

---

# Projektierung von Automatisierungsanlagen

---

Thomas Bindel • Dieter Hofmann

# Projektierung von Automatisierungsanlagen

Eine effektive und anschauliche  
Einführung

2., aktualisierte und verbesserte Auflage

Mit 161 Abbildungen und 24 Tabellen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bindel  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden  
Dresden, Deutschland

Privatdozent Dr.-Ing. Dieter Hofmann  
TU Dresden  
Dresden, Deutschland

"Das in diesem Werk enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Die Autoren übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

Autoren und Verlag haben alle Programme, Verfahren, Schaltungen, Texte und Abbildungen in diesem Buch mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung der Autoren oder des Verlags, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen."

ISBN 978-3-8348-1332-9  
DOI 10.1007/978-3-8348-2082-2

ISBN 978-3-8348-2082-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2009, 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.  
[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

# Vorwort zur zweiten Auflage

Die zahlreichen Hinweise vieler Leser zur ersten Auflage berücksichtigend, wurden in der nun vorliegenden zweiten Auflage Fehler korrigiert sowie Inhalte präzisiert bzw. ergänzt. Eine der wesentlichsten Änderungen betrifft den Begriff „Projektierung“, der im Vergleich zur ersten Auflage wie folgt präzisiert wird: Projektierung ist die Gesamtheit aller Entwurfs-, Planungs- und Koordinierungsmaßnahmen, mit denen die Umsetzung eines Automatisierungsprojekts vorbereitet wird.

Diesem Anliegen folgend, werden auch in der zweiten Auflage – ausgehend vom allgemeinen Aufbau einer Automatisierungsanlage – Kernprojektierung (Basic- sowie Detail-Engineering), Projektierung der Hilfsenergieversorgung und Maßnahmen zur Prozesssicherung erläutert, wobei Darstellungen zu Einsatz von CAE-Systemen sowie Angebotserstellung und -kalkulation das Themengebiet abrunden. Besonderer Wert wurde dabei wie in der ersten Auflage auf die Veranschaulichung grundlegender Prinzipien gelegt, d. h. die Autoren haben wegen der enormen thematischen Breite – wo sinnvoll erscheinend – bewusst Abstriche am Umfang vorgenommen, um Leserinnen und Lesern das Verständnis wichtiger Zusammenhänge zu erleichtern. Um hierbei insbesondere die Erläuterungen zum allgemeinen Aufbau von Automatisierungsanlagen sowie leittechnischen Mengengerüst noch besser zu stützen, wurden die Betrachtungen zum allgemeinen Verkabelungskonzept für Automatisierungsanlagen durch zahlreiche Typicals (grafische Darstellung typischer Realisierungsvarianten) ergänzt.

Ohne die durchgängige Lesbarkeit des Buches zu mindern, werden in bewährter Weise auch in der zweiten Auflage Fußnoten verwendet, die einerseits auf vorausgesetztes notwendiges Grundfachwissen des Lesers hinweisen, andererseits kapitelübergreifende Zusammenhänge sowie Besonderheiten bzw. Ausnahmen hervorheben und erläutern.

Wird aus DIN-Normen zitiert, so erfolgt die Wiedergabe mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Die Autoren danken allen Kolleginnen und Kollegen – nicht zuletzt Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Joachim Zander – sowie Studierenden, die das Zustandekommen des vorliegenden Buches durch zahlreiche Diskussionen, wertvolle Hinweise sowie Studien- bzw. Diplomarbeiten tatkräftig unterstützt haben. Unser besonderer Dank gilt auch Herrn Horst Bindel für die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie dem Springer Vieweg Verlag für die stets konstruktive Zusammenarbeit.

Leipzig, Dresden, im Juni 2012

Thomas Bindel  
Dieter Hofmann

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	1
<b>2 Allgemeiner Ablauf von Automatisierungsprojekten</b> .....	5
<b>3 Kernprojektierung</b> .....	14
3.1 Projektierungsumfang und Einordnung der Kernprojektierung .....	14
3.2 Allgemeiner Aufbau einer Automatisierungsanlage .....	15
3.2.1 Überblick.....	15
3.2.2 Basisstruktur .....	17
3.2.3 Typische Strukturvarianten .....	19
3.3 Kernprojektierungsinhalt .....	22
3.3.1 Überblick .....	22
3.3.2 Einordnung und Inhalt von Lastenheft sowie Grund- bzw. Verfahrens- fließschema .....	22
3.3.2.1 Allgemeines .....	22
3.3.2.2 Lastenheft .....	22
3.3.2.3 Grund- bzw. Verfahrensfliesschema.....	24
3.3.3 Basic-Engineering .....	31
3.3.3.1 R&I-Fließschema .....	31
3.3.3.2 EMSR Stellenliste sowie EMSR-Stellen- und Signalliste ...	43
3.3.3.3 Auswahl und Dimensionierung von Mess- bzw. Stelleinrich- tungen, Prozessork, Bedien- und Beobachtungseinrichtun- gen sowie Bussystemen .....	45
3.3.3.4 EMSR-Stellenblatt sowie Verbraucherstellenblatt .....	63
3.3.3.5 Leittechnisches Mengengerüst .....	66
3.3.3.6 EMSR-Geräteliste, Verbraucherliste sowie Armaturenliste	87
3.3.3.7 Angebotserarbeitung .....	89
3.3.4 Detail-Engineering .....	89
3.3.4.1 Allgemeines .....	89
3.3.4.2 Pflichtenheft .....	90
3.3.4.3 Verkabelungskonzept .....	91
3.3.4.4 EMSR-Stellenplan: Aufbau, Betriebsmittel-, Anschluss- bzw. Signalkennzeichnung sowie Potentiale und Querverweise	91
3.3.4.5 Kabelliste, Kabelpläne sowie Klemmenpläne .....	109
3.3.4.6 Schaltschrank-Layout .....	112
3.3.4.7 Montageanordnung (Hook-up) .....	115
3.3.4.8 Steuerungs- bzw. Regelungsentwurf sowie Erarbeitung der Anwendersoftware .....	115
3.3.4.9 Kennzeichnung von Unterlagen .....	115

3.4	Steuerungs- bzw. Regelungsentwurf aus Sicht der Projektierung .....	117
3.4.1	Allgemeines sowie Einordnung in die Kernprojektierung .....	117
3.4.2	Entwurf binärer Steuerungen .....	118
3.4.3	Abgrenzung kontinuierlicher Prozesse zu ereignisdiskreten Prozessen .....	144
3.4.4	Entwurf einschleifiger Regelkreise mit PID-Reglern .....	144
3.4.5	Fachsprachen für die Implementierung von Steuer- sowie Regelalgorithmen auf speicherprogrammierbarer Technik .....	171
3.4.5.1	Allgemeines .....	171
3.4.5.2	Fachsprachen nach DIN EN 61131-3 .....	173
3.4.5.3	Konfigurier- und Parametrierwerkzeuge .....	178
<b>4</b>	<b>Projektierung der elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Hilfsenergieversorgung .....</b>	<b>179</b>
4.1	Einführende Bemerkungen .....	179
4.2	Basisstruktur der Hilfsenergieversorgung .....	179
4.3	Elektrische Hilfsenergieversorgung .....	180
4.3.1	Bereitstellung und Verteilung .....	180
4.3.2	Bedarfsermittlung .....	181
4.3.3	Zuschaltung .....	183
4.3.4	Systematisierung .....	185
4.4	Pneumatische Hilfsenergieversorgung .....	187
4.4.1	Bereitstellung und Verteilung .....	187
4.4.2	Verknüpfung von pneumatischer sowie elektrischer Hilfsenergieversorgung .....	188
4.5	Hydraulische Hilfsenergieversorgung .....	190
<b>5</b>	<b>Maßnahmen zur Prozesssicherung .....</b>	<b>192</b>
5.1	Überblick .....	192
5.2	Basisansatz nach VDI/VDE 2180 .....	192
5.3	Bemerkungen zum Explosionsschutz .....	193
5.4	Schutzgrade elektrischer Automatisierungsmittel .....	195
<b>6</b>	<b>Einsatz von CAE-Systemen .....</b>	<b>197</b>
6.1	Einführung .....	197
6.2	Typischer Funktionsumfang .....	197
6.2.1	Überblick .....	197
6.2.2	Funktionsumfang für das Basic-Engineering .....	198
6.2.3	Funktionsumfang für das Detail-Engineering .....	199
<b>7</b>	<b>Kommerzielle Aspekte .....</b>	<b>202</b>
7.1	Einführung .....	202
7.2	Hinweise zur Kalkulation von Automatisierungsprojekten .....	202
7.2.1	Allgemeines Kalkulationsmodell .....	202

7.2.2	Kalkulation von Hard- sowie Software .....	204
7.2.3	Kalkulation des Engineerings .....	204
7.2.4	Kalkulation von Montage und Inbetriebsetzung .....	205
7.2.5	Kalkulation von Nebenkosten .....	206
7.2.6	Kontrollmöglichkeit bezüglich Aufteilung des Komponenten-Nettopreises auf die Hauptkomponenten .....	207
7.3	Hinweise zu Projektakquisition sowie Angebotsaufbau .....	208
7.3.1	Projektakquisition .....	208
7.3.2	Angebotsaufbau .....	211
7.3.2.1	Prinzipielles .....	211
7.3.2.2	Allgemeiner Teil .....	212
7.3.2.3	Technischer Teil .....	213
7.3.2.4	Kommerzieller Teil.....	214
<b>Literaturverzeichnis</b> .....		216
<b>Anhang</b> .....		220
Anhang 1:	Aufbau von Verbraucherabzweigen .....	220
Anhang 2:	Strukturtabellen für das leittechnische Mengengerüst – Komponente „Informationserfassung“ .....	222
Anhang 3:	Strukturtabellen für das leittechnische Mengengerüst – Komponente „Informationsausgabe“ .....	225
Anhang 4:	Strukturtabellen für das leittechnische Mengengerüst – Komponente „Informationsverarbeitung“ .....	228
Anhang 5:	Beispiel eines Verkabelungskonzepts bei Automatisierung mit Prozessleitsystem (PLS) .....	232
Anhang 6:	Verallgemeinertes Beispiel zur örtlichen Gliederung .....	245
Anhang 7:	Ausgewählte Befehle der Fachsprache „AWL“ nach DIN EN 61131-3 [48] .....	246
Anhang 8:	Überblick zum Aufbau der Fachsprache „AS“ nach DIN EN 61131-3 [48] .....	247
Anhang 9:	Ausgewählte Symbole für Funktionspläne der Ablaufsteuerung nach DIN EN 60848 (GRAFSET) .....	248
Anhang 10:	Empfehlung zur Angebotsgliederung .....	250
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....		253