

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Geleitwort | V |
| Vorwort der Herausgeber | VII |
| 1 Der Markt für Feldbus und Industrial Ethernet | 1 |
| <i>David Humphrey, Florian Gündner</i> | |
| 1.1 Nutzen der Vernetzung | 1 |
| 1.2 Das 5. Element: Ethernet | 4 |
| 2 Trends in der Factory Automation/Was Anwender fordern | 9 |
| <i>Michael Volz</i> | |
| 2.1 Wachstumsfaktoren | 10 |
| 2.2 Was Anwender fordern | 11 |
| 2.3 Engineeringkosten im Fokus | 11 |
| 2.4 Security-Aspekte | 12 |
| 3 Internationale Normung. | 13 |
| <i>Max Felser</i> | |
| 3.1 Geschichte der Feldbusnormen | 13 |
| 3.1.1 Der deutsch-französische Feldbus-Krieg | 13 |
| 3.1.2 Der internationale Feldbus-Krieg | 14 |
| 3.1.3 Die Kompromisslösung. | 15 |
| 3.1.4 Erweiterungen mit Ethernet | 16 |
| 3.1.5 Erweiterung mit drahtlosen Systemen | 17 |
| 3.2 Struktur der Feldbus-Normen | 17 |
| 3.2.1 Definition der Feldbusse | 17 |
| 3.2.2 Definition von Echtzeit-Ethernet | 18 |
| 3.2.3 Installationsrichtlinien | 19 |
| 3.2.4 Verlässlichkeit | 19 |
| 3.2.5 Definition der Protokoll-Familien. | 20 |
| 3.3 Zusammenfassung. | 21 |
| 4 Feldbusse: Status und Ausblick. | 25 |
| <i>Michael Volz</i> | |
| 4.1 Stabilität und Zuverlässigkeit als Erfolgsfaktor | 26 |
| 4.2 Herausforderungen für die Zukunft | 26 |
| 4.3 Qualität durch Zertifizierung. | 27 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | CANopen | 29 |
| | <i>Holger Zeltwanger</i> | |
| 5.1 | Untere Kommunikationsschichten | 30 |
| 5.2 | Höhere Kommunikationsschichten | 32 |
| 5.3 | Geräte- und Anwendungsprofile. | 36 |
| 5.4 | Zusammenfassung. | 41 |
| 6 | CC-Link | 43 |
| | <i>Steve Jones</i> | |
| 6.1 | Die CC-Link-Netzwerke | 43 |
| 6.2 | Topologie und Übertragungsgeschwindigkeiten | 45 |
| 6.3 | Datenübertragung bei CC-Link | 46 |
| 6.3.1 | Die Datentypen bei CC-Link. | 46 |
| 6.3.2 | Stationstypen bei CC-Link. | 46 |
| 6.3.3 | Maximal anschließbare Anzahl von Geräten. | 47 |
| 6.3.4 | Link-Zykluszeit | 47 |
| 6.4 | Wie CC-Link kommuniziert | 49 |
| 6.4.1 | Details der Datenübertragung bei CC-Link | 50 |
| 6.4.2 | Die Speicherorganisation bei CC-Link | 52 |
| 6.5 | Version 1.1 oder Version 2.0 | 56 |
| 6.6 | Implementierung von CC-Link | 56 |
| 6.7 | Profile. | 57 |
| 6.8 | CC-Link Safety. | 58 |
| 6.9 | Zertifizierungsprüfung | 59 |
| | Literatur. | 59 |
| 7 | CIP: DeviceNet und ControlNet | 61 |
| | <i>Viktor Schiffer</i> | |
| 7.1 | Grundlagen von CIP | 62 |
| 7.1.1 | Objektorientierung | 63 |
| 7.1.2 | Grundlagen der CIP-Kommunikation | 64 |
| 7.1.3 | Verbindungen (Connections) und Nachrichtentypen. | 65 |
| 7.1.4 | Objekte | 65 |
| 7.1.4 | Geräteprofile | 68 |
| 7.1.6 | Konfiguration und Gerätbeschreibung | 69 |
| 7.1.7 | Bridging und Routing. | 70 |
| 7.1.8 | Funktionale Sicherheit (CIP Safety). | 70 |
| 7.1.9 | Konformität zu den Spezifikationen | 73 |
| 7.2 | DeviceNet | 73 |
| 7.2.1 | Kommunikationsmodell | 74 |
| 7.2.2 | Systemkonzepte | 74 |
| 7.2.3 | Systemanlauf. | 76 |
| 7.2.4 | Adressierungsprinzip | 76 |
| 7.2.5 | Unterstützte Topologien und Übertragungsraten | 76 |

| | | |
|--------|--|-----------|
| 7.2.6 | Installation | 77 |
| 7.2.7 | Kommunikation SPS – E/A | 78 |
| 7.2.8 | Kommunikation SPS – SPS. | 80 |
| 7.2.9 | Geräte-Konfiguration und -Integration. | 81 |
| 7.2.10 | Safety-Unterstützung | 81 |
| 7.2.11 | Profile. | 81 |
| 7.2.12 | Diagnose | 81 |
| 7.2.13 | Tausch/Ersatz von Geräten. | 82 |
| 7.3 | ControlNet | 82 |
| 7.3.1 | Kommunikationsmodell | 83 |
| 7.3.2 | Systemkonzepte | 83 |
| 7.3.3 | Adressierungsprinzip | 85 |
| 7.3.4 | Unterstützte Topologien | 85 |
| 7.3.5 | Übertragungsraten | 85 |
| 7.3.6 | Installation | 86 |
| 7.3.7 | Kommunikation SPS – E/A | 87 |
| 7.3.8 | Kommunikation SPS – SPS. | 88 |
| 7.3.9 | Geräte-Konfiguration und -Integration. | 88 |
| 7.3.10 | Safety-Unterstützung | 88 |
| 7.3.11 | Profile. | 88 |
| 7.3.12 | Diagnose | 89 |
| 7.3.13 | Tausch/Ersatz von Geräten. | 89 |
| | Literatur. | 89 |
| 8 | INTERBUS. | 91 |
| | <i>Martin Müller</i> | |
| 8.1 | Die Eckdaten des INTERBUS-Systems | 91 |
| 8.1.1 | Das Ringsystem | 92 |
| 8.1.2 | Die INTERBUS-Elemente | 93 |
| 8.1.3 | Der INTERBUS-Fernbus. | 94 |
| 8.2 | Datenübertragung im INTERBUS-System | 95 |
| 8.2.1 | Das Summenrahmenprotokoll. | 95 |
| 8.2.2 | Die Datensicherheit im INTERBUS-System | 96 |
| 8.2.3 | Die hybride Datenübertragung | 96 |
| 8.3 | INTERBUS-Protokollchips. | 97 |
| 8.3.1 | Der Master-Protokollchip IPMS4 | 97 |
| 8.3.2 | Die Slave-Protokollchips | 97 |
| 8.4 | INTERBUS-Diagnose. | 99 |
| 8.4.1 | Abgestuftes Diagnosekonzept | 99 |
| 8.4.2 | Die Lichtwellenleiter-Diagnose | 101 |
| 8.5 | INTERBUS-Safety. | 103 |
| 8.5.1 | Die Funktionsweise | 103 |
| 8.5.2 | Die Anwendervorteile | 103 |
| 8.6 | Fazit | 105 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----|
| 9 | PROFIBUS | 107 |
| | <i>Klaus-Peter Lindner</i> | |
| 9.1 | Überblick: PROFIBUS als „System-Baukasten“ | 107 |
| 9.2 | Übertragungstechnik | 109 |
| 9.2.1 | RS 485 | 109 |
| 9.2.2 | Optische Übertragung | 111 |
| 9.2.3 | MBP | 111 |
| 9.2.4 | Trouble Shooting | 112 |
| 9.3 | Kommunikation | 113 |
| 9.3.1 | Leistungsstufe DP-V0 | 113 |
| 9.3.2 | Leistungsstufe DP-V1 | 116 |
| 9.3.3 | Leistungsstufe DP-V2 | 117 |
| 9.3.4 | Adressierung mit Slot und Index | 117 |
| 9.4 | Allgemeine Applikationsprofile | 118 |
| 9.4.1 | PROFIsafe | 118 |
| 9.4.2 | Redundancy | 120 |
| 9.5 | Spezifische Applikationsprofile | 120 |
| 9.5.1 | PROFIdrive | 120 |
| 9.5.2 | Fluid Power | 123 |
| 9.5.3 | Ident Systems | 123 |
| 9.5.4 | PROFIBUS PA | 123 |
| 9.6 | Gerätemanagement | 123 |
| 9.7 | PROFIBUS-Implementierung | 124 |
| 9.8 | Qualitätssicherung und Zertifizierung | 124 |
| 9.8.1 | Prüfverfahren | 125 |
| | Literatur | 126 |
| 10 | Vergleich der Feldbusssysteme | 127 |
| | <i>Michael Volz</i> | |
| 11 | Industrial Ethernet: Status und Ausblick | 129 |
| | <i>Michael Volz</i> | |
| 11.1 | Echtzeitverhalten | 130 |
| 11.2 | Verbindung von Office-Welt und Steuerungstechnik | 131 |
| 11.3 | Verkabelungstechnik | 131 |
| 11.4 | Ausblick | 132 |
| 12 | CC-Link IE | 133 |
| | <i>Steve Jones</i> | |
| 12.1 | Die CC-Link-Netzwerke | 133 |
| 12.2 | Die Topologie von CC-Link IE Field | 134 |
| 12.2.1 | Stationstypen im CC-Link IE Field-Netzwerk | 136 |
| 12.2.2 | Link-Zykluszeit | 136 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 12.3 | Datentypen bei CC-Link IE Field und Speicherzuweisung | 137 |
| 12.3.1 | Wie CC-Link mit externen Geräten kommuniziert | 137 |
| 12.3.2 | Der Speicherabgleich beim CC-Link IE Field-Netzwerk | 138 |
| 12.4 | Die Kommunikation im CC-Link IE Field-Netzwerk | 139 |
| 12.4.1 | Zyklische Übertragung | 139 |
| 12.4.2 | Transiente Übertragung | 140 |
| 12.4.3 | Token passing | 141 |
| 12.4.4 | Steuerung der Übertragung | 142 |
| 12.5 | Format der Datenrahmen bei CC-Link IE Field | 144 |
| 12.6 | Geräte mit einer Übertragungsrate kleiner als 1 GBit/s | 145 |
| 12.7 | Implementierung des CC-Link IE Field-Netzwerks | 145 |
| 12.8 | Profile | 146 |
| 12.9 | Prüfung der CC-Link-Konformität | 148 |
| 12.10 | Zusammenfassung | 148 |
| 13 | EtherCAT | 151 |
| | <i>Oliver Fels</i> | |
| 13.1 | Technologieeigenschaften | 152 |
| 13.1.1 | Bearbeitung im Durchlauf | 152 |
| 13.1.2 | Performance | 153 |
| 13.1.3 | Migration vom Feldbus zu EtherCAT | 154 |
| 13.1.4 | Flexible Topologie und Redundanz | 154 |
| 13.1.5 | Einfache Diagnose und Konfiguration | 156 |
| 13.1.6 | Einsatz von Standard-Komponenten | 157 |
| 13.2 | Das EtherCAT-Device-Protokoll | 157 |
| 13.2.1 | Zyklische Kommunikation (Prozessdaten) | 158 |
| 13.2.2 | Azyklische Kommunikation | 159 |
| 13.2.3 | Synchronisation über verteilte Uhren | 161 |
| 13.3 | Funktionale Sicherheit | 162 |
| 13.4 | EtherCAT für die Fabrikvernetzung | 164 |
| 13.5 | Implementierungsaspekte | 166 |
| 13.5.1 | Master-Implementierung | 166 |
| 13.5.2 | Slave-Implementierung | 166 |
| 13.5.3 | Monitor-Tools | 167 |
| 13.6 | EtherCAT Technology Group | 167 |
| | Literatur | 168 |
| 14 | EtherNet/IP | 171 |
| | <i>Viktor Schiffer</i> | |
| 14.1 | Kommunikationsmodell | 171 |
| 14.2 | Systemkonzepte | 172 |
| 14.3 | Adressierungsprinzip | 173 |
| 14.4 | Unterstützte Topologien | 174 |
| 14.5 | Übertragungsraten | 174 |
| 14.6 | Installation | 175 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|------------|
| 14.7 | Kommunikation SPS – E/A | 175 |
| 14.8 | Kommunikation SPS – SPS | 176 |
| 14.9 | Geräte-Integration | 177 |
| 14.10 | Safety-Unterstützung | 177 |
| 14.11 | Profile | 177 |
| 14.12 | Diagnose | 177 |
| 14.13 | Tausch/Ersatz von Geräten | 178 |
| 14.14 | Feldbus-Integration | 178 |
| 14.15 | Integration in Unternehmensnetze | 179 |
| 14.16 | Security | 179 |
| | Literatur | 179 |
| 15 | Modbus-TCP | 181 |
| | <i>Thomas Hammermeister</i> | |
| 15.1 | Client-/Server-Architektur | 182 |
| 15.2 | Modbus als Ethernet-basierter Feldbus | 183 |
| 15.3 | Protokoll-Basics | 183 |
| 15.4 | Datentransfer über Modbus/TCP in der Praxis | 185 |
| 15.5 | Fazit | 185 |
| | Literatur | 185 |
| 16 | POWERLINK | 187 |
| | <i>Stefan Schönegger</i> | |
| 16.1 | Datenaustausch bei POWERLINK | 188 |
| 16.1.1 | Warum Standard-Ethernet keine harte Echtzeit erreicht | 188 |
| 16.1.2 | Der POWERLINK-Stack | 189 |
| 16.1.3 | Der POWERLINK-Mechanismus | 190 |
| 16.2 | Funktionale Merkmale von POWERLINK | 191 |
| 16.2.1 | Netzwerkaufbau mit POWERLINK: Topologie | 191 |
| 16.2.2 | Eindeutige Adressierung jedes Teilnehmers | 192 |
| 16.2.3 | Hot Plugging | 192 |
| 16.2.4 | Querverkehr | 193 |
| 16.2.5 | Redundante Netzwerke | 194 |
| 16.2.6 | Diagnose | 195 |
| 16.2.7 | POWERLINK = CANopen over Ethernet | 195 |
| 16.3 | Safety und Security | 195 |
| 16.3.1 | Busunabhängigkeit | 196 |
| 16.3.2 | So funktioniert openSAFETY | 197 |
| 16.3.3 | Mechanismen zur Fehlererkennung und -vermeidung | 197 |
| 16.3.4 | Aufbau des openSAFETY-Frames | 198 |
| 16.3.5 | Das openSAFETY-Netzwerk | 198 |
| 16.3.6 | Security | 199 |
| 16.4 | Technische Umsetzung von Master und Slaves | 199 |
| 16.4.1 | Lösungen für den POWERLINK-Master | 200 |
| 16.4.2 | Lösungen für den POWERLINK-Slave | 200 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 16.5 | POWERLINK als Open Source | 201 |
| 16.6 | Zertifizierung von POWERLINK-Geräten | 202 |
| 17 | PROFINET | 203 |
| | <i>Jörg Freitag</i> | |
| 17.1 | PROFINET im Überblick. | 204 |
| 17.1.1 | PROFINET Highlights | 205 |
| 17.1.2 | PROFINET IO-Geräteklassen | 205 |
| 17.1.3 | Adressierung bei PROFINET IO | 206 |
| 17.2 | PROFINET IO Grundlagen | 207 |
| 17.2.1 | Gerätemodell | 207 |
| 17.2.2 | Real-Time-Kommunikation | 208 |
| 17.2.3 | Datenverkehr | 210 |
| 17.2.4 | Netzwerk-Diagnose bei PROFINET | 211 |
| 17.2.5 | Anlagen-Engineering und GSD | 211 |
| 17.2.6 | Systemhochlauf | 212 |
| 17.2.7 | Nachbarschaftserkennung | 212 |
| 17.2.8 | Fast Start Up | 213 |
| 17.3 | IRT-Kommunikation bei PROFINET IO | 213 |
| 17.3.1 | IRT-Steuerung | 214 |
| 17.3.2 | IRT-Intervalle | 214 |
| 17.4 | PROFINET IO-Controller und -Device. | 215 |
| 17.5 | Conformance Classes (CC). | 216 |
| 17.6 | Applikationsprofile für PROFINET IO | 216 |
| 17.6.1 | Train Applications. | 217 |
| 17.6.2 | PROFIenergy | 217 |
| 17.7 | Integration von Feldbus-Systemen. | 218 |
| 17.8 | Netzwerkinstallation | 218 |
| 17.8.1 | PROFINET-Verkabelung. | 219 |
| 17.8.2 | Steckverbinder für Daten. | 220 |
| 17.8.3 | Steckverbinder für Power. | 220 |
| 17.8.4 | Netzkomponenten. | 221 |
| 17.8.5 | Redundanz. | 221 |
| 17.8.6 | Industrial Wireless | 222 |
| 17.9 | PROFINET IO-Zertifizierung | 222 |
| | Literatur. | 223 |
| 18 | SERCOS | 225 |
| | <i>Peter Lutz</i> | |
| 18.1 | SERCOS I und II. | 225 |
| 18.1.1 | Topologie. | 226 |
| 18.1.2 | Übertragungsverfahren, Synchronisation und Protokollstruktur | 227 |
| 18.1.3 | Normierte Daten | 229 |
| 18.1.4 | Implementierung | 230 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|---|-----|
| 18.2 | SERCOS III | 230 |
| 18.2.1 | Topologie und Installation | 231 |
| 18.2.2 | Übertragungsverfahren | 232 |
| 18.2.3 | Telegrammstruktur | 233 |
| 18.2.5 | Direkter Querverkehr und Steuerungsquerkommunikation (C2C) | 234 |
| 18.2.6 | Synchronisation | 235 |
| 18.2.7 | CIP Safety on SERCOS | 236 |
| 18.2.8 | SERCOS III-Geräteprofile | 236 |
| 18.3 | Implementierung von SERCOS III | 239 |
| 18.4 | Zusammenfassung | 240 |
| 19 | Vergleich der Ethernet-Systeme | 243 |
| | <i>Frithjof Klasen</i> | |
| 19.1 | Leistungsparameter | 243 |
| 19.2 | Anforderungen | 244 |
| 19.3 | Lösungskonzepte | 246 |
| 19.3.1 | Kategorie A: TCP/IP-basierte Lösungen | 246 |
| 19.3.2 | Kategorie B: Ethernet-MAC | 247 |
| 19.3.3 | Kategorie C: Ethernet mit modifiziertem Buszugriffverfahren und Timing | 247 |
| 19.4 | Auswahlkriterien | 248 |
| 19.5 | Ausblick | 251 |
| | Literatur | 251 |
| 20 | Wireless: Status und Ausblick | 253 |
| | <i>Lutz Rauchhaupt</i> | |
| 20.1 | Wireless, Funk oder WLAN | 253 |
| 20.2 | Anforderungen und Bedingungen von Wireless | 255 |
| 20.3 | Mobilfunksysteme | 256 |
| 20.4 | Wireless Local Area Networks (WLAN) | 257 |
| 20.5 | Bluetooth | 259 |
| 20.6 | WirelessHART | 260 |
| 20.7 | Wireless Sensor/Actor Network for Factory Automation | 261 |
| 20.8 | Andere Funklösungen | 263 |
| 20.9 | Ausblick | 263 |
| | Literatur | 265 |
| 21 | Netze koppeln und verbinden | 267 |
| | <i>Michael Volz</i> | |
| 21.1 | Kopplung autonomer Anlagenteile mit eigener SPS | 267 |
| 21.2 | Kopplung untergeordneter Anlagenteile ohne eigene SPS | 269 |
| 21.3 | Auswahl und Einsatzkriterien | 269 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 22 | Security für Ethernet-Systeme | 271 |
| | <i>Frithjof Klasen</i> | |
| 22.1 | Industrial Ethernet beeinflusst Security-Lösungen | 271 |
| 22.2 | Herausforderungen | 272 |
| | 22.2.1 Organisatorische Herausforderungen. | 273 |
| 22.3 | Unterschiede zur Business-IT | 273 |
| | 22.3.1 Echtzeitanforderungen | 274 |
| | 22.3.2 Begrenzte Ressourcen. | 274 |
| | 22.3.3 Mensch-Maschine-Interaktion. | 274 |
| | 22.3.4 Security-Ziele | 274 |
| | 22.3.5 Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit. | 274 |
| | 22.3.6 Netzwerkinfrastrukturkomponenten | 275 |
| | 22.3.7 Risiken und Sicherheitsanforderungen (Safety) | 275 |
| 22.4 | Technische Herausforderungen | 275 |
| | 22.4.1 Eigenschaften und Schwachstellen | 275 |
| 22.5 | Lösungsansätze | 276 |
| | 22.5.1 Schutzziele | 276 |
| | 22.5.2 Bedrohungen und Risikoanalyse | 277 |
| | 22.5.3 Security – ein Gemeinschaftsprojekt | 277 |
| 22.6 | Die Lösung: Personen, Prozesse, Technologien | 278 |
| | Literatur. | 279 |
| 23 | Geräteintegration mit FDI | 281 |
| | <i>Daniel Großmann, Alexander Kaiser</i> | |
| 23.1 | Aktuelle Situation bei der Geräteintegration | 281 |
| 23.2 | Die Lösung: Field Device Integration | 282 |
| | 23.2.1 Vorteile von EDDL | 282 |
| | 23.2.2 Vorteile von FDT | 282 |
| 23.3 | Device Package – Repräsentant eines Gerätes | 283 |
| | 23.3.1 Catalog (notwendig) | 283 |
| | 23.3.2 EDD-Device Definition – DEF (notwendig, basierend auf EDDL) | 284 |
| | 23.3.3 EDD-User Interface Description – UID (notwendig, basierend auf EDDL) | 284 |
| | 23.3.4 EDD-Business Logic – BL (notwendig, basierend auf EDDL und FDT) | 284 |
| | 23.3.5 User Interface Plug-in – UIP (optional, basierend auf FDT) | 284 |
| | 23.3.6 Attachments (notwendig, optional – protokollabhängig). | 284 |
| 23.4 | Die Basisarchitektur | 285 |
| | 23.4.1 Systemarchitekturen | 286 |
| | 23.4.2 Topologien | 287 |
| 23.5 | Mit Harmonisierung zum Ziel | 289 |
| 23.6 | FDI aus Endanwendersicht | 291 |
| | 23.6.1 Eine Lösung | 291 |
| | 23.6.2 Investitionssicherheit | 291 |
| | 23.6.3 Robustheit | 292 |
| | 23.6.4 Interoperabilität | 292 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------------------------------|---|------------|
| 23.6.5 | Einheitlichkeit | 292 |
| 23.6.6 | Versionshandling | 293 |
| 23.7 | Zusammenfassung | 293 |
| | Literatur | 293 |
| 24 | Implementierungsaspekte: Make or Buy? | 295 |
| | <i>Volker Oestreich</i> | |
| 24.1 | Marktsituation | 295 |
| 24.2 | Implementierungsvarianten | 296 |
| 24.2.1 | Eigenentwicklung der Kommunikations-Schnittstellen | 296 |
| 24.2.2 | Eigenentwicklung mit externer Unterstützung | 296 |
| 24.2.3 | Einsatz fertiger Kommunikationsmodule | 297 |
| 24.3 | Entscheidungstransparenz mit Software-Unterstützung | 297 |
| 24.3.1 | Eingabemasken | 298 |
| 24.3.2 | Auswertung | 301 |
| 24.4 | Projektergebnisrechnung am Beispiel einer Klebe-Steuerung | 301 |
| 24.5 | Zusammenfassung | 303 |
| | Literatur | 303 |
| 25 | Flexible Schnittstellen-Realisierung | 305 |
| | <i>Michael Volz</i> | |
| 25.1 | Entwicklungsplanung | 303 |
| 25.1.1 | Beratung | 305 |
| 25.1.2 | Implementierung | 306 |
| 25.1.3 | Entwicklungsumgebung | 306 |
| 25.1.4 | Hardware-/Softwaredesign | 306 |
| 25.1.5 | Zertifizierung | 306 |
| 25.1.6 | Technologiepflege | 307 |
| 25.2 | Eigenentwicklung oder Entwicklungspartnerschaft | 307 |
| 25.2.1 | Realisierungsmöglichkeiten | 308 |
| 25.2.2 | Eigenentwicklung der Kommunikationsschnittstellen | 308 |
| 25.2.3 | Kundenspezifische Lösungen | 309 |
| 25.2.4 | Einsatz fertiger Kommunikationsmodule | 309 |
| 25.2.5 | Externer Busanschluss mit einem Protokollkonverter | 310 |
| Organisationen | | 312 |
| Autoren | | 317 |
| Sachwörterverzeichnis | | 325 |