

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	v
Inhaltsverzeichnis .....	vii
1 Einleitung .....	1
1.1 Einführung in das Thema .....	1
1.1.1 Parallele Signalübertragung .....	3
1.1.2 Serielle Signalübertragung .....	3
1.2 Historie – ein Blick zurück .....	5
1.2.1 Drehzahlregelung im Wandel der Zeit .....	5
1.2.2 Zentral oder dezentral? .....	8
1.3 Vom Grenzwertschalter zum intelligenten Sensor .....	9
1.3.1 Mechanische Lösungen .....	9
1.3.2 Elektronische Lösungen .....	10
1.3.3 Intelligente Sensoren .....	12
1.4 Der Feldbuskrieg der 90er Jahre .....	14
1.4.1 Der offene Feldbusstandard .....	15
1.4.2 Der universelle Feldbus .....	15
1.4.3 Ende des Feldbuskrieges? .....	16
1.5 Lösungsansätze aus Sensorsicht .....	18
1.5.1 Sensoren mit Multipolanschluss .....	18
1.5.2 Sensoren mit Blackbox .....	18
1.5.3 Sensoren mit Analogausgang und Datenmodulation (HART-Protokoll) .....	19
1.5.4 Sensoren mit Busanschluss (AS-Interface, CC-Link, SDS) .....	19
1.6 Lösungsansätze aus Aktuatorsicht .....	20
1.7 Das Zusammenwachsen von Sensorik und Aktuatorik .....	21
1.8 Sicherheitskonzepte .....	22
1.9 Ist IO-Link ein Feldbus? .....	22
1.10 Die Motivation zur Entwicklung einer neuen Geräteschnittstelle .....	24
2 Die Idee hinter IO-Link .....	26
2.1 Historie der kommunikativen Automatisierung .....	26
2.2 Erste Sensorschnittstellen .....	27
2.3 Anforderungen an intelligente Sensoren .....	30
2.4 IO-Link als konsequente Weiterentwicklung .....	32
3 Die Grundlagen von IO-Link .....	34
3.1 Die geniale Idee .....	34

3.2	Die IO-Link-Schnittstelle . . . . .	34
3.3	Die IO-Link-Physik. . . . .	35
3.4	Die IO-Link-Kommunikation . . . . .	35
3.5	Das IO-Link-Telegramm. . . . .	36
3.6	Die IO-Link-Topologie . . . . .	38
3.7	Der IO-Link-Master . . . . .	38
3.8	IO-Link-Geräte. . . . .	40
3.8.1	IO-Link-Sensoren. . . . .	40
3.8.2	IO-Link-Aktuatoren . . . . .	40
3.8.3	IO-Link-Hybridgeräte. . . . .	41
3.9	IO-Link-Zykluszeit . . . . .	41
3.10	IO-Link-Geschwindigkeiten . . . . .	42
3.11	(Feld-)Module mit IO-Link-Ports . . . . .	42
3.12	Das Konzept IO-Link – Eine Zusammenfassung. . . . .	44
3.13	Das Konzept IO-Link – Aspekte aus Anwendersicht . . . . .	47
3.13.1	IO-Link für Sensor-/Aktuatorhersteller . . . . .	47
3.13.2	IO-Link für Maschinenbauer . . . . .	47
3.13.3	IO-Link für Anlagenbetreiber. . . . .	48
3.13.4	IO-Link für Projekteure . . . . .	48
3.13.5	IO-Link für Wartungspersonal . . . . .	48
3.13.6	IO-Link fürs Top-Management. . . . .	49
3.13.7	IO-Link für Einkäufer. . . . .	49
3.13.8	IO-Link für Elektriker . . . . .	49
3.13.9	IO-Link für Software-Entwickler . . . . .	50
3.13.10	IO-Link für Qualitätsmanagement . . . . .	50
4	<b>Ähnliche Systeme . . . . .</b>	51
4.1	Der Pionier: HART-Protokoll . . . . .	51
4.2	Der Busfähige: AS-Interface (AS-i). . . . .	52
4.3	Die Regionalen: CompoNet & Co. . . . .	53
4.4	Herstellerspezifische Schnittstellen . . . . .	53
4.5	Vergleich der Systeme . . . . .	54
5	<b>Systemarchitektur. . . . .</b>	56
5.1	Top-Down oder Bottom-Up . . . . .	57
5.2	IODD als Grundvoraussetzung für transparente Kommunikation. . . . .	57
5.3	Systemhoheit . . . . .	58
5.4	Durchgängigkeit in der Automatisierungspyramide: Ist Plug-and-Play ein Traum oder Trauma? . . . . .	58

5.5	Feldbuseinbindung . . . . .	58
5.5.1	IO-Link und Profibus/Profinet . . . . .	59
5.5.2	IO-Link und Ethercat . . . . .	59
5.5.3	IO-Link und AS-Interface . . . . .	59
5.5.4	Weitere Feldbusse . . . . .	60
5.5.5	IO-Link und IO-Link . . . . .	62
5.6	IO-Link-Geräte in der Praxis . . . . .	63
5.6.1	IO-Link-Master . . . . .	64
5.6.2	IO-Link-Master mit besonderer Funktionalität . . . . .	64
5.6.3	IO-Link-Gateways . . . . .	65
5.6.4	IO-Link-Projektierungsstools . . . . .	65
5.6.5	IO-Link-Devices, allgemein . . . . .	66
5.6.6	IO-Link-Sensoren, klassisch . . . . .	66
5.6.7	IO-Link-Sensoren mit Zusatzfunktionen . . . . .	68
5.6.8	IO-Link-Ein-/Ausgabemodule . . . . .	68
5.6.9	IO-Link-Motorstarter . . . . .	68
5.6.10	IO-Link-Ventilanschaltungen . . . . .	70
5.6.11	IO-Link-Ventile . . . . .	70
5.6.12	Weitere Aktuatoren . . . . .	70
6	Applikationen . . . . .	73
6.1	Maschinenbau, Fördertechnik . . . . .	73
6.2	Sondermaschinenbau . . . . .	76
6.3	Werkzeugmaschinenbau . . . . .	79
6.4	Fahrzeugbau . . . . .	80
6.5	Prozesstechnik . . . . .	81
6.6	Sonstige Applikationen . . . . .	84
7	IO-Link im Detail . . . . .	85
7.1	Leistungsmerkmalen . . . . .	86
7.2	Datenphysik (Übertragungsmedium) . . . . .	87
7.3	Kommunikationsaufbau/Anlaufphase . . . . .	92
7.4	IO-Link/SDCI-Framestruktur . . . . .	97
7.4.1	Telegrammaufbau Master . . . . .	98
7.4.2	Telegrammaufbau Device . . . . .	100
7.4.3	Frametypen und die Verwendung . . . . .	101
7.5	Datenkanäle . . . . .	108
7.5.1	Prozessdatentransfer . . . . .	108
7.5.2	Servicedaten und Datentransfer . . . . .	112
7.5.3	Diagnosedaten und Datentransfer . . . . .	114
7.6	Datenraten . . . . .	117

7.7	Datenübertragungszeiten . . . . .	118
7.8	Kompatibilität . . . . .	133
7.8.1	Kompatibilität zu Digital- und Analogwerten . . . . .	133
7.8.2	Kompatibilität der Spezifikationsstände 1.0 und 1.1 . . . . .	134
7.8.3	Kompatibilität von angekündigten Geräten zu Tauschgeräten . . . . .	135
7.9	Unterschiede von Spezifikation 1.0 zur Spezifikation 1.1 . . . . .	136
7.9.1	Eventhandling . . . . .	136
7.9.2	Frametypen . . . . .	136
7.9.3	Prozessdatengültigkeit . . . . .	138
7.10	Datenstrukturen . . . . .	138
7.11	Datenzugriffe (ISDU) . . . . .	138
8	Herstellerübergreifende Standardparameter . . . . .	140
8.1	Aufbau und Inhalte der Parameterpage . . . . .	140
8.1.1	Erklärung der Einzelparameter . . . . .	144
8.2	Erweiterte IO-Link-Parameter . . . . .	150
8.2.1	Erklärung der Einzelparameter . . . . .	155
8.2.1.1	System Parameter . . . . .	155
8.3	Device-Parametrierung . . . . .	165
8.3.1	Einzelparametrierung . . . . .	165
8.3.2	Blockparametrierung . . . . .	166
9	IO-Link-Diagnose . . . . .	168
9.1	Diagnosemeldungen mit Event . . . . .	169
9.1.1	IO-Link-spezifische Diagnosen . . . . .	174
9.2	Diagnosemeldungen auf Read- oder Writeservices . . . . .	176
9.3	Abgeleitete Diagnosemeldungen auf Read- oder Writeservices . . . . .	182
10	Master Portkonfiguration . . . . .	186
10.1	Allgemeines . . . . .	186
10.2	Betriebszustände eines Ports . . . . .	187
10.2.1	IO-Link-Port Inaktive . . . . .	188
10.2.2	Digital Input (DI) . . . . .	188
10.2.3	Digital Output (DO) . . . . .	189
10.2.4	IO-Link (SDCI) . . . . .	189
10.2.5	Scan-Mode . . . . .	189
10.2.6	Digital Input Mode mit IO-Link Access (Virtual port mode DIwithSDCI) . . . . .	190
10.3	Portzyklus . . . . .	191

10.3.1	Free Running . . . . .	191
10.3.2	FixedValue . . . . .	192
10.3.3	Framesynchron . . . . .	192
10.4	CycleTime . . . . .	194
10.5	PDConfig . . . . .	194
10.5.1	Prozessdatenlänge Input . . . . .	194
10.5.2	Position Input Daten im Gateway . . . . .	194
10.5.3	Position Input Daten im Device-Datenabbild . . . . .	194
10.5.4	Prozessdatenlänge Output . . . . .	195
10.5.5	Position Output Daten im Gateway . . . . .	195
10.5.6	Position Output Daten im Device-Datenabbild . . . . .	195
10.5.7	Bus-seitige Prozessdateneinstellungen . . . . .	197
10.6	Device-Identification . . . . .	197
10.6.1	VendorID . . . . .	198
10.6.2	DeviceID . . . . .	198
10.6.3	SerialNumber . . . . .	199
10.6.4	Härtegrad der Konfigurationsprüfung . . . . .	199
10.6.5	Beispiel zum Ablauf der Validierung . . . . .	200
10.7	Überprüfung der Konfiguration . . . . .	201
10.8	Offset Time . . . . .	202
10.9	Inbetriebnahme (Projektierung und Konfiguration) . . . . .	203
10.9.1	Ansatz der freien Device-Suche . . . . .	204
10.9.2	Ansatz der vorgegebenen Projektierung . . . . .	204
10.10	Datenhaltung . . . . .	205
10.10.1	Idee der Datenhaltung . . . . .	205
10.10.2	Konfiguration der Datenhaltung (DataStorageConfig) . . . . .	207
10.10.3	Datenhaltung Device . . . . .	211
10.10.4	Datenhaltung Master . . . . .	212
10.10.5	Datenhaltung mit Anwenderprogramm/SPS . . . . .	213
10.10.6	Beispiel Datenhaltung FDT . . . . .	214
11	Aufbau eines IO-Link-Interface . . . . .	216
11.1	Aufbau des Interface im Device . . . . .	216
11.1.1	Funktion des Device-Interface . . . . .	218
11.1.2	Parameterdaten zum Device-Interface . . . . .	218
11.2	Aufbau des Interface im Master . . . . .	219
11.2.1	Funktion des Master-Interface . . . . .	220
11.2.2	Parameterdaten zum Master-Interface . . . . .	220
12	Analyse- und Diagnosetools und Maßnahmen . . . . .	222
12.1	Tools zur Diagnose . . . . .	222

12.2	Qualitätstools . . . . .	223
12.3	Analyse von Parametersätzen . . . . .	224
12.4	Device-Tausch / Master-Tausch . . . . .	224
12.4.1	Device-Tausch . . . . .	224
12.4.2	Statuserhöhung / Austauschgerät . . . . .	225
12.4.3	Nachfolgegeräte / Ersatz für abgekündigte Geräte . . . . .	225
12.4.4	Master-Tausch . . . . .	226
13	Planung, Inbetriebnahme und Service in der Praxis . . . . .	228
13.1	Praktische Tipps zur Planung, Entwicklung und Konstruktion . . . . .	228
13.1.1	Steuerung . . . . .	228
13.1.2	Busmaster . . . . .	229
13.1.3	Konfigurationssoftware . . . . .	229
13.1.4	Geschwindigkeiten . . . . .	230
13.1.5	Devices, IODDs . . . . .	231
13.1.6	Analogwerte . . . . .	234
13.1.7	IO-Link als Verdrahtungssystem . . . . .	235
13.2	Praktische Inbetriebnahme . . . . .	236
13.2.1	Inbetriebnahme am Beispiel AS-Interface-Module mit IO-Link-Master . . . . .	236
13.2.2	Inbetriebnahme am Beispiel Profibus-Module mit IO-Link-Master . . . . .	239
13.2.3	Inbetriebnahme eines IO-Link-Sensors . . . . .	240
13.2.4	Inbetriebnahme eines IO-Link-Aktuators . . . . .	242
13.2.5	Inbetriebnahme eines IO-Link-Modules . . . . .	243
13.3	Service, Wartung, Troubleshooting . . . . .	245
13.3.1	Service . . . . .	245
13.3.2	Wartung . . . . .	245
13.3.3	Troubleshooting . . . . .	246
14	Input Output Device Description (IODD) . . . . .	247
14.1	IODD-Beschreibung . . . . .	247
14.2	Die IODD im Detail . . . . .	248
14.3	Der IODD-Checker . . . . .	249
14.4	Interpretertools . . . . .	249
14.5	IODD und was nun? . . . . .	250
14.5.1	IODD-Interpreter und DTM (IODD-DTM) . . . . .	250
14.5.2	Einbindung der IODD in die Anlagenkonfiguration . . . . .	251
14.5.3	Starten des Konfiguratortools . . . . .	251
14.5.4	IODD Import . . . . .	252

14.5.5	Parametrierung . . . . .	253
14.5.6	Prozessdaten beobachten . . . . .	253
15	IO-Link-Datenstandardisierung (Profil) . . . . .	256
15.1	Allgemeine Grundlagen zur Standardisierung (Profil) . . . . .	257
15.1.1	Standardisierungsvorbereitungen . . . . .	258
15.2	Der Smart Sensor-Standard (Profil) . . . . .	259
15.2.1	Messwerte in Standardisierungen . . . . .	259
15.3	Prozessdatenmapping innerhalb des Smart Sensor (Profils) . . . . .	260
15.4	Prozessdatenbeschreibung in Standardisierungen . . . . .	261
15.4.1	Beschreibung der Input-Daten im standardisierten (Profil) Fall. . . . .	262
15.5	Standardisierungsforderungen . . . . .	262
15.6	Binärdatenkanal . . . . .	263
15.6.1	Single Point Mode . . . . .	263
15.6.2	Window Mode . . . . .	265
15.6.3	Two Point Mode. . . . .	266
15.6.4	Standardisierte Indexräume (Profil). . . . .	266
15.7	processDataVariable PDV . . . . .	269
15.8	SensorDiagnosis in der Standardisierung . . . . .	270
15.9	TeachChannel . . . . .	271
16	Herstellererklärung . . . . .	273
16.1	Qualität der Herstellererklärung . . . . .	273
16.2	Aufbau der Herstellererklärung. . . . .	273
17	Ausblick . . . . .	275
17.1	Chip-Integration . . . . .	275
17.2	IO-Link goes wireless. . . . .	276
17.3	Medium, Leitungslängen, Geschwindigkeiten . . . . .	277
17.4	Mehr Teilnehmer pro Master. . . . .	278
17.5	Neue Bauformen . . . . .	278
17.6	IO-Link goes Web. . . . .	279
17.6.1	Kurzfristig: Datenkonzentration . . . . .	279
17.6.2	Mittelfristig: Webserver . . . . .	279
17.7	IO-Link 2.0. . . . .	280
	Begriffe und Abkürzungen. . . . .	283
	Quellenangaben. . . . .	291