

## Antriebstechnik mit PROFINET

Im Zusammenwirken mit PROFIdrive wird PROFINET zum Antriebsbus für höchste Anforderungen bei gleichzeitig uneingeschränkter Eignung für alle anderen Aufgaben der Automatisierungstechnik.

Version 1.0 November 2012



# Inhalt

1.	Zusammenfassung	3
2.	Antriebstechnik	3
3.	PROFINET	8
4.	Geräteprofile PROFIdrive und Encoder	11
5.	PROFINET für Antriebstechnik	16
6.	Eigenschaften und Nutzen	17
7.	Hinweise für Gerätehersteller	19
8.	Hinweise für Maschinen- und Anlagenbetreiber	22
9.	Support durch PROFIBUS & PROFINET International	22
10.	Begriffe	24
11.	Anhang	27



# 1. Zusammenfassung

**PROFINET**, das „Industrial Ethernet“-Kommunikationssystem auf Basis Standard Ethernet bildet im Zusammenwirken mit dem seit Jahrzehnten an PROFIBUS bewährten Antriebsprofil **PROFIdrive** sowie weiteren Technologien wie Geräte- und Applikationsprofilen die Grundlage für eine äußerst leistungsstarke und zukunftssichere Antriebstechnik.

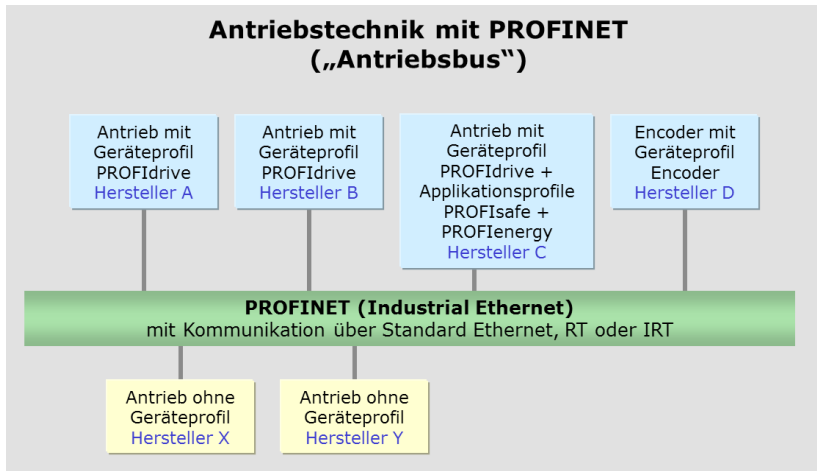
Diese „**Antriebstechnik mit PROFINET**“ ist umfassend in ihren Anwendungsbereichen, skalierbar in der Performance mit Zykluszeiten bis in den unteren µs-Bereich sowie nutzerfreundlich und kosteneffizient in der Umsetzung. Damit bildet sie die bestmögliche Lösung für alle Antriebsaufgaben.

Alle eingesetzten Technologien stammen und werden unterstützt von Arbeitskreisen von **PROFIBUS & PROFINET International (PI)**, der weltgrößten Gemeinschaft von Herstellern und Anwendern der Automatisierungstechnik.

## 2. Antriebstechnik

Die elektrische **Antriebstechnik** durchläuft seit zwei Jahrzehnten eine äußerst innovative Phase und leistet damit einen wichtigen Beitrag zu vielfältigen Optimierungsschritten in der Fertigungs- und Prozessindustrie einschließlich des Erreichens von ambitionierten Energiesparzielen. Die aktuelle Bedeutung dieser Entwicklung zeigt sich darin, dass elektrische Antriebe von Maschinen, Förderbändern, Pumpen, Kompressoren etc. für bis zu 70 % des gesamten industriellen Stromverbrauchs verantwortlich sind!

Gegenstand dieses White Papers ist es, das Zusammenwirken der von PROFIBUS & PROFINET International (PI) entwickelten und unterstützten Kommunikationstechnologie **PROFINET** mit dem PI-Geräteprofil **PROFIdrive** (und zusätzlich auch **PROFI-safe** und **PROFIenergy**) zu einer leistungsfähigen, flexibel und skalierbar einsetzbaren Antriebstechnik darzustellen. Im Ergebnis können Antriebe unterschiedlicher Hersteller mit oder ohne Geräteprofile an PROFINET mit skalierbarer Kommunikation (Standard Ethernet, RT oder IRT) betrieben werden: Damit beweist sich der Universalbus PROFINET zugleich als leistungsstarker Antriebsbus (Abbildung 1).



**Abb. 1: PROFINET in seine Nutzung als Antriebsbus**

- **PROFINET** ist das weltweit führende, in der IEC 61158 und IEC 61784 standardisierte Industrial Ethernet-Kommunikationsnetzwerk auf Basis Standard-Ethernet.
- **PROFIdrive** ist das seit 20 Jahren bewährte und in der IEC 61800-7 standardisierte Antriebsprofil von PI und bildet eine einheitliche, hersteller-unabhängige Applikationsschnittstelle für Antriebe. Mit seinen 6 Applikationsklassen deckt PROFIdrive alle Anwendungen der Antriebstechnik lückenlos und skalierbar ab.
- **PROFIEnergy** ist das Applikationsprofil von PI für Anwendungen zum Energiemanagement mit dem Ziel der Minimierung des Energieeinsatzes.
- **PROFIsafe** ist das Applikationsprofil von PI für den Ablauf sicherheitsgerichteter Anwendungen und „normaler“ Anwendungen auf ein und demselben Kabel.
- **Encoder** ist das PI-Geräteprofil für den einheitlichen Betrieb von Encodern an PROFIBUS und PROFINET. Das Encoder-Profil ist eine Untermenge des PROFIdrive-Profiles für stand-alone Encoder.

## Zwei „Antriebe“ für die Antriebstechnik

Die rasanten Entwicklung der modernen Antriebstechnik in den vergangenen 25 Jahren basiert vorrangig auf zwei „Triebkräften“:

- Zum einen nutzte die Antriebstechnik ab den frühen 1990er Jahren die *Fortschritte der industriellen Kommunikationstechnologien* in Form der neuen seriellen Feldbusse: Die Kommunikationsfähigkeit drehzahlveränderbarer Antriebe wurde zu einem kaufentscheidenden Kriterium, wofür die neuen Feldbussysteme wie PROFIBUS DP die Kommunikationsplattform bereitstellten. Das führte speziell für die Fabrikautomatisierung durch Beschleunigung der Abläufe zu einem „Quantensprung“ in den Möglichkeiten der Produktionsoptimierung! PROFIBUS DP war hier von Beginn an in führender Position dabei und legte mit seinen anwendungsorientierten Funktionserweiterungen in Version DP V1 die Basis zu seiner weltweiten Marktführerschaft mit heute über 40 Millionen installierten Knoten. Aktuell erlebt die Antriebstechnik den nächsten Technologiesprung durch Einsatz der Feldbustechnik auf Basis Industrial Ethernet in Form von PROFINET.
- Zum anderen stützte sich die Antriebstechnik auf hersteller-übergreifend erarbeitete und *international standardisierte Antriebschnittstellen (Antriebsprofile)* für die Geräte. Das erleichterte die Implementierung der Schnittstellen und ermöglichte den gemeinsamen Betrieb, ein gleichartiges Verhalten und ein Zusammenwirken von Geräten verschiedener Hersteller am Bus (siehe Kapitel 4). Das Antriebsprofil PROFIdrive war hier schon frühzeitig dabei; heute stellt es mit der Erweiterbarkeit durch die Profile PROFI-safe und PROFIdenergy ein hochmodernes, auf die aktuellen Anwenderforderungen zugeschnittenes Profil bereit.

## Antriebstechnik vor der Feldbus-Zeit

Die früheste Schnittstelle für Antriebssysteme war die diskrete „analoge Schnittstelle“, die mittels IO-Klemmen Steuerkommandos und Statusrückmeldungen übertrug und Sollwerte über analoge Spannungs- oder Stromsignale an den Frequenzumrichter übergab.

Mit Umstellung der Regelung und Signalverarbeitung in Umrichtern auf digitale Technik hielten in den 1980er Jahren die seriellen Schnittstellen wie RS422 oder RS232 Einzug in die Antriebstechnik. Sie wurden in den Umrichtern anfangs bevorzugt für den Anschluss eines PCs für Parametrierung und Inbetriebnahme genutzt. Eine zweite Schnittstelle ermöglichte den An-

schluss an Steuerung oder Leitsystem; eine dritte Schnittstelle schließlich diente dazu, analoge Prozessgrößen schnell an den nachfolgenden Antrieb weiterzureichen. *Diese drei Kommunikationswege existierten viele Jahre nebeneinander und unabhängig.*

### Antriebstechnik um und nach 2000

- Unter „Antriebstechnik“ wurde allgemein ein Frequenzumrichter oder Servoverstärker verstanden, der einen Motor nach einem vorgegebenen Drehzahlsollwert steuert. Die hierfür notwendigen Komponenten Motor, Umrichter, Geber und Regler waren alle Teile des Antriebs (Abbildung 2), während von der Steuerung über eine Feldbuskommunikation nur Sollwertvorgaben und Istwertkontrolle abgewickelt wurden. Aus technologischer Sicht handelte sich hierbei also um eine einfache, vertikale 1:1 Beziehung zwischen Steuerung und Antrieb ohne z.B. die Möglichkeit für einen Querverkehr zwischen Netzteilnehmern. Zusätzliche Funktionen wie Sicherheitstechnik oder Standby-Management mussten über zusätzliche und separate Überwachungs- und Steuerungssysteme realisiert werden.
- Die neue Feldbus-Kommunikation wirkte sich als erstes auf die Schnittstelle zum Automatisierungssystem aus, um Signale der dezentralen Peripherie über zyklische Kommunikation in das Steuerungssystem einzulesen bzw. von dort auszugeben. Bald kam bei vielen Feldbussen die azyklische Kommunikation hinzu, welche auch die bisherige Schnittstelle zum Parametrieren und zur Inbetriebnahme ersetzte. Nach Einführung des Querverkehrs bei PROFIBUS konnte für diesen sogar die dritte Schnittstelle zwischen den Antrieben mit einer einzigen Schnittstelle am Antrieb abgelöst werden.
- Für Servoantriebe in Motion Control-Anwendungen allerdings waren die standardisierten Feldbussysteme meist zu langsam oder

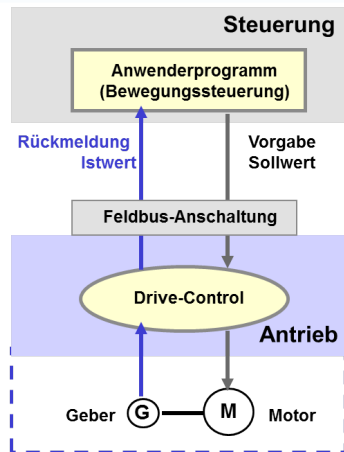


Abb. 2: Antriebstechnik (Technologische Sicht), um 2000

nicht echtzeitfähig genug. Insbesondere die Synchronisation zwischen der streng zyklischen Motion Control-Applikation im Steuerungssystem und der ebenso zyklischen Lage- und Drehzahlregelung im Antrieb erforderte eine isochrone Kommunikation, d.h. Taktsynchronisation. Viele Antriebshersteller haben dafür spezielle Kommunikationssysteme entwickelt, die auch heute noch im Markt anzutreffen sind.

- Die bisher üblichen mechanischen Wellen und Kurvenscheiben wurden zunehmend durch elektrische Antriebsfunktionen ersetzt. Besonders deutlich wurde dies bei PROFIBUS: Um auch höhere Mengengerüste von Antrieben in akzeptabler Zykluszeit im Bereich von 1-10 ms zu betreiben, wurde die Übertragungsrate von 1,5 auf 12 Mbit/s erhöht und gleichzeitig um isochrone Kommunikation und Taktsynchronisation für Motion Control-Anwendungen erweitert. Damit konnte PROFIBUS Spezialbussysteme ablösen und alle Anwendungen von Standardantrieben bis zur Werkzeugmaschine mit einem einzigen System realisieren.

### **Antriebstechnik in 2012**

- Die Antriebstechnik um 2012 ist dadurch geprägt, dass die typischen Antriebs- und Technologiefunktionen mit zusätzlichen, zunehmend wichtigen Applikationen wie Sicherheitstechnik und Energie-Management *im Antrieb* vereint werden (Abbildung 3). Der Antrieb entwickelt sich damit zu einer Plattform für verschiedene, antriebsbezogene Automatisierungsfunktionen; folgerichtig wird damit auch die ehemals „einfache“ Feldbusschnittstelle am Antrieb zu einem „multifunktionalen Kommunikationsknotenpunkt“ zwischen den auf Antrieb und Steuerung verteilten Automatisierungsfunktionen aufgewertet.
- Als weitere Fortentwicklung ersetzen *industrietaugliche Ethernetsysteme* wie PROFINET zunehmend die klassischen Feldbusse als Automatisierungsbuss. Das hat mannigfache Leistungssteigerungen zur Folge und das nicht nur durch die verkürzten Zykluszeiten und die vereinfachte Vernetzung mit höheren Ebenen. Einzelheiten hierzu finden sich in Kapitel 6.

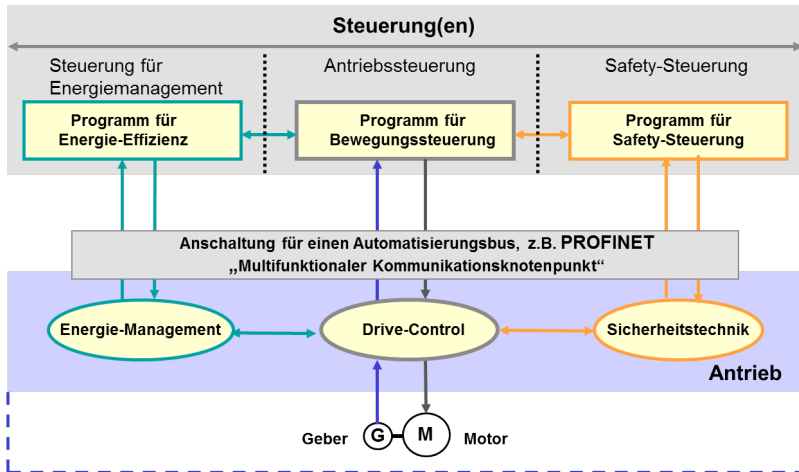


Abb. 3: Antriebstechnik (Technologische Sicht), um 2012

- Die technologische Sicht (Abbildung 3) der genannten Erweiterungen zeigt – in Erweiterung von Abbildung 2 - mehrere, vertikal und horizontal ablaufende Beziehungen zwischen einer oder mehreren Steuerungen mit unterschiedlichen Funktionen: Auf der Steuerseite finden sich neben der Antriebssteuerung auch Steuerungen für Energiemanagement und/ oder Sicherheit und auf der Antriebsseite neben den Antriebsfunktionen solche für Energiemanagement und Sicherheitstechnik.

### 3. PROFINET

Ethernet - in seiner Ausprägung „Industrial Ethernet“ - ist in der Industrie auf Ebene der Vernetzung von Steuerungen und Visualisierungsstationen und Einbindung der Leittechnik in Unternehmensebenen seit vielen Jahren ein akzeptierter Standard.

Anders ist die Situation auf Ebene der Antriebe und Feldgeräte: Hier war bis vor kurzem und ist noch die Feldbustechnik mit ihren verschiedenen Varianten wie z.B. PROFIBUS DP Stand der Technik, wobei für Ablauf- und Antriebssteuerungen gelegentlich sogar noch spezielle Systeme im Einsatz sind. Allerdings ist auch hier ein Wandel erkennbar: Lösungen auf Basis Industrial



Ethernet wie PROFINET finden auch in der Antriebsebene zunehmend Interesse und Verbreitung angesichts der damit verbundenen deutlichen Leistungssteigerung und dem resultierenden zusätzlichen Anwendernutzen wie Durchgängigkeit und Kommunikationsinfrastruktur

## PROFINET auf einen Blick

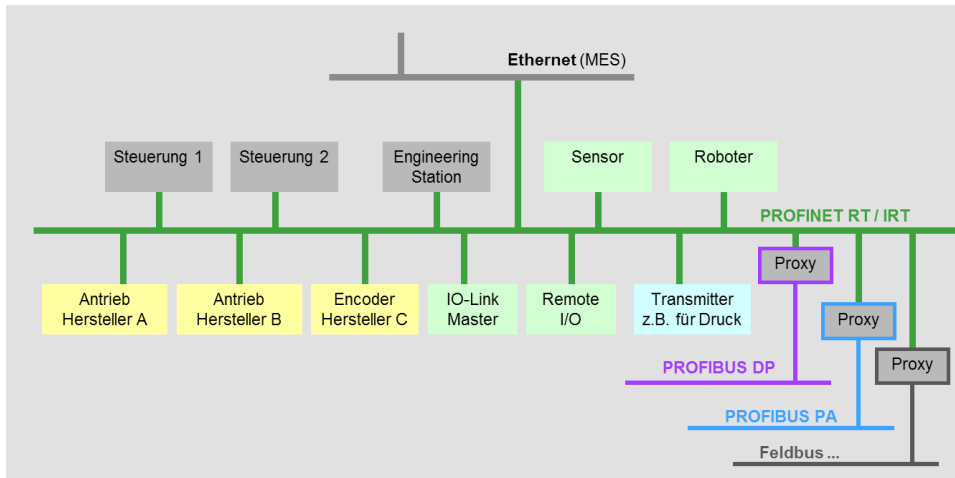


Abb. 4: PROFINET, der Industrial Ethernet-Universalbus

- PROFINET ist das universelle, Ethernet-basierte Kommunikationsnetzwerk, welches den in der Office-Welt bewährten Ethernet-Standard allen Bereichen der Automatisierungstechnik zugänglich macht (Abbildung 4), aufbauend auf den über Jahrzehnte mit PROFIBUS im industriellen Feldbus-Einsatz gesammelten Erfahrungen. PROFINET realisiert den schnellen, vertikalen und horizontalen Datenaustausch auf allen Ebenen und ist damit Grundlage für effiziente Maschinen- und Anlagenkonzepte einschließlich Einbindung in die Unternehmensleitebene.
- PROFINET ist dank seiner skalierbaren Zykluszeit (Abbildung 5) und den in Conformance-Klassen und Optionen aufgeteilten Funktionen (Abbildung 14 im Anhang) flexibel an die Aufgabenstellung anpassbar. Damit ist PROFINET gleichermaßen ein „Universalist für alle Fälle“ sowie ein „Experte in Spezialdisziplinen“ wie der Antriebstechnik, der Sicherheitstechnik oder von Industrial Wireless-Anwendungen.

- PROFINET unterstützt die schnelle IO-Kommunikation von Prozessdaten mit hohem Determinismus (Real Time RT und Isochroneous Real Time IRT) und – unabhängig, zeitgleich und auf dem gleichen Kabel - die Standard-TCP/IP-Kommunikation (Abbildung 6) und ist damit offen für die Nutzung von IT-Diensten und Web-Tools im Netzwerk und für Kommunikation mit den Netzkomponenten für z.B. Parametrierzwecke. Das spart Zeit, zum Beispiel in Inbetriebnahmeszenarien großer Anlagen, wenn die Antriebe bereits parametriert und in Betrieb genommen werden können, obwohl das Steuerungsprogramm noch nicht fertiggestellt ist.
- PROFINET ist eine Entwicklung von PROFIBUS & PROFINET International (PI), der weltweit größten Feldbusorganisation, und in der IEC 61158 genormt. Das bedeutet Offenheit und breite Produkt-Auswahl für den Anwender und zugleich Zukunftssicherheit durch Standardisierung und Innovationskraft.
- PROFINET ist darauf ausgerichtet, jeden Anwender bei Lösung seiner ganz speziellen Aufgabe möglichst wirtschaftlich zu unterstützen. PROFINET erreicht das durch seine besondere Flexibilität durch anwendungsorientierte Lösungen und skalierbare Leistung, Effizienz durch optimale Nutzung vorhandener Ressourcen und Performance durch gesteigerte Produktivität.

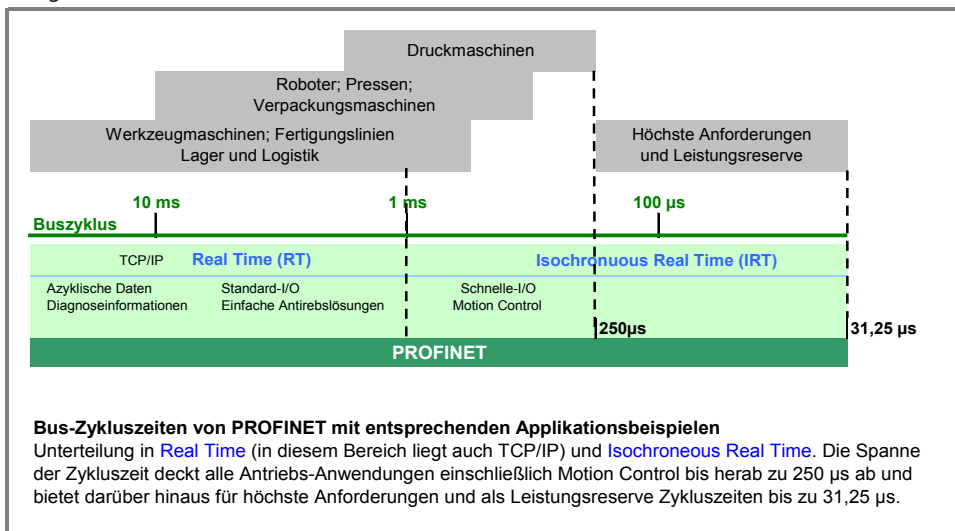


Abb. 5: Skalierbare Zykluszeiten (RT und IRT) bei PROFINET

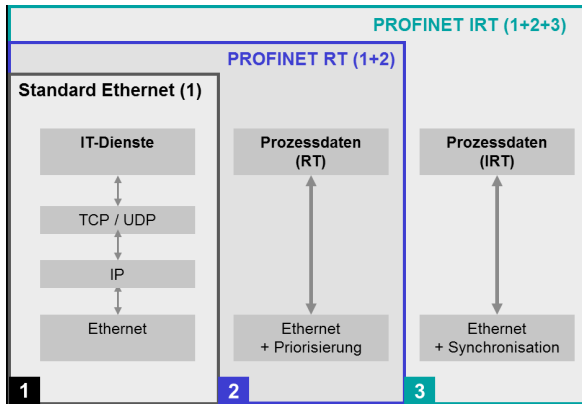


Abb. 6: Drei Kommunikationskanäle bei PROFINET

## 4. Geräteprofile PROFIdrive und Encoder

### Geräteprofile

„Geräteprofile“ beschreiben für eine bestimmte Gerätekategorie wie Antriebe oder Messumformer für z.B. Druck- oder Durchfluss diejenige geräte- und anwendungsspezifischen Eigenschaften, deren gleichartige Realisierung in Geräten von verschiedenen Herstellern verbindlich vereinbart und spezifiziert wurde. Daraus folgt, dass sich Geräte mit gleichem Profil, unabhängig vom Hersteller, an einem Bussystem bezüglich der festgelegten Funktionen gleichartig verhalten.

Heutige „Antriebsprofile“ gehen bei diesen Festlegungen weit über den reinen Datenaustausch hinaus, denn sie legen auch die Bedeutung von antriebspezifischen Daten und Parametern herstellerübergreifend fest. Anwender können dann vorhandene Programmteile einer SPS bei Verwendung von „Profilgeräten“ unverändert einsetzen und damit ihren Engineeringaufwand deutlich verringern. Als weiteren Nutzen erhält der Anwender auch einen größeren Spielraum bei der Auswahl seiner Gerätetechnik sowie erhebliche Erleichterungen bei z.B. Gerätetausch, Inbetriebnahme oder Diagnose. Allerdings sind am Markt trotz intensiver Bemühungen um Standardisierung verschiedene Antriebsprofile für die jeweiligen Kommunikationssysteme ent-

standen, wie **PROFIdrive** für PROFIBUS und PROFINET, das **AC/DC-Profil** für CIP Motion oder das Profil **DSP-402** für die CAN-open-basierten Netzwerke.

In einer anderen Sichtweise bildet ein Profil auch die herstellerübergreifende digitale Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Automatisierungssystem und Geräteebene mit eindeutigen Festlegungen über Funktionalität und Parameter der jeweiligen Gerätekategorie. Die Bedeutung dieser Schnittstelle nimmt ständig zu angesichts der enormen Datenmenge, die bei fortschreitendem Automatisierungsgrad ausgetauscht wird.

### **PROFIdrive, das Antriebsprofil von PI**

PROFIdrive ist das modular aufgebaute Geräteprofil für Antriebsgeräte von PROFIBUS & PROFINET International (PI), welches seit den 1990er Jahren unter Nutzung von PROFIBUS DP als Kommunikationssystem feldbus-basierte Antriebslösungen ermöglicht. Dem technologischen Fortschritt und den zunehmenden Anwenderforderungen folgend wurde PROFIdrive seither unter Beibehaltung seiner Basisfunktionalität in einem Arbeitskreis von PI unter Beteiligung zahlreicher Geräte-Hersteller konsequent fortentwickelt, siehe Textkasten.

#### **Meilensteine von PROFIdrive**

- 1991 Beginn der Profilarbeit als VDE-GMA-Projekt
- 1997 Profilverversion 2.0
- 2002 Profilverversion 3.1 mit erweiterter Kommunikationstechnologie für  
**Betrieb mit PROFIBUS DP-V2**
- 2005 **Betrieb zusätzlich auch mit PROFINET möglich**
- 2005 Safety-Amendment zu PROFIdrive für die Steuerung von Safety auf dem Antrieb über das PROFIsafe-Profil
- 2007 Internationale Standardisierung in der IEC 61800-7
- 2009 Möglichkeit zum Energie-Management durch gemeinsamen Betrieb mit dem Applikationsprofil PROFInergy
- 2011 Community Project für gemeinsame Weiterentwicklung und  
**kostenlose Nutzung des PROFIdrive-Sourcecode**

### **Vollständige Abdeckung der Antriebsaufgaben der Automatisierungstechnik durch 6 Applikationsklassen**

Verpflichtend für die Entwicklung von PROFIdrive war u.a. die Vorgabe, das Profil für alle, bekanntlich äußerst breit gestreuten Applikationen der An-

triebetechnik zu befähigen, ohne bei einfachen Anwendungen unbenötigte Funktionen als "Ballast" mitführen zu müssen. Diese Aufgabe wurde in Abstimmung mit führenden Anwenderorganisationen wie z.B. der OMAC (Organization for Machine Automation and Control) durch Festlegung von sechs Applikationsklassen innerhalb des Profils PROFIdrive gelöst. Je nach Marktsegment und Geräteausprägung kann ein Antriebsgerät eine oder mehrere dieser Klassen abdecken. Dabei sind mit Ausnahme von AK 1 die Technologiefunktionen bei allen Klassen auf Steuerung und Antriebe verteilt.

Mit diesem modularen Aufbau erlaubt PROFIdrive eine flexible und kostengünstige Gestaltung der Antriebsgeräte, was für Gerätehersteller und -anwender gleichermaßen von hohem Nutzen ist. Abbildung 7 zeigt eine Übersicht der Applikationsklassen und deren typische Einsatzbereiche.

Daraus wird die systematische Zuordnung der Klassen zum

- nicht-taktsynchronen bzw. taktsynchronen Betrieb (Zeile 2 von oben) sowie zu
- Umrichtern bzw. Antrieben (Zeile 3 von oben) deutlich.

Die Position der Klassen in der Senkrechten zeigt qualitativ den Anteil der Automatisierungsfunktionen im Antrieb, der z.B. in AK 3 am höchsten ist.

### **Applikationsklasse 1**

Für Standardantriebe mit Drehzahlregelung für z.B. Frequenzumrichter bei Pumpen oder Kompressoren.

### **Applikationsklasse 2**

Für Standardantriebe gemäß AK 1, jedoch mit zusätzlicher Technologiefunktion für z.B. Druck- oder Durchflussregelung sowie Verteilung der Funktionen auf Steuerung und mehrere Antriebe; Einsatz bei z.B. Sollwertkaskaden mit durchlaufenden Warenbahnen.

### **Applikationsklasse 3**

Für Antriebe mit - neben Antriebs- und Lageregelung - einer zusätzlichen Positioniersteuerung für z.B. das Auf- und Abdrehen von Flaschenverschlüssen. Der Antrieb agiert hier als autonomer Einachs-Positionierantrieb.

### **Applikationsklassen 4/5**

Für Servoantriebe mit zentraler Bewegungsführung in mehreren Achsen für z.B. Werkzeugmaschinen oder Robotik mit einer Drehzahlregelung im Antrieb und Lageregelung in der Steuerung. Der Lage-Regelkreis wird über den Bus geschlossen, wozu eine Taktsynchronisierung der Kommunikation erforderlich ist.

## Applikationsklasse 6

Für Servoantriebe zur dezentralen Automatisierung, wie z.B. bei elektronische Wellen oder getaktete Maschinen mit synchronisierten Master- und Slave-Antrieben.

Leistungsmerkmale der PROFIdrive-Applikationsklassen (AK1 - AK6)			
		Nicht-taktsynchroner Betrieb	Taktsynchroner Betrieb
		Umrichter <u>ohne</u> Servomotor	Antriebe <u>mit</u> Servomotor
hoch	↑ Automatisierungsanteil im Antrieb	Wie AK 1, jedoch zusätzlich Verteilung der Automatisierung auf mehrere Antriebe <span style="float: right;">AK 2</span>	Antriebsregelung mit Ein-Achs-Positionier-Steuerung <span style="float: right;">AK 3</span>
		Standardantrieb mit Drehzahlregelung <span style="float: right;">AK 1</span>	Wie AK 4/5, jedoch für dezentrale Automatisierung bei z.B. getakteten Prozessen und elektronischer Welle <span style="float: right;">AK 6</span>
niedrig			Servoantrieb mit taktsynchrone Drehzahl- und Lageregelung mit zentraler Bewegungsführung <span style="float: right;">AK 4/5</span>
Anwendungen		Pumpen, Lüfter, Kompressoren Förderbänder, Aufzüge, ...	Ein-Achs-Positionierung Einfaches Handling von Verschlüssen Papiermaschinen
			Werkzeugmaschinen, Roboter Papiemaschinen Verpackungsmaschinen

Abb. 7: Leistungsumfang (Applikationsklassen) von PROFIdrive

### Optionale Zusatzfunktionen

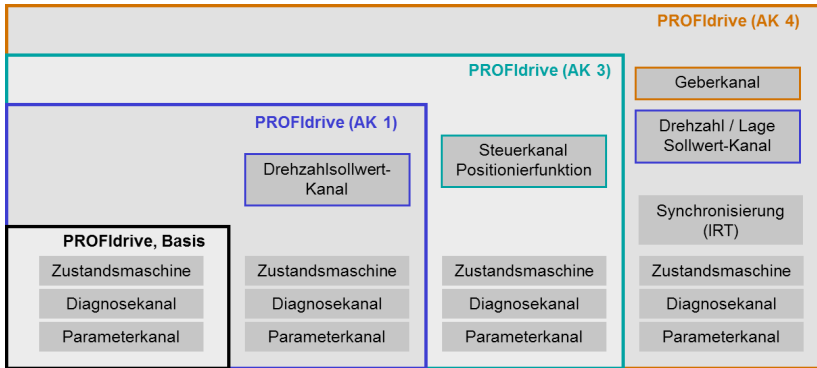
Zur Erweiterung der Applikationsklassen dienen Funktionen wie

- Unterstützung von bis zu drei Lagegebern, deren Daten über Standardtelegramme der Steuerung übermittelt werden (Applikationsklassen 4 und 5)
- Regelungskonzept „Dynamic Servo Control“ zur Optimierung der dynamischen Regelungseigenschaften von mechanisch steifen Antriebssystemen (Applikationsklasse 4).

### Applikationsklassen und Schnittstellenfunktionen

Zur Realisierung bestimmter Applikationsklassen in einem Antrieb müssen die entsprechenden Schnittstellenfunktionen implementiert werden, wofür

deren modularer Aufbau sehr hilfreich ist. Abbildung 8 zeigt die Zusammenhänge: Alle Applikationsklassen benötigen die drei Basisfunktionen Parameterkanal, Diagnosekanal und Zustandsmaschine, für AK 4 kommt noch die Basisfunktion Synchronisierung hinzu. Je nach angestrebter AK werden die Basisfunktionen mit spezifischen Funktionen wie Drehzahl-Sollwert (AK 1) oder Positionierfunktion (AK 3) erweitert. Das gleiche Prinzip gilt für die anderen AKs sowie die optionalen Zusatzfunktionen (in Abbildung 8 nicht gezeigt).



**Abb. 8: Modularer Aufbau der Antriebs-Applikationsklassen aus Schnittstellenfunktionen**

### Encoder-Geräteprofil

Das Encoder-Geräteprofil definiert eine einheitliche Schnittstelle auf PROFIBUS und PROFINET, wobei entsprechend der Einsatzmöglichkeiten 4 Encoder-Klassen unterschieden werden (Abbildung 9). Die Klassen 1 und 2 umfassen einfachere Encoder, die keine takt synchrone Positions- und Geschwindigkeitssignale an die Steuerung liefern. Die Klassen 3 und 4 beinhalten leistungsfähige, takt synchrone Encoder, die einen PROFIdrive-Geberkanal zur Verfügung stellen und damit auch an Standard Motion Control-Steuern oder schnellen digitalen Regelkreisen betrieben werden können.

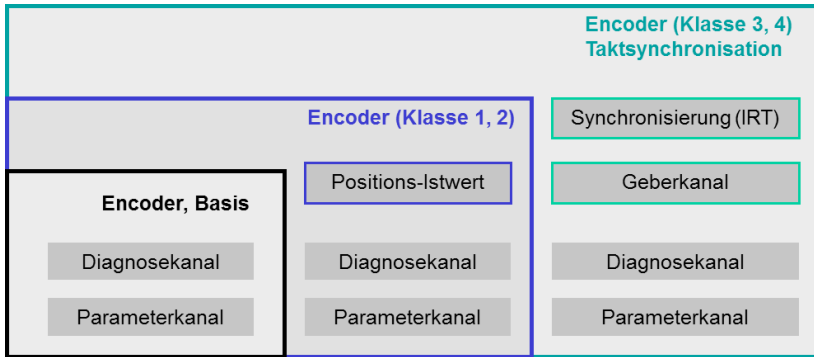


Abb. 9: Generischer Aufbau des Profils Encoder aus Schnittstellenfunktionen

## 5. PROFINET für Antriebstechnik

Ethernet ist in seiner Ausprägung „Industrial Ethernet“ in der Industrie auf Ebene der Vernetzung von Steuerungen und Visualisierungsstationen und Einbindung der Leittechnik in Unternehmensebenen seit vielen Jahren ein allseits akzeptierter Standard.

### Die optimale Lösung: PROFINET mit PROFIdrive

Die oben genannten Entwicklungsschritte haben dem Antriebsprofil PROFIdrive schon in der Vergangenheit eine führende Position unter den Antriebsprofilen gesichert. Der aktuelle Schritt hin zu Industrial Ethernet eröffnet jetzt eine weitere Leistungssteigerung:

- Im Zusammenwirken mit PROFINET wandelt sich PROFIdrive vom Antriebsprofil zu einer **leistungsfähigen, Ethernet-basierten Technologie für umfassende Antriebslösungen** mit kürzesten Zykluszeiten, höchstem Determinismus, paralleler Standard-TCP/IP-Kommunikation und vielen anderen Leistungsmerkmalen, wie sie heute von den Anwendern gefordert werden. Einzelheiten hierzu in Kapitel 6, Eigenschaften und Nutzen.
- Umgekehrt wird PROFINET im Zusammenwirken mit PROFIdrive zu einem **Antriebsbus für höchste Anforderungen** mit gleichzeitig uneingeschränkter Eignung auch für alle anderen Steuerungsaufgaben der Automatisierungstechnik (Abbildung 10) wie Kommunikation mit direkt angeschlossenen Remote I/Os oder Sensoren oder über Proxy integrierter Systeme wie PROFIBUS DP oder PROFIBUS PA.



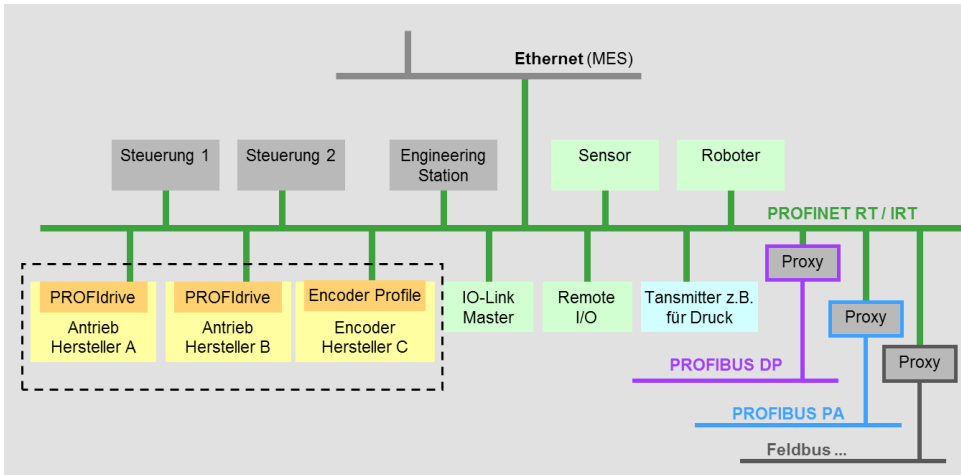


Abb. 10: PROFINET als Antriebsbus und Universalbus der Automatisierungstechnik

## 6. Eigenschaften und Nutzen

### Mehr Flexibilität

**Vorsprung durch Innovationstempo: Immer kürzere Innovations- und Produktlebenszyklen zwingen alle Branchen zu schnellen Anpassungen bei Maschinen- und Anlagenstrukturen. Zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit sind dann kurze Reaktionszeiten erforderlich! Antriebs-technik mit PROFINET bietet die hierfür erforderliche Flexibilität:**

- Die Offenheit von PROFINET bildet die Basis für ein durchgängiges und einheitliches Automatisierungsnetz in Maschinen und Anlagen mit der Möglichkeit, auch gewöhnliche Ethernet-Geräte anschließen zu können.
- Die bei PROFINET möglichen Topologiestrukturen Linie, Stern, Baum und Ring bieten alle Freiheiten bei der Konzeption einer neuen Anlage oder bei Anpassung an bestehende Strukturen. Die einfache Erweiterbarkeit der Netzinfrastrukturen auch im laufenden Betrieb ist bei Änderung oder Ausbau von Anlagen sehr hilfreich.
- PROFINET ist „100 Prozent Ethernet“ und unterstützt TCP/IP und damit die ungehinderte Nutzung von Webtechnologien.

- Mit zusätzlichem Einsatz der Profile PROFIsafe und/oder PROFInergy können sicherheitsgerichtete Kommunikationswege und ein Energiemanagement aufgebaut werden.
- Neben Antrieben mit PROFIdrive-Profil können auch andere Antriebsgeräte mit PROFINET-Schnittstelle sowie Prozess-Messgeräte für z.B. Druck oder Temperatur am gleichen Netz betrieben werden.

### **Mehr Performance**

**Performance in der Antriebstechnik heißt u.a. exakte Bewegungssteuerung und deterministische Gerätesynchronisierung. Das sind Voraussetzungen für höchste Produktqualität und Wettbewerbsfähigkeit. Antriebstechnik mit PROFINET liefert dafür die Leistungsdaten mit reichlich Reserven für künftige Anforderungen:**

- Die skalierbaren, bis unter 100 µs reichenden Zykluszeiten von PROFINET öffnen den Weg zu allen, auch den anspruchvollsten Applikationen der Antriebstechnik und Motion Control. Damit wird die Produktivität von Maschinen und Anlagen gesteigert.
- Für ganz spezielle Anwendungen und als Reserve für die Zukunft wurde die Entwicklung noch weitergeführt, so dass in der Version V2.3 eine Zykluszeit von 31,25 µs mit exakt deterministischem Verhalten zur Verfügung steht; und das ohne jede Einschränkung der Offenheit der TCP/IP-Kommunikation.
- Die Kommunikation über PROFINET ist deterministisch (Einsatz synchronisierter Taktgeneratoren) mit einem Jitter < 1 µs und gewährleistet damit höchste Präzision der ausgeführten Funktionen und damit der Produktqualität.
- Für eine bestmögliche Anlagenverfügbarkeit sorgt PROFINET durch seine Medienredundanz über integrierte Schnittstellen oder externe Switches.
- Die Anzahl der Teilnehmer an einem PROFINET-Netzwerk ist faktisch unbegrenzt.

### **Mehr Effizienz**

**Der wirtschaftliche Umgang mit Ressourcen besonders in der Fertigung ist ein schnell steigender Einflussfaktor auf den Erfolg eines Unternehmens. Anlagenverfügbarkeit, wirksame Diagnose- und Wartungskonzepte oder einfaches Engineering sind hierfür vom Anwender beeinflussbare Größen. Antriebstechnik mit PROFINET unterstützt den Anwender in allen diesen Fällen wirkungsvoll:**

- PROFINET kommt mit einem einzigen Kabel aus, für Übertragung der Maschinendaten und gleichzeitiger IT-Kommunikation. Das senkt Materialaufwand und Arbeitszeit bei Installation und Wartung.

- Bei PROFINET gibt es keinerlei Beschränkungen aus Gründen der Anlagen-topologie: Es werden Linien-, Ring- und Sternstrukturen unterstützt, mit Kupfer- oder Lichtwellenleiterlösungen; die Topologieerkennung bietet dem Betreiber einen schnellen, graphischen Überblick.
- PROFINET benötigt keine zeitraubende Eingabe der IP-Adressen, sondern nimmt die Adressierung an Hand des Gerätenamens oder – bei festgelegter Topologie – über die Nachbarschaftserkennung automatisch vor.
- Hohe Maschinenverfügbarkeit ist bares Geld und eine schneller Gerätefehlererkennung ist dafür die Voraussetzung. Die leistungsfähige Gerät- und Netzwerkd Diagnose von PROFINET liefert dem Anwender das erforderliche Werkzeug. Dem gleichen Zweck dient der Einsatz von Switchen in den Feldgeräten, da sie den Einfluss lokaler Störungen auf das Gesamtnetz verhindern und damit die Anlagenverfügbarkeit sichern.
- Bei einem Gerätetausch erhält das neue Gerät automatisch den Namen seines Vorgängers. Der Gerätetausch erfolgt ohne Einsatz eines Engineering-Tools.
- Die Steigerung der Energieeffizienz steht immer mehr im Brennpunkt bei der Optimierung von Maschinen und Anlagen. PROFINET mit seinem Profil PROFInergy bietet dazu das Werkzeug: Einzelne Verbraucher oder ganze Produktionseinheiten können in Pausenzeiten gezielt ab- und wieder angeschaltet werden.

## 7. Hinweise für Gerätehersteller

### Schnittstellenrealisierung

Die Methodik einer Schnittstellenrealisierung hängt in hohem Maße von Bauform und Leistungsumfang des Gerätes, den erwarteten Stückzahlen und von Einzelheiten des Geschäftsmodells wie z.B. Time-to-Market ab. Darauf gründen sich dann Vorfeldentscheidungen wie

- Entwicklung im eigenen Hause oder bei einem Dienstleister
- Verwendung fertiger Bausteine oder individuelles Design
- Ausführung in fixem Design als ASIC oder rekonfigurierbar in FPGA-Technologie (FPGA: Filed Programmable Gate Array)

Hilfreich für diese Entscheidung und die spätere Umsetzung ist, dass die hier relevanten Technologien PROFINET, PROFIdrive, PROFIsafe und PROFInergy alle von PROFIBUS & PROFINET International unterstützt werden. Das hat auf Seiten der Mitgliedsfirmen zu einem umfangreichen Angebot an Hard- und Softwarekomponenten sowie Dienstleistungen geführt, auf die ein Gerätehersteller bei einer Implementierung zurückgreifen kann.

### **Extern angeordnete Koppler (Protokollkonverter)**

Der Einsatz eines außerhalb des Gerätes positionierten Protokollkonverters bietet sich an, wenn das Feldgerät über eine serielle Schnittstelle verfügt und die PROFINET-Anbindung nicht im Gerät integriert werden soll oder kann. Der Konverter wird in diesem Fall an der seriellen Schnittstelle des Feldgerätes angeschlossen und setzt dessen Protokoll auf PROFINET um. Diese Lösung erfordert keinerlei Eingriffe in die Hard- und Software des Gerätes. Eine Eigenentwicklung fällt nicht an.

### **Einbaufertige Kommunikationsmodule**

Für eine geräteinterne, mit nur geringen eigenen Arbeiten verbundene Realisierung der PROFINET-Schnittstelle stehen einbaufertige Kommunikationsmodule zur Verfügung. Auf ihnen läuft das gesamte Protokoll selbständig ab, ohne Mitwirkung und daher Belastung des Geräteprozessors. Ein solcher Modul umfasst typischerweise alle Hardware-Komponenten der PROFINET-Schnittstelle einschließlich einem 2-Port-Switch. Die Eigenentwicklung besteht lediglich in der Anbindung des Moduls an die Geräteelektronik.

### **Verwendung einer Single-Chip-Schnittstelle**

Für kompakte Feldgeräte und bei Erwartung hoher Stückzahlen bietet sich eine Eigenentwicklung unter Verwendung einer Single-Chip-Schnittstelle mit Standard Ethernet Controller.

#### **Alternative 1: Asics**

- ERTEC ist ein universeller Ethernet Controller auf Basis eines 32-Bit ARM 946-Prozessors mit integriertem Switch in Ausführung mit 2 Ports (ERTEC 200) oder 4 Ports (ERTEC 400).
- TPS 1 ist ein Ethernet Controller speziell für kompakte Ein-/Ausgabegeräte und Antriebe. Er erlaubt eine einfache und kostengünstige Integration einer PROFINET-Schnittstelle für alle Kommunikationskanäle von PROFINET 2.3 zu Kosten einer Feldbusschnittstelle.

#### **Alternative 2: FPGA-Technologie**

FPGAs sind wiederverwendbare, programmierbare Siliziumchips, die so konfiguriert werden können, dass sie – ohne Schaltplatinen - bestimmte Hardwarefunktionen implementieren. FPGAs sind rekonfigurierbar und können durch Kompilierung einer anderen Schaltungsfunktion eine neue „Charakteristik“ annehmen. FPGAs erlauben das Erstellen flexibler, skalierbarer und kompakter Lösungen.

Eine optimale Unterstützung bei der Implementierung bietet das Video Your way to PROFIdrive -Kostenlose Standardimplementierung (Quellcode) von PROFIdrive:

<http://youtu.be/NBgqsRei5cl>

### Community-Projekt „Referenzimplementierung PROFIdrive Profile“

Für eine möglichst flächendeckenden Verbreitung des Antriebsprofils PROFIdrive im Zusammenspiel mit PROFIBUS und PROFINET steht für Gerätehersteller seit kurzem eine hinsichtlich Kosten- und Zeitaufwand besonders effiziente Lösung zur Profilimplementierung zur Verfügung: In Zusammenarbeit zwischen dem PI-Arbeitskreis PROFIdrive und der „IndustrialNETworX Community“ wurde im Januar 2011 unter Beteiligung zahlreicher Hersteller von Antriebsgeräten

und Technologiekomponenten das Community-Projekt „Referenzimplementierung PROFIdrive Profile“ gegründet.

[www.industrialnetworx.com/profidrive-profile](http://www.industrialnetworx.com/profidrive-profile)

#### Projektziel

Projektziel der Community ist die Entwicklungsunterstützung für Hersteller von Antriebsgeräten durch die kostenlose Bereitstellung des Quellcodes einer Standardimplementierung von PROFIdrive und deren gemeinsame Weiterentwicklung zu einer Quasi-Standardimplementierung auf der netX-Technologie. Weiterhin bietet die Community den Herstellern ihre Unterstützung bei der Integration des Quellcodes bis hin zur Zertifizierung an. Der Umfang der Standardimplementierung wird in Abbildung 11 gezeigt. Damit können Gerätehersteller die Implementierung von PROFIdrive wesentlich schneller und kostengünstiger vornehmen. Die beteiligten Hersteller von Technologiekomponenten und Development-Kits werden den Quellcode in ihre Produkte integrieren und damit eine weitere Unterstützung für Gerätehersteller bieten.

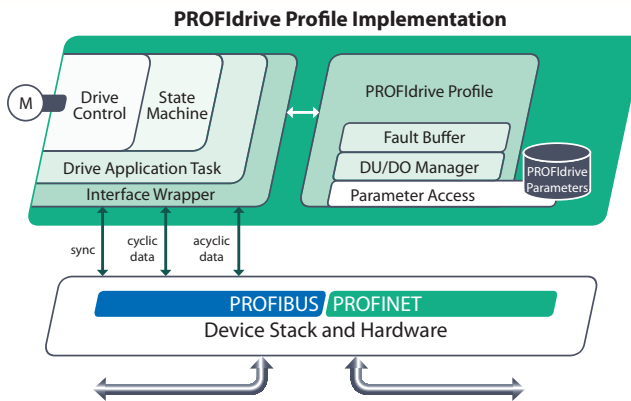


Abb. 11: Umfang der Standardimplementierung von PROFIdrive

## 8. Hinweis für Anlagen- und Maschinenbetreiber

### Umstieg von PROFIBUS auf PROFINET

Ab der in 2005 veröffentlichten Version 4.0 kann das Antriebsprofil PROFIdrive ohne Änderung an der Applikationsprogrammierung sowohl zusammen mit PROFIBUS als auch mit PROFINET eingesetzt werden. Damit wurde die Anforderung aus dem Maschinenbau nach einer einfachen und kostengünstigen Möglichkeit erfüllt, Antriebe mit unveränderter Profimplementierung auf beiden Kommunikationssystemen betreiben zu können.

Diese Doppelnutzung wird möglich, da die Architektur von PROFIdrive streng zwischen den kommunikations-unabhängigen Funktionen (das ist vor allem die Applikation) und der verwendeten Kommunikationstechnik trennt. Damit wird der Betrieb einer Applikation sowohl mit PROFIBUS als auch PROFINET möglich. Die jeweiligen Entsprechungen zeigt Abbildung 12.

PROFIdrive	PROFIBUS	PROFINET
PROFIdrive Controller	PROFIBUS DP-Master Klasse 1	PROFINET Controller
PROFIdrive P-Device	PROFIBUS DP-Slave	PROFINET Device
PROFIdrive Supervisor	PROFIBUS DP-Master Klasse 2	PROFINET Supervisor

Abb. 12: Entsprechungen der Busteilnehmer

P-Device und Supervisor sind im Objektmodell von PROFIdrive eingeführte Bezeichnungen für Antriebsgerät und Engineeringstation.

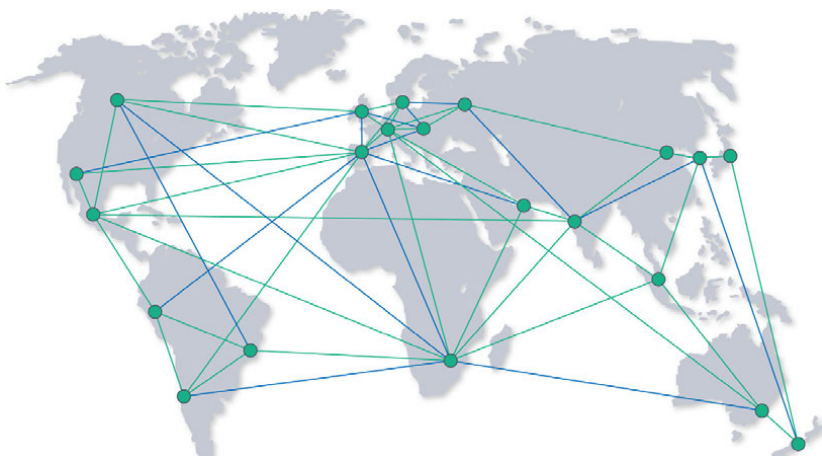
## 9. Support durch PROFIBUS & PROFINET International

### Unterstützung jeder Art und weltweit

PROFIBUS & PROFINET International ist die einflussreichste Interessengruppe in der industriellen Kommunikation mit einem international und über alle Branchen aufgespannten Netzwerk von Herstellern und Anwendern und ist gleichzeitig durch seine Vertretungen und Institutionen in zahlreichen Ländern in hohem Maße regional engagiert. Das bietet beste Voraussetzungen für einen intensiven und regional zugänglichen Support jeder Art:

- 27 regionale Vertretungen sind kompetente Ansprechpartner vor Ort und kümmern sich um die regionale Organisation und Mitgliederbetreuung.
- 48 Kompetenzzentren bieten Beratung und leisten konkreten Support in allen technischen Fragen.
- 26 Trainingscenter stehen bereit, ihr eigenes technisches Wissen und ihre praktische Erfahrungen an Hersteller und Anwender weiterzugeben.
- 11 Testlabore sind die erfahrenen Partner für eine zügige und kostengünstige Zertifizierung von Geräten.

Alle Zahlen beziehen sich auf 2012; weiter Informationen über <http://www.profibus.com/>



### **Support generiert Wettbewerbsvorteile**

Als PI-Mitglieder profitieren Gerätehersteller und Anwender von diesem einzigartigen Netzwerk und den profunden Erfahrungen von über 1400 Mitgliedsfirmen mit ihren unzähligen "PROFINetworkern". Zugleich haben sie Zugang zu allen technischen Dokumentationen und bekommen Gelegenheit, an der Entwicklung zukünftiger Technologien und Lösungen mitzuwirken. Das sind beste Grundlagen zur Erringung signifikanter Wettbewerbsvorteile.

# 10. Begriffe

## Ethernet

ist eine Kommunikationstechnologie, die Protokolle und Hardware (Kabel, Verteiler, u.ä.) für kabelgebundenen Datennetze spezifiziert und die ursprünglich für lokale Datennetze (LANs) gedacht war. Ethernet ermöglicht den Datenaustausch in Form von „Datenpaketen“ zwischen den im Datennetz zusammengeschlossenen Geräten mit Übertragungsraten von 10 Megabit/s, 100 Megabit/s (Fast Ethernet), 1000 Megabit/s (Gigabit-Ethernet) und 10 Gigabit/s.

Die Ethernet-Spezifikation umfasst Festlegungen für Kabeltypen und Stecker sowie Übertragungsformen wie Paketformate u.a. Ethernet entspricht der IEEE-Norm 802.3 und umfasst im OSI-Modell (siehe unten) die Schicht 1 (physikalische Schicht) und einen Teil von Schicht 2 (Data Link-Schicht).

Ethernet dient häufig als Basis für Netzwerkprotokolle wie TCP/IP, die im OSI-Modell in höheren Schichten liegen.

## Industrial Ethernet

ist der Oberbegriff für alle Bestrebungen, den Ethernet-Standard für die Nutzung im industriellen Umfeld zu ertüchtigen. Dazu wurden beispielsweise industrietaugliche Switches geschaffen, Hutschienen-Technik eingeführt, die EMV-Störsicherheit und Schutzarten gegen Staub und Spritzwasser erhöht und besondere Vorkehrungen für erhöhte Verfügbarkeit getroffen. Ganz besondere Bedeutung hat die Realisierung kurzer und kürzester Zykluszeiten bei gleichzeitig hohem Determinismus und Synchronverhalten sowie die Entwicklung leistungsfähiger Diagnosemechanismen.

## IEEE 802.3

Ethernet wurde in den 1970iger Jahren im Palo Alto Research Center der Firma Xerox entwickelt. In Zusammenarbeit mit den Firmen DEC und Intel wurde Ethernet später zu einem offenen Standard.

In der Folge entstanden für Ethernet eine Vielzahl an Standards, für die das **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)** und dort die **Arbeitsgruppe 802.3** (Technik für lokale Netzwerke) verantwortlich ist. Seit Einrichtung dieser Arbeitsgruppe ist der Name Ethernet das Synonym für alle von ihr vorgeschlagenen und standardisierten Spezifikationen. Ethernet ist unter 802.3 standardisiert und baut auf 802.1 (Internet Working) und 802.2 (Logical Link Control, LLC) auf.

IEEE 802.3 umfasst heute eine Vielzahl unterschiedlicher Techniken, die jeweils einzeln unter IEEE 802.3 standardisiert sind.



## ISO / OSI – Modell

Von der ISO wurde 1977 ein Referenzmodell für die herstellerneutrale und offene Architekturbeschreibung der Kommunikationsabläufe zwischen zwei Partnern (Rechner und Applikation) in Datennetzen entwickelt. Dieses OSI- (Open System Interconnection)-Referenzmodell gliedert die Gesamt-Kommunikation in 7 logische „Schichten“ (Layers) die jeweils eine Teilfunktion übernehmen. Die 7 Schichten sind bei Sender und Empfänger gleich.

Jede Schicht erzeugt mit ihren internen Prozessen einen schichtspezifischen Output, welcher der nächsthöheren Schicht als Input für deren Prozesse dient. Dank dieser Aufteilung können die Prozesse einer Schicht modifiziert und optimiert werden, ohne sogleich das ganze System anpassen zu müssen. Einzig die Servicefunktionen gegenüber den Nachbarschichten (Schnittstellenspezifikationen) müssen erfüllt bleiben.

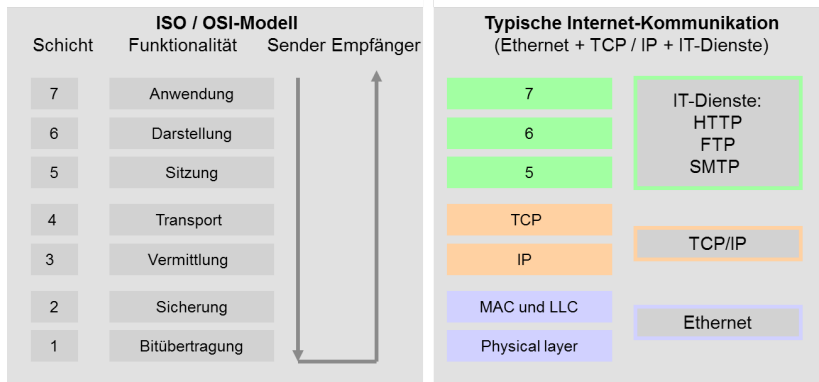


Abb. 13: ISI/OSI-Modell

### Schicht 1 (Bitübertragung)

Festlegung der mechanischen, elektrischen und optischen Eigenschaften der Übertragungsmedien.

### Schicht 2 (Sicherung)

Sicherung des Zugriffs auf das Übertragungsmedium und Gewährleistung einer fehlerfreien Übertragung. Dazu wird der Datenstrom in Blöcke (frames) zerlegt und mit einer Prüfnummer versehen, die zur Kontrolle einer fehlerfreien Übertragung des frames dient. Die Schicht 2 ist weiter unterteilt in MAC (Media Access Control, grenzt an Schicht 1) und LLC (Logic Link Control, grenzt an Schicht 3).

### **Schicht 3 (Vermittlung)**

Aufbau der Kommunikationsverbindung einschließlich Wegsuche (Routing) zwischen den Netzknoten. Bei der Kommunikation im Internet ist das grundlegende Protokoll auf Schicht 3 das IP (Internet-Protokoll). Jeder Rechner, der an der Kommunikation teilnehmen möchte, benötigt eine IP-Adresse.

### **Schicht 4 (Transport)**

Transport der Daten zwischen Sender und Empfänger sowie Bereitstellung eines einheitlichen Zugriffs für die anwendungsorientierten Schichten 5-7. Auf Schicht 4 gibt es das Protokoll TCP (Transfer-Control-Protokoll). Es nutzt die Eigenschaft von IP, einzelne Pakete zwischen Anwendungen versenden zu können. Die Protokolle TCP und IP werden oft zusammen als Kombination TCP/IP benannt.

### **Schicht 5 (Sitzung)**

Organisation der Verbindung zwischen den angeschlossenen Endgeräten über Steuerungs- und Kontrollmechanismen. Hier liegen z.B. die Protokolle HTTP oder SMTP.

### **Schicht 6 (Darstellung)**

Umsetzung von systemabhängigen Zeichen in eine unabhängige Form für den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen.

### **Schicht 7 (Anwendung)**

Bereitstellung von Diensten wie E-Mail oder Internet-Kommunikations-Diensten.

# 11. Anhang

## Skalierbarer Funktionsumfang von PROFINET (Conformance Classes und Optionen; siehe Kapitel 3, Seite 9)

	Conformance Classes			Optionen (für alle CC)
	CC - A	CC - B	CC - C	
Zyklischer Datenaustausch, Real-Time (RT),				
Azyklischer Datenaustausch, Non-Real-Time über Standard-TCP/UDP				
Zugriff auf IT-Dienste über Standard-TCP/UDP				
Auslesen von Identifikationsinformationen der Geräte (I&M-Funktion)				
Diagnose von Gerätezuständen (Abgestuftes Alarmmodell)				
Gerätemodell wie bei PROFIBUS DP erleichtert Technologiewechsel				
Modell zur Integration von PROFIBUS und anderen Feldbussen				
Netzwerkd Diagnose für Überwachung und Wartung der Netzkomponenten				
Topologieerkennung für u.a. einfachen Gerätetausch				
Topologiedarstellung für einfache Anlagendokumentation				
Isochrone Real-Time Kommunikation (IRT)				
Weiter optimierte IRT-Kommunikation für höchste Anforderungen				
Einsatz von Profil PROFIdrive für Antriebstechnik und Motion Control				
Einsatz von Profil PROFIsafe für sicherheitsgerichtete Kommunikation				
Einsatz von Profil PROFInergy für Energieeffizienzoptimierung				
Zugriff von mehreren Steuerungen auf einen Geräteingang (Shared Input)				
Aufteilung von Gerätefunktionen auf versch. Steuerungen (Shared Devices)				
Zugriff auf Geräte ohne Anlagenstillstand (Configuration in Run)				
Zeitstempelung für Alarmer und Zustandsmeldungen				
Redundanzmechanismen für hohe Anlagenverfügbarkeit				
Erweiterte I&M-Funktionen (siehe Zeile 4)				
Industrial Wireless-Kommunikation über WLAN und Bluetooth				
Aufruf eines speziellen Engineeringwerkzeuges (eines Gerätes)				
<b>Anwendungsbereiche der Conformance Classes von PROFINET</b>				
Gebäudeautomation, Prozessautomation				
Antriebstechnik, Maschinensteuerung				
Isochrone Anwendungen, Motion Control				

Abb. 14: Conformance Classes bei PROFINET

*Published by:*  
*PROFIBUS Nutzerorganisation e. V. (PNO)*  
*Member of PI (PROFIBUS & PROFINET International)*  
*Haid-und-Neu-Str. 7 • 76131 Karlsruhe*  
*Fon +49 721 96 58 590 • Fax +49 721 96 58 589*  
*[www.profibus.com](http://www.profibus.com) • [www.profinet.com](http://www.profinet.com)*

*©PROFIBUS & PROFINET International. All rights reserved.*