

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 Minuspole. | 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 (GRAF CET) | 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 |