

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	V
Vorwort der Herausgeber	VII
1 Der Markt für Feldbus und Industrial Ethernet	1
<i>David Humphrey, Florian Güldner</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

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 Gerätebeschreibung	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

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 Feldbussysteme.	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 Übertragungsrates 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

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 PROFenergy	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

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

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	Entscheidungs-transparenz 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