
Taschenbuch der Automatisierung

herausgegeben von

Reinhard Langmann

Mit 430 Bildern und 110 Tabellen



Fachbuchverlag Leipzig
im Carl Hanser Verlag

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	19
0.1	<i>Begriff der Automatisierung</i>	19
0.2	<i>Fachinhalt</i>	19
1	Strukturen	22
1.1	<i>Automatisierung technischer Prozesse</i>	22
1.1.1	Grundbegriffe	22
1.1.1.1	Prozess und Prozesstechnik	22
1.1.1.2	Produktionstechnik	22
1.1.1.3	Informationstechnik	23
1.1.2	Strukturierung verfahrenstechnischer Prozesse	23
1.1.2.1	Verfahrensabschnitte	23
1.1.2.2	Grundoperationen	24
1.1.2.3	Grundfunktionen	25
1.1.2.4	Gegenüberstellung von Begriffen	26
1.1.3	Darstellungsformen für Prozesse	26
1.1.3.1	Grundfließbild	26
1.1.3.2	Phasenmodell	27
1.1.3.3	Ablaufplan	28
1.1.4	Strukturierung von Anlagen	29
1.1.4.1	Anlagen	29
1.1.4.2	Teilanlagen	29
1.1.4.3	Technische Einrichtungen	30
1.1.5	Darstellung verfahrenstechnischer Anlagen	33
1.1.5.1	Fließbilder	33
1.1.5.2	Anlagen- und Apparatkennzeichen (AKZ)	35
1.1.6	Charakteristika technischer Prozesse	38
1.1.6.1	Kontinuierliche Produktion	38
1.1.6.2	Diskontinuierliche Produktion	38
1.1.6.3	Mengen- und Zeitbegriffe	39
1.1.7	Anlagenkonzepte	40
1.1.7.1	Taxonomien nach NAMUR	40
1.1.7.2	Anlagen für den Fließbetrieb	40
1.1.7.3	Anlagen für den Absatzbetrieb	41
1.1.8	Anforderungen an die Leittechnik	42
1.1.8.1	Anlagentechnische Anforderungen	42
1.1.8.2	Anforderungen aus Sicht der Produktion	42
1.2	<i>Strukturen von Prozessleitsystemen</i>	44
1.2.1	Zielsetzung	44
1.2.2	Topologien	45
1.2.2.1	Parallele Technik	45
1.2.2.2	Zentrale Technik	46
1.2.2.3	Dezentrale Technik	46

1.2.3	Prozessnahe Komponenten (PNK)	48
1.2.3.1	Funktionen	48
1.2.3.2	Aufbau	49
1.2.4	Anzeige- und Bedienkomponenten (ABK)	50
1.2.4.1	Funktionen	50
1.2.4.2	Aufbau	50
1.2.5	Engineering Workstations (EWS)	51
1.2.6	Leitrechnerkomponenten (LRK)	52
1.2.7	Netzwerkcomponenten	52
1.2.7.1	Funktionen	52
1.2.7.2	Topologien und Technologien	53
1.3	<i>Trends für die Zukunft</i>	53
1.3.1	Globale Aussagen	53
1.3.2	Industrie-PC-Einsatz	56
1.3.2.1	Stand der Hardware	56
1.3.2.2	Stand des Betriebssystems	56
1.3.2.3	Stand der Rechnernetzwerke	57
1.3.2.4	IPC als prozessnahe Komponente	60
1.3.2.5	IPC als Anzeige- und Bedienkomponente	61
1.3.2.6	IPC als Betriebsleitreehner	62
1.3.2.7	IPC als Engineering Workstation	62
1.3.2.8	Stand des PC-Einsatzes in PLS	63
2	Rechner	66
2.1	<i>Einführung</i>	66
2.2	<i>Rechnerkern</i>	67
2.2.1	Darstellung von Prozessgrößen	67
2.2.2	Grundstruktur eines Mikroprozessors	73
2.2.3	Basisfunktionen einer CPU	75
2.2.3.1	Befehlsarten	75
2.2.3.2	Adressierungsarten	77
2.2.3.3	Multitasking-Unterstützung	79
2.2.4	Busschnittstelle	83
2.2.5	Leistungserhöhung des Rechnerkerns	85
2.2.5.1	Parallelverarbeitung	86
2.2.5.2	Schneller Zwischenspeicher	87
2.3	<i>Eingabe- und Ausgabesystem</i>	88
2.3.1	Betriebsarten für die Ein- und Ausgabe	89
2.3.1.1	Programmierte Ein- und Ausgabe	90
2.3.1.2	Interruptgesteuerte Ein- und Ausgabe	91
2.3.1.3	Direkter Speicherzugriff	94
2.3.2	Prozessrechner-Schnittstellen	95
2.3.2.1	Bussysteme	96
2.3.2.2	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen	98
2.4	<i>Spezielle Rechnerstrukturen</i>	100
2.4.1	Mikrocontroller	100
2.4.2	Signalprozessoren	101
2.4.3	Kundenspezifische Controller	102

2.5	<i>Prozessrechner-Peripherie</i>	102
2.5.1	Digitalausgabe	103
2.5.2	Digitaleingabe	103
2.5.3	Analogausgabe	104
2.5.4	Analogeingabe	105
2.5.5	Echtzeituhren	108
3	Komponenten	110
3.1	<i>Sensoren</i>	110
3.1.1	Einführung in die Sensortechnik	110
3.1.1.1	Sensoreigenschaften	111
3.1.1.2	Physikalische Messprinzipien	112
3.1.1.3	Signalauswertung	114
3.1.2	Sensoren und Messverfahren	116
3.1.2.1	Temperatur	116
3.1.2.2	Druck	122
3.1.2.3	Kraft, Masse	125
3.1.2.4	Drehmoment	127
3.1.2.5	Länge, Winkel	128
3.1.2.6	Drehzahl	131
3.1.2.7	Beschleunigung	131
3.1.2.8	Position, Lage	132
3.1.2.9	Durchfluss	133
3.1.2.10	Füllstand	138
3.1.2.11	Feuchte	143
3.1.2.12	Gassensoren	146
3.1.3	Signalverarbeitung	149
3.1.3.1	Konventionelle Signalverarbeitung	149
3.1.3.2	Bustechnologie	150
3.1.3.3	PC-Messtechnik	150
3.1.3.4	Intelligente Sensoren	152
3.2	<i>Aktoren</i>	153
3.2.1	Einführung in die Aktorik	153
3.2.1.1	Eigenschaften von Aktorsystemen	154
3.2.2	Stellglieder	155
3.2.2.1	Übersicht	155
3.2.2.2	Eigenschaften und Kennlinien	156
3.2.2.3	Auswahl von Stellgliedern	160
3.2.3	Stellantriebe	162
3.2.3.1	Eigenschaften	162
3.2.3.2	Elektrische Stellantriebe	164
3.2.3.3	Pneumatische Stellantriebe	166
3.2.3.4	Hydraulische Stellantriebe	167
3.2.3.5	Thermische Stellantriebe	168
3.2.4	Ansteuereinrichtungen	170
3.3	<i>Steuerungen</i>	171
3.3.1	Einführung in die Steuerungstechnik	171
3.3.1.1	Stetige Steuerungen	171
3.3.1.2	Binäre Steuerungen	172

3.3.2	Technische Realisierung	175
3.3.3	Verbindungsprogrammierte Steuerungen	176
3.3.3.1	Festprogrammiert	176
3.3.3.2	Umprogrammiert	177
3.3.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	178
3.3.4.1	Grundstruktur	178
3.3.4.2	Zentralbaugruppe	180
3.3.4.3	Peripheriebaugruppen	180
3.3.4.4	Hardware-Konfiguration	180
3.3.4.5	Zyklische Programmbearbeitung	181
3.3.4.6	Programmiersprachen	182
3.3.4.7	Strukturierte Programmierung	184
3.3.5	PC-basierte Steuerungen (Soft-SPS)	185
3.4	Regelungen	185
3.4.1	Einführung in die Regelungstechnik	186
3.4.2	Berechnungsmethoden für Regelkreise	187
3.4.2.1	Linearisierung	187
3.4.2.2	Statisches Reglerverhalten	188
3.4.2.3	Differenzialgleichung	189
3.4.2.4	Laplace-Transformation	190
3.4.2.5	Test/Antwort-Funktionen	191
3.4.2.6	Frequenzgang	192
3.4.3	Elementare Übertragungsglieder	193
3.4.3.1	Regelstrecken	196
3.4.3.2	Regler	198
3.4.4	Regelkreis	201
3.4.4.1	Systemverhalten	202
3.4.4.2	Stabilität von Regelkreisen	202
3.4.4.3	Regelgüte	205
3.4.5	Stetige Regler	206
3.4.5.1	Auswahl geeigneter Regler	206
3.4.5.2	Einstellregeln	207
3.4.6	Digitale Regler	211
3.4.7	Schaltende Regler	213
3.4.7.1	Zweipunktregler ohne Rückführung	213
3.4.7.2	Zweipunktregler mit Rückführung	214
3.4.7.3	Dreipunktregler	215
3.4.8	Regelschaltungen	215
3.4.8.1	Störgrößenaufschaltung	216
3.4.8.2	Hilfsgrößenaufschaltung	216
3.4.8.3	Kaskadenregelung	217
3.4.9	Regeleinrichtungen	218
3.4.9.1	Regler ohne Hilfsenergie	218
3.4.9.2	Elektronische Regler	218
3.4.9.3	Pneumatische Regler	220
3.4.9.4	Fuzzy-Regler	221
3.4.9.5	Adaptive Regler	224

4	Modelle	226
4.1	<i>Einführung</i>	226
4.1.1	Modellbildung	226
4.1.2	Modellnutzung	227
4.2	<i>Prozessmodelle</i>	228
4.2.1	Theoretische Prozessanalyse	229
4.2.1.1	Ablauf der theoretischen Modellbildung	229
4.2.1.2	Methode der Bilanzgleichungen	231
4.2.2	Experimentelle Prozessanalyse	232
4.2.2.1	Modellgüte	233
4.2.2.2	Testsignale	234
4.3	<i>Steuer- und Ablaufmodelle</i>	235
4.3.1	Überblick	235
4.3.2	Programmablaufplan	238
4.3.3	Zustands- und Automatengraph	242
4.3.3.1	Zustandsgraph	242
4.3.3.2	Automatengraph	244
4.3.4	Steuernetz	248
4.3.5	SPS-Modelle	252
4.3.5.1	Einordnung	252
4.3.5.2	Der SPS-Standard IEC 61 131	253
4.3.5.3	Software-Modell des Standards IEC 61 131-3	254
4.3.5.4	SPS-Modelle nach IEC 61 131-3	256
4.3.5.5	Zum Umfeld der IEC 61 131-3	263
4.4	<i>Informationstechnische Modelle</i>	264
4.4.1	Software-Entwicklung	264
4.4.2	Strukturierte Methoden	266
4.4.2.1	Systementwicklung und strukturierte Methoden	266
4.4.2.2	Strukturierte Analyse	268
4.4.2.3	Real-Time-Analyse	271
4.4.2.4	Semantische Datenmodellierung	273
4.4.3	Objektorientierte Methoden	275
4.4.3.1	Objektorientierte Analyse	275
4.4.3.2	Unified Modelling Language	276
4.4.3.3	Webbasierte Methoden	277
5	Programme	279
5.1	<i>Betriebssysteme</i>	279
5.1.1	Begriffe	279
5.1.1.1	Programmsystem	279
5.1.1.2	Betriebssystem	279
5.1.1.3	Anwendungs-Software	280
5.1.1.4	Ebenenmodell der Programmsysteme	280
5.1.1.5	Aufträge und Rechenprozesse	280
5.1.1.6	Betriebsarten	281
5.1.2	Betriebssystemkern	282
5.1.2.1	Komponenten	282
5.1.2.2	Unterbrechungsbearbeitung	284
5.1.2.3	Prozessverwaltung	285

5.1.2.4	Zeitverwaltung	293
5.1.2.5	Speicherverwaltung	294
5.1.2.6	Geräteverwaltung	296
5.1.2.7	Dateiverwaltung	298
5.1.3	Betriebssystemschale	302
5.1.3.1	Komponenten	302
5.1.3.2	Betriebssprachen	303
5.1.3.3	Grafische Bedienoberflächen	303
5.1.3.4	Programme zur Systempflege	305
5.1.4	Realzeitbetrieb	305
5.1.4.1	Begriffe und Voraussetzungen	305
5.1.4.2	Realzeitprozesse im Singletask-Betrieb	306
5.1.4.3	Realzeitprozesse im Multitask-Betrieb	307
5.1.4.4	Realzeitmöglichkeiten marktüblicher Betriebssysteme	308
5.2	<i>Programmiersprachen</i>	309
5.2.1	Genealogie	309
5.2.2	Prozessprogrammiersprachen	310
5.2.2.1	Allgemeine Kriterien	310
5.2.2.2	Grafische Programmiersprachen nach DIN EN 61 131-3	310
5.2.2.3	Textuelle Programmiersprachen nach DIN EN 61 131-3	314
5.2.2.4	C als Prozessprogrammiersprache	316
5.2.3	Programmierungsumgebung	317
5.2.3.1	Editoren	317
5.2.3.2	Übersetzer	317
5.2.3.3	Testhilfen	319
5.3	<i>Objektorientiertes Programmieren</i>	319
5.3.1	Grundlagen	319
5.3.1.1	Objekte und Klassen	319
5.3.1.2	Beziehungen zwischen Objekten	320
5.3.1.3	Beziehungen zwischen Klassen	321
5.3.2	Objektorientierte Programmiersprachen	322
5.3.2.1	Anforderungen	322
5.3.2.2	Eigenschaften objektorientierter Programmiersprachen	323
5.3.2.3	Beispiele objektorientierter Sprachen	324
5.4	<i>Komponentenbasiertes Programmieren</i>	326
5.4.1	Grundlagen	326
5.4.1.1	Technische Motivation	326
5.4.1.2	Anforderungen an Komponentenmodelle	326
5.4.2	Architekturen und Komponentenmodelle	327
5.4.2.1	CORBA	327
5.4.2.2	DCOM	329
5.4.2.3	Realisierte Komponentenmodelle	329
6	Kommunikation	332
6.1	<i>Dezentrale Automatisierung</i>	332
6.1.1	Ziel und Grundlagen	332
6.1.2	Informationsaustausch	334
6.1.3	Schnittstellen	335

6.2	<i>Datenübertragungssysteme</i>	340
6.2.1	Synchronisationsarten	340
6.2.2	Übertragungssicherung	343
6.2.3	Verbindungsformen	345
6.2.4	Übertragungsmedien	346
6.2.4.1	Koaxialkabel	346
6.2.4.2	Twisted Pair-Kabel	348
6.2.4.3	LWL-Kabel	350
6.2.4.4	Drahtlose Verbindungen	351
6.2.5	Industrielle Installationstechnik	352
6.3	<i>Kommunikationsmodelle</i>	355
6.3.1	Kommunikation über TCP/IP	355
6.3.2	Das OSI-Referenzmodell	357
6.3.2.1	Schicht 1: Physical Layer – Bitübertragungsschicht	358
6.3.2.2	Schicht 2: Data Link Layer – Sicherungsschicht	359
6.3.2.3	Schicht 3: Network Layer – Vermittlungsschicht	359
6.3.2.4	Schicht 4: Transport Layer – Transportschicht	360
6.3.2.5	Schicht 5: Session Layer – Kommunikationsschicht	361
6.3.2.6	Schicht 6: Presentation Layer – Darstellungsschicht	361
6.3.2.7	Schicht 7: Application Layer – Anwendungsschicht	362
6.3.2.8	Anmerkungen zum OSI-Modell	363
6.3.3	Topologien	363
6.3.4	Buszugriffsverfahren	366
6.3.5	Netzverbindungselemente	368
6.4	<i>Industriernetze</i>	372
6.4.1	Feldbussysteme	374
6.4.1.1	Anforderungen an Feldbussysteme	374
6.4.1.2	Anwendungseigenschaften von Feldbussystemen	375
6.4.1.2.1	INTERBUS	375
6.4.1.2.2	P-NET	375
6.4.1.2.3	CAN	377
6.4.1.2.4	PROFIBUS	379
6.4.1.2.5	PROFIBUS-FMS	379
6.4.1.2.6	PROFIBUS-DP	380
6.4.1.2.7	PROFIBUS-PA	381
6.4.2	LAN – Lokale Netzwerke	383
6.4.2.1	ARCNET	385
6.4.2.2	Ethernet	386
6.4.3	Weitbereichsnetzwerke	388
6.4.3.1	Backbone-Netze	388
6.5	<i>Internetkommunikation</i>	390
6.5.1	Grundlagen	390
6.5.2	Dienste	392
6.6	<i>Multimediakommunikation</i>	396
6.6.1	Technik und Technologie	396
6.6.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	399
6.6.3	Nutzungsregeln	402

7	Mensch-Maschine-Systeme	405
7.1	<i>Einführung</i>	405
7.2	<i>Mensch-Maschine-Kommunikation</i>	407
7.2.1	Aufgaben- und Tätigkeitssituationen	407
7.2.2	Bedien- und Benutzerfreundlichkeit	408
7.2.3	Mensch-Rechner-Schnittstelle	409
7.2.4	Kommunikationsformen	409
7.3	<i>Grafische Benutzerschnittstellen</i>	410
7.3.1	Grundlagen	410
7.3.2	Grafische Systeme und Schnittstellen	411
7.3.3	Fenstertechnik	413
7.3.3.1	X-Window-System	414
7.3.3.2	MS Windows	414
7.3.4	Interaktion und Dialog	415
7.3.5	Gestaltung	416
7.4	<i>Informationsvisualisierung</i>	421
7.4.1	Grafische Datenanalyse	422
7.4.1.1	Datenmatrixen	422
7.4.1.2	Datenbanken	422
7.4.2	Prozessvisualisierung	424
7.4.2.1	Bildobjekte für technische Prozesse	425
7.4.2.2	Erzeugung der Bilddynamik	427
7.4.2.3	Prozessvisualisierungssysteme	430
7.4.2.4	Prozessvisualisierung im Internet	431
7.4.3	Neue Techniken der MMK	434
7.4.3.1	Virtual Reality	434
7.4.3.2	Computer Augmented Reality	436
7.4.3.3	Multimedia	436
8	Anwendungen	438
8.1	<i>Rezeptsteuerung und Verfahrenslogistik</i>	438
8.1.1	Grundbegriffe	438
8.1.2	Funktionenmodelle und Aufgabenbereiche	439
8.1.2.1	Funktionenmodell nach NE 33	439
8.1.2.2	Aufgabenbereiche nach DIN EN 61 512-1	441
8.1.3	Produktunabhängige Steuerungskomponenten für Produktionsprozesse	441
8.1.3.1	Steuerfunktionselemente	441
8.1.3.2	Steuerfunktionen	442
8.1.4	Rezepte	444
8.1.4.1	Rezeptausprägungen und -hierarchien	444
8.1.4.2	Rezeptausprägungen und -hierarchien nach DIN EN 61 512-1	447
8.1.4.3	Aufbau von leittechnischen Grundoperationen und Steueroperationen	449
8.1.4.4	Darstellungsformen	450

8.1.5	Steuerungskomponenten für die Rezeptfahrweise und Verfahrens-	450
	logistik	
8.1.5.1	Teilanlagensteuerung	450
8.1.5.2	Anlagensteuerung	451
8.1.6	Rezeptausführung	452
8.1.6.1	Bearbeitungsstände von Chargen	452
8.1.6.2	Zustände von Steuerungskomponenten	453
8.1.7	Bedienkonzepte	455
8.1.7.1	Betriebsarten von Steuerungskomponenten	455
8.1.7.2	Bedienen und Beobachten	456
8.1.8	Chargendokumentation	456
8.1.9	Erstellen und Pflegen von Rezepten	457
8.1.9.1	Implementierung von Ausprägungen	457
8.1.9.2	Erzeugung von Rezeptausprägungen	458
8.2	<i>NC-Technik</i>	459
8.2.1	NC-Maschinen	459
8.2.2	Grundlagen der Werkstoffbearbeitung	460
8.2.3	Koordinatensysteme in Werkzeugmaschinen	461
8.2.4	Numerische Steuerungen	463
8.2.4.1	CNC-Systeme	463
8.2.4.2	Aufbau einer CNC-Steuerung	464
8.2.4.3	Programmiersprachen	466
8.2.5	Fertigungssysteme	468
8.2.6	Fertigungsintegration	471
8.3	<i>Industrieroboter</i>	473
8.3.1	Struktur von Industrierobotern	473
8.3.2	Steuerung eines Roboters	477
8.3.2.1	Allgemeine Bewegungssteuerung	477
8.3.2.2	Berechnung der Bewegungsbahn	477
8.3.2.3	Koordinatentransformation	479
8.3.2.4	Regelung der Bewegungsbahn	479
8.3.3	Programmierung von Robotern	481
8.3.4	Sensorführung	483
8.3.5	Anwendungsbeispiele	485
8.4	<i>KI-Systeme</i>	488
8.4.1	Einführung	488
8.4.2	Entwicklung der KI-System-Klassen	488
8.4.3	Expertensysteme	489
8.4.3.1	Aufbau von Expertensystemen	489
8.4.3.2	XPS-Klassifizierung	490
8.4.3.3	Modelle der Wissensrepräsentation	491
8.4.4	Fuzzy-Logik basierte Systeme	492
8.4.4.1	Unschärfe Informationen	492
8.4.4.2	Fuzzy-Menge und Fuzzy-Logik	493
8.4.4.3	Fuzzy-Steuerung	495
8.4.5	Neuronale Netze	496
8.4.5.1	Allgemeine Struktur	496
8.4.5.2	Typen von neuronalen Netzen	499

	8.4.5.3	Strategie und Lernalgorithmen von NN	500
	8.4.5.4	Genetische Algorithmen	502
8.4.6		Anwendungen von KI-Systemen	503
	8.4.6.1	XPS	503
	8.4.6.2	Fuzzy-Logic	504
9		Projekte	506
9.1		<i>Projektmanagement</i>	506
	9.1.1	Ziele	506
	9.1.2	Begriffe	506
	9.1.3	Abwicklungsphasen	509
	9.1.3.1	Vorgehensweise im Projekt	509
	9.1.3.2	Grundlagenermittlung	510
	9.1.3.3	Vorplanung	511
	9.1.3.4	Basisplanung	511
	9.1.3.5	Ausführungsplanung	512
	9.1.3.6	Errichtung	515
	9.1.3.7	Inbetriebsetzung	515
	9.1.3.8	Projektabschluss	516
9.1.4		Qualitätssicherung in der Prozessleittechnik	516
	9.1.4.1	Begriffe	516
	9.1.4.2	Qualitätssicherung in der Produktion	518
	9.1.4.3	Validierung von Prozessen	518
9.2		<i>Verfügbarkeit und Sicherheit von PLS-Komponenten</i>	521
	9.2.1	Begriffe zur Verfügbarkeit und Sicherheit	521
	9.2.2	Erhöhung der Verfügbarkeit von PLS-Komponenten	522
	9.2.2.1	Eigenüberwachung von PLS-Komponenten	522
	9.2.2.2	Backup- und Redundanzkonzepte	524
9.2.3		Sicherung von Daten auf Rechnern	526
	9.2.3.1	Backup-Medien	526
	9.2.3.2	Organisatorische Maßnahmen für Backups	527
	9.2.3.3	RAID-Technologie	528
9.2.4		Schutz gegen unautorisierten Zugang	530
9.2.5		Schutz gegen feindliche Software (Malware)	530
	9.2.5.1	Malware	530
	9.2.5.2	Viren	531
	9.2.5.3	Würmer und Trojanische Pferde	532
	9.2.5.4	Gegenmaßnahmen	532
9.3		<i>Sicherheit</i>	534
	9.3.1	Begriffe	534
	9.3.1.1	Sicherheit und Verfügbarkeit	534
	9.3.1.2	Wertebereiche von Prozessgrößen	535
	9.3.1.3	Erhöhung der Anlagensicherheit	536
	9.3.1.4	Sicherheitsanalysen	537
9.3.2		Einteilung der PLT-Einrichtungen	539
	9.3.2.1	Klassifizierung nach VDI/VDE und NAMUR	539
	9.3.2.2	Darstellung der Funktionalität	540
9.3.3		Überwachungseinrichtungen	541

9.3.4	Schutz- und Schadensbegrenzungseinrichtungen	541
9.3.4.1	Allgemeine Kriterien	541
9.3.4.2	PLT-Schutzeinrichtungen	543
9.3.4.3	PLT-Schadensbegrenzungseinrichtungen	547
9.3.5	Explosionsschutz	547
9.3.5.1	Begriffe	547
9.3.5.2	Maßnahmen zur Explosionsvermeidung	548
9.3.5.3	Elektrischer Explosionsschutz	549
10	Anlagen	551
10.1	<i>Normen und Richtlinien</i>	551
10.1.1	Normen-Auskunftscentren	551
10.1.2	Normungsinstitutionen	551
10.1.3	Bezeichnungen von Normen und Standards	551
10.1.4	DIN-Normen	552
10.1.5	VDI/VDE-Richtlinien	554
10.1.6	NAMUR-Richtlinien	556
10.1.7	Internationale Standards	556
10.2	<i>Gremien und Verbände</i>	557
10.3	<i>Messen und Ausstellungen</i>	558
10.4	<i>Abkürzungen</i>	558
	Literaturverzeichnis	564
	Sachwortverzeichnis	578
	Die Autoren	596