

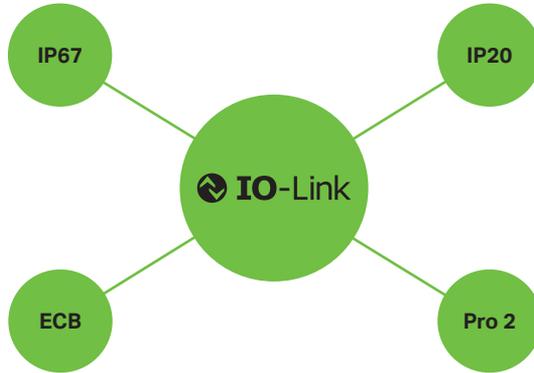
Joachim Uffelmann, Peter Wienzek, Dr. Myriam Jahn

IO-Link

Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0

Band 1: Anwendung





ZUKUNFTS- WEISEND KOMMUNIZIEREN

MIT WAGOS TOPLÖSUNGEN

Von der Stromversorgung Pro 2 und den elektronischen Schutzschaltern über das WAGO I/O System 750 mit dem 4-Port-IO-Link-Master (750-657) bis hin zum IP67-I/O-System Field – WAGOs Topautomatisierungslösungen sprechen IO-Link und sind damit optimal für die Anforderungen im modernen Maschinen- und Anlagenbau gerüstet.



www.wago.com

IO-Link

Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0

Band 1: Anwendung

Joachim R. Uffelmann, Peter Wienzek, Dr. Myriam Jahn

IO-Link

Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0

Band 1: Anwendung

3. Auflage 2020

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

IO-Link - Band 1: Anwendung

Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0

Joachim R. Uffelmann, Peter Wienzek, Dr. Myriam Jahn

3. Auflage 2020

ISBN: 978-3-8356-7439-4 (Print)

ISBN: 978-3-8356-7440-0 (eBook)

© 2020 Vulkan-Verlag GmbH

Friedrich-Ebert-Straße 55, 45127 Essen, Deutschland

Telefon: +49 201 820 02-0, Internet: www.vulkan-verlag.de

Projektmanagement: Simon Meyer, Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Lektorat: Wolfgang Mönning und Annamaria Weinert, Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Herstellung: Nilofar Mokhtarzada, Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Umschlaggestaltung: Daniel Klunkert, Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Titelbild: © Adobe Stock #208731449 von ipopba

Satz: Veronika Koppers, Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Druck: Scandinavianbook GmbH, Neustadt a. d. Aisch

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Der Erwerb berechtigt nicht zur Weitergabe des eBooks an Dritte.

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.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Eine digitale Erfolgsgeschichte – „Made in Germany“.

Dr.-Ing. Gunther Kegel

Vorstandsvorsitzender Pepperl+Fuchs SE

Präsident des Zentralverbands der Elektrotechnischen Industrie - ZVEI

Migration ist das Zauberwort jeder disruptiven Technologie, die auf Fabriken und Anlagen trifft, die - vor Jahren errichtet - auch in zehn Jahren noch ihren Dienst tun sollen. Technologische Disruption vollzieht sich in der industriellen Realität deshalb mit großer zeitlicher Verzögerung, es sei denn, man verfügt über eine neue, disruptive Technologie, die auf den bestehenden Installationen aufsetzt, sie Zug um Zug, Gewerk für Gewerk ersetzt und dabei von Anfang an zumindest einen Teil des neuen Nutzens generiert. Einen solchen Migrationspfad gab es z. B. in der Prozessindustrie, als man schon in den 90er-Jahren des letzten Jahrhunderts ein digitales Übertragungsprotokoll rückwirkungsfrei auf das vorhandene Analogsignal der 4...20 mA-Schnittstelle aufmodulierte. Jeder Anwender konnte so nacheinander oder zeitgleich die Feldgeräte, die prozessnahen Komponenten, das Leitsystem und die Softwareanwendungen, z. B. „Process Asset Management Software“, auf den neuen Standard umrüsten und hatte trotzdem jederzeit den vollen bisherigen Funktionsumfang und einen ersten Zusatznutzen. Wer beispielsweise die Feldgeräte durch neue, sogenannte HART-Transmitter austauschte, konnte im existierenden Leitsystem nach wie vor die analogen 4...20 mA-Signale der HART-Transmitter verarbeiten, war aber unmittelbar in der Lage durch HART-Handbediengeräte digital mit jedem einzelnen HART-Transmitter zu kommunizieren. So war es in den Anlagen erstmals möglich, über digitale Kommunikation mit dem Feldgerät jeweils Parametrier- oder Diagnosedaten auszutauschen. Der Austausch der Feldgeräte gegen HART-Transmitter vollzog sich deshalb in wenigen Jahren und so wurde die Vorbereitung zur digitalen Kommunikation in kurzer Zeit fast flächendeckend geschaffen. Die später eingeführten Feldbusprotokolle Profibus-PA und Foundation Fieldbus verfügten über keinen Migrationspfad, sondern erforderten einen Bruch mit der bisher installierten Technik gleichzeitig auf allen Ebenen. Ein Grund für die enttäuschend langsame Adoptionsrate dieser nächsten Technologie. Das Analogon zu HART in der Prozessindustrie ist IO-Link in der Fertigungsindustrie. Hier, wo 10.000 von meist eher einfachen Positionssensoren in Maschinen und Anlagen ihren Dienst tun, brauchte es auch einen Migrationspfad von der installierten zur neuen Technik. Mit IO-Link – einem ebenfalls auf die existierende binäre Schaltung

aufmodulierten, digitalen Signal – existiert ein Migrationspfad, der auch einen stufenweisen Umbau der Automatisierungstechnik erlaubt, aber in jedem Umbauschritt zumindest einen Teil des Zusatznutzens der digitalen Kommunikation mittels IO-Link bereits generiert.

Mit der fortschreitenden Digitalisierung der Fertigungsindustrie wächst jetzt die Bedeutung der digitalen Kommunikation mit mehr oder weniger einfachen Positionssensoren weiter rasant und IO-Link wird zunehmend zu einer „enabling technology“ für die digitale Transformation von Maschinen und Anlagen. Wer einen vollständigen digitalen Zwilling in allen Facetten ständig und in Echtzeit mit der physikalischen Realität abgleichen will, braucht eine digitale Kommunikation zu allen Sensoren und Signalgebern, braucht IO-Link. Mit entsprechenden Soft- und Hardwarebausteinen bzw. Gateways lässt sich IO-Link schon heute mit nahezu allen anderen Kommunikationssystemen und Protokollen verknüpfen und in der Profibus Nutzerorganisation hat IO-Link eine Heimat gefunden, in der die technische Standardisierung und Begleitung der Technologie hohe Investitionssicherheit für Hersteller und Anwender garantiert und der Standard gleichzeitig, erfolgreich auf der gesamten Welt ausgerollt wird. Eine digitale Erfolgsgeschichte – „Made in Germany“.

Die intelligent-vernetzte Produktion

Hartmut Rauen

Stellvertretender Hauptgeschäftsführer des VDMA

Industrie 4.0 erfordert Veränderungen auf allen Unternehmensebenen und über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Mit Industrie 4.0 ist eine neue Denkweise in der Organisation von Abläufen verbunden. Am Ende zählt für die Unternehmen der Mehrwert. Die Frage der Wirtschaftlichkeit rückt in den Fokus. Aus ambitionierten Innovationsprojekten müssen wettbewerbsfähige Lösungen für den Weltmarkt entstehen.

Die Sicherstellung der Interoperabilität ist die strategische Schlüsselkomponente, mit der das souveräne und nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerk umgesetzt wird. Sie ermöglicht gerade den kleinen und mittelständischen Unternehmen die Teilhabe an neuen digitalen Strukturen. Multilaterale und branchenübergreifende, digitale Prozessbeziehungen, verbunden mit neuen Plattformökonomien, werden das Tagesgeschäft des Maschinenbaus beeinflussen.

Der Maschinenbau ist ein Integrator neuester Technologien. Als dieser ist er Enabler für Endanwender und ermöglicht für den Betreiber gewinnbringende Anwendungen. Vom Markt angewendete und akzeptierte Kommunikationstechnologien wie IO-Link geben den Firmen Investitionssicherheit. Die Kosten zur Entwicklung von kundenspezifischen Schnittstellen werden reduziert. Die Hürde zur Integration von Maschinen in bestehende und neue Anlagen wird herabgesetzt. Maschinen und Anlagen agieren flexibel, effizient und ressourcenschonend miteinander (Stichwort Nachhaltigkeit). Die innovativen Produkte des Maschinenbaus können so vom Kunden einfacher angenommen werden. Sie erleichtern die Integration dieser in die intelligent-vernetzte Produktion der Zukunft.

Die Umsetzung der Interoperabilität wird mit der Idee des „Plug & Play“, also der Möglichkeit zum vereinfachten Zusammenschluss der Maschinen und Anlagen, vom VDMA intensiv vorangetrieben. Wir entwickeln hierzu die Weltsprache der Produktion. Mit der Universal Machine Technology Interface (UMATI) wird für den Maschinenbau dieses Leistungsversprechen angestrebt. Dahinter verbergen sich standardisierte Informationsschnittstellen – und das für jeden einzelnen Sektor des Maschinenbaus einzeln ausdefiniert auf Basis von OPC UA Companion Specifications. Diese standardisierten Informationen müssen vom intelligenten Sensor bis in die Cloud einheitlich

transportiert werden. IO-Link ist bei der Anbindung der Produkte und der Umsetzung von UMATI auf Sensorebene eine wichtige Schlüsseltechnologie.

Die Informationen der intelligenten Sensoren füllen die für die Umsetzung von Industrie 4.0 so wichtige Verwaltungsschale. Die Verwaltungsschale wird als Digitaler Zwilling für Industrie 4.0 die neue Stufe der Interoperabilität über Unternehmensgrenzen hinweg realisieren. In ihr werden alle Produktinformationen – vom Engineering über die Produktion bis zum Recycling und vom Sensor bis in die Cloud – in einen konsistenten Informationsraum zusammengefasst. Mit ihr kann sich jedes Produkt selbst beschreiben und ganze Datensammlungen über ihren Lebenszyklus mit sich führen. Eine technologieneutrale Zustandsüberwachung (Condition Monitoring), eine vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) und die damit einhergehende steigende Energieeffizienz in der Produktion lassen sich im Sinne der Nachhaltigkeit erfolgreicher realisieren. Die sensorische Datengenerierung und der Einsatz von KI-basierenden Lösungen werden erleichtert, die Wertschöpfungsangebote erweitert und die Souveränität durch freie Gestaltungsräume und Selbstbestimmung erhöht.

Vorwort 3. Auflage

Erstmals haben wir diese 3. Auflage für Sie in zwei Bände aufgeteilt: Der erste Band richtet sich an die Leser, die sich vor allem für die Anwendung interessieren. Dabei ist der Begriff „Anwendung“ weitgefasst. In diesem Band finden Sie sowohl Basiswissen über IO-Link mit einer historischen Einordnung, als auch die Grundzüge der Technik. In diesem Band ist uns besonders wichtig gewesen, die vielfältigen Anwendungen des Sensorik- und Aktorikstandards IO-Link darzustellen. Diese Vielfalt zeigt sich in unterschiedlichen Dimensionen: in unterschiedlichen Branchen des produzierenden Gewerbes, in unterschiedlichen Anwendungsbereichen im Unternehmen bei Entwicklung, Servicemanagement oder in Produktion und Instandhaltung.

Insbesondere spielt IO-Link eine der Hauptrollen in der Anwendung von Industrie 4.0-Technologien. Selbst mit dem weltweiten Standard IO-Link stellen sich durch die fehlenden Standards auf anderen Ebenen von Automatisierungs- und IT-Pyramide noch genug Hindernisse. Ohne IO-Link wäre wahrscheinlich die Umsetzung von Industrie 4.0 und Industrial IoT gar nicht möglich. Man kann also ohne Übertreibung von einer Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0 sprechen, die in diesem Band in die Praxis des Shop Floor überführt wird.

Wer allerdings ein IO-Link-Produkt entwickeln will, der sollte – zumindest auch - zu Band 2 greifen.

Dr. Myriam Jahn
Peter K. Wienzek
Joachim R. Uffelmann
Düsseldorf/Essen/Kressbronn, im September 2020

Passende Lösungen

MIT IO-LINK AUF DER ÜBERHOLSPUR

Wir bieten ein umfangreiches IO-Link-Portfolio mit leistungsstarken Sensoren unterschiedlicher Funktionsprinzipien sowie ein konkurrenzlos breites Spektrum an Netzwerk- und Verbindungstechnik. Mit Ihnen gemeinsam entwickeln wir passende Lösungen, die genau auf Ihre Anforderungen abgestimmt und weltweit einsetzbar sind. Und das Beste: mit Balluff als Hersteller von Sensortechnik und langjährigem Lösungsanbieter für die industrielle Automation sind Sie für den digitalen Wandel und das Zeitalter des Industrial Internet of Things gut aufgestellt.

 *innovating automation*

1 Inhaltsverzeichnis

1 Die Idee hinter IO-Link	01
2 Intelligente Sensorik und Aktorik in der Automatisierungstechnik	05
2.1 Der elektronische Sensor – Industrie 3.0	07
2.2 Der „Feldbuskrieg“ der 1990er Jahre und die Automatisierungspyramide	08
2.3 Der intelligente Sensor?	13
2.3.1 Erste Lösungsansätze für den intelligenten Sensor	17
2.3.2 Der Pionier: HART-Protokoll	20
2.3.3 Der Busfähige: Beispiel AS-interface (AS-i)	21
2.3.4 Herstellerspezifisch: Proprietäre Kommunikationsschnittstellen	22
2.4 IO-Link als weltweiter Standard für intelligente Sensorik und Aktuatorik	23
2.4.1 IO-Link als geniale Idee	25
2.4.2 Verbindung mit Aktuatoren	32
2.4.3 IO-Link-Geräte – Beispiele	36
2.5 IO-Link in der Automatisierungstechnik – eine Zusammenfassung ...	43
3 IO-Link und Industrie 4.0	49
3.1 Industrie 4.0 – die angekündigte Revolution	49
3.2 Entwicklung der Informationspyramide	51
3.3 Das cyber-physikalische Produktionssystem (CPPS)	57
3.4 Verknüpfung von IO-Link mit Industrie 4.0	60
3.4.1 Das Datenvolumen	65
3.4.2 Der Y-Weg – Umgehung der SPS	67
3.4.3 Schnittstellen und Cloud-Architektur – Auflösung der Informationspyramide	68
3.5 Monetarisierung von IO-Link-Daten	74
3.5.1 Unternehmensinterne Monetarisierung	74
3.5.2 Schritte zur Nutzung von IO-Link-Daten	75

4	IO-Link aus Anwendersicht	79
4.1	IO-Link für Sensor-/Aktuatorhersteller	79
4.2	IO-Link für Maschinenbauer – Remote Services 2.0.	82
4.2.1	IO-Link für Konstruktion und Entwicklung	83
4.2.2	IO-Link für Einkauf und Produktion	85
4.2.3	IO-Link für After-Sales-Services	86
4.3	IO-Link für das produzierende Unternehmen	87
4.3.1	IO-Link für die Instandhaltung und Maschinenbedienung	88
4.3.2	IO-Link für das Qualitätsmanagement	91
4.4	IO-Link fürs Top-Management – Zusammenfassung der Vorteile.	91
5	IO-Link – Beispielapplikationen in unterschiedlichen Branchen	95
5.1	Applikationen in der Elektronikfertigung	95
5.1.1	Applikationsbeispiel RFID in der Elektronikfertigung	95
5.1.2	Applikationsbeispiel Energieüberwachung in der Elektronikfertigung	98
5.2	Applikationen im Maschinenbau	102
5.2.1	Applikationsbeispiel Fördertechnik	103
5.2.2	Applikationsbeispiel Werkzeugmaschinenbau	106
5.2.3	Applikationsbeispiel Sondermaschinenbau	109
5.2.4	Applikationsbeispiel mobile Arbeitsmaschinen	112
5.2.5	Applikationsbeispiel Gießereimaschine	116
5.2.6	Applikationsbeispiel Windenergieanlage	119
5.3	Applikationen bei produzierenden Unternehmen	122
5.3.1	Applikationsbeispiele diskrete Fertigung	122
5.3.2	Applikationsbeispiel Automobilindustrie/Schweißen	123
5.3.3	Applikationsbeispiele Prozessindustrie	126
5.3.4	Applikationsbeispiel Prüfzellen für Elektrowerkzeuge	132
5.3.5	Sonstige Applikationen.	137
5.4	IO-Link und Industrie 4.0 als Nachrüstlösung.	138
5.4.1	Nachrüstung von IO-Link an einer Fördertechnik für die Stahlproduktion.	138
5.4.2	Nachrüstung von IO-Link an einem Wasserkraftwerk	141
5.5	Zusammenfassung der Kunden-/Applikationsvorteile	145
6	Planung, Inbetriebnahme und Service in der Praxis	149
6.1	IO-Link in a Nutshell	149
6.2	Praktische Tipps zur Planung, Entwicklung und Konstruktion	153

Technologien perfektionieren. Kommunikation revolutionieren. Sensorik 4.0 ermöglichen.

IO-Link-Master mit OPC UA-Schnittstelle

- OPC UA-Schnittstelle für zukunftsorientierte IoT-Lösungen im Zeichen von Industrie 4.0
- MultiLink – Parallele Steuerungs- und Cloudkommunikation bietet höchste Flexibilität in Automatisierungssystemen
- Einfache Konfiguration über Webbrowser durch integrierten Webserver und IODD-Interpreter

www.pepperl-fuchs.com/pr-iot-master



6.2.1	Von Devices, IODDs und der richtigen Geräteauswahl	154
6.2.2	Busmaster, IO-Link-Master und IO-Link-Multi-Master.	156
6.2.3	Konfigurationssoftware für IO-Link-Master und -Devices	162
6.2.4	IO-Link-Anbindung an die Steuerung.	164
6.2.5	Von Geschwindigkeiten und Zykluszeiten	167
6.2.6	Von Analogwerten zu Messwerten.	169
6.2.7	IO-Link als Verdrahtungssystem.	171
6.2.8	Stromverteilkonzepte und Absicherung	173
6.3	Praktische Tipps zur Installation und Inbetriebnahme	182
6.3.1	Inbetriebnahme am Beispiel AS-Interface-Module mit IO-Link-Master	182
6.3.2	Inbetriebnahme am Beispiel PROFINET-Module mit IO-Link-Master	184
6.3.3	Inbetriebnahme eines IO-Link-Sensors	186
6.3.4	Inbetriebnahme eines IO-Link-Aktuators	190
6.3.5	Inbetriebnahme eines IO-Link-Moduls	191
6.4	Praktische Tipps zu Wartung, Service, Troubleshooting.	193
6.4.1	Geräteaustausch	193
6.4.2	Service	193
6.4.3	Wartung	194
6.4.4	Troubleshooting	194
6.5	Der Y-Weg für Planung, Inbetriebnahme und Service.	195
6.5.1	Der Y-Weg mit einer IP-Adresse auf einer Feldbusstrecke	195
6.5.2	Der Y-Weg mit getrennten IP-Adressen für Feldbus und Infrastruktur	196
6.5.3	Der rechte Pfad: Daten vom Sensor in die Cloud	198
6.5.4	Aspekte des Y-Weges	198
6.5.5	Der Y-Weg zu Industrie 4.0.	199
7	IO-Link Wireless – der industrielle Funk für kurze Distanzen.	201
7.1	Warum noch ein Funksystem	202
7.1.1	Funknetzwerke im Einsatz	206
7.1.2	Kurze Historie von IO-Link Wireless.	208
7.1.3	Technologie-Anforderungen an IO-Link Wireless.	210
7.2	Praktische Unterschiede IO-Link Wireless vs. IO-Link	212
7.2.1	Gerätescan.	213
7.2.2	Das Pairing und Unpairing	213
7.2.3	Das Roaming	214

7.2.4	40 Geräte pro Master/3 Master pro Funkzelle	214
7.2.5	Übertragungs- und Bewegungsgeschwindigkeit	215
7.2.6	Übertragungssicherheit	215
7.3	Anwendungsvorteile: Ein einheitliches Ökosystem	215
7.3.1	Einfacher Einstieg in IO-Link Wireless mit Bridge	216
7.3.2	Der IOLW-Master als Feldbusteilnehmer	217
7.3.3	Der IOLW-Master als Edge-Gateway	219
7.4	IO-Link Wireless in a Nutshell	219
7.5	IO-Link Wireless Applikationen	219
7.5.1	Wechselwerkzeuge.	219
7.5.2	Montagestationen und Drehtische	220
7.5.3	Roboterarme und -greifer.	220
7.5.4	Dezentrale Energiemessung in einer Produktion	221
7.5.5	Intelligente Fördertechnik und Smart Shuttles	221
7.5.6	Rotierende Objekte, Wälzlager, Spannvorrichtungen.	222
7.5.7	Linearroboter	222
7.5.8	IIoT – vom drahtlosen Sensor in die Cloud	222
8	IO-Link Safety: Sicher bis zum letzten Meter.	225
8.1	Funktionale Sicherheit: Menschen vor Maschinen schützen	226
8.1.1	Sichere Industrieprotokolle.	227
8.1.2	Warum sichere Sensoren mit IO-Link?.	230
8.1.3	Sichere Aktuatoren – ein Paradigmenwechsel.	231
8.1.4	Sichere Ein-/Ausgabemodule.	233
8.1.5	IO-Link Safety-Master	234
8.1.6	IODD für IO-Link Safety-Devices	236
8.2	Sicherheitsziele und Risikobewertung	236
9	IO-Link-Ausblick: Edge Computing.	239
9.1	IO-Link fordert Edge	241
9.2	Neue Geschäftsmodelle mit IO-Link und Edge Computing	244
9.3	Industrial IoT-Plattformen oder Beginn der „Plattformkriege“?.	246
9.4	IO-Link, Edge und Cloud – Offene Architektur	248
9.4.1	Open Edge Connectivity.	251
9.4.2	Open Edge Computing.	253
9.4.3	Open Operator Cloud Platform	254
9.4.4	Common Cloud Central	256
9.5	Wireless – wo in der Industrie 4.0-Architektur?.	256

9.5.1	Wireless der 1. Stufe: Device bis Edge	258
9.5.2	Wireless der 2. Stufe: Edge bis Cloud	258
9.5.3	Charakteristiken von 5G.	262
9.6	IO-Link und Industrie 4.0 Security.	263
9.7	Ein Industrie 4.0 Anwendungsfall mit IO-Link	272
10	Rückblick und Ausblick	275
10.1	Rückblick auf die vergangenen zwei Jahre.	275
10.2	Ein Blick in die nahe Zukunft.	279
10.2.1	IO-Link auf anderen Physiken	279
10.2.2	Ethernet und IO-Link im Verbund.	279
10.2.3	IO-Link Wireless zur Lokalisierung und mit Mobilfunk.	281
10.2.4	IO-Link Security für die Datensicherheit.	281
10.2.5	IO-Link als Industrie 4.0-Standard und USB-Schnittstelle der Automation	282
	Literaturverzeichnis	283
	Abkürzungs- und Akronym-Verzeichnis.	287
	Inserentenverzeichnis	297

Auszug aus unserem Produktprogramm

Picomag

Magnetisch-induktiver Durchflussmesser

- Gleichzeitiges Erfassen von Durchfluss, Temperatur und Leitfähigkeit
- Flexible Integration in alle Feldbusssysteme mittels IO-Link
- Inbetriebnahme und Bedienung über Bluetooth und SmartBlue App



ab **405,- €**



Ausführliche Information:
www.de.endress.com/dma

Liquiphant FTL31

Grenzschalter für Flüssigkeiten

- Robustes Edelstahlgehäuse (316L)
- Funktionstest von außen mit Testmagnet
- Funktionskontrolle vor Ort möglich durch Leuchtdioden (LED)
- Mediumtemperaturen von bis zu 150 °C (optional)



ab **128,- €**



Ausführliche Information:
www.de.endress.com/ftl31

Cerabar PMP23

Drucksensor im Hygiene-Design

- Hohe Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität
- Kundenspezifisch einstellbare Messbereiche
- Flexible Prozessanbindung durch modulare Anschlüsse
- Ölfüllung FDA konform



ab **220,- €**



Ausführliche Information:
www.de.endress.com/pmp23

Stets das passende Messgerät finden

Füllstand



ab **49,- €**

Druck



ab **142,- €**

Durchfluss



ab **230,- €**

Temperatur



ab **39,- €**

Flüssigkeitsanalyse



ab **626,- €**

Datenmanagement



ab **882,- €**

Komponenten



ab **42,- €**



Direkt online bestellen!
www.de.endress.com

1 Die Idee hinter IO-Link

Die ursprüngliche Idee von IO-Link war, eine einheitliche Sensorparametrierschnittstelle zu entwickeln, die es Herstellern und Anwendern erlaubte, die Geräte zu parametrieren, bevor sie eingebaut wurden. Hieraus entwickelte sich eine permanente Datenschnittstelle als Erweiterung der klassischen 4...20 mA-Stromschnittstelle. Nachdem auch SPS-, Infrastruktur- und Aktor-Hersteller mit im Boot waren, wurden weitere Applikationen erschlossen, die hauptsächlich eine Verdrahtungsvereinfachung zwischen Automatisierungskomponenten und Speicherprogrammierbarer Steuerung im Blick hatten.

Die Einbindung der IO-Link-Informationen in eine IT-Umgebung kam erst mit der Idee der Verbindung von Fertigungstechnologie (OT = Operational Technology) mit serverbasierten Systemen (IT = Information Technology) zu IoT. Die reine Funktion des Sensors als Aufnehmer physikalischer Größen oder Zustände wie Position, Abstand, Druck oder Temperatur (**Bild 1.1**), um die Funktion einer Maschine sicherzustellen, ist

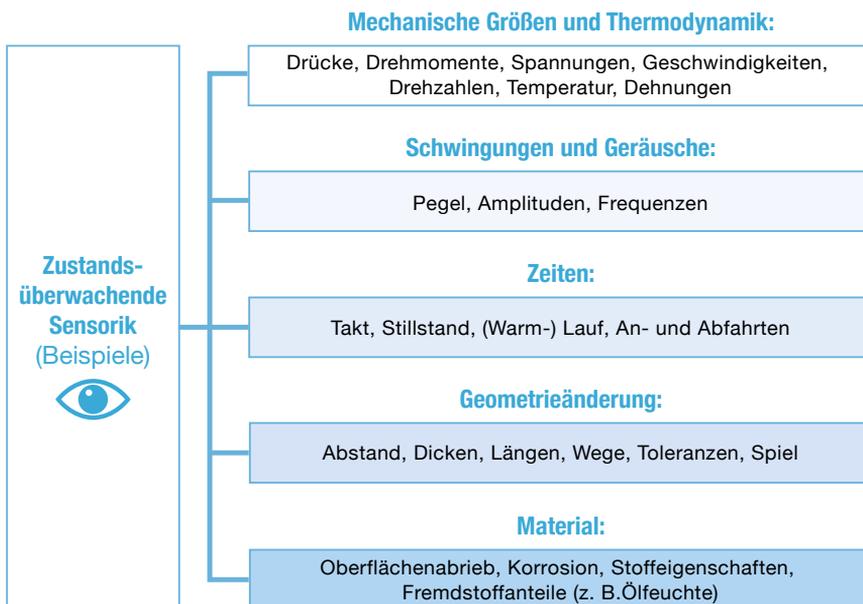


Bild 1.1: Durch Sensoren erfasste physikalische Größen (Aufnahme der Zustände eines Systems)

mit den Anforderungen der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) nicht mehr genug. Genauso wenig ist ein Aktor mit dem Industrial Internet of Things (IIoT) nicht mehr nur ein Ausführer mechanischer Bewegungen.

Sensoren und Aktoren „(...) erzeugen Produktionsdaten, die ausgewertet, überwacht und archiviert werden müssen und sie fordern Auskünfte und Parameter an, anhand derer die Maschinen sich konfigurieren und steuern lassen. Dazu müssen kontinuierlich Produktionsdaten von der Maschine in die Produktionsdatenbank übertragen werden und auf Anfrage der Maschine hin Daten aus der Produktionsdatenbank an die Maschine weitergeleitet werden.“ [Rögner 2010, S. 78]

IO-Link wird nun – fast per Zufall – zur Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0. Darüber hinaus zeigen nun die Erfahrungen mit IO-Link, dass, neben den klassischen Devices, zunehmend hybride Geräte entwickelt werden, die sowohl Sensor- wie auch Aktorfunktionalität beinhalten. Beispiele hierfür sind Greifer für die Robotik und Handhabungstechnik, die über IO-Link sowohl ihre Steuerbefehle erhalten, wie auch die genaue Rückmeldung über den Öffnungsgrad der Zangen. Beide Signalrichtungen plus die treibende Energie werden über nur eine Anschlußleitung übermittelt. Somit erhöht sich die Integrationsdichte und verringert sich die Baugröße der Greifer dank IO-Link und sorgt für effizientere Automatisierungskomponenten mit geringerem Formfaktor. Ähnliche Hybridgeräte sind denkbar als Zylinder mit integriertem Wegesensor, Motor mit Drehzahlregelung und Erfassung, Ventile mit analoger Positionsrückmeldung und viele andere mehr. Als Datenquelle zu Industrie 4.0 sind diese Informationen ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur digitalen Objekttransparenz; man spricht auch vom digitalen Zwilling.

Die benötigten Produktionsdaten dienen in der Industrie 4.0-Welt zum einen der internen Überwachung der Sensor- oder Aktorfunktion, zum anderen der externen Überwachung der Maschinenfunktion und des Produktionsfortschritts. IO-Link als Standard ist die Antwort auf die Frage, wie diese Informationen ohne Kostensteigerung bei den einzelnen Sensoren und Aktuatoren zusätzlich erhoben und übertragen werden können. Sich an der Informationsquelle auf einen Standard als gemeinsamen Nenner für die Schnittstellenseite von Sensoren und Aktuatoren zu einigen, war überfällig.

Der Ruf nach mehr Standards in der Automatisierungstechnik beim Thema Digitalisierung und „Industrie 4.0“ wird durch IO-Link an der Quelle beantwortet. Sensoren als „Sinnesorgane“ von Maschinen und Anlagen und Aktoren als deren „Gliedermaßen“ haben einen globalen Standard: IO-Link.

Bei IO-Link wird – wie in der IT-Welt – der Messwert digital übertragen: Verfälschte Werte wie bei der analogen Übertragung sind praktisch ausgeschlossen. Größter Vorteil ist die bidirektionale Übertragung von Zusatzinformationen: IO-Link-Sensoren identifizieren und diagnostizieren sich selbst, übertragen Prozessparameter und Messwerte.

Von jedem Schreibtisch mit Internetanschluss aus kann so erkannt werden, welcher Sensor an welcher Position und in welcher Maschine eingebaut ist, ob er Druck oder Temperatur und in welcher Einheit, in °C oder K, misst. Mit der entsprechenden Software findet und versteht man intuitiv und automatisch alle IO-Link-Sensoren und -Aktuatoren in den Maschinen.

Hier entsteht also ein vollautomatisch erzeugtes, virtuelles Abbild der gesamten Anlage als „digitaler Zwilling“ – ein echtes Novum, und nur möglich mit IO-Link. Mit IO-Link können – ganz im Sinne von Industrie 4.0 – Sensor- und Aktordaten für IT-Systeme wie SAP verwendet werden, weil Daten semantisch eindeutig beschrieben sind. Transparenz und Prozessoptimierung sind mit IO-Link, kombiniert mit einer universellen IT-Schnittstelle, zu einem Hundertstel des bisherigen Preises einer Schnittstellenprogrammierung möglich.

Mit IO-Link ist das Fundament für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 und Digitalisierung für die Fabriken von heute und morgen gelegt.

2 Intelligente Sensorik und Aktorik in der Automatisierungstechnik

Im Zuge der ersten industriellen Revolution („Industrie 1.0“) zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde es notwendig, Sensoren zur automatisierten Aufnahme von Informationen zu entwickeln. Selbst in „vor-elektrischer“ Zeit gibt es Beispiele für Sensorik, z. B. Fliehkraftregler bei Dampfmaschinen (um 1790), die die Messgröße Geschwindigkeit aufnehmen und direkt zur Regelung der Drosselklappe im Druckrohr nutzen. Hierbei handelt es sich um eine rein mechanische Messwertaufnahme und eine direkt mechanisch gekoppelte Übertragung der Messgröße auf den Aktuator (**Bild 2.1**). Dies stellt bereits eine komplette Regelstrecke dar, die sich im Blockdiagramm nachbilden lässt (**Bild 2.2**). Ein ähnliches Beispiel, schon in der Antike bekannt, ist ein Schwimmer- oder Grenzwertschalter, der den Auftrieb eines bestimmten Flüssigkeitsniveaus nutzt, um ein Zulaufventil zu schließen (**Bild 2.3**).

Die zweite industrielle Revolution („Industrie 2.0“) brachte die Elektromechanik. Reedkontakte wurden in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erfunden, die zusammen mit einem Magneten eine höhere Schaltgenauigkeit ergaben (**Bild 2.4**). Diese Lösung eignete sich zum Anschluss an elektromechanische Relaissteuerungen. Allerdings konnte der Schalterpunkt, auch durch Verstellen des Reedschalters, noch nicht ganz genau eingestellt werden. Mechanischer Verschleiß und Verschmutzung je nach Beschaffenheit der zu messenden Flüssigkeit waren weitere Nachteile des elektromechanischen Füllstandssensors im Beispiel.

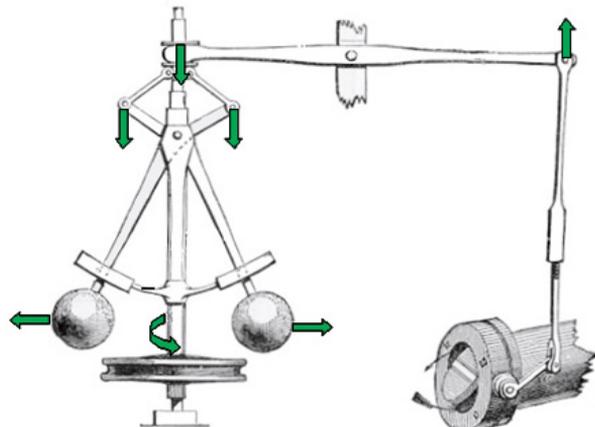


Bild 2.1: Mechanische Erfassung und Übertragung auf einen Aktuator (Fliehkraftregler) (Quelle: Wikipedia)

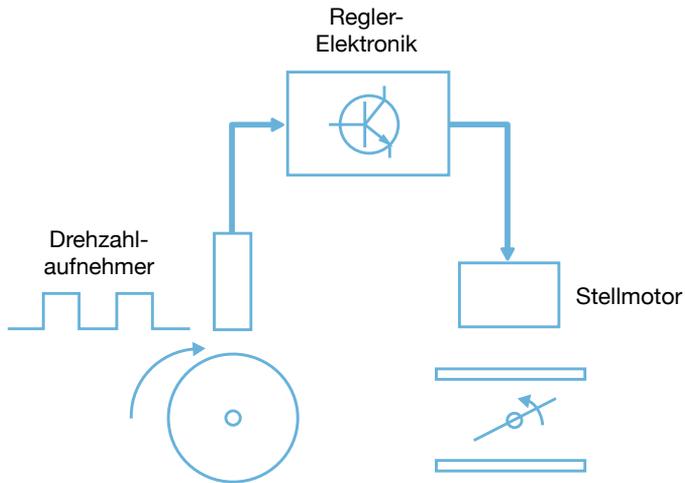


Bild 2.2: Regelstrecke der (mechanischen) Messübertragung im Blockdiagramm (Fliehkraftregler)



Bild 2.3: Mechanische Erfassung und Übertragung auf einen Aktuator (Füllstand)

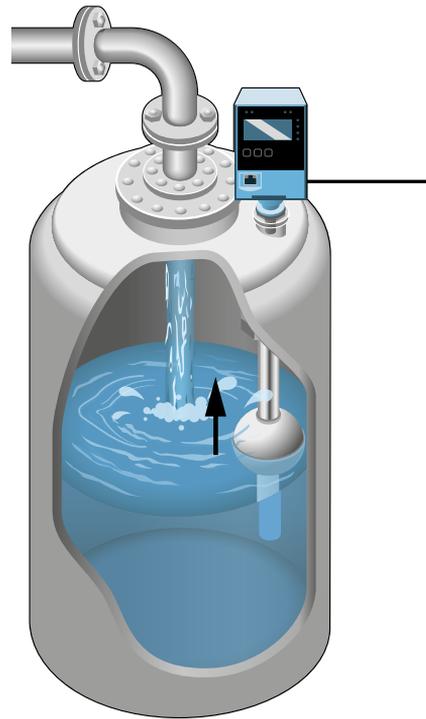


Bild 2.4: Mechanische Erfassung und elektronische Übertragung (Füllstand und Magnetventile)

2.1 Der elektronische Sensor – Industrie 3.0

Zu Beginn der Automatisierung, der dritten industriellen Revolution („Industrie 3.0“) in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, stand die Umsetzung einfacher Bewegungssteuerungen mittels pneumatischer, hydraulischer oder elektromechanischer Bausteine. Ziel war es, einfache, immer gleiche, wiederkehrende Arbeitsabläufe mehr oder weniger automatisch zu steuern. In dieser Phase waren Sensoren meist mechanische Endschalter und Aktuatoren meist Magnetventile, Schütze oder Relais und eine Kommunikation zwischen Peripherie und Steuerung nicht notwendig. Selbst einfache Änderungen in der Bewegungssteuerung erforderten aufwendige Umverdrahtung oder Neuverschlauchung oder -verrohrung.

Ende der 1970er Jahre wurden speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) eingeführt und veränderten die Arbeitswelt dramatisch. Aus Elektrikern wurden Elektroniker, aus Installateuren Programmierer. Die SPS ist ein entscheidender Teil von „Industrie 3.0“. Steuerungen als „Gehirne“ der Anlagen lösen mit maschinennahen Programmen jede Bewegung einer Maschine aus, meist aufgrund von Sensorsignalen und mit Hilfe von Aktoren. Die Maschine erhielt eine eigene Rechnerleistung, ein eigenes Gehirn, so, wie sie Sensoren als Sinnesorgane und Aktuatoren als Gliedmaßen erhielt. Jetzt wurde es möglich, ohne Hardwareänderungen, die wesentlichen Funktionen einer Maschine zu beeinflussen. Vorteil der neuen Technik war eine größere Flexibilität bei der Umsetzung der gewünschten Bewegungsabläufe. Dies konnte nun, ohne Änderung der Verdrahtung oder Verschlauchung, durch Anpassung der Steuerungssoftware umgesetzt werden. Durch die SPS konnten auch komplexere Folgeprozesse in sogenannten Schrittketten durchgeführt werden.

Die digitale Steuerungstechnik bildet bisherige Hardwareregler in Software nach. Dies erhöht die Flexibilität der Regelung auf Kosten der Regelgeschwindigkeit, die nun von Prozessorperformance und Programmiergeschick abhängen (**Bild 2.5**).

Die Geheimnisse des Baus einer effizienten Maschine liegen nicht mehr allein in der Mechanik begründet, sondern vor allem in der Leistungsfähigkeit von Soft- und Hardware der Steuerung und von Sensorik und Aktorik. Die präzise und schnelle Regelung erfordert eine effiziente Programmierung und leistungsfähige Steuerungs-, Aktorik- und Sensorikhardware und eine ebensolche Kommunikationstechnik.

Um die zu Beginn recht teure Mikroprozessorsteuerung besser auszulasten, wurden zunächst mehrere Regelstrecken mit einer gemeinsamen Hardwareplattform betrieben. Es fand also eine Zentralisierung der Steuerung statt, die einen höheren Verdrahtungsaufwand nach sich zog. Im Extremfall wurden ganze Maschinen oder Anlagenteile mit mehreren hundert Metern Ausdehnung von einer zentralen Steuereinheit bedient. Immer kompliziertere Maschinen und Anlagen mit immer mehr Peripheriesignalen und Ein- und Ausgabe- (E/A-) Baugruppen erforderten immer schnellere und teurere

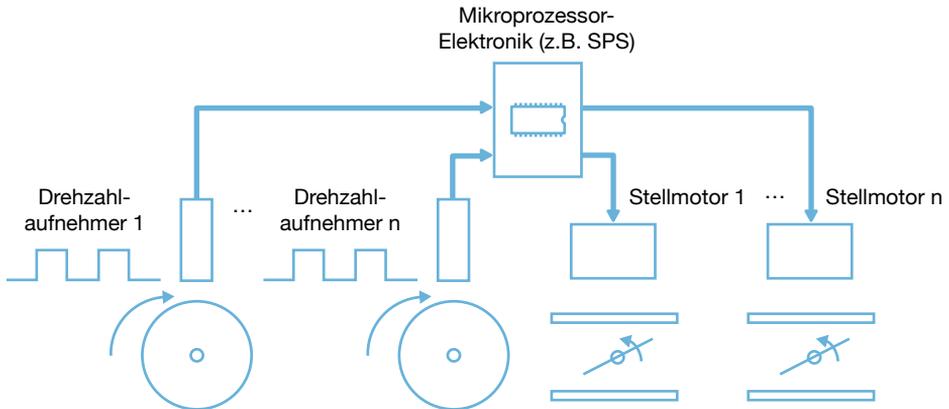


Bild 2.5: Regelstrecken mit SPS

Prozessoren, um die Programmdurchlaufzeit („Zykluszeit“) trotz der Zentralisierung möglichst gering zu halten. Es entstanden hohe Aufwendungen für Inbetriebnahme, Diagnose und Fehlersuche bei immer höherer Softwarekomplexität und unüberschaubarer Verdrahtung mit Hunderten von Klemmstellen und zentralen Schaltschränken mit Steuerungs- und Erweiterungs racks.

Die Sensorik und Aktuatorik veränderte sich mit zunehmendem Einfluss der Elektronik. Aus mechanischen Endschaltern wurden elektronische Näherungsschalter und aus Schützsteuerungen Leistungselektroniken. Im Wesentlichen ging es hierbei um den Einsatz von Elektronik zur Reduzierung von mechanischem Verschleiß und somit für erhöhte Lebensdauer und höhere Anlagenzuverlässigkeit.

2.2 Der „Feldbuskrieg“ der 1990er Jahre und die Automatisierungspyramide

Wie im IT-Bereich entstanden in den 1980er Jahren auch in der Automatisierung vermehrt kommunikative Schnittstellen. Wie die ersten Personal Computer (PC)- Prozessoren interne Peripheriebusse zur flexiblen Einbindung von dezentralen Ein- und Ausgabegeräten und Speicherbaugruppen bekamen, so entstanden erste Feldbusse, um Logik auf dezentrale Module zu verteilen (**Bild 2.6**). Die Dezentralisierung und eine Überleitung der seriellen Punkt-zu-Punkt-Schnittstellen in Punkt-zu-Mehrpunkt-Systeme setzten ein. Hier kam es auf die Identifizierung der einzelnen, an derselben Leitung angeschlossenen Teilnehmer an. Das erste Bussystem wurde erfunden (Rückwandbus der Steuerung).

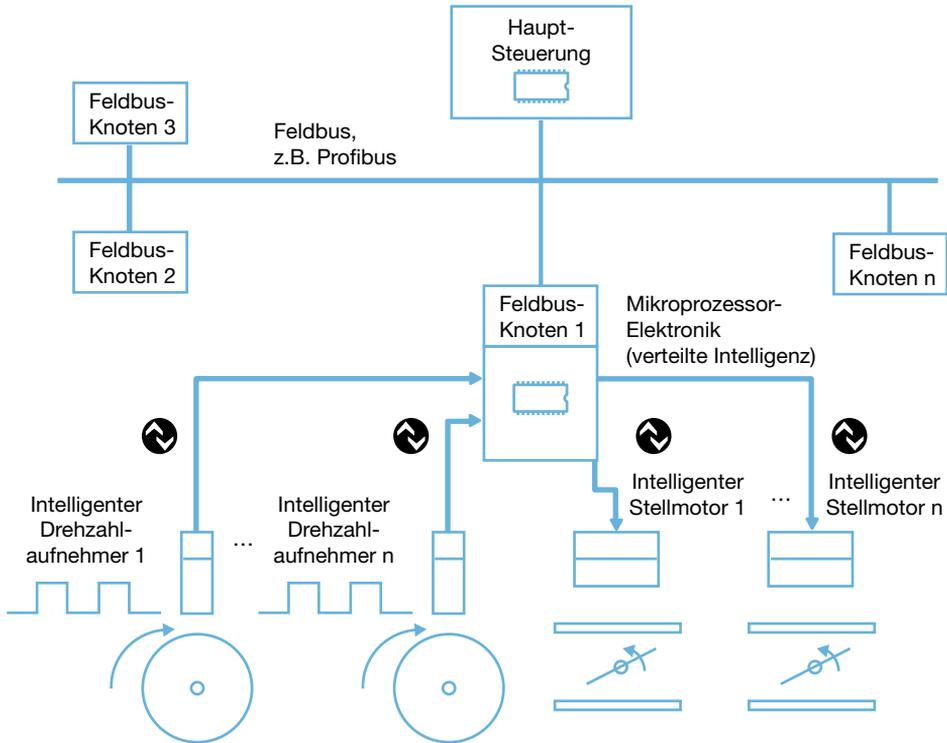


Bild 2.6: Regelstrecken mit Feldbussen

Um in größerer Entfernung von der Steuerung, z. B. bei größeren Anlagen eine Kommunikationsinfrastruktur „im Feld“ zu haben, mussten dort ähnlich dem lokalen Rückwandbus der Steuerung dieselben Signale eingesammelt werden. Eine der ersten Entwicklungen war hier 1979 der Modbus. Die Anforderungen an diesen Feldbus waren andere als bei einem reinen Schaltschrankbus. Im Feld können beliebige elektromagnetische Störungen auf den Bus einwirken, hervorgerufen durch Antriebe, Magnetfelder u. v. m. Also musste ein robuster Feldbus her, der Signale über größere Entfernungen einsammelte und störungsfrei zur Steuerung transportierte. Koaxialleitungen als Übertragungsmedium wurden vom Installateur kaum akzeptiert. Heute existiert ist noch die RS485-Schnittstelle, eine 2-polige verdrehte und geschirmte Leitung für Entfernungen bis zu 1,2 km.

Diente das Bussystem zunächst nur der dezentralen Verteilung der E/A-Punkte, kamen gegen Ende des vorigen Jahrhunderts intelligente, busfähige Geräte hinzu, die erstmals direkt mit der Steuerung kommunizieren konnten, ohne zwischengeschaltete E/A-Knoten. Da nun aber unterschiedliche SPS-Hersteller in verschiedenen Regionen der Welt eine marktbeherrschende Stellung einnahmen, entwickelten sich unterschiedliche Softwareprotokolle als Quasi-Standards oder regionale Monopole.

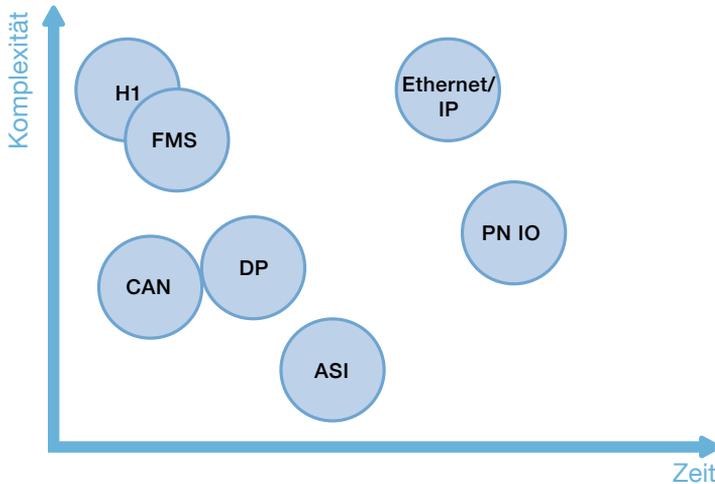


Bild 2.7: Entwicklung von Bussystemen: IP = Industrial Protocol, PN IO = PROFINET IO, AS-i = Actuator/Sensor interface, DP = Profibus DP, FMS = Fieldbus Message Specification, H1 = Foundation Fieldbus-H1, CAN = CAN-Bus

Dies waren Profibus und Factory Implementation Protocol (FIP) in Europa, Devicenet in Amerika und CC-Link in Japan.

Diese regional unterschiedlichen Quasi-Standards führten zu hohen Kosten für die deutschen und europäischen Maschinenbauer, die in die ganze Welt liefern: Welche Steuerung respektive welcher Feldbus ist der weltweit akzeptierte? Wie können die Kosten für Hardwaredesign, Softwareerstellung und Inbetriebnahme minimiert werden?

Es entstand auf der Seite des Maschinenbauers, aber auch von der Seite der Instandhaltung beim Produzenten der Wunsch nach offenen Standards und nach einem universellen Feldbus von der Steuerungsvernetzung bis zur Sensor- und Aktuator-ebene. Dieser Wunsch wurde in die entsprechenden nationalen und internationalen Gremien getragen. Hier zeigte sich schnell, dass die regionalen Lobbyisten einen dominierenden Einfluss hatten. So entstand nach zähem Ringen die IEC 61158 als kleinster gemeinsamer Nenner (vgl. [Gevatter und Grünhaupt 2006, S. 512 ff.]), die die Nutzung von z. B. Foundation Fieldbus, PROFIBUS und deren Derivate erlaubt – ein Ergebnis, das sich mancher Maschinenbauer wohl anders gewünscht hätte (vgl. zur Entwicklung von Bussystemen **Bild 2.7**).

Ein universeller Feldbus, der sowohl unterschiedliche Steuerungen und Feldmodule, als auch Sensorik und Aktuatorik untereinander vernetzt, hätte eher dem gewünschten Ergebnis entsprochen:

- Standardisierte Entwicklertools
- Standardisierte Inbetriebnahmetools