation Layer 316
- Primitive 255
- Priorisierung 311 f., 350, 363, 394, 400, 417
- Priorität 353, 389
- Prioritätslogik 81
- Priority Code Point 363
- private IP-Adresse 386
- privates Netzwerk 391
- Produktion, Batch- 37
- , Chargen- 37
- , diskontinuierliche 36
- , kontinuierliche 36
- Produktionsmethode 462
- Produktionsplanung 508
- Produktionsplanungs- und Steuerungssystem 52
- Produktionssteuerung 508
- Produktionstechnik 20
- PROFIBUS 403 f.
- PROFIBUS-DP 404, 407 f., 418
- PROFIBUS-FMS 403, 406, 408, 415
- PROFIBUS-PA 404, 408
- PROFIBUS-PA-Profil 408
- PROFIBUS-Sicherungsschicht 405
- PROFIBUS-Standard 404
- PROFIBUS-Varianten 404
- Profil 370, 375
- PROFINET 357 f., 405, 417 ff.
- PROFINET Component Description 419
- PROFINET-CBA 418

- PROFINET-FMS 407  
PROFINET-IO 418  
PROFINET-IO-Modell 418  
PROFINET-IRT 419  
PROFINET-Kommunikationsprotokoll 419  
PROFINET-PA 405  
PROFINET-Standard 405  
PROFISafe 408  
PROFISafe-Profil 408  
Programm 55, 229, 286  
–, freilaufend 287  
–, interruptgesteuert 287  
–, zyklisch 287  
Programmablaufplan 212 f.  
programmierbarer Automatisierungs-Controller 161  
programmierbarer Logikbaustein 93  
Programmiersprache 284  
–, objektorientierte 299 f.  
programmierte E/A 79  
Programmierung, objektorientierte 296  
Programmkonstrukt 213  
Programmorganisationseinheit 286  
Programmorganisationskonzept 228  
Programmsystem 254  
Projekt 539  
Projektabschluss 549  
Proportionalregler 177  
Protokoll 317, 320, 474  
Protokollierfunktion 42 f.  
proxy 305  
Proxy-Server 566  
Prozedurfunktionsplan 466  
Prozedursteuerung 457  
Prozess 20, 244  
Prozessabschnitt 21  
Prozessaktivierungstabelle 247  
Prozessanalysetechnik 540  
Prozessbeschreibung, formalisierte 466  
Prozessbus 86  
Prozessdatenbank 445  
prozessferne Komponente 47  
Prozessgröße 58  
Prozessklasse 262, 267  
Prozesskommunikation 264  
Prozesskontrollblock 260  
Prozesskontrolleinheit 456  
Prozessleitsystem 43, 446, 547  
–, dezentrales 45  
Prozessleittechnik 540  
Prozessmodell 41, 204  
prozessnahe Komponente 46 f.  
Prozessperipherie 56  
Prozessprogrammiersprache 285  
Prozessrechner 55 ff.  
Prozessrechner-Peripherie 93  
Prozessrechner-Schnittstelle 84  
Prozesssicherungsgröße 568  
Prozessspezifikation 244  
Prozesstechnik 20  
Prozessverwaltung 258, 260  
Prozessvisualisierung 441  
– im Internet 447  
–, Projektierung 442  
Prozessvisualisierungssystem 446  
Prüfsumme 315, 359 f., 362, 389, 393, 408 f.  
Prüfsummenfeld 362  
Psychrometer 136  
PTC-Thermistor 113  
Puffer 469  
–, virtueller 469  
Pufferüberlauf 356  
Pufferspeicher 356  
Pufferzeit 542  
Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung 397  
Punkt-zu-Punkt 398  
Punkt-zu-Punkt-Kommunikation 395, 413  
Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle 87, 399  
Punkt-zu-Punkt-Steuerung 513  
Punkt-zu-Punkt-Topologie 334 f., 340  
Punkt-zu-Punkt-Verbindung 84, 309, 335, 397, 412 f.  
Pyrometer 115
- ## Q
- QM-Element 550  
QM-Verfahrensweisung 550  
QoS 394  
Qualifizierung 552  
Qualität 549  
qualitatives Modell 205  
Qualitätskontrolle 525  
Qualitätsmanagementsystem 550  
Qualitätssicherung 549

- Quality of Service 394  
Quarzthermometer 114  
Quelladresse 359, 389, 394  
Quell-Adressfeld 362  
Quellenkennlinie 145  
Quell-MAC-Adresse 359 ff.  
Queuing-Priorität 389
- R**
- Radar 135  
Radio Regulations 333  
Rahmenformat 359  
Rahmen-Synchronisation 360  
RAID 561  
RAID-Level 562  
RAID-Technologie 561  
RAM-Aufteilung 269  
Random Challenge 372  
Rasterdisplay 428  
Rauschleistung 321  
Rauschleistungsdichte 321  
RC-Terminierung 397  
Ready to Send 351  
Reaktionszeit 311, 320, 400, 405, 417, 419  
Realtime 267  
Real-Time-Analyse 246  
Realtime-Protokoll 419  
Realzeiterweiterung 284  
Realzeitverhalten 280  
Rechenprozess 68, 255, 260, 266  
Rechenwerk 61, 64  
Rechner 55  
rechnerintegrierte Fertigung 507  
Rechnerkern 55  
Rechnerkernkanal 271  
Receive Data 396  
Reduced Function Devices 377  
Redundanz 557  
Redundanzmanager 417  
Referenzmodell 313, 317  
Referenzpunkt 499  
Reflexion 322  
Regelalgorithmus 190  
Regelgüte 184  
Regelkreis 179  
–, offener 180  
Regelstrecke, mit integralem Verhalten 176  
– mit proportionalem Verhalten 172  
– mit Totzeit 176  
Regelung 165  
–, parameteradaptive 42  
–, strukturadaptive 42  
Regelungstechnik 18  
Regional Internet Registries 392  
Register 261  
Regler 177  
–, analoger 190  
–, digitaler 190  
–, Fuzzy- 198  
–, integrierender 178  
–, Proportional- 177  
Reichweite 328, 332, 359, 364, 368, 376, 395, 397, 400 f.  
Reihenschaltung 167  
relationale Datenbank 475  
Relativdruck 118  
relative Zeit 61  
Relativzeitgeber 100  
Remote Procedure Call 266  
Remote Transmission Request 409  
Repeater 379, 402, 414 f.  
Request to Send 396  
Requester 406  
Resolver 125  
Responder 406  
Ressource 229, 286, 469  
–, Verwaltung 469  
Rezept 454, 460  
Rezeptaufbau 461  
Rezeptausführung 470  
Rezeptfahrweise, leitsystemgestützte 455  
Rezeptkopf 461  
Rezeptsteuerung 454  
rezessiv 352 f.  
rezessives Bit 409 f.  
RFD 377  
RFID 334  
RG58 354  
RG8 354  
RI 396  
Ring 337  
Ring Indicator 396  
Ringstruktur 420

- Ringtopologie 336 f., 339, 344, 415 ff., 419 f.  
RIPE NCC 392  
Ripe Network Coordination Centre 392  
RIR 392  
RISC 61, 67  
RJ45 324, 326  
RJ45 Twisted-Pair-Steckerbelegung 326  
RJ45-Steckverbinder 355  
Roboter 512 f.  
Robotermechanik 514  
Roboterprogrammiersprache 516  
Robotertechnik 18  
Rohrleitung 33  
Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild 33  
Round-Robin-Verfahren 262  
Route 319, 389  
route summarization 392  
Router 330, 358, 383, 386, 388 f., 393  
–, Übertragungsfehler 389  
Routing 315, 319, 335 f., 338, 377, 379, 383, 390, 392  
RS 422 88  
RS 485 88  
RS-232-Schnittstelle 371, 395 ff.  
RS-232-Standard 397  
RS-422-Schnittstelle 397 ff.  
RS-422-Standard 398  
RS-422-Übertragung 397  
RS-485/LWL-Umsetzer 405  
RS-485-Schnittstelle 398 f., 404  
RS-485-Standard 415  
RT 419  
RT-Modell 246  
RT-Protokoll 419  
RTR 409  
RTS 351  
RTS/CTS-Handshake 351, 366  
Rückführschaltung 167  
Rundfunk 342  
R&I-Fließbild 33  
RxD 396
- S**  
Sabotage 332, 366  
Safety over EtherCAT 420  
SAP 371  
Schadensbegrenzungseinrichtung 572  
Schalteingriff 572  
Schaltplan 212  
Schalttransienten 332  
scheduled messages 414  
Schichtprotokoll 474  
Schirmung 325  
Schlüssel 367, 372, 375  
Schnittstelle 303  
–, digitale 394 f.  
–, herstellerspezifische 429  
Schnittstellenspezifikation 370  
Schritt 231  
Schutz 567  
Schutzeinrichtung 572  
Schutzummantelung 328  
Schwebekörper-Durchflussmesser 129  
Schweißen 525  
Schwingquarz-Hygrometer 139  
Schwingsonde 135  
SCO 369  
SDA 405 f.  
SDAP 371  
SDD 341  
SDN 405 f.  
Secure Simple Pairing 372 f.  
Secured Mode 379  
Seebeck-Effekt 107  
Seeheim-Modell 426  
Segment 274  
Segmentdeskriptor 70  
segmentieren 319  
segmentiert 316, 361  
Segmentkoppler 405  
selbstorganisierendes Netz 377  
selbstorganisierendes vermaschtes Netz 379  
Semantik 316  
semantische Beziehung 297  
Sendeenergie 321  
Sendefrequenz 343  
Sendeleistung 321, 369, 375  
Sensor 103  
–, induktiver 122  
–, taktile 519  
Sensorelement 103  
Sensorführung 518  
Sensorfunktion 518

- Sensortechnik 18
- Sequential freshness 379
- Sequential Function Chart 291
- Sequenzdiagramm 251
- sequenzielle Speicherung 276
- sequenzieller Automat 218
- Sequenznummer 379
- SERCOS 419
- SERCOS III 358, 419
- Serial Realtime Communication System 419
- serielle Datenübertragung 394
- serielle Schnittstelle 335
- Server 275, 358
- Service Layer 415
- Service Set Identification 365
- Servodrive-Profil über EtherCAT 420
- Session Layer 316
- SFD 360
- SF/FTP 325
- SFP 330
- SFP-Modul 330 f.
- SFP-Schnittstelle 330
- SFP-Switch 331
- S/FTP 325
- SF/UTP 325
- Shannon-Hartley-Gleichung 321
- Shared Memory 265, 270
- Shell 278
- Short Frame 412
- Sicherheit 320, 332, 364, 368, 371 f., 375, 555, 567
- Sicherheits- und Schutzeinrichtung 40
- Sicherheitsanalyse 570
- Sicherheitsaspekt 366, 371, 375
- Sicherheitsdienst 379
- Sicherheitsfunktion 373
- Sicherheitskonzept 372
- Sicherheitskopie 559
- Sicherheitsmechanismus 373
- Sicherheitsmodus 373
- Sicherungsschicht 315, 319, 368, 378, 404 f., 407, 414 f., 417, 419, 421
- Signal 264
- Signal Ground 396
- Signalbandbreite 326
- Signalflussplan 164
- Signallaufzeit 343, 349
- Signalleistung 321
- Signalprozessor 92
- Signalreflexion 322, 414
- Signalverarbeitung 92
- Silicium-Drucksensor, piezoresistiver 118
- Silicium-Temperatursensor 113
- SIMD-Architektur 75
- Simple Mail Transfer Protocol 320
- Simplex-Übertragung 340
- Simplexübertragung 340
- Simulation 203
- Simulationswerkzeug 203 f.
- single-ended 396 f.
- Singlemode-Faser 329
- Singlestep-Mode 296
- Singletask-Betrieb 256, 281
- Singletask-Betriebssystem 282
- SIO 399
- SIO-Modus 399 f.
- Sitzung 316
- Sitzungsschicht 316, 320
- Skeleton 306
- Slave-Feldgerät 412
- Slave-Gerät 412
- Slotted ALOHA 346
- Slotted Mode 378
- Small Form-factor Pluggable 330
- SMP-Multiprozessor-Architektur 75
- SMTP 320
- Snelliussches Brechungsgesetz 327
- SoE 420
- Soft Computing 528
- Software Engineering 240
- Software-Entwicklung 239
- Software-Herstellung 240
- Software-Lebenszyklus 240
- Software-Modell 228
- Software-RAID 562
- Softwaretechnik 240, 313
- Software-Unterbrechung 259
- Software-Liste 415
- Software-Nummer 415
- source address 389, 394
- Space Division Duplexing 341
- Spanning-Tree 338
- SPC-Betrieb 557
- Speicher 469
- , virtueller 70, 269
- Speicherhierarchie 76



- speicherinfizierender Virus 564  
speicherprogrammierbare Steuerung  
48, 226, 395  
Speicherschutz 70  
Speicherstruktur 76  
Speicherung, gestreute 277  
–, sequenzielle 276  
Speicherverwaltung 68 f., 258, 269  
Speicherverwaltungseinheit 69  
Speicherzugriff, direkter 83  
Spektralbereich 333  
spektrale Aufspreizung 343  
spektrale Effizienz 332  
Spektrum 333  
Spleiß 330  
Spooling 272  
SPP 371  
Sprachausgabe 427, 453  
Spracheingabe 427, 453  
Sprechfunksystem 342  
Sprungantwort 175  
SPS 395  
–, fehlersichere 557  
–, hochverfügbare 557  
SPS-Modell 213, 226  
SPS-Programm 227  
SPS-Programmiersystem 228  
SRD 405 f.  
SRD-Band 377  
SRD-Nachricht 406  
SRR 409  
SSID 365  
SSP 372 f.  
S/STP 325  
Störspektrum 332  
Stabilität 181  
Stabilitätskriterium 182  
Stackbereich 260  
Standard-Ethernet-Frame 419  
Standardfenstersystem 431  
Standard-Frame 409  
Standard-I/O 399  
Standardisierung 54  
Stapelbetrieb 257  
Start Frame Delimiter 360  
Start-Bit 396  
START-Feld 412  
Startmarkierung 412  
statisches Modell 249  
STATUS-Feld 412  
Steckverbinder 314, 330  
Stellantrieb 141, 147  
–, elektrischer 148  
–, elektromagnetischer 149  
–, elektromotorischer 148  
–, hydraulischer 150  
–, pneumatischer 149  
Stellbereich 147  
Stelleinrichtung 141, 153  
Stellenblatt 545  
Stellenfunktionsplan 546  
Stellenplan 546  
Stellen/Transitions-Netz 224  
Stellgeschwindigkeit 147  
Stellglied 146, 164  
Stellgröße 162  
Stellkraft 147  
Stellungsalgorithmus 190  
–, rekursiver 190  
Stellverhältnis 144  
Stellweg 148  
Stellwinkel 148  
Sternstruktur 420  
Stern-Topologie 337, 355, 376, 380 f.  
Steuereinrichtung 164, 210  
Steuerfunktion 41, 455 f., 458, 573  
Steuerfunktionselement 41, 456 f., 573  
Steuergröße 162  
Steuermodell 210, 212  
Steuern 162  
Steuernetz 223  
Steuerobjekt 210  
Steueroperation 465  
Steuerrezept 461, 463  
Steuersprache 211  
Steuerung 162, 165  
–, binäre 163  
–, speicherprogrammierbare 48, 226  
–, verbindungsprogrammierte 226  
Steuerungskomponente 456  
Steuerungsprogramm 165, 255  
Steuerungssystem, verteiltes 238  
Steuerungstechnik 18  
Stoffaufarbeitung 22  
Stoffaufbereitung 22  
Stoffliste 461  
Stoffumwandlung 22  
Stopp-Bit 396

- Störanfälligkeit 321  
 Störfaktor 332  
 Störsicherheit 323  
 Störsignal 322  
 Störung 323  
 Störverhalten 180  
 STP 358  
 Strahlungsthermometer 115  
 Streufeld 332  
 Stromlaufplan 212  
 Stromschleife 87, 395  
 Stromschleifenschnittstelle 395, 411, 413  
 Struktogramm 212  
 Struktur 287  
 strukturadaptive Regelung 42  
 strukturierte Analyse 244  
 strukturierte Methode 241  
 strukturierter Text 212, 230, 237, 291  
 strukturinstabil 180  
 strukturstabil 180  
 Stub 305  
 Stufenprofil 329  
 Sub-Kanal 341 f.  
 Sub-Kanal 342  
 Subnetz 387  
 Substitute Remote Request 409  
 Superframe 378  
 superskalare Architektur 75  
 Supervisor Call 259  
 Supervisor-Mode 68  
 S/UTP 325  
 Swap-Bereich 270  
 Swapping 270  
 Switch 330, 337, 355 f., 417, 420  
 Symbol 435  
 symmetrischer Schlüssel 379  
 symmetrisches Optimum 188  
 SYNCH 371  
 synchron 352  
 synchrone Ausgabe 79  
 synchrone Eingabe 79  
 Synchronisation 314, 316, 346, 360, 411  
 Synchronisierung 100, 343, 359 f., 376, 378, 396  
 Synchronous Connection-Oriented 369  
 Syntax 316  
 System 241, 268  
 –, lineares 167  
 –, interaktives 242  
 –, verteiltes 303  
 –, zeitinvariantes 167  
 System on a Chip 93  
 Systemanalyse 205, 242  
 Systembus 85  
 Systementwicklung 241  
 Systemergonomie 423  
 Systemmodell 242  
 Systempflege 277, 280  
 Systemspezifikation 242
- T**
- Tabelle 212  
 Tag Control Information 363  
 Tag Protocol Identifier 362  
 taktiler Sensor 519  
 Taktsynchronisierung 419  
 Task 229, 255, 287  
 Taskkonzept 228  
 Taupunkt 136  
 Taupunktspiegelhygrometer 136  
 TCI 363  
 TCP 318 ff.  
 TCP/IP 318 ff., 419 ff.  
 TCP/IP-Modell 319  
 TCP/IP-Protokoll 417  
 TCP/IP-Referenzmodell 317–320  
 TDD 342, 366, 374  
 TDMA 343, 374, 380  
 technische Einrichtung 29  
 Teilanlagensteuerung 455, 468  
 Teilnehmertrennung 342  
 Telefon 355, 357  
 Telefonnetz 323, 383  
 Telefonsystem 327  
 Temperatur 110  
 Temperaturkoeffizient 112, 114  
 Terminator 244, 322  
 Terminierung 414  
 Terminierungswiderstand 398  
 Test 240  
 Testhilfe 295  
 Testsignal 209  
 Text, strukturierter 212, 230, 237, 291  
 textuelle Ablaufsprache 293  
 thermische Füllstandsmessung 134

- Thermobimetal 151  
thermoelektrischer (Seebeck-)Effekt 107  
Thermoelement 111  
Thermospannung 107  
Thermowiderstands-Effekt 107  
Thread 263 f.  
Thunderbolt 89  
TIA-232-F 395  
TIA-485-A 398  
TIA/EIA-422 397 f.  
TIA/EIA-485-A 398  
Time Division Duplexing 342  
Time Division Multiple Access 343  
time to live 389  
Timesharing 262, 268  
Timing-Anforderung 314  
TKIP 368  
Token 344 f., 406, 414  
Token-Passing 415  
Token-Passing 344 f., 405  
Token-Ring 327, 345  
Topologie 334, 344, 376, 402  
TOS 389  
TOS-Feld 393  
total datagram length 389  
Totalreflexion 328  
Totmannsignal 556  
TPID 362 f.  
Tracing 295  
traffic class 393  
Trägerfrequenz 342  
Trägersignal 346 f.  
Transceiver 330, 340 f., 369  
Transducer Block 408  
Transition 224, 231, 292  
Transmission Control Protocol 318 f.  
Transmission-Request-Frame 409  
Transmit Data 396  
Transport Layer 316, 319  
Transportschicht 316 f., 319, 415  
trap 259  
Tristate 74  
Trojanisches Pferd 564  
TTL 389  
TTL-Feld 389, 393 f.  
Twinax 358  
Twinax-Kabel 325  
Twisted Pair 51  
Twisted-Pair 327, 355 f.  
–, Cat-3 354, 357  
–, Cat-5 357 f.  
Twisted-Pair-Kabel 323–326  
Twisted-Pair-Kabelkategorie 327  
Twisted-Pair-Leitung 324, 355  
TxD 396  
Typ 359  
type of service 389  
Typ-Feld 361
- U**  
Überführungsmatrix 220  
Überladen 302  
Übersetzer 294  
Übertragungsbandbreite 321 f., 326, 341, 419  
Übertragungsfehler 362, 389  
Übertragungsfunktion 170, 175  
Übertragungsglied 174 f.  
Übertragungsmedium 51, 321, 334–337, 340 ff., 346 f., 354, 401  
Übertragungsmodell 208  
Übertragungsprotokoll 402  
Überwachungseinrichtung 572  
UDP 320, 418  
UDP/IP 419  
ULE 334, 375  
Ultra Low Energy 375  
Ultra Wide Band 382  
Ultraschall-Durchflussmesser 130  
Ultraschall-Füllstandsmessung 134  
Ultraschallsensor 124  
UML 241, 250  
unbefugte Nutzung 367  
unbefugter Zugriff 372  
Unicast 405  
Unicast-Nachricht 406  
Unified Modeling Language 241, 250  
Uninterruptible Power Supplies 558  
Universalrechner 55  
Unix 283  
unscheduled messages 414  
Unsecured Mode 379  
unsicher 373  
Unslotted Mode 378  
Unterbrechungsbearbeitung 258  
unterbrechungsfreie Stromversorgung 558

- Unterbrechungswerk 69  
Unterklasse 298  
Urrezept 460  
US 134  
USB 88  
User Datagram Protocol 319  
User-Mode 68  
User-Thread 263  
UTP 325  
UWB 382
- V**
- V.24 87, 395  
Validierung 551  
Variable 287  
–, direkt dargestellte 287  
–, globale 287  
–, lokale 287  
Variable-Level 267  
Variablenkonzeption 227  
Varianz 321  
Ventil-Durchflusskoeffizient 144  
verbindungslos 316, 320  
verbindungsprogrammierte Steuerung 226  
Verbindungsweg 315, 338  
verdrilltes Aderpaar 323  
Vererbung 298, 301  
Verfahrensabschnitt 455  
Verfahrensfließbild 33  
Verfahrensrezept 463  
Verfahrensvorschrift 461  
Verfügbarkeit 401, 554, 567  
Verhaltensmodell 203  
Verifier 372  
Verklemmung 271, 283  
Verknüpfungsplan 288  
Verknüpfungssteuerung 163, 210  
verlustloser Leitungswellenwiderstand 322  
vermaschte Topologie 338, 380 f.  
vermaschtes Netzwerk 338, 377  
vermaschtes WirelessHART 380  
Vermittlungsstelle 383  
Verschlüsselung 312, 364, 367 f., 372 f., 378 f.  
version 388, 393  
Versionsnummer 393  
verteiltes Steuerungssystem 238  
verteiltes System 303  
Vertical Redundancy Check 556  
Vertraulichkeit 372  
Verzeichnis 274  
Verzögerungszeit 320, 347  
Videobild 453  
Vielfachzugriff 312, 315, 344, 346 f., 365 f.  
Vielfachzugriffsmechanismus 405  
Vielfachzugriffsprotokoll 344 f.  
Vielfachzugriffsverfahren 342  
Virens scanner 565  
Virtual Local Area Network 362  
Virtual Reality 451  
virtuelle Methode 302  
virtueller Speicher 70, 269  
virtuelles Bedienelement 434  
virtuelles lokales Netz 362  
Virus 564  
–, Bootsektor- 564  
–, dateiinfiltrierender 564  
–, speicherinfiltrierender 564  
VLAN 362 f., 417  
VLAN-Tag 362 f.  
VME-Bus 85 f.  
V-Modell 553  
VMS-Bus 86  
VMX-Bus 86  
Voll duplex 342, 356 ff., 417, 419  
Voll duplex-Übertragung 341  
Volumenstrom 127  
von Neumannsches Konzept 55  
Vorplanung 544  
Vorwärtsfehlerkorrekturcode 315  
VRML 451
- W**
- Wake-up-Sequenz 400  
Wärmeleitfähigkeitssensor 139  
Wärmetönungssensor 139  
Warteschlange 262, 272  
Wartezeit, zufällige 347 f., 350  
Wartung 575  
Watchdog-Signal 556  
webbasierte Methode 251  
Webcontroller 91  
Web-Serviceanwendung 449  
Wechselfeld, magnetisches 322 f.  
Weitverkehrsnetz 331

- Wellenlänge 328, 330  
WEP 128 368  
WEP 64 368  
Werksrezept 463  
Werkstück-Koordinatensystem 500  
Werkzeugmaschine 497  
Widerstandsbelag 321 f.  
Widerstandsthermometer 111  
Window-Manager 280  
Windows 52, 283  
Winkel 122  
Wirbelzähler 129  
Wireless LAN 52  
Wireless Lan 351, 364  
Wireless Personal Area Network 367  
WirelessHART 379, 382  
–, vermaschtes 380  
Wirkdruckverfahren 128  
Wissensbasis 533  
WLAN 364 f.  
–, lizenzfrei 368  
–, unverschlüsselt 367  
–, verschlüsselt 367  
Wlan Access Point 366  
WLAN Access Point 367  
Wort 56  
Wortlänge 56  
WPA2-Enterprise 368  
WPA2-PSK 368  
WPAN 367  
WPA-PSK 368  
Wurm 564  
Wurzelort-Kriterium 182  
WYSIWYG 433
- X**  
X11-System 279  
XML 241, 251, 419  
XML-Dokument 252  
X-Window-System 278, 431
- Z**  
Zahl, gebrochene 59  
Zahlenbereich 60  
ZC 381  
ZDO 381  
ZED 381  
Zeit, absolute 61  
–, relative 61  
Zeitbereich 342 f.  
zeitinvariantes System 167  
Zeitraster 418  
Zeitschlitz 343, 346, 348, 374, 378, 380  
Zeitschlitzverfahren 419  
Zeitstempel 408  
Zeitverhalten 332  
Zeitverwaltung 258, 268  
zentrale Technik 45  
Zerlegungsstrategie 242  
Zero-Page 267  
Zieladresse 319, 359, 388  
Ziel-MAC-Adresse 359–362  
ZigBee 380, 382  
ZigBee Alliance 380 f.  
ZigBee Application Framework 381  
ZigBee Device Object 381  
ZigBee IP 382  
ZigBee network layer 380  
ZigBee Radio Frequency for Consumer Electronics 381  
ZigBee RF4CE 381  
ZigBee Router 381  
ZigBee-Anwendungsschicht 381  
ZigBee-Gerät 381  
ZigBee-Koordinator 381  
ZR 381  
zufällige Wartezeit 347 f., 350  
Zugangskontrolle 367  
Zugehörigkeitsfunktion 529  
Zugriffsrecht 275  
Zustandsdiagramm 247, 250  
Zustandsgleichung 218  
Zustandsgraph 217  
Zustellverfahren 142  
Zuverlässigkeit 332, 401, 567  
Z-Wave 376  
Zweidrahtleitung 401  
Zweipunktregler 196  
– mit Rückführung 197  
– ohne Rückführung 196  
Zwischenspeicher 76  
zyklische Nachricht 414  
zyklischer Datenaustausch 406  
Zykluszeit 311, 320, 403, 405, 412, 419, 421