

Inhaltsverzeichnis

Vorwort..... 3

1 Definition des Begriffs „Prozessleittechnik“ (PLT)..... 11

1.1 Vorbetrachtungen 11

1.2 Begriffsteil „Prozess“ 11

1.3 Begriffsteil „Leiten“ 12

1.4 Begriffsteil „Technik“ 14

1.5 Zusammenführung der Begriffsteile..... 14

1.6 Prozessleittechnik und Automatisierungstechnik 16

1.7 Abgrenzung von Prozessindustrie und Fertigungsindustrie. 16

1.8 Fachliche Teilgebiete der Prozessleittechnik. 19

2 Historische Entwicklung der Prozessleittechnik 21

3 Hauptfunktionen, die vom Prozessleitsystem auszuführen sind..... 27

3.1 Vorbetrachtungen 27

3.2 Signalaufnahme- und Signalwandlungsfunktion 28

3.3 Signalaufbereitungsfunktion..... 31

3.4 Regelungsfunktion 33

3.5 Steuerungsfunktion 39

3.5.1 Vorwärtssteuerungsfunktion 40

3.5.2 Ablaufsteuerungsfunktion 40

3.6 Überwachungsfunktion 43

3.7 Dokumentationsfunktion 46

3.8 Signalausgabefunktion..... 48

4 Aufbau und Funktion von computerbasierten Prozessleitsystemen..... 50

4.1 Vorbetrachtungen 50

4.2 Einfaches Prozessleitsystem ohne Controller als Einplatzstation 50

4.3 Einfaches Prozessleitsystem ohne Controller als Mehrplatzsystem 55

4.4 Prozessleitsystem mit externem Controller als Mehrplatzsystem 60

4.5 Prozessleitsystem mit mehreren externen Controllern als Mehrplatzsystem 63

4.6 Prozessleitsysteme mit Remote-I/Os 68

4.7 Prozessleitsysteme mit Feldbus 70

4.8 Das Ebenenmodell der Prozessleittechnik..... 74

4.9 Zusammenfassung zu computerbasierten Prozessleitsystemen..... 77

5	Bedienen und Beobachten von Chemieanlagen mithilfe von Prozessleitsystemen	80
5.1	Vorbetrachtungen	80
5.2	Informationsbereitstellung auf dem Monitor	80
5.3	Anlagenübersichtsdarstellung	80
5.4	Fließbilddarstellung	82
5.5	Faceplate-Darstellung	88
5.6	Detaildarstellung	92
5.7	Gruppendarstellung	93
5.8	Trenddarstellung	94
5.9	Alarmdarstellung	96
5.10	Historische Darstellung	99
5.11	Bedienaktivitäten	101
6	Grundlagen der Elektrotechnik	104
6.1	Vorbetrachtungen	104
6.2	Elektrischer Strom	104
6.2.1	Gleichspannung und Wechselspannung	104
6.2.2	Der Stromkreis	105
6.2.3	Mehrere Stromkreise – Zusammenfassung von Minuspolen	106
6.2.4	Der Schutzleiter	108
6.3	Reihen- und Parallelschaltung	109
6.4	Widerstand und Leistung	112
6.5	Die Impedanz als Wechselstromwiderstand	115
6.6	Elektrische Verbraucher im Prozessleitsystem	115
6.7	Sicherungsmaßnahmen zum Leitungsschutz	116
6.8	Sicherungsmaßnahmen zum Personenschutz	117
6.8.1	Schutzisolierung	117
6.8.2	Verwendung von Kleinspannung	117
6.8.3	Fehlerstrom-Schutzschaltung	118
6.9	Transformation von elektrischer Spannung	119
6.10	Gleichrichten und Glätten einer Wechselspannung	120
6.11	Galvanische Trennung und Eigensicherheit von Stromkreisen	121
6.12	Leiterplatten als service-freundliches Bauteil im Prozessleitsystem	123
6.13	Modulation von elektrischen Größen zur Signalübertragung	123
6.13.1	Binärsignale durch Ein-Aus-Modulation	124
6.13.2	Analogsignale durch Strommodulation	125
6.13.3	Digitale Signale durch Ein-Aus-Modulation	126

6.13.4	Digitale Signale durch Frequenzmodulation	127
6.13.5	Das HART-Protokoll als Kombination von Strom- und Frequenzmodulation	128
6.14	Messen und Prüfen von elektrischen Größen	129
6.14.1	Spannungsprüfung	129
6.14.2	Durchgangsprüfung und Widerstandsmessung	129
6.14.3	Spannungsmessung und Strommessung	130
6.14.4	Energie- und Leistungsmessung	131
6.14.5	Frequenzmessung	132
6.15	Relais-Schaltungen	132
7	Messtechnik	137
7.1	Vorbetrachtungen	137
7.2	Temperaturmessung	140
7.2.1	Thermoelement	140
7.2.2	Widerstandsthermometer	144
7.2.3	Strahlungspyrometer	146
7.3	Druckmessung	146
7.3.1	Federmanometer	147
7.3.2	Kapazitive Drucksensoren	147
7.3.3	Induktive Drucksensoren	149
7.3.4	Dehnungsmessstreifen (DMS)	149
7.3.5	Piezoresistive Drucksensoren	150
7.4	Füllstandsmessung	151
7.4.1	Behälterwägung	151
7.4.2	Bodendruckmessung	152
7.4.3	Einperlung	152
7.4.4	Schwimmermessverfahren (magnetoresistives Messverfahren)	153
7.4.5	Kapazitive Füllstandsmessung	154
7.4.6	Radiometrische Füllstandsmessung	155
7.4.7	Füllstandsmessung mit Ultraschall, Radar oder Laser	155
7.4.8	Mechanische Lotsysteme	157
7.4.9	Füllstands-Grenzwertüberwachung	158
7.5	Durchflussmessung des Massen- oder Volumenstromes	158
7.5.1	Ovalradzähler	159
7.5.2	Birotorzähler	160
7.5.3	Drehschieberzähler	160
7.5.4	Drehkolbengaszähler	160
7.5.5	Flügelradzähler	161
7.5.6	Woltmannzähler (Turbinenzähler)	161
7.5.7	Wirbelzähler (Vortexzähler)	162
7.5.8	Wirkdruckmessverfahren mit Messblende, Messdrossel oder Messdüse	163

7.5.9	Schwebekörpermessverfahren (Rotameter)	165
7.5.10	Ultraschall-Durchflussmessung	166
7.5.11	Magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID)	167
7.5.12	Thermische Durchflussmessung mit Hitzdraht oder Thermistor	168
7.5.13	Coriolis-Massenstrommessung	169
7.5.14	Bandwaage	170
7.5.15	Strömungsüberwachung	172
7.6	Analysenmessverfahren	173
7.6.1	Gaschromatografie (GC)	173
7.6.2	pH-Wert-Messung	175
7.7	Sonstige Messverfahren	177
8	Steuerungen in Chemieanlagen	179
8.1	Vorbetrachtungen	179
8.2	Vorwärtssteuerung (offene Steuerung)	179
8.3	Verknüpfungssteuerungen	181
8.4	Ablaufsteuerung (GRAFSET)	187
8.5	Darstellungen von Steuerungsaufgaben	196
9	Regelungen in Chemieanlagen	210
9.1	Vorbetrachtungen	210
9.2	Stetige Regelungen	212
9.3	Unstetige Regelungen	220
9.3.1	Zweipunktregelung	221
9.3.2	Dreipunktregelung	222
9.4	Fuzzy-Regelung	223
9.5	Charakteristiken von Regelstrecken	227
9.5.1	Durchflussregelstrecke an einer offenen Rohrleitung	228
9.5.2	Flüssigkeitsspeicher mit Zu- und Abfluss	228
9.5.3	Rührbehälter mit Rohrschlangenheizung	229
9.5.4	Rührbehälter mit Mantelheizung	231
9.6	Beispiele für Regelungsaufgaben in Chemieanlagen	233
9.6.1	Füllstandsregelung eines durchströmten Vorratsbehälters	233
9.6.2	Druckregelung an einem Gasspeicher	234
9.6.3	Durchflussregelung durch Drosselung des Volumenstromes	234
9.6.4	Durchflussregelung mit Rücklaufstrom	235
9.6.5	Durchflussregelung mit Drehzahlverstellung	235
9.6.6	Temperaturregelung an einem Wärmeaustauscher	236
9.6.7	Temperaturregelung an einem Rührreaktor	237
9.6.8	Druckregelung an einem Kreiselpverdichter	237

9.6.9	Kaskadenregelung zur Behältertemperierung	238
9.6.10	Produktqualitätsregelung am Kopf einer Rektifikationskolonne	239
9.6.11	Kaskadenregelung zur Kolonnentemperierung	240
9.6.12	Split-Range-Druckregelung an einem Tank oder einem Gasspeicher	241
9.6.13	Kombinierte Split-Range- und Kaskadenregelung zur Reaktortemperierung	241
9.6.14	Umsatzregelung an einem Gasphasenreaktor	242
9.6.15	Split-Range-Regelung zur kontinuierlichen Neutralisation einer Flüssigkeit	243
9.6.16	Durchflussverhältnisregelung zweier Stoffströme	243
9.6.17	Folgeregelung eines Gas-Luft-Gemisches an einem Industrieofen	244
9.6.18	Komplexe Regelung einer Rektifikationskolonne	245
10	Typische Aktoren in Anlagen der stoffwandelnden Industrie	250
10.1	Vorbetrachtungen	250
10.2	Stellorgane (Klappen, Hähne, Schieber, Ventile)	252
10.3	Antriebe für Stellorgane	256
10.3.1	Pneumatische Stellantriebe	257
10.3.2	Hydraulische Stellantriebe	261
10.3.3	Elektrische Stellantriebe	263
10.3.3.1	Elektromagnetische Stellantriebe	263
10.3.3.2	Elektromotorische Stellantriebe	264
10.4	Zusammenwirken von Stellventil und Rohrleitung	267
10.5	Relais und Schütze	270
10.6	Antriebsmotoren	272
10.6.1	Wichtigste Motortypen	272
10.6.1.1	Drehstrom-Asynchronmotor	273
10.6.1.2	Drehstrom-Synchronmotor	274
10.6.1.3	Gleichstrommotor	275
10.6.1.4	Vergleich von Drehstrom-Asynchron- und Gleichstrommotor	276
10.6.2	Drehrichtungs- und Drehzahländerung von Elektromotoren	278
10.6.2.1	Drehrichtungsänderung	279
10.6.2.2	Drehzahländerung	281
11	Automatisierte Rezeptursteuerung (Batch-Prozesse)	291
11.1	Vorbetrachtungen	291
11.2	Von der Teilaktivität zum Rezeptabschnitt	291
11.3	Die Grundfunktionen als Hauptbausteine der Rezepte	292
11.4	Zusammensetzen der Grundfunktionen zu größeren Rezeptbausteinen	294
11.5	Komplexbeispiel	297
11.6	Batch-Prozesse und Computersoftware	303
11.7	Die innere Logik der Grundfunktionen	306

12	Grundlagen der Digitaltechnik	313
12.1	Vorbetrachtungen	313
12.2	Die Bedeutung des Begriffes „digital“	313
12.3	Paralleler und serieller Transport digitaler Daten	315
12.4	Nullen und Einsen zum Verschlüsseln	317
12.5	Busse und Speicherzellen	320
12.6	Logische Grundsaltungen ohne Speicherverhalten	322
12.7	Saltungen mit Speicherverhalten	325
12.8	Additionsschaltungen	327
12.9	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	329
12.10	Analog-Digital-Umsetzer	333
12.11	Digital-Analog-Umsetzer	335
13	Planung, Konfigurierung und Inbetriebnahme von Prozessleitsystemen	338
13.1	Vorbetrachtungen	338
13.2	Fließbilderstellung	338
13.3	Apparatedimensionierung	340
13.4	Ermittlung von Anzahl und Typ der I/Os	340
13.5	Auswahl der Feldtechnik	341
13.6	Wahl des digitalen Teils des Prozessleitsystems	342
13.7	Leistungsabschätzung des Bus-Systems und der Controller	343
13.8	Detailplanung	344
13.9	Konfigurierung der Software	345
13.10	Kopieren und Laden	354
13.11	Der Loop-Check	355
13.12	Zusammenfassung der Teilschritte	355
14	Erstellen von Anlagensimulationen	357
14.1	Vorbetrachtungen	357
14.2	Vorgehensweise bei der Erstellung von Simulationen	357
15	Instandhaltung und Fehlersuche in der Prozessleittechnik	364
15.1	Vorbetrachtungen	364
15.2	Fehlerursachen	364
15.2.1	Prozessbedingte Fehler	365

15.2.2	Verschleißbedingte Fehler	365
15.2.3	Alterungsbedingte Fehler	365
15.2.4	Hardwarefehler	366
15.2.5	Softwarefehler	366
15.2.6	Subjektive Fehler	366
15.3	Eingrenzung der Fehlerursachen	367
15.4	Fehlersuche unter Nutzung der Loop-Darstellung	369
16	Sicherheitsaspekte der Prozessleittechnik	381
16.1	Vorbetrachtungen	381
16.2	Die Prozessleittechnik im Sicherheitskonzept der Anlage	383
16.3	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Redundanz	388
16.4	Mehrfachauslegung von Schlüsselbaugruppen des Prozessleitsystems	392
16.5	Prozessleittechnik und Explosionsschutz	396
16.5.1	Voraussetzungen für Explosionen	397
16.5.2	Einführung wichtiger Begriffe	398
16.5.3	Explosionsschutz	399
16.5.4	Zündschutzarten	401
16.5.5	Die Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“	402
16.5.6	Die Zündschutzart „Eigensicherheit“	403
16.5.7	Kennzeichnung von Betriebsmitteln hinsichtlich des Explosionsschutzes.	407
16.6	Datensicherheit, Datenschutz und Bedienberechtigung	410
16.6.1	Datensicherheit und Bedienberechtigung	410
16.6.2	Datenschutz	412
17	Industrie 4.0 in der Prozessleittechnik	414
18	Die Verantwortung der Beschäftigten der Chemieindustrie	419
	Englische Fachbegriffe	421
	Verzeichnis der für das Fachgebiet wichtigsten aktuellen Normen und Standards	424
	Stichwortverzeichnis	425
	Bildquellenverzeichnis	434