

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Technische Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Netzwerktopologien	1
1.1.1	Zweipunktverbindungen	1
1.1.2	Zweipunktverbindungen mit Multiplexer	2
1.1.3	Bus-Struktur	3
1.1.4	Baumstruktur	6
1.1.5	Ringstruktur	7
1.1.6	Sternstruktur	8
1.2	Kommunikationsmodelle	9
1.2.1	Das ISO/OSI-Referenzmodell	9
1.2.1.1	Allgemeines	9
1.2.1.2	Die physikalische Schicht oder Bitübertragungsschicht	11
1.2.1.3	Die Sicherungsschicht	11
1.2.1.4	Die Netzwerkschicht	12
1.2.1.5	Die Transportschicht	13
1.2.1.6	Die Sitzungsschicht	13
1.2.1.7	Die Darstellungsschicht	14
1.2.1.8	Die Anwendungsschicht	14
1.2.1.9	Dienste für die Kommunikation zwischen den Schichten	15
1.2.1.10	Beispiel: Ablauf einer Kommunikation im OSI-Modell	15
1.2.2	Das TCP/IP-Protokoll	17
1.3	Buszugriffsverfahren	19
1.3.1	Master/Slave-Verfahren	20
1.3.2	Token-Prinzip	22
1.3.3	Token-Passing	24
1.3.4	CSMA	25
1.3.5	CSMA/CA	28
1.3.6	Busarbitration	29
1.4	Datensicherung	30
1.4.1	Einleitung	30
1.4.2	Fehlerarten	31

1.4.3	Einige grundlegende Beziehungen . . . . .	31
1.4.3.1	Bitfehlerrate . . . . .	31
1.4.3.2	Wiederholung einer Übertragung . . . . .	31
1.4.3.3	Restfehlerrate . . . . .	32
1.4.3.4	Hamming-Distanz . . . . .	32
1.4.3.5	Telegrammübertragungseffizienz . . . . .	33
1.4.4	Einige Strategien der Fehlererkennung . . . . .	34
1.4.4.1	Paritätsbit . . . . .	34
1.4.4.2	Blocksicherung . . . . .	35
1.4.4.3	CRC . . . . .	37
1.4.5	Datenintegritätsklassen . . . . .	40
1.4.6	Telegrammformate . . . . .	41
1.4.6.1	Telegramm mit Paritätsbit . . . . .	41
1.4.6.2	Telegramm mit CRC . . . . .	42
1.5	Telegrammformate . . . . .	44
1.5.1	Das HDLC-Protokoll . . . . .	44
1.5.2	UART . . . . .	47
1.5.3	PROFIBUS-Norm EN 50 170 Teil 2 . . . . .	48
1.5.4	HART-Protokoll . . . . .	49
1.5.4.1	Smart-Transmitter . . . . .	50
1.5.4.2	Busaufbau . . . . .	51
1.5.4.3	Buszeiten . . . . .	52
1.5.5	Token-Telegramm . . . . .	53
1.5.6	Ethernet-Telegramm . . . . .	53
1.5.6.1	Die Felder des Ethernet-Telegramms . . . . .	53
1.5.6.2	TCP/IP-Protocol . . . . .	55
1.6	Binäre Informationsdarstellung . . . . .	55
1.6.1	NRZ, RZ . . . . .	56
1.6.2	Bipolar-Kodierung, HDB <sub>n</sub> -Kodierung . . . . .	57
1.6.3	NRZI . . . . .	58
1.6.4	AFP . . . . .	59
1.6.5	Manchester-II-Kodierung . . . . .	59
1.6.6	FSK, ASK, PSK . . . . .	60
1.7	Übertragungsstandards . . . . .	60
1.7.1	RS 232-, V.24-Schnittstelle . . . . .	60
1.7.2	RS 422-Schnittstelle . . . . .	63
1.7.3	RS 485-Schnittstelle . . . . .	63
1.7.4	20 mA-Stromschleife . . . . .	66
1.7.5	IEC 61158-2, FISCO-Modell . . . . .	67
1.7.6	Ethernet-Übertragungsarten . . . . .	72
1.7.6.1	10 MBd Ethernet . . . . .	73
1.7.6.2	100 MBd-Ethernet (Fast Ethernet) . . . . .	75

1.7.6.3	1000Base Ethernet (Gigabit Ethernet)	76
1.7.6.4	10GigaBit Ethernet	78
1.7.6.5	Infrastruktur-Komponenten	78
1.8	Leitungen und Übertragungsarten	79
1.8.1	Übersicht über die Leitungsarten	79
1.8.2	Paralleldrahtleitung	80
1.8.3	Koaxialleitung	84
1.8.4	Lichtwellenleiter (LWL)	86
1.8.5	Übertragungsarten	87
1.8.5.1	Basisbandübertragung	87
1.8.5.2	Trägerfrequenzübertragung	87
1.8.5.3	Breitbandübertragung	88
1.9	Verbindung von Netzen	89
1.9.1	Repeater	89
1.9.2	Bridges	90
1.9.3	Router	92
1.9.4	Gateways	94
1.10	Feldbusankopplung an Host-Systeme	95
1.10.1	Grundlagen	95
1.10.2	SPS-Ankopplung	96
1.10.2.1	Feldbusfunktionen auf Kommunikations-Baugruppen	96
1.10.2.2	Software-Schnittstelle	97
1.10.2.3	Einheitliche Programmierung mit IEC 1131	98
1.10.3	PC-Ankopplung	99
1.10.3.1	Hardware-Aspekte	99
1.10.3.2	Techniken des Anwenderzugriffs	100
1.10.4	Controller-Ankopplung	104
1.10.5	Ankopplung an höhere Netze über Gateways	104
1.10.6	Host-Zugriffe unter MMS	105
1.11	Buszykluszeiten	106
1.11.1	Deterministische Bussysteme	106
1.11.2	Nichtdeterministische Bussysteme	109
1.12	Sicherheitsbussysteme	110
	Literatur	113
<b>2</b>	<b>Netzwerkhierarchien in der Fabrik- und Prozessautomatisierung</b>	<b>117</b>
2.1	Übersicht und Spezifik der Kommunikation in der Automatisierung	117
2.1.1	Fabrikautomatisierung	122
2.1.2	Prozessautomatisierung	123
2.2	Kommunikationsebenen bei Stückgut- und Fließgutprozessen	126
2.2.1	Stückgutprozesse	126
2.2.2	Fließgutprozesse	127

2.3	Managementebene . . . . .	129
2.4	Prozesselebene . . . . .	131
2.4.1	ETHERNET für den Industrieinsatz . . . . .	131
2.4.2	Lösungsmöglichkeiten mit TCP/IP . . . . .	134
2.4.3	ETHERNET-Anwendungen in der industriellen Kommunikation . . . . .	137
2.5	Feldebene . . . . .	138
2.5.1	Anforderungen an ein Bussystem der Feldebene . . . . .	138
2.5.2	Industrielösungen für Busse der Feldebene . . . . .	139
2.6	Sensor-Aktor-Ebene . . . . .	140
2.6.1	Anforderungen im Sensor-Aktor-Bereich . . . . .	140
2.6.2	Industrielösungen für Sensor-Aktor-Bussysteme: . . . . .	142
2.7	Fazit . . . . .	142
	Literatur . . . . .	143
<b>3</b>	<b>Feldbusnormung . . . . .</b>	<b>145</b>
3.1	Internationale Normungsarbeit . . . . .	145
3.2	Europäische Normungsarbeit . . . . .	149
	Literatur . . . . .	150
<b>4</b>	<b>Beispiele ausgeführter Bussysteme . . . . .</b>	<b>151</b>
4.1	Sensor/Aktor-Busse . . . . .	151
4.1.1	AS-Interface – Aktor/Sensor-Interface . . . . .	151
4.1.1.1	Konzept des intelligenten Verkabelungs-Systems . . . . .	151
4.1.1.2	Der Master . . . . .	152
4.1.1.3	Netzteil . . . . .	152
4.1.1.4	Elektromechanik . . . . .	154
4.1.1.5	Netzwerktopologie . . . . .	155
4.1.1.6	Slaves . . . . .	155
4.1.1.7	Bitübertragung . . . . .	156
4.1.1.8	Buszugriffsverfahren . . . . .	157
4.1.1.9	A/B- und Single Slaves . . . . .	158
4.1.1.10	Analogwertübertragung . . . . .	159
4.1.1.11	Datensicherheit . . . . .	161
4.1.1.12	Elektromagnetische Verträglichkeit . . . . .	161
4.1.1.13	AS-Interface im explosionsgefährdeten Bereich . . . . .	163
4.1.1.14	Neuerungen nach der Spezifikation 3.0 . . . . .	164
4.1.1.15	Safety at work . . . . .	165
4.1.2	Das KNX-System für die Haus- und Gebäudesystemtechnik . . . . .	167
4.1.2.1	Einführung . . . . .	167
4.1.2.2	Netzwerktopologie . . . . .	168
4.1.2.3	Übertragungsmedien . . . . .	169
4.1.2.4	KNX OSI Kommunikationsprotokoll . . . . .	171

4.1.2.5	Netzverwaltung und Adressierung . . . . .	173
4.1.2.6	Datenformate und Interworking . . . . .	174
4.1.2.7	Werkzeugsätze und Software Engineering . . . . .	176
4.1.2.8	Weitere Systemmerkmale . . . . .	176
4.1.2.9	Spektrum verfügbarer Produkte . . . . .	177
4.2	Feldbusse . . . . .	178
4.2.1	Sercos . . . . .	178
4.2.1.1	Einleitung . . . . .	178
4.2.1.2	Topologie . . . . .	179
4.2.1.3	Übertragungsverfahren, Synchronisation und Protokollstruktur . . . . .	181
4.2.1.4	Implementierung . . . . .	185
4.2.2	PROFIBUS . . . . .	186
4.2.2.1	PROFIBUS als „System-Baukasten“ . . . . .	186
4.2.2.2	Übertragungstechnik . . . . .	189
4.2.2.3	Kommunikation . . . . .	191
4.2.2.4	Allgemeine Applikationsprofile . . . . .	197
4.2.2.5	Spezifische Applikationsprofile . . . . .	199
4.2.2.6	Gerätemanagement . . . . .	202
4.2.2.7	PROFIBUS Implementierung . . . . .	202
4.2.2.8	Qualitätssicherung und Zertifizierung . . . . .	203
4.2.3	Interbus . . . . .	203
4.2.3.1	Topologie . . . . .	203
4.2.3.2	Interbus-Protokoll . . . . .	206
4.2.3.3	Protokollrealisierung . . . . .	208
4.2.3.4	Anwendungsschnittstelle . . . . .	211
4.2.4	Modbus-RTU und Modbus-ASCII . . . . .	212
4.2.5	LON . . . . .	214
4.2.5.1	LON-Gerät . . . . .	214
4.2.5.2	LonWorks-Protokoll . . . . .	218
4.2.5.3	Funktionsprofile für LON-Geräte . . . . .	226
4.2.5.4	LON-übergreifende Kommunikation . . . . .	228
4.2.5.5	Netzwerk-Management und Tools . . . . .	228
4.2.6	CAN-basierende Netzwerke . . . . .	229
4.2.6.1	Grundlagen . . . . .	229
4.2.6.2	Physikalische Übertragung . . . . .	230
4.2.6.3	CAN-Protokoll . . . . .	231
4.2.6.4	CANopen . . . . .	234
4.2.6.5	Devicenet . . . . .	248
4.2.7	FOUNDATION Fieldbus H1 . . . . .	254
4.2.7.1	Übersicht . . . . .	254

4.2.7.2	Die Feldbusphysik . . . . .	255
4.2.7.3	Die Kommunikation . . . . .	260
4.2.8	ControlNet . . . . .	264
4.2.8.1	Zielanwendungen . . . . .	266
4.2.8.2	Das ControlNet-Protokoll . . . . .	266
4.3	Ethernetbasierte Feldbusse . . . . .	270
4.3.1	Industrial Ethernet – Was ist das eigentlich? . . . . .	270
4.3.2	Grundlagen des Ethernet . . . . .	271
4.3.3	Ethernet im Vergleich zu modernen Feldbussystemen . . . . .	275
4.3.4	PROFINET . . . . .	281
4.3.4.1	PROFINET im Überblick . . . . .	283
4.3.4.2	Grundlagen von PROFINET IO . . . . .	284
4.3.4.3	IRT-Kommunikation bei PROFINET IO . . . . .	291
4.3.4.4	PROFINET IO-Controller und -Devices . . . . .	293
4.3.4.5	Conformance Classes (CC) . . . . .	294
4.3.4.6	Applikationsprofile für PROFINET IO . . . . .	294
4.3.4.7	Integration von Feldbus-Systemen . . . . .	296
4.3.4.8	Netzwerkinstallation . . . . .	296
4.3.4.9	PROFINET IO-Zertifizierung . . . . .	300
4.3.5	Ethernet/IP . . . . .	301
4.3.6	Echtzeit-Ethernet: Powerlink . . . . .	305
4.3.7	Modbus-TCP . . . . .	314
4.3.8	Echtzeit Ethernet EtherCAT . . . . .	316
4.4	Peripheriebusse am PC . . . . .	327
4.4.1	Vergleich USB – Firewire . . . . .	327
4.4.2	USB . . . . .	329
4.4.3	Bluetooth . . . . .	333
Literatur	. . . . .	335
<b>5</b>	<b>Weitverkehrsnetze . . . . .</b>	<b>339</b>
5.1	ISDN . . . . .	339
5.2	DSL – Öffentliches Breitbandnetz . . . . .	343
Literatur	. . . . .	349
<b>6</b>	<b>Installationsbeispiele aus der Bus-Praxis . . . . .</b>	<b>351</b>
6.1	Verbindung von Feldgeräten über PROFIBUS und OPC mit Anwendersoftware . . . . .	351
6.1.1	Kurze Einführung in OPC . . . . .	351
6.1.2	Die Aufgabe: PROFIBUS an Visualisierungssoftware . . . . .	352
6.1.3	Konfiguration des PROFIBUS . . . . .	353
6.1.4	Konfiguration des OPC-Servers . . . . .	354
6.1.5	SCADA-Projekt und OPC-Konfiguration . . . . .	354

6.2	Prozesssteuerung über das Internet-Netzwerk . . . . .	358
6.2.1	Die Aufgabe . . . . .	358
6.2.2	Erstellung der LabView-Applikation . . . . .	359
6.2.3	Internetanbindung . . . . .	360
6.2.4	Die Konfiguration des HTTP-Servers . . . . .	364
6.3	Konfiguration AS-i/Interbus-Gateway an Interbus . . . . .	365
6.3.1	Aufbau der Bus-Systeme . . . . .	365
6.3.2	Konfiguration des AS-i . . . . .	367
6.3.3	Kommunikation des AS-i/Interbus-Gateway mit dem Interbus . .	367
6.3.4	Die sw-Verknüpfung Interbus/AS-i . . . . .	369
6.4	Die Verbindung einer SPS mit dem PROFIBUS DP . . . . .	371
6.4.1	S7-Projekt . . . . .	373
6.4.2	Konfiguration der S7-Station . . . . .	373
6.4.3	Kommunikation zwischen CPU und CP . . . . .	377
6.4.4	Programmbeispiel . . . . .	378
6.5	Konfiguration AS-i/Ethernet/IP-Gateway an Ethernet/IP . . . . .	379
6.5.1	Aufbau der Bussysteme . . . . .	379
6.5.2	Konfiguration des AS-i-Netzwerks und des AS-i/Ethernet/IP-Gateways . . . . .	380
6.5.3	Kommunikation über Ethernet/IP . . . . .	381
6.5.4	Die Software-Verknüpfung zwischen AS-i und Ethernet/IP . . . .	382
<b>7</b>	<b>Datenblätter . . . . .</b>	<b>389</b>
7.1	AS-i (Aktor/Sensor-Interface) . . . . .	389
7.2	KNX (ehemals EIB, European Installation Bus) . . . . .	390
7.3	Sercos I, II und III . . . . .	391
7.4	PROFIBUS . . . . .	392
7.4.1	PROFIBUS-DP . . . . .	392
7.4.2	PROFIBUS-PA . . . . .	393
7.5	Interbus . . . . .	394
7.6	Modbus Plus . . . . .	395
7.7	Industrial Ethernet . . . . .	396
7.8	LON (Local Operating Network) . . . . .	397
7.9	CAN (Controller Area Network) . . . . .	398
7.10	Foundation Field Bus . . . . .	399
7.11	Eigensichere Feldbusse . . . . .	400
7.11.1	PROFIBUS PA . . . . .	400
7.11.2	PROFIBUS (DP) Ex-i . . . . .	400
7.12	DeviceNet . . . . .	401
7.13	ControlNet . . . . .	402
7.14	EtherNet/IP . . . . .	403
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>405</b>