

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 Prozessleitsysteme 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 elektrischem Strom	119
6.10	Gleichrichten und Glätten einer Wechselspannung	120
6.11	Galvanische Trennung und Eigensicherheit von Stromkreisen	121
6.12	Leiterplatten als servicefreundliches 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	Analogsignal 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	Verknüpfungssteuerung	181
8.4	Ablaufsteuerung (GRAFCET)	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 Kreiselerdichter	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	Die Addition eines Bits	327
12.9	Die 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	Erstellung von Anlagensimulationen	357
14.1	Vorbetrachtungen	357
14.2	Vorgehensweise bei der Erstellung von Simulationen	357
15	Instandhaltung und Fehlersuche in der Prozesstechnik	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 Prozesstechnik	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	Die Verantwortung der Beschäftigten der Chemieindustrie	414
	Englische Fachbegriffe	416
	Verzeichnis der für das Fachgebiet wichtigsten Normen und Standards	419
	Stichwortverzeichnis	421
	Bildquellenverzeichnis	432