



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Chemieberufe

# Prozessleittechnik in Chemieanlagen

von

Dr.-Ing. Henry Winter und Dipl.-Ing.(FH) Marina Böckelmann

6. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten  
**Europa-Nr.: 70962**

---

**Autor:****Dr.-Ing. Henry Winter, Nemsdorf-Göhrendorf**

Der Autor hat langjährige Erfahrungen als Trainer für Prozessleittechnik und Verfahrenstechnik in einer überbetrieblichen Ausbildungsstätte der chemischen Industrie. Derzeit arbeitet er als Ingenieur für Anlagensicherheit in der Petrochemie und ist dabei unter anderem mit der Optimierung von prozessleittechnischen Systemen befasst. Durch seine berufliche Tätigkeit kennt er die herstellerunabhängigen Funktionsprinzipien sowie die häufigsten Verständnisschwierigkeiten der Lernenden.

**Mitautorin:****Marina Böckelmann, Dipl.-Ing. (FH), Halle/Saale**

Die Mitautorin ist seit 1987 als Ausbilderin und Trainerin in der chemischen Industrie tätig. Dabei hat sie sich auf die Gebiete Speicherprogrammierbare Steuerungen, Visualisierung von Bedien- und Beobachtungsgeräten sowie das Automatisieren von mechatronischen Systemen spezialisiert. Ihre langjährige Erfahrung beim Aufbereiten und Vermitteln unterschiedlicher Lehrinhalte ermöglicht es ihr, die Themen zur Steuerungstechnik in diesem Buch gut verständlich darzustellen.

**Verlagslektorat:**

Dr. Astrid Grote-Wolff

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern

6. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern identisch sind.

Das vorliegende Fachbuch wurde auf der **Grundlage** des zur Zeit der Drucklegung **aktuellen Standes des technischen Normen-Regelwerks** erstellt.

ISBN 978-3-7585-7000-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

**Umschlaggestaltung:** Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

**Satz:** Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

**Druck:** Plump Druck und Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

## Vorwort

Die Effektivität der Wertschöpfungsketten in der stoffwandelnden Industrie beruht in zunehmendem Maße auf der Gewinnung und Verarbeitung von **Informationen**. In seiner Rolle beim Leiten der Produktionsprozesse wird der Mensch immer mehr von digitalen Geräten unterstützt. Sie nehmen ihm die Teilaufgaben des **Leitens** der stoffwandelnden Prozesse, wie Steuerung, Regelung, Überwachung und Dokumentieren, im gewünschten Maße ab. Die Geräte gewinnen die nötigen Informationen direkt aus dem technologischen Prozess, verarbeiten sie und wirken selbsttätig auf den Prozess ein. Die technischen Komponenten sind dabei elektronisch vernetzt, tauschen ihre Daten in den Netzwerken aus und treffen Entscheidungen zur Beeinflussung der Prozesse. Sie arbeiten mit Software zusammen, die teilweise von anderen Geräten bereitgestellt wird, sodass man nur noch von **Systemen** spricht. An der Schnittstelle zum Menschen stehen heute zunehmend grafische Bildschirmsysteme und funkbasierte Ein- und Ausgabegeräte. Das Entwicklungsziel für die vernetzte und intelligente Leitung der Produktionsprozesse wird mit dem Begriff **Industrie 4.0** charakterisiert.

Die zunehmend selbsttätige Arbeitsweise der technischen Komponenten, ihre partielle Lernfähigkeit und Intelligenz, erfordern vom Menschen ein immer tieferes Verständnis für deren **Wirkungsweisen**. Die Komplexität der modernen Systeme stellt besonders hohe Anforderungen an die Kenntnisse der grundlegenden **Funktionsprinzipien** der Leitsystem-Komponenten. Solche Kenntnisse sind für die Beschäftigten in der stoffwandelnden Industrie eine Voraussetzung für die zielführende Nutzung dieser komplexen Systeme. Das vorliegende Buch „**Prozessleittechnik in Chemieanlagen**“ hat das Anliegen, Auszubildende, Teilnehmende an Weiterbildungen, Studierende sowie Praktiker im Bereich der stoffwandelnden Industrie, speziell der chemischen Industrie, in verständlicher Form mit den Grundlagen der Prozessleittechnik vertraut zu machen. Auch die **6. Auflage** verfolgt das Ziel, **elementares Grundlagenwissen** zu vermitteln.

### Zielgruppen:

- **Ausbildung** zum Chemikanten/zur Chemikantin, zum Elektroniker/zur Elektronikerin Automatisierungstechnik, zum Chemielaboranten/zur Chemielaborantin, zum Lacklaboranten/zur Lacklaborantin sowie zum Biologielaboranten/zur Biologielaborantin
- **Weiterbildung** zum geprüften Industriemeister/zur gepr. Industriemeisterin Chemie bzw. Elektrotechnik
- **Weiterbildung** zum staatlich geprüften Techniker/zur staatlich gepr. Technikerin der Fachrichtung Chemie bzw. Elektrotechnik
- **Studierende** der Ingenieurstudiengänge, insbesondere der Chemischen Technologie, der Verfahrenstechnik, der Umwelttechnik und der Biotechnik

**Methodische Prinzipien:** Die Autoren legen besonderen Wert auf eine **praxisorientierte Darstellung** der Fakten und Zusammenhänge und beschränken sich bei der Darstellung von wissenschaftlichen Hintergründen auf das unbedingt Notwendige. Durch die enthaltenen Beispiele werden die Leser in die Lage versetzt, ihre Kenntnisse selbstständig zu vertiefen und zu erweitern. Das Buch ist als **unterrichtsbegleitendes Lehrmaterial** ebenso geeignet wie für das **Selbststudium**.

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Zu den inhaltlichen Schwerpunkten zählen die **Mess- und Regelungsprinzipien, Stellorgane, Steuerungsvorgänge** bei **Batchprozessen** sowie Aufbau und Funktion von digitalen **Prozessleitsystemen**. Die Leserinnen und Leser werden mit den Arbeitsprinzipien beim **Konfigurieren** und bei der Fehlersuche in Prozessleitsystemen vertraut gemacht und erhalten einen Einblick in die Aspekte des Entwicklungsziels **Industrie 4.0**.

Wir wünschen unseren Leserinnen und Lesern viel Erfolg und Freude beim Einstieg in die Grundlagen der modernen Prozessleittechnik. Hinweise und Ergänzungen, die zur Verbesserung oder Weiterentwicklung des Buches beitragen, nehmen wir unter der Verlagsanschrift oder per E-Mail (lektorat@europa-lehrmittel.de) gerne entgegen.

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Definition des Begriffs „Prozessleittechnik“ (PLT)</b> . . . . .	<b>11</b>
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
<b>2</b>	<b>Historische Entwicklung der Prozessleittechnik</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>Hauptfunktionen, die vom Prozessleitsystem auszuführen sind</b> . . . . .	<b>27</b>
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
<b>4</b>	<b>Aufbau und Funktion von computerbasierten Prozessleitsystemen</b> . . . . .	<b>50</b>
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

<b>5</b>	<b>Bedienen und Beobachten von Chemieanlagen mithilfe von Prozessleitsystemen</b>	<b>80</b>
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
<b>6</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik</b>	<b>104</b>
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
<b>6.14</b>	<b>Messen und Prüfen von elektrischen Größen . . . . .</b>	<b>129</b>
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
<b>6.15</b>	<b>Relais-Schaltungen . . . . .</b>	<b>132</b>
<b>7</b>	<b>Messtechnik . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>7.1</b>	<b>Vorbetrachtungen . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>7.2</b>	<b>Temperaturmessung . . . . .</b>	<b>140</b>
7.2.1	Thermoelement . . . . .	140
7.2.2	Widerstandsthermometer. . . . .	144
7.2.3	Strahlungspyrometer . . . . .	146
<b>7.3</b>	<b>Druckmessung . . . . .</b>	<b>146</b>
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
<b>7.4</b>	<b>Füllstandsmessung . . . . .</b>	<b>151</b>
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
<b>7.5</b>	<b>Durchflussmessung des Massen- oder Volumenstromes . . . . .</b>	<b>158</b>
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
<b>7.6</b>	<b>Analysenmessverfahren . . . . .</b>	<b>173</b>
7.6.1	Gaschromatografie (GC) . . . . .	173
7.6.2	pH-Wert-Messung . . . . .	175
<b>7.7</b>	<b>Sonstige Messverfahren . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>8</b>	<b>Steuerungen in Chemieanlagen . . . . .</b>	<b>179</b>
<b>8.1</b>	<b>Vorbetrachtungen . . . . .</b>	<b>179</b>
<b>8.2</b>	<b>Vorwärtssteuerung (offene Steuerung) . . . . .</b>	<b>179</b>
<b>8.3</b>	<b>Verknüpfungssteuerungen . . . . .</b>	<b>181</b>
<b>8.4</b>	<b>Ablaufsteuerung (GRAFCET) . . . . .</b>	<b>187</b>
<b>8.5</b>	<b>Darstellungen von Steuerungsaufgaben . . . . .</b>	<b>196</b>
<b>9</b>	<b>Regelungen in Chemieanlagen . . . . .</b>	<b>210</b>
<b>9.1</b>	<b>Vorbetrachtungen . . . . .</b>	<b>210</b>
<b>9.2</b>	<b>Stetige Regelungen . . . . .</b>	<b>212</b>
<b>9.3</b>	<b>Unstetige Regelungen . . . . .</b>	<b>220</b>
9.3.1	Zweipunktregelung . . . . .	221
9.3.2	Dreipunktregelung . . . . .	222
<b>9.4</b>	<b>Fuzzy-Regelung . . . . .</b>	<b>223</b>
<b>9.5</b>	<b>Charakteristiken von Regelstrecken . . . . .</b>	<b>227</b>
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
<b>9.6</b>	<b>Beispiele für Regelungsaufgaben in Chemieanlagen . . . . .</b>	<b>233</b>
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 Kreiselverdichter . . . . .	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
<b>10</b>	<b>Typische Aktoren in Anlagen der stoffwandelnden Industrie . . . . .</b>	<b>250</b>
<b>10.1</b>	<b>Vorbetrachtungen . . . . .</b>	<b>250</b>
<b>10.2</b>	<b>Stellorgane (Klappen, Hähne, Schieber, Ventile) . . . . .</b>	<b>252</b>
<b>10.3</b>	<b>Antriebe für Stellorgane . . . . .</b>	<b>256</b>
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
<b>10.4</b>	<b>Zusammenwirken von Stellventil und Rohrleitung . . . . .</b>	<b>267</b>
<b>10.5</b>	<b>Relais und Schütze . . . . .</b>	<b>270</b>
<b>10.6</b>	<b>Antriebsmotoren . . . . .</b>	<b>272</b>
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
<b>11</b>	<b>Automatisierte Rezeptursteuerung (Batch-Prozesse) . . . . .</b>	<b>291</b>
<b>11.1</b>	<b>Vorbetrachtungen . . . . .</b>	<b>291</b>
<b>11.2</b>	<b>Von der Teilaktivität zum Rezeptabschnitt . . . . .</b>	<b>291</b>
<b>11.3</b>	<b>Die Grundfunktionen als Hauptbausteine der Rezepte . . . . .</b>	<b>292</b>
<b>11.4</b>	<b>Zusammensetzen der Grundfunktionen zu größeren Rezeptbausteinen . . . . .</b>	<b>294</b>
<b>11.5</b>	<b>Komplexbeispiel . . . . .</b>	<b>297</b>
<b>11.6</b>	<b>Batch-Prozesse und Computersoftware . . . . .</b>	<b>303</b>
<b>11.7</b>	<b>Die innere Logik der Grundfunktionen . . . . .</b>	<b>306</b>



<b>12</b>	<b>Grundlagen der Digitaltechnik</b>	<b>313</b>
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	Additionssaltungen	327
12.9	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	329
12.10	Analog-Digital-Umsetzer	333
12.11	Digital-Analog-Umsetzer	335
<b>13</b>	<b>Planung, Konfigurierung und Inbetriebnahme von Prozessleitsystemen</b>	<b>338</b>
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
<b>14</b>	<b>Erstellen von Anlagensimulationen</b>	<b>357</b>
14.1	Vorbetrachtungen	357
14.2	Vorgehensweise bei der Erstellung von Simulationen	357
<b>15</b>	<b>Instandhaltung und Fehlersuche in der Prozessleittechnik</b>	<b>364</b>
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
<b>15.3</b>	<b>Eingrenzung der Fehlerursachen .....</b>	<b>367</b>
<b>15.4</b>	<b>Fehlersuche unter Nutzung der Loop-Darstellung .....</b>	<b>369</b>
<b>16</b>	<b>Sicherheitsaspekte der Prozessleittechnik .....</b>	<b>381</b>
<b>16.1</b>	<b>Vorbetrachtungen .....</b>	<b>381</b>
<b>16.2</b>	<b>Die Prozessleittechnik im Sicherheitskonzept der Anlage .....</b>	<b>383</b>
<b>16.3</b>	<b>Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Redundanz .....</b>	<b>388</b>
<b>16.4</b>	<b>Mehrfachauslegung von Schlüsselbaugruppen des Prozessleitsystems .....</b>	<b>392</b>
<b>16.5</b>	<b>Prozessleittechnik und Explosionsschutz .....</b>	<b>396</b>
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
<b>16.6</b>	<b>Datensicherheit, Datenschutz und Bedienberechtigung .....</b>	<b>410</b>
16.6.1	Datensicherheit und Bedienberechtigung .....	410
16.6.2	Datenschutz .....	412
<b>17</b>	<b>Industrie 4.0 in der Prozessleittechnik .....</b>	<b>414</b>
<b>18</b>	<b>Die Verantwortung der Beschäftigten der Chemieindustrie .....</b>	<b>419</b>
	Englische Fachbegriffe .....	421
	Verzeichnis der für das Fachgebiet wichtigsten aktuellen Normen und Standards .....	424
	Stichwortverzeichnis .....	425
	Bildquellenverzeichnis .....	434

# 1 Definition des Begriffs „Prozessleittechnik“ (PLT)

## 1.1 Vorbetrachtungen

Die Bedeutung des Begriffes „Prozessleittechnik“ wird deutlich, wenn man das Wort in seine Bestandteile zerlegt. Danach ist die **Prozessleittechnik** die gesamte Technik, die dazu dient, einen stoffwandelnden Prozess zu leiten.

Nun ist jedoch zu klären, was die Teilbegriffe bedeuten. Die Definitionen der Begriffsteile sind teilweise in DIN IEC 60050-351 enthalten. Sie werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

## 1.2 Begriffsteil „Prozess“

Der erste Wortbestandteil des Begriffes „Prozessleittechnik“ ist der Begriff **Prozess**.

### Merksatz

Ein **Prozess** ist ein Verlauf oder Ablauf in einem System, in dem **Materie**, **Energie** oder auch **Informationen** umgeformt, transportiert oder auch gespeichert werden. Prozesse dienen der Änderung stofflicher Eigenschaften.

Charakteristisch für einen Prozess sind die vorkommenden Ströme von Materie, Energie und Information. Bild 1 veranschaulicht die Definition in grafischer Form.

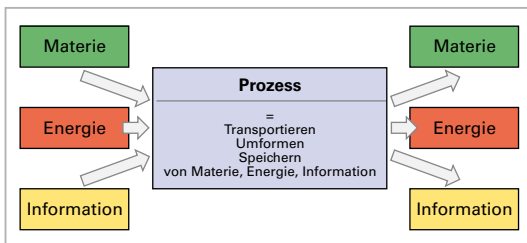


Bild 1: Charakterisierung des Prozess-Begriffes

Stets werden bestimmte Ausgangsstoffe, also **Materie**, in einen Prozess hineintransportiert. Im Prozessverlauf werden sie hinsichtlich ihrer Eigenschaften umgewandelt, um danach den Prozess zu verlassen.

Oft erfolgt eine vorübergehende Speicherung, d. h. Lagerung, von Zwischen- oder Endprodukten.

Diese Aussagen zum Materialfluss treffen analog auch für den Fluss der **Energie** zu. Auch hier gibt es die Vorgänge des Transports, der Umformung oder Zwischenspeicherung.

**Informationen** werden ebenfalls transportiert, umgeformt oder gespeichert. Dies trifft für eingestellte Sollwerte ebenso zu wie für angezeigte Messwerte oder für Alarmmeldungen. Ein Beispiel soll dies näher verdeutlichen.

### Beispiel

#### Ein Prozess

In einem Wärmeübertragungssystem mit Temperaturregelung (Bild 2) findet ein Wärmeübergangsprozess statt.

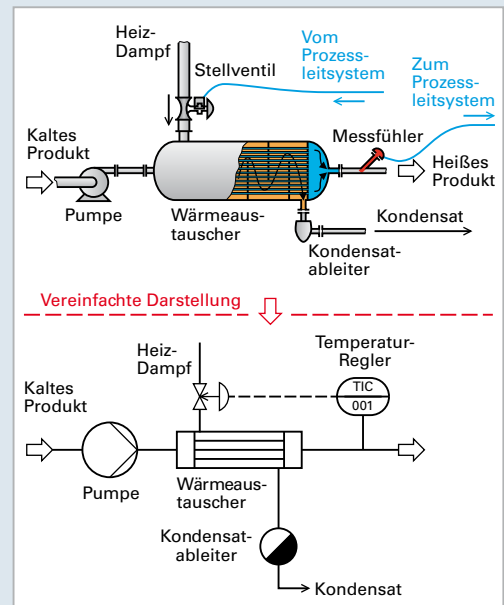


Bild 2: Typischer Wärmeübertragungsprozess

Dampf und aufzuheizendes Medium werden hineintransportiert. Kondensat und aufgeheiztes Medium werden heraustransportiert. Im Kondensatableiter wird der durch Wärmeabgabe verflüssigte Dampf als Kondensat gespeichert und periodisch in die Kondensatsammelleitung abgelassen. Die Pumpe wandelt Elektroenergie in eine Bewegungsenergie des aufzuheizenden Mediums um.

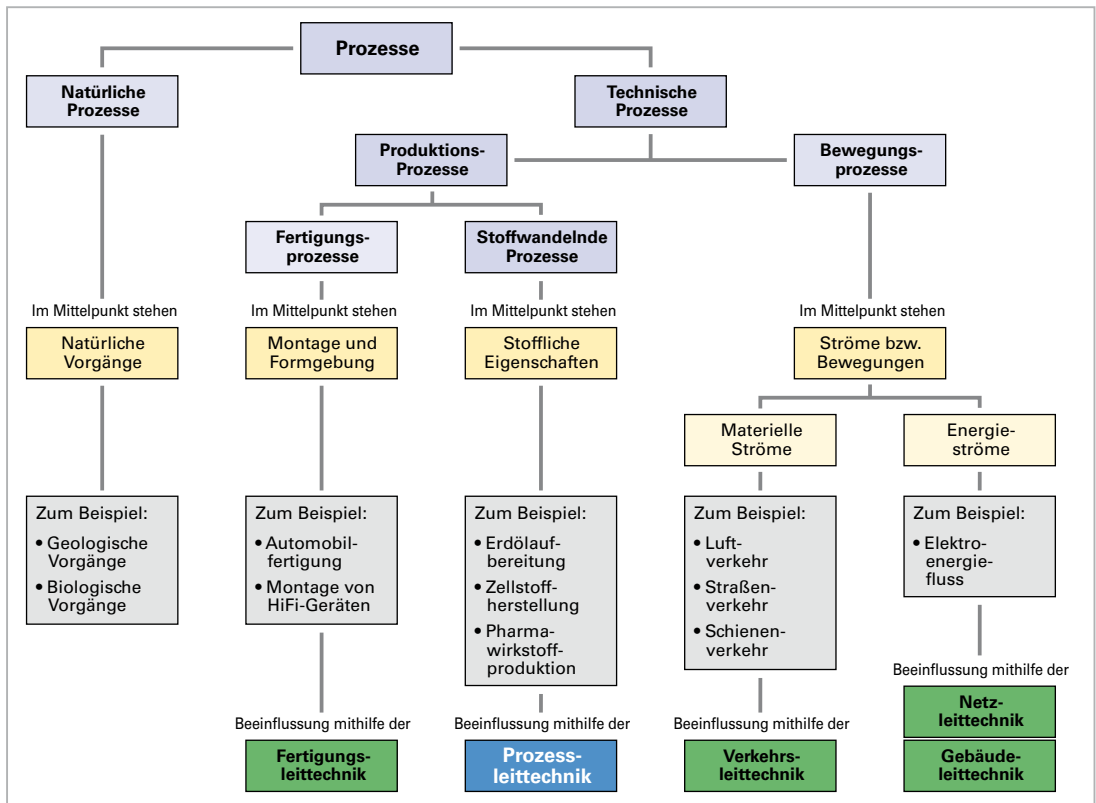
Die Information über die Produkttemperatur wird in ein elektrisches Signal umgewandelt und zu einem Anzeigergerät „transportiert“.

Die physikalische Eigenschaft „Temperatur“ des Stoffstromes wird damit geändert. Dieser Prozess dient als Hilfsvorgang der Änderung von weiteren wesentlichen Eigenschaften bestimmter, hier nicht erkennbarer Hauptprodukte.

Nach der Prozess-Definition von Seite 11 handelt es sich bei jeglichem Transportieren, Umformen und Speichern von Materie, Energie und Information um einen **Prozess**. Demnach stellen nicht nur die industriellen Vorgänge zur

Stoffwandlung Prozesse dar, sondern auch die Fertigung und Montage von Gegenständen. **Fertigungsprozesse** und **stoffwandelnde Prozesse** gehören als **Produktionsprozesse** zu den **technischen Prozessen**. Daneben gibt es die **Bewegungsprozesse**. Selbst auf biologische und geologische Vorgänge ist der Prozessbegriff streng genommen anwendbar. Letztere sind **natürliche Prozesse**.

Bild 1 zeigt eine Einteilung der verschiedenen Prozesse, die unter die Definition nach DIN IEC 60050-351 fallen.



**Bild 1: Struktur der unterschiedlichen Prozess-Begriffe**

In Kapitel 1.7, Seite 16, wird näher ausgeführt, dass im Umgangssprachegebrauch der Begriff **Prozessleittechnik** jedoch lediglich dem Bereich der **Stoffwandlungsprozesse** zugeordnet wird.

Im Bereich der Fertigungstechnik ist trotz der eindeutigen Prozess-Definition nach DIN IEC 60050-351 nicht von **Prozessleittechnik**, sondern von der **Fertigungsleittechnik** die Rede. Diese Tatsache zeigt, dass die technische Praxis nicht immer mit deren Normung übereinstimmt.

## 1.3 Begriffsteil „Leiten“

Der zweite Wortbestandteil des Begriffes „Prozessleittechnik“ ist der Begriff des Leitens. **Leiten** bedeutet, alle Maßnahmen zu treffen, um den Prozess gemäß den gewünschten Zielen zu beeinflussen.

### Merksatz

„Leiten“ bedeutet, Maßnahmen zum Erreichen bestimmter **Ziele** zu ergreifen.

Die vom Menschen bei den unterschiedlichen Prozessen angestrebten Ziele lassen sich zu bestimmten übergeordneten und immer wieder zu findenden Punkten zusammenfassen:

- **Realisierung** der materiellen Produktion,
- Verbesserung der **Qualität** und Erhöhung der Quantität der Produktion mit geringstmöglichem Einsatz an Material, Energie und Personal,
- Verminderung des **Betriebsrisikos** für Mensch, Anlage und Umwelt,
- Erhöhung der **Anlagenzuverlässigkeit** und **-verfügbarkeit**,
- Sicherung von leistungsfördernden **Arbeitsbedingungen** und angemessenen **Arbeitsbeanspruchungen** für das Bedienpersonal,
- Verbesserung der **Anpassungsfähigkeit** an geänderte Marktbedingungen.

Einige wesentliche Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele können bereits in der Phase der Anlagenplanung und -errichtung realisiert werden. Dies sind die **konstruktiven Maßnahmen**.

Die **leittechnischen Maßnahmen** betreffen jedoch die Phase des Betriebs der Anlage.

Die Maßnahmen im laufenden Anlagenbetrieb lassen sich schlagwortartig charakterisieren mit den Begriffen

- **Steuern,**
- **Regeln,**
- **Überwachen,**
- **Dokumentieren.**

### Beispiel

#### Maßnahmen zum Leiten

In dem Wärmeübertragungssystem von Bild 2, Seite 11, steht das Ziel, das aufzuheizende Produkt mit einer Temperatur von 60 °C austreten zu lassen.

#### Maßnahmen dazu sind:

Die Software des Prozessleitsystems ist so zu konfigurieren, dass bei zu hoher Temperatur das Dampfventil weiter geschlossen und bei zu niedriger Temperatur weiter geöffnet wird. Das bedeutet, es ist vom Konstrukteur eine Regelung vorzusehen (Maßnahme: Regelung).

Der künftige Bediener hat am Bildschirm des Prozessleitsystems den Sollwert von

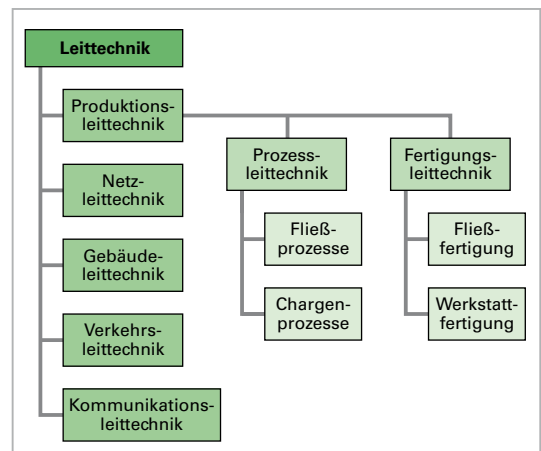
60 °C für den Regler einzustellen (Maßnahme: **laufende Bedienung**).

Bei Fehlfunktionen muss der Bediener in zweckmäßiger Weise eingreifen (Maßnahme: **Überwachung**). Dabei helfen ihm geeignete Geräte. Wenn beispielsweise das Regelventil defekt ist und ständig geöffnet bleibt, ist es von Nutzen, wenn die Konstrukteure ein 2. Ventil vorgeschaltet haben, das im Überhitzungsfall im Sinne eines Noteingriffs automatisch schließt.

Oft werden solche Ereignisse dann auch automatisch protokolliert, das heißt, deren Uhrzeit wird auf einer Festplatte des Prozessleitsystems zur späteren Auswertung dauerhaft gespeichert (Maßnahme: **Dokumentieren**).

Der Begriff des Leitens findet nicht nur in den Industrien der materiellen Produktion Verwendung, sondern auch in der Kraftwerkstechnik, in der Kommunikationsindustrie, in der Energieverteilung, im Facility Management und im Verkehrswesen. Dementsprechend spricht man neben der **Produktionsleittechnik** auch von der **Netzleittechnik**, **Gebäudeleittechnik** und **Verkehrsleittechnik**.

Eine sinnvolle Gruppierung dieser Leittechnik-Begriffe ist in Bild 1 dargestellt. Der Begriff der **Kraftwerksleittechnik** ist dort nicht mit aufgeführt, da in der Elektroenergieerzeugung die Prozessleittechnik eine Rolle spielt, während bei der Energieverteilung die Netzleittechnik Anwendung findet.



**Bild 1: Gruppierung der gebräuchlichsten Leittechnik-Begriffe in Anlehnung an DIN IEC 60050-351**

## 1.4 Begriffsteil „Technik“

Der dritte Wortbestandteil des Begriffes „Prozessleittechnik“ ist der Begriff der Technik. Unter **Technik** versteht man die vom Menschen geschaffenen komplexen künstlichen Produkte, die er unmittelbar zur Nutzung oder aber indirekt zur Durchführung der Produktion verwendet. Zur Entwicklung und Herstellung dieser Produkte werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse praktisch umgesetzt. Eine besondere Rolle spielen dabei die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse auf den Fachgebieten der Elektrotechnik, der Mechanik, des Maschinenbaus und der Informationsverarbeitung.

### Merksatz

Unter dem Begriff „**Technik**“ versteht man vom Menschen geschaffene komplexe künstliche Produkte.

### Beispiel

#### Komplexe künstliche Produkte

**Personenkraftwagen** oder **Hifi-Anlagen** sind künstliche Produkte, die der Mensch unmittelbar zur Nutzung verwendet.

Ein **beheizbarer Rührapparat** ist ein künstliches Produkt, das vom Menschen zum Beispiel zur Produktion eines pharmazeutischen Wirkstoffes verwendet wird.

Ein **Computer** ist ein künstliches Produkt, das vom Menschen sowohl unmittelbar zur Konsumtion (zum Beispiel für Computerspiele) oder aber mittelbar für die Produktion verwendet werden kann. Die Verwendbarkeit hängt in erster Linie von der eingesetzten Software ab. Diese ist damit ein wesentlicher Bestandteil der Computertechnik.

Die **Software** in einem Computer zur Steuerung einer Chemieanlage ist ein vom Menschen geschaffenes künstliches Produkt, das er zur Produktion verwendet.

Das **Dampfregelventil** im Bild 2, Seite 11, stellt ebenso wie die **Datenübertragungsleistungen** ein künstliches Produkt dar, das zur Produktion verwendet werden kann.

Die Technik hilft dem Menschen bei der Erleichterung, Beschleunigung und Intensivierung der Arbeitsprozesse oder dient der Unterhaltung und Wiederherstellung seiner Arbeitskraft.

## 1.5 Zusammenführung der Begriffsteile

Nach den Vorbetrachtungen der Kapitel 1.1 bis 1.4 lässt sich der Begriff **Prozessleittechnik** folgendermaßen definieren:

### Merksatz

Unter dem Begriff **Prozessleittechnik** und unter einem **Prozessleitsystem im weiteren Sinne** versteht man alle Anlagenteile inklusive der Software, die dazu dienen, einen stoffwandelnden Prozess:

1. zu **steuern**,
2. zu **regeln**,
3. zu **überwachen**,
4. zu **dokumentieren**.

Diese vier Hauptfunktionen werden im Kapitel 3, Seite 27 ff., näher erläutert. DIN IEC 60050-351 nennt darüber hinaus weitere Aufgaben, die sich jedoch vollständig in die vier genannten Hauptfunktionen einordnen lassen. Dazu gehören das Messen, Zählen, Anzeigen, Melden, Stellen, Eingreifen, Auswerten und Optimieren.

Zur Lösung der in der Definition angegebenen Aufgaben enthält die in einer chemischen Anlage vorhandene **Prozessleittechnik** bzw. das **Prozessleitsystem** (PLS im weiteren Sinne) folgende Einrichtungen:

- **Messeinrichtungen** (z. B. Temperaturmessfühler mit Signalverstärker und -umformer),
- **Stelleinrichtungen** (z. B. Ventile oder Drehzahlverstell-Elektronik),
- **Informationsverarbeitende und -transportierende Einrichtungen** (z. B. Computer und Verbindungskabel).

Die in der Definition des Begriffes „Prozessleittechnik“ enthaltenen vier Kernaufgaben lassen sich in weitere Teilaufgaben untergliedern. So setzt sich beispielsweise allein die Aufgabe **Regeln** aus den folgenden Teilaufgaben zusammen:

- **Messen**, z. B. der Produktaustrittstemperatur,
- **Registrieren**, z. B. der Produktaustrittstemperatur (also Speichern von deren zeitlichem Verlauf, des sogenannten Trends),
- **Berechnung**, z. B. Ermittlung der erforderlichen Ventilöffnung,

- **Melden**, z. B. durch ein Alarmsignal, falls die Temperatur einen einprogrammierten Grenzwert überschreitet,
- **Schutzmaßnahmen** ergreifen, z. B. Notabschaltung der Dampfzufuhr bei zu hoher Produktaustrittstemperatur infolge eines defekten Dampfregelventils,
- **Anzeigen** des momentanen Temperaturmesswertes, des eingestellten Temperatursollwertes und der aktuellen Ventilöffnung,
- **Optimierungsmaßnahmen** ergreifen, z. B. Optimierung der Reglerarbeitsweise (Ist es vielleicht günstiger für den Dampfverbrauch, den Regler künftig etwas schneller oder vielleicht etwas träger arbeiten zu lassen? Moderne Regler sind in der Lage, selbstständig ihre günstigsten Parameter zu ermitteln.),
- **Auswertungen durchführen**, z. B. Ermittlung der Durchschnittstemperatur oder des Dampfverbrauches als zeitlichen Mittelwert,
- **Verwaltung** ermöglichen, z. B. Planung der nächsten Wartung des Regelventils in Abhängigkeit von dessen Beanspruchung durch die insgesamt zurückgelegte Spindelwegstrecke,
- **Bedienung** ermöglichen, z. B. eine Eingabemöglichkeit des Temperatursollwertes oder einer vom Bediener gewählten festen Ventilöffnung vorsehen.

In einer konkreten Chemieanlage kann für die Gesamtheit der **Prozessleittechnik** auch der Begriff **Prozessleitsystem** (im weiteren Sinne) völlig identisch verwendet werden.

Die Umgangssprache versteht unter einem Prozessleitsystem jedoch nur den computergestützten Teil der Prozessleittechnik. Nach dieser eingebürgerten umgangssprachlichen Verwendung des Begriffes „**Prozessleitsystem**“ im engeren Sinn gibt es eine weitere Definition:

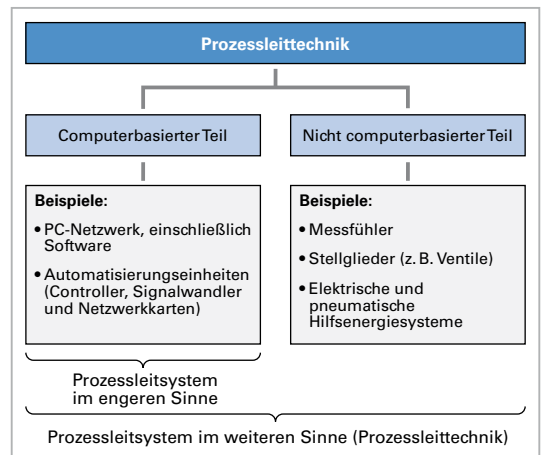
### Merksatz

Unter einem **Prozessleitsystem im engeren Sinne** versteht man den computergestützten, digital arbeitenden Teil der Prozessleittechnik mit seiner Hard- und Software.

Dieser Teil wird im englischen Sprachraum als „Digital Control System“ bezeichnet. Daraus ergeben sich die Abkürzungen „PLS“ bzw. „DCS“.

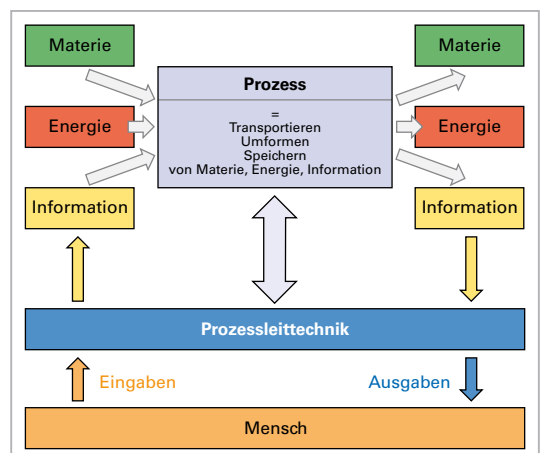
Bei modernen größeren Prozessleitsystemen ist dies nicht ein einzelner Computer, sondern ein Computernetzwerk mit mehreren Arbeitsstationen. Diese werden auch als **Operator Stations, Leitstationen, Workstations** oder **Anzeige- und Bedienkomponenten** bezeichnet.

Bild 1 trifft eine grobe Unterteilung der Bestandteile eines Prozessleitsystems in einen computerbasierten, digitalen Teil, und einen nicht computerbasierten, konventionellen Teil. Entsprechend werden auch die Prozessleittechnik-Begriffe im **engeren Sinne** und im **weiteren Sinne** zugeordnet.



**Bild 1: Hauptbestandteile eines Prozessleitsystems**

Bild 2 veranschaulicht schematisch das Zusammenwirken von Mensch und Prozess. Es ist ersichtlich, dass die Leittechnik das Bindeglied zwischen dem Menschen (in der Regel dem Bediener) und dem Prozess darstellt.



**Bild 2: Stellung der Prozessleittechnik als Bindeglied zwischen Mensch und Prozess**