



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Seminararbeit

Rainer Bauer

Datenaustausch in der Prozessautomatisierung  
Teil 1

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Kommunikation in der Prozessautomatisierung .....	1
2.1	Begriffe der Prozessautomatisierung .....	1
2.2	Kommunikationsebenen in der Prozessautomatisierung.....	2
2.3	Kommunikationspyramide.....	3
2.4	Vorteile von standardisierten Schnittstellen.....	4
3	Echtzeitfähige Bussysteme.....	4
3.1	Das Aktor- Sensor- Interface (ASI) .....	6
3.1.1	Busmanagement .....	7
3.1.2	Fehlererkennung.....	7
3.1.3	ASI Kommunikationsobjekte.....	8
3.2	Das Controller Area Network (CAN) .....	8
3.2.1	Busmanagement .....	9
3.2.2	Telegrammtypen.....	9
3.2.3	Fehlererkennung und Fehlersignalisierung .....	10
3.2.4	CAN übergeordnete Protokolle.....	10
4	Aufgabenstellung für eine Masterarbeit.....	11
5	Zusammenfassung.....	11
6	Literaturverzeichnis.....	12
6.1	Bibliografie.....	12
6.2	Cybergrafie.....	12

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b>	Kommunikationspyramide .....	3
<b>Abbildung 2</b>	Typische Anforderungen an die Kommunikationssysteme .....	4
<b>Abbildung 3</b>	Vergleich zweier Fahrstuhlsteuerungen .....	5
<b>Abbildung 4</b>	Querschnitt eines ASI-Anschlusses .....	6
<b>Abbildung 5</b>	Tabelle der technische Daten des ASI.....	6
<b>Abbildung 6</b>	Aufbau einer Slaveabfrage .....	7
<b>Abbildung 7</b>	Signalverlauf beim ASI.....	7
<b>Abbildung 8</b>	Tabelle der technische Daten des CAN-Bus .....	8
<b>Abbildung 9</b>	Producer- Consumer Prinzip per Broadcast.....	9
<b>Abbildung 10</b>	CAN-Busarbitrierung .....	9

# 1 Einleitung

Prozessautomatisierung begegnet uns im täglichen Leben an vielen Stellen, ohne dass wir sie bewusst wahrnehmen. Ob wir unseren Fernseher oder unsere Stereoanlage einschalten, mit dem Auto oder der U-Bahn unterwegs sind oder unsere Wäsche in der Waschmaschine waschen, sie findet sich in vielen Geräten und Systemen, denen wir uns nicht entziehen können.

Aber sie ist nicht nur in Konsumgütern (Produktautomatisierung), sondern auch in modernen Produktionsstätten wie Raffinerien und Chemiewerken (Verfahrensautomatisierung) oder der Teilefertigung (Fertigungsautomatisierung) wie z.B. die Automobilmontage, unerlässlich geworden. Auch ist sie fester Bestandteil in der Steuerung von Kraftwerken sowie im Betrieb von Infrastrukturnetzen (Strom-, Wasser-, Gasversorgung, Telefon- und Datennetze), Gebäuden und Verkehrssystemen.

Bei all diesen technischen Anlagen handelt es sich in der Regel um komplexe verteilte Regelungs- / Steuerungssysteme, deren kritischster Bestandteil das Kommunikationssystem ist. Dieses hat nicht nur, bei zum Teil extremen Umgebungsbedingungen, schnell und fehlerfrei Daten auszutauschen, sondern muss auch langlebig sein, da diese Anlagen, abgesehen von den Produkten der Konsumindustrie, normalerweise eine Betriebszeit von mehreren Jahrzehnten haben. Aus diesem Grund halten Neuerungen nur langsam Einzug in die Kommunikationssysteme der Prozessautomatisierung.

Diese Arbeit soll eine allgemeine Einführung in die Kommunikation der Prozessautomatisierung geben. Zuerst werden die unterschiedlichen Kommunikationsebenen und im Anschluss ihre hierarchische Anordnung betrachtet. Nach dem kurz die Vorteile standardisierter Schnittstellen aufgezeigt werden, geht es anschließend mit den echtzeitfähigen Bussystemen weiter. Dieses Kapitel schließt die Betrachtung des Aktor-Sensor-Interface (ASI) und des Controller- Area- Network (CAN), zwei weit verbreitete echtzeitfähige Bussysteme aus dem Bereich der Prozessautomatisierung, mit ein. Abschließend wird ein Ausblick auf die Aufgabenstellung der Masterarbeit gegeben.

## 2 Kommunikation in der Prozessautomatisierung

### 2.1 Begriffe der Prozessautomatisierung

In der Prozessautomatisierung findet man heutzutage komplexe verteilte Systeme, die die ablaufenden technischen Prozesse steuern bzw. regeln. Zu diesem Zweck kommunizieren die einzelnen Komponenten miteinander, d.h. sie tauschen ihre Prozessdaten untereinander aus. Was man unter den Begriffen Prozessautomatisierung, technischer Prozess und Prozessdaten zu verstehen hat, sollen folgende Definitionen klären:

- **Automatisieren, Automatisierung** - Das Ausrüsten einer Einrichtung, so dass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäß arbeitet. [DIN 19233]
- **Prozess** - Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder auch Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird. [DIN 19233]
- **Technischer Prozess** - Gesamtheit der Vorgänge in einer technischen Anlage zur Bewältigung einer bestimmten technischen Aufgabenstellung. [DIN 19233]
- **Prozessdaten** - Daten, die Größen eines technischen Prozesses darstellen. [DIN 19233]

## 2.2 Kommunikationsebenen in der Prozessautomatisierung

So vielseitig die Anwendungen der Prozessautomatisierung auch erscheinen mögen, ihnen allen liegen verteilte Regelungs- / Steuerungssysteme zugrunde. Mit der örtlichen Verteilung der Hardwarekomponenten geht auch eine hierarchische Verteilung der Aufgaben einher, so dass sich eine einheitliche logische Struktur ergibt.

Typischerweise ergeben sich die im Folgenden aufgeführten fünf Ebenen, wobei ein Kommunikationsbedürfnis nicht nur zwischen Elementen einer Ebene, sondern auch zwischen den Ebenen selbst besteht. Ebenen, auf denen Maßnahmen vorwiegend unter Mitwirkung des Menschen eingeleitet werden, nennt man Leitebenen. Diese Maßnahmen basieren in der Regel auf den aktuellen Prozessdaten oder auf Informationen aus der Prozessumgebung.

**Sensor- / Aktorebene** - Auf unterster Ebene, der Sensor- / Aktorebene, befinden sich, wie der Name schon sagt, die Sensoren und Aktoren. Heute geschieht der Anschluss an die Steuerungen / Regelungen zunehmend über Sensor- Aktor- Bussysteme, soweit diesem nicht extreme Anforderungen bezüglich der Antwortzeiten entgegenstehen. Ein weiterer Grund für die früher übliche direkte Anschaltung von Sensoren ist die Möglichkeit, teure Analog-Digital- Wandler zu multiplexen, um Kosten zu senken.

Typische Vertreter des Sensor- Aktor- Busses sind ASI, Profibus DP, Profibus PA. Direkt angeschlossen werden nicht nur analoge und digitale Signale, sondern auch Sensoren mit seriellen Schnittstellen wie RS232, RS422.

**Steuerungs- / Regelungsebene** - Über der Sensor- / Aktorebene liegt die Steuerungs- / Regelungsebene, deren Komponenten sich aus den klassischen Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) sowie  $\mu$ Controller gestützten Systemen zusammensetzen. Da sie den Prozess unmittelbar beeinflussen, bezeichnet man sie auch als prozessnahe Komponenten (PNK).

Der enorme Verkabelungsaufwand für den Informationsaustausch auf dieser Ebene war der Ausgangspunkt für die Entwicklung der heutigen Feldbussysteme, wie CAN, LON, Profibus FMS und andere.

**Prozessleitebene** - Die Prozessleitebene liegt über der Steuerungs- / Regelungsebene. Auf dieser Ebene sind die personengebundenen Module für Bedienung, Beobachtung, Service und Engineering angesiedelt, die man unter dem Begriff Anzeige- und Bedienkomponenten (ABK) zusammenfasst. Des Weiteren gehören zu dieser Ebene die prozessfernen Komponenten (PFK), die den Gesamtprozess optimieren, stabilisieren und koordinieren.

Auf und unterhalb dieser Ebene ist der Datenaustausch besonders zeitkritisch, sodass nur echtzeitfähige Bussysteme, also Bussysteme mit zugesicherten Antwortzeiten, zum Einsatz kommen können. Daher verwendet man für die Kommunikation innerhalb dieser Ebene auch die Feldbusse der Steuerungs- / Regelungsebene.

**Betriebsleitebene** - Oberhalb der Prozessleitebene liegt die Betriebsleitebene, deren Aufgabe es ist, die einzelnen Maschinen der Produktionsstätte zu koordinieren, was ein typischer Anwendungsfall für ein System zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS) ist. Des Weiteren gehören auf diese Ebene Rezeptdatenbanken, aber auch Datenbanken zur Archivierung von Prozessdaten. Letzteres kann durchaus gesetzlich vorgeschrieben sein, wie z.B. in der Lebensmittelindustrie.

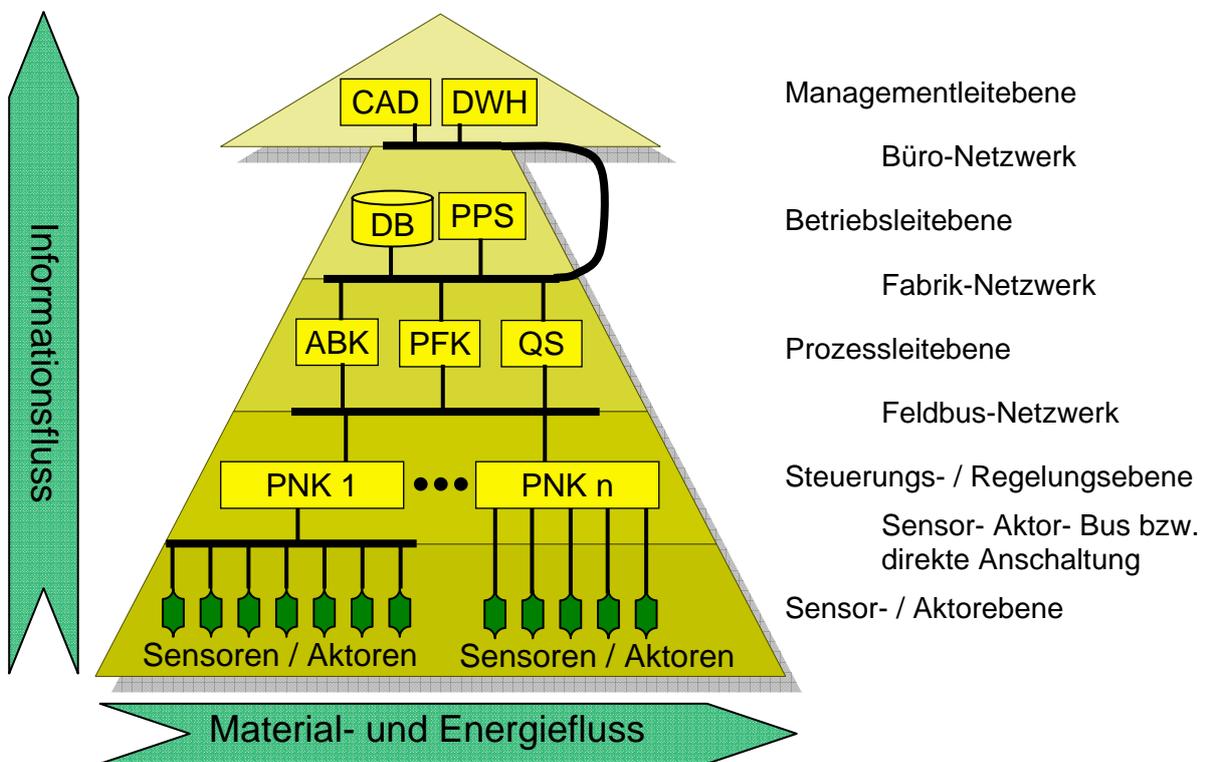
Typischerweise installiert man für die Kommunikationsbedürfnisse dieser Ebene ein Fabrik-Netzwerk auf Basis von Industrial Ethernet. Industrial Ethernet ist ein Sammelbegriff für proprietäre Kommunikationssysteme, die auf Basis industrietauglicher Hardware Ethernet verwenden.

**Managementleitebene** - Die oberste Ebene, die oftmals mit der Betriebsleitebene zusammengefasst wird, bezeichnet man als Managementleitebene. Sie beinhaltet die CAD-Systeme der Entwicklungsabteilung, sowie die für die Leitung eines Unternehmens wichtigen Data Warehouse Systeme (DWH).

Innerhalb dieser Ebene wird die Kommunikation mittels des Büro-Netzwerks (Ethernet) abgewickelt. Die Kommunikation zur Betriebsleitebene mit seinem Fabrik-Netzwerk erfolgt ebenfalls über das Büro-Netzwerk, da diese beiden Ethernet-Netzwerke normalerweise direkt mit einander gekoppelt sind.

### 2.3 Kommunikationspyramide

Die oben vorgestellten Ebenen mit ihren Kommunikationssystemen sind in Abbildung 1 dargestellt. Zu sehen ist auch, dass sich der Material- und Energiefluss horizontal durch das Unternehmen bewegt, wobei seine Größen durch die Sensoren erfasst und durch die Aktoren verändert werden. Quer zu diesem, nämlich vertikal, verläuft der Informationsfluss durch das Unternehmen. Bei den Bestrebungen, die wesentlichen Informationen vollautomatisch vom Sensor bis in die Managementebene zu übertragen, spricht man daher von der vertikalen Integration.



**Abbildung 1** Kommunikationspyramide

Abbildung 1 zeigt die Kommunikationspyramide, wie sie vielen Arbeiten zum Thema Datenaustausch in der Prozessautomatisierung zugrunde liegt. Verteilte technische Systeme lassen sich meist vollständig auf ihre Ebenen abbilden.

Zu den unteren Ebenen hin nimmt das zu übertragende Datenvolumen ab. Im Gegenzug aber steigen die Anforderungen bezüglich der zulässigen Verzögerungszeit und der Einsatzbedingungen, wie Vibration, Klima und Eigensicherheit (Explosionsschutz). Die typischen Größenordnungen bezüglich der Verzögerungszeit und der Datenmenge, sowie die kritischsten Umgebungsparameter sind in der Tabelle in Abbildung 2 zusammengefasst.

	Verzögerung	Datenmenge	Einsatzbedingungen
Büro-Netzwerk	min	MByte	Luftfeuchte, Temperatur
Fabrik-Netzwerk	s	kByte	Luftfeuchte, Temperatur, Staub, Wasser, EMV
Feldbus-Netzwerk	0,1 s	Byte	Luftfeuchte, Temperatur, Staub, Wasser, EMV, Eigensicherheit, Potentialunterschied
Sensor-Aktor- Bus	ms	Bit	Luftfeuchte, Temperatur, Staub, Wasser, EMV, Eigensicherheit, Vibration

**Abbildung 2** Typische Anforderungen an die Kommunikationssysteme

## 2.4 Vorteile von standardisierten Schnittstellen

Der enorme Kostendruck zwingt dazu, standardisierte Schnittstellen zu verwenden. So helfen sie, in der Anlagenautomatisierung die Engineeringkosten zu senken, was sich auf Grund der geringen Stückzahlen, meist handelt es sich um Unikate, unmittelbar auf den Preis auswirkt. Des Weiteren ermöglichen standardisierte Schnittstellen einen schnellen Wechsel zu günstigeren Zulieferern, was in der Produktautomatisierung unerlässlich ist, da bei großen Stückzahlen eine Preisdifferenz von wenigen Cent unmittelbar ins Betriebsergebnis eingeht.

Bei Betriebszeiten von mehreren Jahrzehnten in der Anlagenautomatisierung ist der Investitionsschutz ein wesentliches Argument bei der Auswahl des Kommunikationssystems. Dabei muss nicht nur an eine langjährige Versorgung mit Ersatzteilen, sondern auch an eine mögliche Anlagenerweiterung, die mit einer Zunahme des Datenvolumens und einer Verschlechterung des Antwortzeitverhaltens einhergeht, gedacht werden.

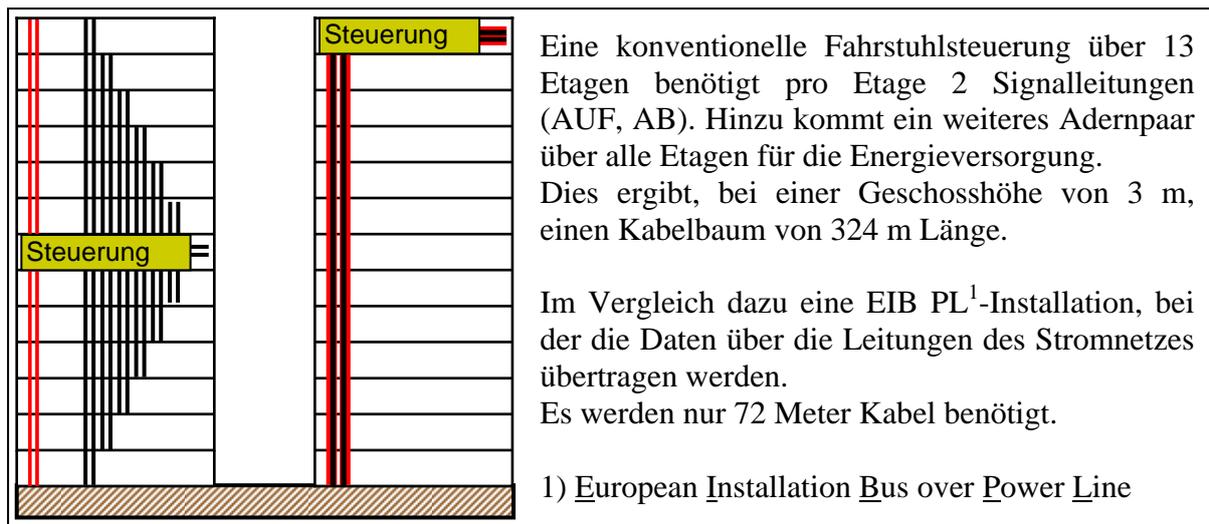
## 3 Echtzeitfähige Bussysteme

Für die Kommunikation oberhalb der Prozessleitebene, wo die zu übertragenden Datenmengen groß, aber nicht zeitkritisch sind, hat sich das Ethernet etabliert. Im Folgenden soll daher nur noch auf die Kommunikationssysteme unterhalb der Prozessleitebene eingegangen werden. Hier dominieren die seriellen Busse, die sich durch folgende Punkte auszeichnen:

- Verwendung von Zweidrahtleitungen
- Energieversorgung über die Datenleitungen möglich
- Mischen unterschiedlicher Netztopologien (Ring, Stern, Baum, Linie)

Diese Merkmale vereinfachen stark die Installation von Automatisierungskomponenten und minimieren so die damit verbundenen Kosten. Die Vorteile eines Bussystems gegenüber einer konventionellen Verkabelung, bei der für jedes Signal eine eigene Leitung zu verlegen ist, sollen mit dem in Abbildung 3 gegebenen Beispiel verdeutlicht werden.

In diesem Beispiel ist die Steuerung bei der konventionellen Installation in der Mitte des Gebäudes platziert, um einen minimalen Kabelbaum zu erhalten. Bei der Businstallation kann sie, ohne Einfluss auf die Gesamtkabellänge, auf einer beliebigen Etage wie dem Dachgeschoss installiert werden.



**Abbildung 3** Vergleich zweier Fahrstuhlsteuerungen

Die in der Prozessautomatisierung eingesetzten Bussysteme sind echtzeitfähig. Viele verwechseln Echtzeit mit Performance, und glauben, dass ein Echtzeitsystem nahezu unendlich schnell reagiert. Richtigerweise versteht man unter Echtzeit, dass vorgegebene Reaktionszeiten garantiert eingehalten werden, um das Systemverhalten berechenbar zu machen.

Die Echtzeitplanung berücksichtigt die zeitlichen Anforderungen an das System. Sie spezifiziert, innerhalb welcher Zeitschranken auf ein Ereignis zu reagieren ist. Des Weiteren wird festgelegt, in wieviel Prozent der Fälle diese Regel verletzt werden darf. Betrachtet man zum Beispiel ein Automobil, so darf das Bremssignal in keinem Fall außerhalb der spezifizierten Zeitlimits liegen. In einem solchen Fall spricht man von einer harten Echtzeitanforderung. Verspätet sich dagegen ein neuer Temperatursollwert der Klimaanlage von Zeit zu Zeit, so ist dieses gewiss in 20% bis 30% der Fälle akzeptabel. Diese Art Anforderungen bezeichnet man als weiche Echtzeitanforderungen.

Die Überlegungen bei der Echtzeitplanung bestimmen die Wahl der Hardware- und Entwicklungsplattform, sowie des Kommunikationssystems. Letzteres ist bei verteilten Steuerungen / Regelungen am kritischsten, da es den Anforderungen aller Kommunikationsteilnehmer entsprechen muss. Dabei ist die Anforderung an die Übertragungsverzögerung stark branchenabhängig. Sie reicht vom Sekunden-Bereich in der Verfahrensautomatisierung hinab zu Bruchteilen einer Millisekunde in der Fertigungsautomatisierung. Hohe Datenraten helfen, die zum Teil sehr geringen Verzögerungszeiten zu garantieren. Mit dem Einsatz von Industrial Ethernet und Übertragungsraten von 1GBit/s und mehr werden zunehmend auch größere Datenmengen (z.B. Videobilder) transportiert.

Eine grundlegende Voraussetzung für Echtzeitfähigkeit ist, dass Kollisionen auf dem Übertragungsmedium verhindert werden. Dieses Problem gibt es sowohl bei unidirektional als auch bei vollen-duplex ausgelegten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen nicht. Anders beim Halbduplex-Betrieb, der den meisten der hier betrachteten Bussystemen zu Grunde liegt. Bei dieser Betriebsart treten schon ab zwei Teilnehmer Kollisionen auf, die durch geeignete Maßnahmen vermieden werden müssen. Typische Lösungen sind hier:

- zyklisches Abfragen (Polling) von zentraler Stelle
- Zuteilung fester Sendezeiten (Time Division Multiple Access)
- Zugriff nur auf den unbelegten Bus erlauben (Carrier Sense Multiple Access), zusätzliche Maßnahmen verhindern Kollisionen bei zeitgleichem Sendebeginn
- Sendeberechtigung wird über ein Steuerzeichen (Token) erteilt, welches von Teilnehmer zu Teilnehmer weitergereicht wird

Eine weitere zwingend erforderliche Eigenschaft der Bussysteme ist die Korrektheit der Datenübertragung. Um die Anzahl der Störungen minimal zu halten, setzt man auf eine potentialfreie Übertragung und verwendet geschirmte Kabel bzw. Glasfaserkabel. Dennoch wird es immer wieder zu Fehlern kommen, so dass es unerlässlich ist, diese zu erkennen. Zu diesem Zweck ergänzt man die Daten mit Paritätsbits oder hängt ihnen eine Prüfsumme an. Das meist eingesetzte Prüfsummenverfahren ist der Cyclic Redundancy Check (CRC). Verfahren zur automatischen Fehlerkorrektur werden nur selten eingesetzt, stattdessen wiederholt man lieber die Übertragung der Daten.

Gewiss ist ein standardisiertes Bussystem, üblicherweise werden die OSI-Schichten 1, 2 und 7 definiert, die beste Wahl für die Kommunikation auf Feldbus- und Aktor- Sensor- Ebene. Das optimale Bussystem kann man aber nur unter Berücksichtigung der vorherrschenden Einsatzbedingungen, des zu übertragenden Datenvolumens und der zu erzielenden Übertragungszeiten finden. Lässt man zum Beispiel das zu übertragende Datenvolumen außer Acht, ist der Sender in der Lage größere Datenpakete zu segmentieren und zu versenden. Der Empfänger muss die Segmente erst wieder zusammensetzen, bevor er mit der Verarbeitung der Daten beginnen kann. Der richtige Bus wäre in der Lage, ein komplettes Datenpaket zu übertragen, so dass keine zusätzliche Rechenleistung benötigt würde. Auch entfielen unnötiger Overhead, dadurch dass die den Nutzdaten zugefügten Steuer- und Kontrollinformationen nicht mehrfach gesendet werden müssten.

### 3.1 Das Aktor- Sensor- Interface (ASI)

In diesem Kapitel soll mit dem ASI ein Bussystem der Sensor- / Aktor- Ebene vorgestellt werden. Sein Haupteinsatzgebiet liegt vorwiegend in der Verfahrens- und Fertigungsautomatisierung.

Für die Installation wird eine verpolungssichere Zweidrahtleitung benutzt. Über diese Leitung findet nicht nur der Datenaustausch statt, sondern auch die Energieversorgung der Sensoren bzw. Aktoren. Der Anschluss der ASI-Netzknotten geschieht mittels

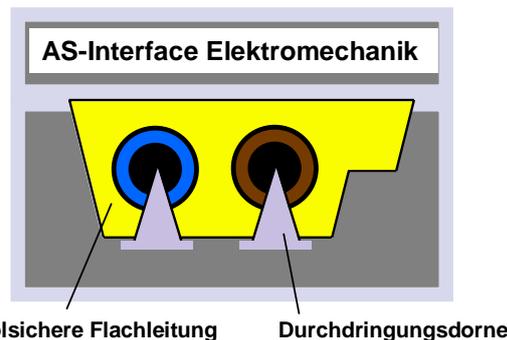


Abbildung 4 Querschnitt eines ASI-Anschlusses

Durchdringungstechnik, wie in Abbildung 4 gut zu sehen ist. Zulässig ist der Aufbau von Netzen in Linien-, Stern- und Baumtopologie. ASI-Komponenten können direkt im Freien installiert werden, da sie der Schutzart IP67 entsprechen, was bedeutet, dass sie staubdicht sind und einem zeitweiligem Untertauchen in Wasser standhalten.

Die wesentlichen technischen Kenngrößen des ASI sind in Abbildung 5 zusammengefasst.

Normiert nach:	EN 50295, IEC 62026-2
OSI- Layer:	Physical-, Data Link- und Application- Layer
Zahl der Teilnehmer:	maximal 31
Zahl der binären Informationen:	maximal 124
Leitungslänge:	maximal 100 m
Datenrate:	167 kBit / s

Abbildung 5 Tabelle der technische Daten des ASI

### 3.1.1 Busmanagement

Beim ASI wird der Zugriff auf den Datenbus von einem zentralen Masterknoten gesteuert. Dieser kennt alle Slaves und fragt sie zyklisch der Reihe nach ab. Da kein Slave ungefragt auf dem Bus sprechen darf, können weitere Verfahren zur Steuerung und Überprüfung der Sendeberechtigung entfallen.

Die Slaves kennzeichnen sich eindeutig über ihre Netzadresse und ihren ID- Code, der den Modultyp beschreibt. Der ID- Code setzt sich aus einem festen, vom Hersteller gesetzten, und einem vom Anwender modifizierbarem Anteil zusammen. So kann der Anwender z.B. Module gleichen Typs aber unterschiedlicher Hersteller unterscheidbar machen.

Bei der Erstinstallation muss der Anwender einmalig die Slave- Adresse setzen. Der Master erstellt dann bei der Inbetriebnahme eine Liste aller angeschlossenen Slaves, die er für das Busmanagement, aber auch für Diagnosezwecke benötigt. Detektiert der Master im laufenden Betrieb Abweichungen von diesem Installationsabbild, dann identifiziert er den ausgefallenen Netzknoden und meldet ihn der übergeordneten Instanz. Wird der defekte Netzknoden ausgetauscht, so erkennt der Master den Ersatzslave anhand der voreingestellten Defaultadresse und dem passendem ID- Code. Somit ist er in der Lage, die ursprüngliche Adresse automatisch zu setzen.

Für die Berechnung der maximalen Zykluszeit, also der Zeit, die benötigt wird um alle Slaves einmal abzufragen, betrachten wir Abbildung 6, die eine einzelne Slaveabfrage darstellt.

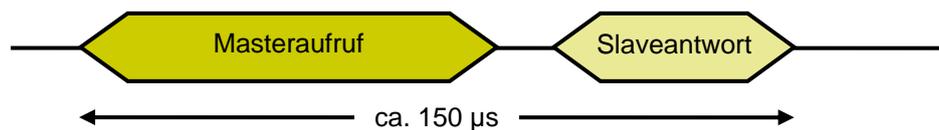


Abbildung 6 Aufbau einer Slaveabfrage

Die maximale Zykluszeit ergibt sich aus der Dauer einer einfachen Slaveabfrage multipliziert mit der maximalen Teilnehmerzahl. Hinzu kommen zwei Slaveabfragen für das aktive Busmanagement und die Busdiagnose.

$$t_{\max} = 150 \mu\text{s} \cdot (31+2) \approx 5 \text{ ms}$$

### 3.1.2 Fehlererkennung

Für die Fehlererkennung steht beim ASI auf der Verbindungsschicht des OSI- Modells lediglich ein Paritätsbit innerhalb der Pakete zur Verfügung. Da dies allein nicht die nötige Übertragungssicherheit gewährleistet, erfolgen weitere Überprüfungen bereits auf der physikalischen Schicht.

Betrachten wir Abbildung 7: Oben wird die zu sendende Bitfolge gezeigt. Die Signalfolge darunter ist die gleiche Bitfolge, nur Manchester II kodiert. Bei der Manchester II – Kodierung wird eine 0 als fallende Flanke und eine 1 als steigende Flanke dargestellt. Aus dieser Signalfolge wird ein inverser Sendestrom, als drittes abgebildet, generiert. Auf Grund einer vorgeschriebenen Induktivität resultiert aus diesem Sendestrom eine wechselnde Folge von Spannungsimpulsen. Ausgewertet werden nur die Vorzeichen der in der zweiten Takthälfte empfangenen Impulse. Bei einem negativen Impuls wurde eine 0, bei einem positiven Impuls eine 1 gesendet.

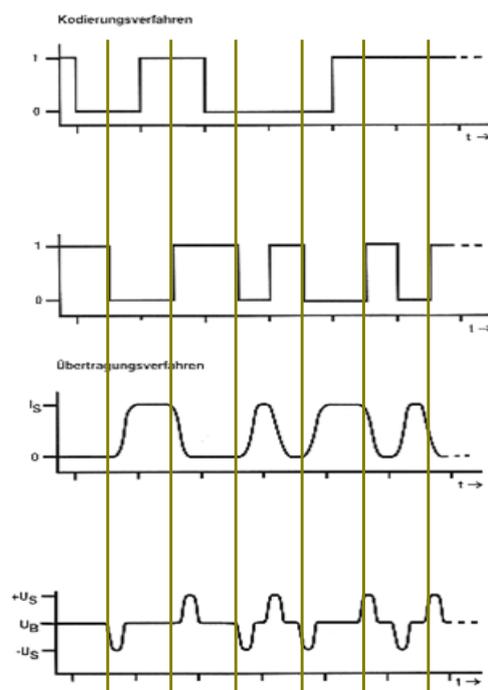


Abbildung 7 Signalverlauf beim ASI

Zur Fehlererkennung auf der physikalischen Schicht überprüft man die Spannungspegel des Empfangssignals, die aus der Manchester II – Kodierung resultierende Abfolge von positiven und negativen Flanken, sowie den Zeitverlauf des Telegramms. Des Weiteren wird auf der Verbindungsschicht das in einem jeden Rahmen vorhandene Paritätsbit ausgewertet.

Im Fehlerfall wiederholt der Master seine Anfrage nur einmal pro Zyklus und Slave. Eine weitere Wiederholung erfolgt erst im Folgezyklus. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass sich die Zykluszeit durch einen Übertragungsfehler nur unwesentlich verlängert. Bei einem Fehler erhöht sie sich von 4,95 ms auf 5,1 ms und bei 10 Fehlern auf 6,45 ms.

### 3.1.3 ASI Kommunikationsobjekte

Viele der Prozessautomatisierung zu Grunde liegenden Kommunikationsstandards betrachten nicht mehr die auszutauschenden Nachrichten, sondern überlagern der eigentlichen Kommunikation ein Objektmodell. So wird in diesem Fall aus den Sensoren / Aktoren eine Reihe von Kommunikationsobjekten, deren Verhalten vom Master aus mittels Methodenaufrufen beeinflusst wird. Betrachtet man die ASI-Kommunikationsobjekte, so besitzen sie folgende Methoden:

- Datenaufruf            Lesen der eingehenden Daten
- Parameternaufruf    Schreiben der ausgehenden Daten
- Adressieraufruf     Setzen der Slaveadresse
- Kommandoaufruf    Lesen / Schreiben von Betriebsparametern und Reset eines Slaves
- Reset (Broadcast)    Reset aller Slaves

## 3.2 Das Controller Area Network (CAN)

Der ursprünglich für die Fahrzeugtechnik entwickelte CAN-Bus ist Gegenstand dieses Kapitels. Sein Einsatzgebiet hat sich mittlerweile auf die Verfahrens- und Fertigungsautomatisierung erweitert, wo er auf der Steuerungs- / Regelungsebene eingesetzt wird.

Die CAN-Spezifikation definiert ein nachrichtenorientiertes serielles Bussystem, welches ausschließlich in Linientopologie ausgeführt werden darf. Des Weiteren ist festgelegt, dass die Null dominant und die Eins rezessiv ist. Folglich überdeckt eine gesendete Null eine gesendete Eins für den Fall, dass mehrere Teilnehmer zeitgleich senden.

Um die Fehleranfälligkeit zu minimieren, ist die Verwendung einer verdrehten und geschirmten Zweidrahtleitung obligatorisch. Als weitere Maßnahme zur Fehlerreduktion ist die Terminierung der Buskabelenden mit 120  $\Omega$  - Widerständen vorgeschrieben. Zur besseren Fehlererkennung ist Bitstuffing vereinbart. Dies bedeutet, dass nach einer bestimmten Anzahl gleichwertiger Bits, bei CAN sind es fünf, ein anderwertiges Bit einzufügen ist.

Wie man den technischen Daten der Tabelle in Abbildung 8 entnehmen kann, entwickelt der CAN-Bus seine volle Leistung bei Entfernungen bis 40 m, was sich mit den typischen Entfernungen in einem Fahrzeug deckt. Um die sich bis in den Kilometerbereich erstreckenden Entfernungen, wie sie in der Verfahrensautomatisierung vorkommen, bedienen zu können, muss man erhebliche Abstriche bei der Datenrate hinnehmen.

Normiert nach:	ISO 11519-1, ISO 11898, ISO 9141
OSI- Layer:	Physical- und Data Link- Layer
Zahl der Nachrichten:	$2^{11} = 2048$
Zahl der binären Informationen:	maximal 8 Byte
Leitungslänge:	40 m            bis            6,7 km
Datenrate:	1 MBit/s        bis        10 kBit/s

**Abbildung 8** Tabelle der technische Daten des CAN-Bus

### 3.2.1 Busmanagement

Der CAN-Bus arbeitet nach dem Producer- Consumer Prinzip per Broadcast, was bedeutet, dass ein Netzknoten seine erzeugten Informationen an alle anderen Netzknoten versendet. Diese entscheiden dann, ein jeder für sich, ob sie die Informationen verwerten oder nicht. Ein Beispiel hierzu gibt Abbildung 9, wo Station zwei seine erzeugte Nachricht auf dem Bus ausgibt. Die Stationen eins und vier haben ihre Filter so eingestellt, dass sie die Nachricht empfangen. Station drei hingegen ignoriert sie.

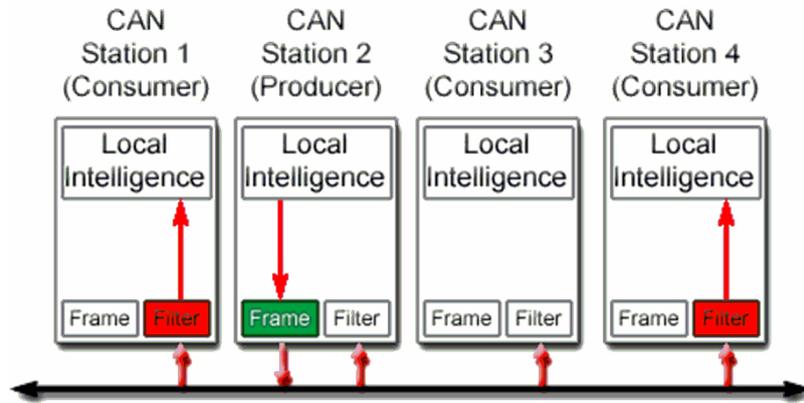


Abbildung 9 Producer- Consumer Prinzip per Broadcast

Da es sich beim CAN-Bus um einen Multi- Master- Bus handelt, muss jeder Netzknoten die Zugriffskontrolle realisieren. Dies geschieht mittels Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance (CSMA / CA) Verfahren, bei dem das Übertragungsmedium abgehört und erst gesendet wird, wenn der Bus frei ist. Für den Fall, dass zwei Netzknoten den Bus als frei erkennen und zeitgleich zu senden beginnen, greift die Busarbitrierung. Sie nutzt das Null-dominante Verhalten des CAN-Busses und die Tatsache, dass ein Nachrichtentyp, gekennzeichnet durch seine eindeutige ID, nur von einem Netzknoten erzeugt werden darf.

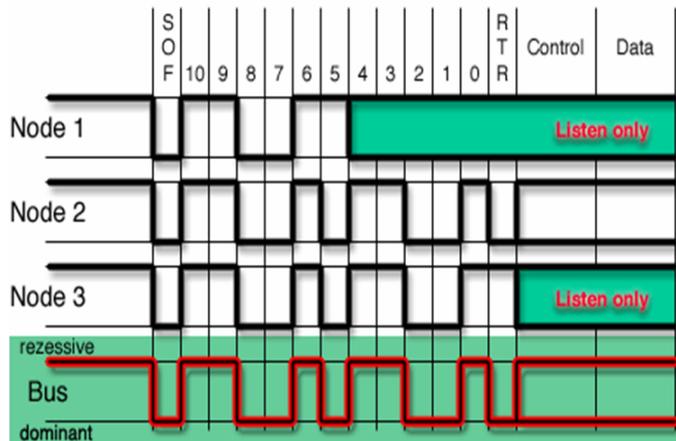


Abbildung 10 CAN-Busarbitrierung

wird das Sendesignal dreier Netzknoten, sowie das daraus resultierende Bussignal dargestellt. Zu sehen ist auch, dass Knoten eins nach dem siebenten Bit aufhört zu senden. Aus diesem Verhalten resultiert, dass Nachrichten mit einer kleineren ID eine höhere Sendepriorität besitzen. Knoten zwei und drei im obigen Beispiel versenden die gleiche Nachrichten- ID. Knoten drei fordert mit dem gesetzten RTR- Bit die Nachricht an. Folgerichtig unterliegt er bei der Arbitrierung, da Knoten zwei seine Anfrage gerade befriedigt.

### 3.2.2 Telegrammtypen

CAN spezifiziert zum Versenden von Nachrichten das Datentelegramm, mit dominantem RTR- Bit. Das Datenanforderungstelegramm, mit dem Nachrichten gepollt werden können, unterscheidet sich vom Datentelegramm durch ein rezessives RTR- Bit und den fehlenden Datenanteil. Empfängt ein Knoten eine fehlerhafte Nachricht, so reagiert er mit dem Versand

eines Fehlertelegramms, welches sich aus 6 identischen Bits zusammensetzt und damit eine gezielte Verletzung der Bitstuffingregel darstellt. Schafft es ein Knoten nicht die Menge der eingehenden Nachrichten zu verarbeiten, so kann er den Empfang weiterer Telegramme verzögern, indem er ein Overloadtelegramm versendet.

### 3.2.3 Fehlererkennung und Fehlersignalisierung

CANs hohe Fähigkeit zur Erkennung von Übertragungsfehlern basiert auf einer Kombination mehrerer Maßnahmen. Zum einen findet auf der physikalischen Schicht eine Überwachung des Buspegels durch den Sender einer Nachricht (Bitmonitoring) statt. Zum anderen überprüft jeder Empfänger auf der Verbindungsschicht die im Datentelegramm enthaltene CRC-Summe und die Einhaltung der Telegrammstruktur, worunter auch die Einhaltung der Bitstuffingregel fällt.

CAN schreibt das Prinzip der Fehlersignalisierung vor. Hierbei wird von jedem Netzknoten die oben beschriebene Fehlererkennung durchgeführt. Erkennt ein Netzknoten einen Fehler, so signalisiert er allen Netzknoten diesen mittels Fehlertelegramm. Auf den Empfang des Fehlertelegramms verwerfen alle Busteilnehmer, außer dem Sender, die bereits empfangenen Teile der Nachricht. Der Sender versucht unverzüglich die Nachricht nochmals abzusetzen, wobei er erneut die Busarbitrierung durchlaufen muss. Die Fehlersignalisierung eines Netzknotens erfolgt in zwei Stufen. Anfänglich sendet er eine Folge von sechs dominanten Bits. In der zweiten Stufe, wenn der Fehlerzähler einen ersten Grenzwert überschritten hat, verwendet er dann eine Folge von sechs rezessiven Bits. Gesetzt dem Fall, dass der Fehler erkennende Knoten selbst defekt ist, kann er somit weitere Nachrichten nicht mehr zerstören. Überschreitet der Fehlerzähler den zweiten Grenzwert, so schaltet sich der Netzknoten gänzlich ab.

Mit der Fehlersignalisierung wird bei CAN der fehlerfreie und konsistente Nachrichtenaustausch zwischen allen funktionsfähigen Teilnehmern sichergestellt. Ihre Vorteile liegen in der sehr geringen Fehlererholzeit und der mit ihr verbundenen geringen zusätzlichen Busbelastung. Die Fehlererholzeit ist die Zeit, die der Bus benötigt, um wieder für die Datenübertragung zur Verfügung zu stehen.

### 3.2.4 CAN übergeordnete Protokolle

Da CAN keine Schnittstelle auf Ebene der Anwendungsschicht definiert, spezifizierte die Nutzer- und Herstellerinteressengemeinschaft CAN- in- Automation (CiA) den CAN Application Layer (CAL). Dieser bietet Funktionen zur Netzwerkverwaltung und dem Management von Systemvariablen, inklusive ihrer Zuordnung zu einer Nachrichten- ID. Er ist objektorientiert und anwendungsunabhängig. Somit stellt auch diese Spezifikation keine Schnittstellenbeschreibung für die Herstellung von Geräten dar, die anwendungsübergreifend eingesetzt werden können.

Dies kommt erst mit CANopen, eine von der CiA erstellte Norm (EN 50325-4), die ein Subset von CAL für das Netzwerk-Management und die Kommunikation benutzt. Es werden zwei Arten von Kommunikationsobjekten verwendet: Die Service Data Objects (SDO), mit denen man große, zeitunkritische Datenmengen austauschen kann, und die Process Data Objects (PDO), mit denen Prozessdaten, die sich durch kleine, zeitkritische Datenmengen auszeichnen, übertragen werden.

Der Bezug zu den Anwendungen wird mittels Geräteprofilen hergestellt. Ein Geräteprofil beschreibt die Eigenschaften und Funktionen eines Gerätes. Dabei unterscheidet man zwischen obligatorischen, optionalen und herstellereigenen Funktionen. So gibt es zum Beispiel Geräteprofile für elektrische Antriebe, Straßenbaumaschinen, Türsteuerungen, Aufzugsteuerungen, Batterie Ladegeräte und kommunale Nutzfahrzeuge.

## 4 Aufgabenstellung für eine Masterarbeit

Genau wie bei der Anlagenautomatisierung besteht beim Deutschen Wetterdienst (DWD) ein Bedürfnis nach Investitionsschutz. Dieses kann zurzeit nur durch zusätzlichen finanziellen Aufwand befriedigt werden, da weder auf nationaler noch auf internationaler Ebene Schnittstellenstandards bzw. Schnittstellennormen für den Datenaustausch zwischen meteorologischen Geräten und einer Wetterstation existieren. Dieses Defizit führt dazu, dass jeder Gerätehersteller ein eigenes Anwendungsprotokoll etabliert. Wird die Produktion eines Sensors eingestellt, so muss in der Regel eine Schnittstellenanpassung in der Stationssoftware oder in der Firmware des Nachfolgemodells erfolgen. Auch wenn die Produktion nicht eingestellt wird, erschwert das Fehlen eines Schnittstellenstandards dem DWD ein einfaches Wechseln zu kostengünstigeren Sensoren.

Als Aufgabe für die Masterarbeit stelle ich mir vor, eine Schnittstellenspezifikation zu erstellen, die als Vorlage für einen späteren Schnittstellenstandard dienen kann. Zu diesem Zweck ist ein umfassendes Studium vorhandener Schnittstellenstandards bzw. Schnittstellennormen von Nöten, um eine den harten klimatischen Einsatzbedingungen entsprechende Spezifikation zu finden. Auf Grundlage dieser Spezifikation ist dann ein eigenes Anwendungsprotokoll zu entwerfen, das alle Belange des Datenaustausches berücksichtigt.

## 5 Zusammenfassung

So unterschiedlich die Anwendungsgebiete der Prozessautomatisierung auch scheinen mögen, es liegt ihnen stets das gleiche logische Hierarchiemodell in Form der Kommunikationspyramide mit ihren fünf Ebenen zu Grunde.

In der Prozessautomatisierung haben sich genormte Bussysteme für die Kommunikation auf den unteren Ebenen durchgesetzt, da sie die Vorteile standardisierter Schnittstellen mit den Vorteilen serieller Bussysteme verbinden.

Einen Vertreter der untersten Kommunikationsebene stellt das Aktor- Sensor- Interface dar. Es gehört zu den seriellen Bussystemen und dient dem Anschluss von Sensoren und Aktoren an eine Steuerung / Regelung. Die einzelnen Teilnehmer werden als Objekte betrachtet, deren Kommunikation zyklisch stattfindet und vom Master, normalerweise die Steuerung / Regelung, kontrolliert wird.

Das Controller- Area- Network hingegen ist ein Beispiel für die Bussysteme der Steuerungs- / Regelungsebene. Dieses für den Fahrzeugbereich entwickelte serielle Bussystem betrachtet im Gegensatz zu ASI die Nachricht als Objekt. Es arbeitet nach dem Producer- Consumer Prinzip und versendet die Nachrichten per Broadcast. Den Buszugriff regelt das CSMA / CA – Verfahren, welches in jedem Teilnehmer implementiert ist.

Den Betrachtungen zweier weit verbreiteter echtzeitfähiger Bussysteme (Aktor- Sensor- Interface und Controller- Area- Network) sollen in der Masterarbeit weitere folgen. Sie sollen der Findung eines für die Kommunikation meteorologischer Geräte geeigneten Standards dienen. In einem weiteren Schritt soll diesem Standard ein Anwendungsprotokoll überlagert werden, so dass beides zusammen eine Schnittstellenspezifikation für meteorologische Geräte ergibt.

## 6 Literaturverzeichnis

### 6.1 Bibliografie

- [AUTOELEK] Autoelektrik und Autoelektronik,  
Robert Bosch GmbH (Hrsg.), Vieweg, Stuttgart, 2002
- [BUSSYS] Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik,  
Gerhard Schnell (Hrsg.); Vieweg, Heidelberg, 2003
- [DATKOM] Datenkommunikation und Rechnernetze,  
Adrian Moning, Rolf Lanz, 2000
- [DIN 19222] Messen, Steuern, Regeln – Leittechnik – Begriffe, 2001-09
- [DIN 19233] Leittechnik – Prozessautomatisierung – Automatisierung mit  
Prozessrechensystemen – Begriffe, 1998-07
- [DIPL-04] Konzeption und Realisierung einer plattformunabhängigen Fernsteuerung  
von Anlagen mit OPC über XML Web Services,  
Birgit Rosenögger, Michael Labicki, Diplomarbeit HAW- Hamburg, 2004
- [ETHIND] Industrieautomation mit Ethernet-TCP/IP und Web-Technologie  
Frank J. Furrer, Hüthig, Heidelberg, 2003
- [IEE-05] IEE Das Automatisierungsmagazin,  
Hüthig, Heidelberg, 7/8 2005
- [INDSTEU] Industrielle Steuerungstechnik,  
Walter Konhäuser, Hanser, 1998
- [OPCGRUND] OPC Grundlagen, Implementierung und Anwendung,  
Frank Iwanitz, Jürgen Lange, Hüthig, Heidelberg, 2005
- [SYSAUT] Systemtechnik der Automatisierung,  
Armin Schwarz, Franzis', 2000

### 6.2 Cybergrafie

- [ASI] [www.as-interface.net](http://www.as-interface.net)
- [BNWISSEN] [www.business-wissen.de](http://www.business-wissen.de)
- [CIA] [www.can-cia.org](http://www.can-cia.org)
- [ESUISSE] [www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)
- [IEE] [www.iee-online.de](http://www.iee-online.de)
- [ITWISSEN] [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info)
- [OPCFFOUND] [www.opcfoundation.org](http://www.opcfoundation.org)