



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Chemieberufe

# Prozessleittechnik in Chemieanlagen

von

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

7. Auflage

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

---

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

Der Autor hat langjährige Erfahrungen in der Berufsausbildung auf den Fachgebieten Prozessleittechnik und Chemische Technik in einer überbetrieblichen Ausbildungsstätte der chemischen Industrie. Durch seine Tätigkeit als Schulungsleiter für Operator-Trainings bei In-House-Schulungen in Unternehmen der chemischen und pharmazeutischen Industrie kennt er den Aufbau verschiedenster Prozessleitsysteme unterschiedlicher Hersteller. Im Rahmen seiner langjährigen Tätigkeit als Ingenieur für Anlagensicherheit in der Petrochemie war er praxisnah an zahlreichen Projekten zum Neubau und Umbau von Stoffwandlungsanlagen beteiligt, insbesondere an der Gestaltung der funktionalen Sicherheit mithilfe der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Aufgrund seiner beruflichen Erfahrungen kennt er die herstellerunabhängigen Funktionsprinzipien sowie die häufigsten Verständnisschwierigkeiten der Neu-Einsteiger auf dem Fachgebiet der Prozessleittechnik.

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

Die Mitautorin ist seit 1987 als Ausbilderin und Trainerin in

## 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**

## Inhaltsverzeichnis

<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>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>

6.13.4	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>

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>

8.1 en in -0.278 w /Span58ualT5( Ch)5200 F002E00200/4-DE-2.02



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-	



<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 Grundschaltungen ohne Speicherverhalten .....	322
12.7	Schaltungen mit Speicherverhalten .....	325
12.8	Additionsschaltungen .....	327
12.9	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) .....	329
12.10		

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>	



# 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.



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**.

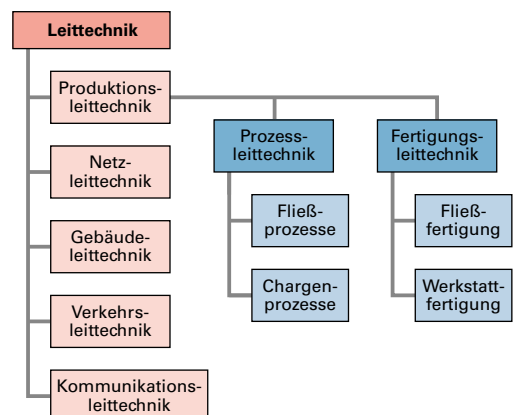
**Bild 1** zeigt eine Einteilung der verschiedenen Prozesse, die unter die Definition nach DIN IEC 60050-351 fallen.

### 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.

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.



## 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.

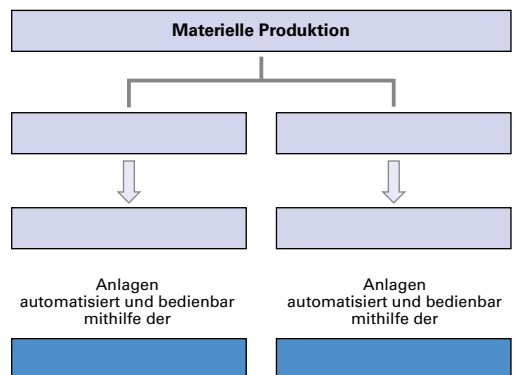
Ein **Computer** ist ein künstliches Produkt, das vom Menschen sowohl unmittelbar zur Konsumtion (zum Beispiel für Computerspiele) oder aber mittelbar für die Produktion verwendet werden kann. Die Verwendbarkeit hängt in erster Linie von der

- **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**

## 1.7 Abgrenzung von Prozessindustrie und Fertigungsindustrie

Wie **Bild 1** zeigt, unterscheidet man in der materiellen Produktion zwei grundlegende Teilbereiche, nämlich die **Verfahrenstechnik** und die **Fertigungstechnik**. Diese Unterscheidung geht konform mit der Einteilung der Produktionsprozesse in stoffwandelnde Prozesse und Fertigungsprozesse gemäß **Bild 1**, Seite 12.



Die Ingenieurwissenschaft, die sich mit Planung und Betrieb von stoffwandelnden Anlagen beschäftigt, ist die **Verfahrenstechnik**. Der Begriff der Verfahrenstechnik wird daher auch oft synonym für die Gesamtheit aller stoffwandelnden Industriezweige verwendet. Für diese stoffwandelnden Industriezweige ist auch der Begriff **Prozessindustrie** üblich. Dieser Begriff hat sich umgangssprachlich eingebürgert, obwohl auch in der Fertigungsindustrie Prozesse ablaufen, nämlich die Stückgutprozesse in der Fließfertigung und der Werkstofffertigung.

### Merksatz

Der Begriff der **Verfahrenstechnik** als Technik der Stoffwandlungsprozesse wird oft auch synonym für die Gesamtheit aller stoffwandelnden Industriezweige verwendet.

Der Begriff der **Fertigungstechnik** steht sowohl für die ingenieurtechnische Fachdisziplin als auch für die Gesamtheit der fertigungstechnisch orientierten Industriezweige. Diese Industriezweige werden unter dem Begriff **Fertigungsindustrie** zusammengefasst.

### Merksatz

Der Begriff der **Fertigungstechnik** als Technik der Formgebungs- und Montageprozesse wird auch synonym für den Begriff der Fertigungsindustrien verwendet.

Das Charakteristikum der Prozessindustrie sind die ablaufenden stoffwandelnden Prozesse. Diese werden durch die im vorliegenden Buch beschriebene **Prozessleittechnik** bedient, beobachtet und automatisiert.

### Merksatz

Der Begriff **Prozessleittechnik** wird nur auf den Bereich der Verfahrenstechnik angewendet, obwohl auch auf dem Gebiet der Fertigungstechnik Prozesse durchgeführt werden. Hier spricht man jedoch von **Fertigungsleittechnik**.

Die wichtigsten Messgrößen an den entsprechenden Apparaten sind Temperaturen, Drücke, Durchflüsse und Füllstände. Als Stellorgane findet man hauptsächlich Ventile, Klappen und Relais.

Typische Industriezweige, in denen Stoffwandlungsvorgänge überwiegen, sind:

-



**Bild 1: Anlage zur Durchführung fertigungstechnischer Abläufe**

Bei diesen Abläufen stehen Fügeoperationen und mechanische Bearbeitungen im Vordergrund.

Die wichtigsten Messgrößen in den Fertigungsanlagen sind Positionen, Geschwindigkeiten und Stückzahlen. Als Stellorgane kommen vorwiegend Servomotoren und Pneumatik- oder Hydraulikzylinder zum Einsatz.

Typische Industriezweige, in denen Fertigungsvorgänge überwiegen, sind:

- Automobilindustrie,
- Elektrotechnische und Elektronische Industrie,
- Konsumgüterindustrie.

Daneben gibt es Industriezweige, in denen sowohl stoffwandelnde Prozesse als auch fertigungstechnische Abläufe eine Rolle spielen. Dazu zählen unter anderem:

- Glas- und Keramikindustrie,
- Metallurgie,
- Holz- und Möbelindustrie,
- Baustoffindustrie.

**Tabelle 1** zeigt einen Vergleich der Charakteristika der stoffwandelnden Verfahrenstechnik und der formgebenden Fertigungstechnik.

Viele leittechnische Ausrüstungen sind sowohl in der Verfahrenstechnik als auch in der Fertigungstechnik zu finden. Es ist zu beobachten, dass sich die Fertigungsleittechnik und die Prozessleittechnik einander annähern. Deshalb gibt es mittlerweile auch das einheitliche Berufsbild des Elektronikers für Automatisierungstechnik.

der traditionellen MSR-Technik um ein sehr umfangreiches und dynamisch wachsendes Gebiet erweitert worden.

**Bild 1** veranschaulicht die Teilgebiete der Prozessleittechnik mit ihrem traditionellen und dem historisch jüngeren Teil.

Die Gesamtheit von **Mess-, Steuer- und Regelungstechnik** (traditionelle MSR-Technik) gemeinsam mit der Prozess-Elektrotechnik wird als **EMSR-Technik** bezeichnet. Aus dieser ergab sich nach dem Hinzutreten der digitalen Informationstechnologie die **Prozessleittechnik (PLT)**.

Der Begriff **Prozessleittechnik** wurde von führenden Persönlichkeiten der **Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie (NAMUR)** eingeführt. Die NAMUR vereint die Anwender von prozessleittechnischen Geräten und Systemlösungen. Sie arbeitet mit den Herstellern der Prozessleittechnik zusammen, um Erfahrungen zusam-

## 1.8 Fachliche Teilgebiete der Prozessleittechnik

Der Begriff der Prozessleittechnik wurde in den siebziger Jahren eingeführt, als die digitale Kommunikationstechnik, also die neu entstandene digitale Computer-Hardware und -Software, zur konventionellen Mess-, Steuer- und Regelungstechnik hinzugetreten ist.

Seitdem wird die digitale Technik immer enger in die Bedienungs- und Automatisierungsvorgänge der Prozessindustrie integriert. Damit sind die historisch gewachsenen Teilgebiete

9. Diskutieren Sie, ob die Herstellung von Elektroenergie durch die Ströme von Materie, Energie und Information gekennzeichnet ist und damit als Prozess bezeichnet werden kann.
10. Diskutieren Sie, ob auch natürliche Vorgänge, wie der des biologischen Lebens, unter die Definition des Begriffes „Prozess“ fallen.
11. Wie werden bei technischen Prozessen Informationen von außen zugeführt und nach außen abgegeben?
12. Diskutieren Sie, inwieweit in den Gebieten der Netzleittechnik, der Gebäudeleittechnik und der Verkehrsleittechnik Maßnahmen zum Erreichen bestimmter Ziele getroffen werden.
13. Nennen Sie je zehn Beispiele für technische Produkte, die als Konsumgüter bzw. als Produktionsgüter Verwendung finden.
14. Diskutieren Sie die inhaltlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Begriffe „Automatisierungstechnik“ und „Prozessleittechnik“.
15. Diskutieren Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Prozessindustrie und Fertigungsindustrie.
16. Aus welchen fachlichen Teilgebieten setzt sich die Prozessleittechnik zusammen?
17. Welche Teilgebiete gehören zur MSR-Technik und welche zur EMSR-Technik?
18. Durch welches fachliche Teilgebiet unterscheidet sich die konventionelle EMSR-Technik von der modernen Prozessleittechnik?
19. Versuchen Sie, in Ihrem Betrieb prozessleittechnische Geräte zu finden. Ordnen Sie diese in einer Liste den Teilgebieten