

Steigerung des Anwendernutzens durch sichere Antriebe mit PROFIsafe.

Dipl. Ing. Manfred Gaul

ist bei SEW-EURODRIVE GmbH & Co / Bruchsal im Bereich Marketing und Engineering
Leiter des Produktbereichs Software Tools und industrielle Kommunikation.

Dipl. Ing. (BA) Tobias Ebert

ist bei SEW-EURODRIVE GmbH & Co / Bruchsal im Bereich Marketing und Engineering
Projektleiter für Applikationen mit funktionaler Sicherheit

Durch neue Kombinationen von innovativen Entwicklungen aus dem Bereich der fehlersicheren Kommunikation, redundanten Softwarekonzepten und sicherheitsgerichteten Installationskomponenten eröffnen sich neue Möglichkeiten Produktionsabläufe effektiver zu gestalten.

So lassen sich sichere Produktionsanlagen bei gleichzeitig hoher Flexibilität und Produktivität realisieren. Vielfach werden mechanische Absperrungen überflüssig, die Zugänglichkeit somit verbessert und die Bedienung der Maschine/Anlage komfortabler. Arbeitsprozesse können effizienter gestaltet werden. Mit diesem Konzept lassen sich bei einer Reihe von Applikationen die Produktivität erhöhen, die im Folgenden erläutert werden.

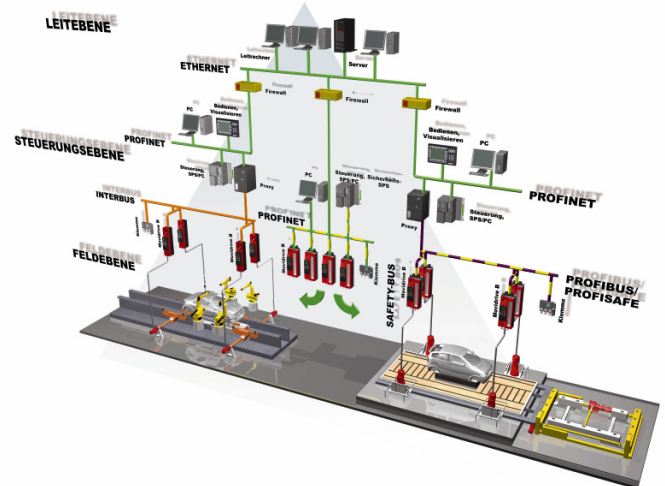
Einleitung

Anfang der 90er-Jahre setzte die Anwendung der Feldbusse ein. Schnell entwickelten unterschiedliche Hersteller anwendungsorientierte und kundennahe Lösungen. Insbesondere in Hochlohnländern mit hoher Qualifikation der Mitarbeiter und hohem Rationalisierungsdruck, gab es schnell Akzeptanz die neue Technologie einzusetzen.

Heute werden die klassischen Systeme wie PROFIBUS, INTERBUS, DeviceNet, mehr und mehr durch ethernet-basierte Systeme abgelöst. Davon hat sich PROFINET IO in der Automation bereits weitgehend etabliert. Gleichzeitig findet ein bedeutsamer Wandel in der sicherheitsgerichteten Steuerungstechnik statt, so dass der Zenit in der Entwicklung von Feldbussen noch nicht erreicht ist.

Diskret aufgebaute Lösungen auf Basis von Sicherheitsschaltgeräten und Sicherheitsrelais, werden durch flexible Lösungen mit Sicherheitssteuerungen (F-Steuerung) ersetzt. Um die Flexibilität der F-Steuerung konsequent zu nutzen, erfolgt die Datenübertragung zu den Feldgeräten auf Basis der bestehenden Bustechnologie mittels sicherheitsgerichteten Profilen, wie z. B. PROFIsafe.

Dieser Wandel der sicherheitsgerichteten Steuerungstechnik führt zu erweiterten Funktionen der Feldgeräte. So zeichnen sich moderne Antriebssysteme neben ihren regelungstechnischen Eigenschaften, auch durch ihre Kommunikationsfunktionen und Integrationsmöglichkeiten in verschiedene Automatisierungsnetzwerke (Feldbusse) aus. Die horizontale Kommunikation zwischen Steuerung und Feldgeräten wird mit sicherheitsgerichteten Profilen erweitert. Hinzu kommen neue Anforderungen hinsichtlich der vertikalen Kommunikation zwischen Feldebene und Leitebene (Manufacturing Execution Systems MES).



Netzwerktopologie bei vertikaler und horizontaler Integration mit PROFIsafe.

Im Folgenden wird hier speziell die elektrische Antriebstechnik behandelt:

Abschalten war gestern

Viele Produktionsmaschinen und Anlagenteile bedingen einen regelmäßigen Eingriff des Bedieners in den Produktionsprozess. Damit die Gefahr vor Verletzungen vermieden werden kann, muss die Maschine stillgesetzt oder derart verlangsamt werden, dass von der verbleibenden kinetischen Energie keine Gefahr ausgeht.

In der Vergangenheit galt hier die Maxime „Wegsperrern und Ausschalten“. Um Personensicherheit zu gewährleisten, wurden bisher mechanische Schutzvorrichtungen installiert, wie z. B. Abdeckungen, Absperrungen oder Umzäunungen. Die Antriebseinheiten mussten redundant von der Spannungsversorgung getrennt werden. Diese Maßnahmen schützten zwar die Mitarbeiter, führen aber

bei Wartungs- oder Umrüstungsarbeiten in den abgetrennten Arbeitsbereichen zwangsläufig zum Stopp des Anlagenbetriebs und hatten eine Reihe von Nachteilen:

- Erheblicher Zeitverlust im Produktionsfluss nach Quittierung des Stillstandes durch den Wiedereinschalt-Prozess der Antriebseinheit (Laden der Zwischenkreisspannung)
- Erhöhter Aufwand und Kosten für Installation und Montage der Schutzvorrichtungen
- Nur die „Totalabschaltung“ als sicherer Zustand konnte realisiert werden.

Flexiblere und wirtschaftlichere Lösungsansätze müssen gefunden werden, die den Aufenthalt von Mitarbeitern im Schutzbereich ermöglichen und den Anlagenbetrieb nicht beeinträchtigen.

Sichere Antriebe heute

Arbeitsunfälle vermeiden und gleichzeitig einen störungsfreien und wirtschaftlichen Anlagenbetrieb realisieren – diesen Herausforderungen muss sich auch die eingesetzte Antriebstechnik stellen. Um die Sicherheit der Mitarbeiter im Maschinen- und Anlagenbetrieb zu gewährleisten, müssen Abweichungen von vorgeschriebenen Geschwindigkeitsprofilen oder Positionen schnell erkannt werden und im Fehlerfall zur Schutzabschaltung führen.

Zur Realisierung eines weltweit gleich hohen Sicherheitsstandards im Personenschutz wurden in den letzten Jahren viele nationale und internationale Normen vereinheitlicht und dabei teilweise auch erheblich verschärft. Gleichzeitig wird in fast allen Fertigungseinrichtungen eine hohe Flexibilität bei ständig zunehmender Produktivität gefordert, verbunden mit immer höheren Materialflussgeschwindigkeiten.

Die Gefährdung von Menschen durch technische Einrichtungen so gering wie möglich zu halten, ist das Ziel der EN 954-1 bzw. EN 13849-1. Daher werden Steuerungen eingesetzt, die überwachen anstatt abzuschalten. Dabei müssen die eingesetzten Steuerungen die entsprechenden Anforderungen der Sicherheitskategorien bzw. Performance Level erfüllen.

In Bezug auf elektrische Antriebe können folgende Sicherheitsfunktionen gemäß EN 61800-5-2 realisiert werden:

Safe Torque Off-STO Sicherer Schutz gegen Wideranlauf auch bei anliegender Netzversorgung. Macht die Totalabschaltung überflüssig. Dadurch ist die Maschine/Anlage wieder schneller startklar (produktiver).

Safe Stop-SS1, SS2, SOS

Eine gefährliche Bewegung wird sicher in den Stillstand überführt.

Safely Limited Position-SLP

Ermöglicht die Zugänglichkeit von Maschinenteilen während der Produktion. Das reduziert die Zeiten an denen entweder die Maschine läuft, oder nur der Bediener an der stehenden Maschine arbeitet.

Safely Limited Speed-SLS

Ermöglicht den Zugriff zu Maschinenteilen bei z. B. geöffneten Schutzeinrichtungen während der Bewegung der Maschine.

Safe Direction – SDI

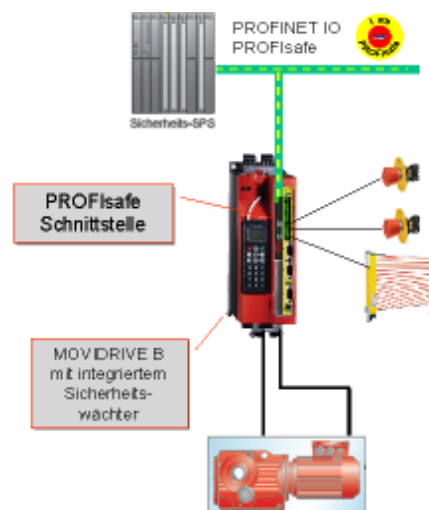
Erlaubt nur eine Bewegungsrichtung und ermöglicht somit den Zugriff zu Maschinenteilen bei geöffneten Schutzeinrichtungen und laufender Maschine.

Integrative Sicherheitskonzepte

Anlagen mit Sicherheitsanforderungen werden üblicherweise in einzelne Sicherheitszellen eingeteilt. Diese Sicherheitszellen sind in der Regel mit einer eigenen Sicherheits-Steuerebene ausgestattet und von der Steuerebene der Anlage getrennt. Die sicherheitsgerichteten Signale der einzelnen Sensoren werden von einer F-Steuerung fehlersicher verarbeitet. Diese schaltet über Ausgänge redundant aufgebaute Schützkombinationen, die ein sicheres Abschalten der Energie für Antriebseinheiten und Motoren realisieren.

Modernere und auch gleichzeitig flexiblere Installationskonzepte verzichten teilweise auf verschleißbehaftete Schützkombinationen indem zertifizierte Antriebsumrichter mit PROFIsafe Schnittstelle zum Einsatz kommen. So werden z. B. über PROFINET/PROFIsafe die notwendigen Sicherheitsfunktionen aktiviert. Die Funktion STO (Safe Torque Off) realisiert z. B. einen sicheren Schutz gegen Wideranlauf auch bei anliegender Netzversorgung.

Das folgende Bild zeigt eine Sicherheitszelle mit F-Steuerung, Sensorik und dem Antriebsumrichter MOVIDRIVE B von SEW-EURODIVE GmbH mit integrierter PROFINET/PROFIsafe Schnittstelle und integriertem Sicherheitswächter.



Durch neue Kombinationen von innovativen Entwicklungen aus dem Bereich der fehlersicheren Kommunikation, redundanten Softwarekonzepten und sicherheitsgerichteten Installationskomponenten eröffnen sich neue Möglichkeiten Produktionsabläufe effektiver zu gestalten.

So lassen sich sichere Produktionsanlagen bei gleichzeitig hoher Flexibilität und Produktivität realisieren. Vielfach werden mechanische Absperrungen überflüssig, die Zugänglichkeit somit verbessert und die Bedienung der Maschine/Anlage komfortabler. Arbeitsprozesse können effizienter gestaltet werden. Mit diesem Konzept lässt sich bei einer Reihe von Applikationen die Produktivität erhöhen.

Applikationsbeispiel Scherenhubtisch

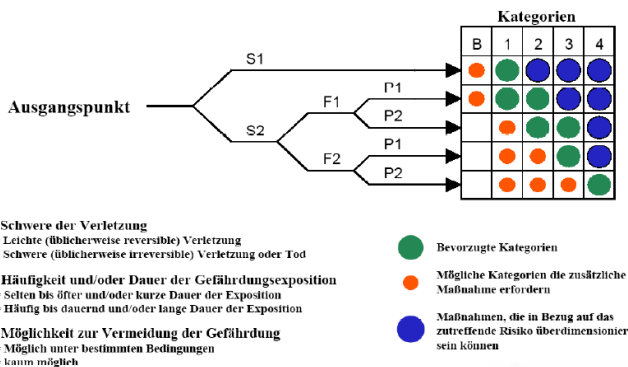
Das folgende Beispiel ist aus der Automobilproduktion und zeigt eine Applikation im Bereich der Montage. Zur Erleichterung der Montagearbeiten, werden die Skits auf einen Scherenhubtisch gefördert, der von Bediener in unterschiedliche Höhen eingestellt werden kann.

Somit liegt ein hohes Gefährdungspotential in der Fahrt- und Hubbewegung der Applikation.



Beispielhafte Risikobewertung eines Scherenhubtisches

Je nachdem, in welchem Anwendungsbereich ein Scherenhubtisch eingesetzt wird und wie lang die Aufenthaltsdauer von Personen im Gefahrenbereich des Tisches ist, ergeben sich aufgrund des Risikografen unterschiedlich Sicherheitskategorien.



Folgende Überlegungen gehen in die Risikobewertung mit ein:

S= Schwere der Verletzung

Es wird davon ausgegangen, dass bei einem Absturz des Hubtisches die Schwere der Verletzung der Einstufung „S2“ entspricht. Es kann mit bleibenden Verletzungen im Bereich von Armen, Beinen und im Falle eines Wartungseinsatzes eventuell sogar des Rumpfes gerechnet werden.

F= Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition

Hier werden die folgenden zwei Fälle unterschieden:
Ist der Tisch abgeschränkt und ein Eingriff ist lediglich im Falle einer Wartung (maximal einmal pro Tag) notwendig, dann kann hier von einer Gefährdung „F1“ ausgegangen werden.

Ist der Tisch frei zugänglich und mehrmals pro Tag begeben sich Personen in den Gefahrenbereich des Tisches (regelmäßige Produktionstätigkeiten oder unregelmäßiges Betreten des Gefahrenbereiches aufgrund von Störungen, Einstellungen, Begutachtungen) dann muss von einer Gefährdung „F2“ ausgegangen werden.

P= Möglichkeit der Vermeidung der Gefährdung

Stürzt der Scherenhubtisch ab, muss man von folgender Überlegung ausgehen:

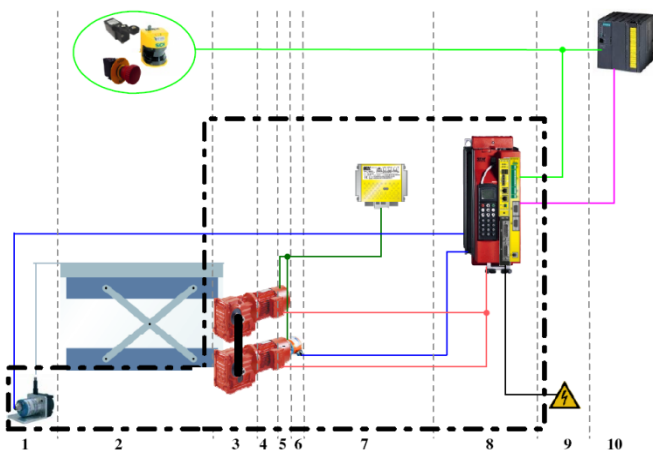
Die Zeit ist zu kurz um zu reagieren und damit der Gefahr zu entkommen.

Somit muss hier mit von der Vermeidungsmöglichkeit „P2“ ausgegangen werden.

Aus den betrachteten Punkten können sich Risikokategorien ergeben, die KAT2, KAT3 oder KAT4 entsprechen. Die endgültige Festlegung der Kategorie kann nur durch den Kunden vorgenommen werden. In dieser Applikation wurde KAT4 realisiert.

Genereller Aufbau des Antriebs- und Steuerungskonzeptes für einen Scherenhubtisch

Im folgenden Schema ist der generelle Aufbau der Applikation dargestellt. Der Scherenhubtisch als solches wird nicht näher betrachtet und dargestellt. Es wird lediglich der Antriebsstrang in seine einzelnen Komponenten zerlegt und betrachtet. Die Systemgrenze zu den Antriebskomponenten ist im Schema ersichtlich.



- 1: Streckengeber mit absoluter Weginformation
- 2: Scherenhubtisch mit Sensoren und Aktoren
- 3: Getriebe
- 4: Motor
- 5: Bremse
- 6: Motorgeber
- 7: sichere Bremsansteuerung und Abschaltung
- 8: Frequenzumrichter inklusive Feldbusanbindung und Sicherheitswächter
- 9: Energie- und PROFINET-IO / PROFIsafe Anbindung
- 10: Sicherheits-SPS

Konzepterläuterung

Der Scherenhubtisch ist mit einem Absolutwertgeber (1) ausgestattet, welcher eine absolute Position / Höhe des Scherenhubtisches liefert. Der Geber wird zum einen zur Positionierung mithilfe des Frequenzumrichters als auch zur Geschwindigkeits- und Endlagenüberwachung durch den Sicherheitswächter verwendet. Der Scherenhubtisch (2) wird von zwei Getriebemotoren angetrieben. Diese sind an A- und B-Seite der Antriebswelle des Scherenhubtisches angebracht. Die Motoren sind formschlüssig mit der Abtriebswelle verbunden. Die Verbindung zwischen Getriebe (3), Motor (4) und Bremse (5) ist ebenfalls formschlüssig. Somit kann eine Kraftübertragung der Motoren und der Bremsen auf die Antriebswelle des Scherenhubtisches gewährleistet werden. Auf einem der beiden Motoren ist ein Motorgeber (6) angebracht. Dieser wird zum einen zur Motorregelung im Frequenzumrichter und zum anderen zur Überwachung im Sicherheitswächter verwendet. Mit Hilfe einer sicheren Bremsansteuerung (7) werden die Bremsen im sicherheitstechnischen Anforderungsfall oder im Betriebsfall entsprechend abgeschaltet.

Der Frequenzumrichter (8) steuert die beiden Antriebe im Gruppenantrieb. Alle betriebsmäßigen Funktionen werden von ihm ausgeführt. Im Frequenzumrichter ist ein Sicherheitswächter integriert. Dieser überwacht verschiedene sicherheitstechnische Anforderungen. Der Frequenzumrichter und der Sicherheitswächter sind zum einen an das Stromnetz als auch an den sicherheitsgerichteten Feldbus angekoppelt (9). Um die verschiedenen applikationsabhängigen E/A's an den Scherenhubtisch anzubinden, ist über diesen Feldbus eine sicherheits-

gerichtete SPS (10) an den Frequenzumrichter sowie den Sicherheitswächter angebunden. Es besteht auch die Möglichkeit die applikationsabhängigen E/A's des Sicherheitskonzeptes direkt an den Sicherheitswächter anzuschließen.

Sicherheitsfunktionen des Konzeptes

Nicht für alle Einsatzgebiete eines Scherenhubtisches sind die sicherheitstechnischen Anforderungen identisch. Deshalb lassen sich diese Funktionen je nach Anforderung skalieren. Ebenfalls hängt es von der Beschaltung und den verwendeten Komponenten ab, welcher Sicherheitskategorie die verschiedenen Sicherheitsfunktionen genügen. Im Folgenden sind die verschiedenen Sicherheitsfunktionen aufgeführt, welche mit dem Sicherheitskonzept abgedeckt werden.

- **sicheres Bremssystem**
Wird durch zwei unabhängige Motorbremsen erreicht und durch eine jährliche Funktionsprüfung der Bremsen. Um die KAT4 zu erreichen, werden zusätzlich Schalter in die Bremsen eingebaut, welche den mechanischen Verschleiß und die Funktion prüfen. Wird benötigt zum Halten der Last.
- **Sicherheitsgerichtete Bremsenansteuerung**
=> **Safe Brake Control (SBC)**
gemäß DIN IEC 61800-5-2 (auch zeitverzögert)
Wird durch eine sicherheitsgerichtete Beschaltung in Kombination mit einem sicheren Bremssteuergerät sowie (bei Zeitverzögerung) einem sicheren Zeitglied im Sicherheitswächter erreicht. Wird benötigt zur sicherheitsgerichteten Abschaltung der Bremsenergie im Falle einer sicherheitstechnischen Anforderung (z. B. durch Nothalt)
- **Sicherheitsgerichtete Abschaltung des Antriebes**
=> **Safe Torque Off (STO) und Safe Stop 1 (SS1)**
gemäß DIN IEC 61800-5-2
Wird durch eine sicherheitsgerichtete Beschaltung in Kombination mit einer sicheren Abschaltung des Frequenzumrichters, sowie einem sicheren Zeitglied und einer Stillstandsüberwachung im Sicherheitswächter erreicht. Wird benötigt, zur Abschaltung des Motordrehmomentes im Falle einer sicherheitstechnischen Anforderung (z. B. durch Nothalt)
- **sicher begrenzte Geschwindigkeit**
=> **Safely Limited Speed (SLS) gemäß 61800-5-2**
Wird durch die Kombination aus einem oder mehreren Gebern mit entsprechender sicherheitsgerichteter Beschaltung und Überwachung der Geschwindigkeitssignale im Sicherheitswächter erreicht. Wird benötigt um in bestimmten Betriebsarten des Antriebes ein zu schnelles Heben oder Senken des Tisches zu vermeiden.
- **sicher begrenzte Lage**
=> **Safely Limited Position (SLP) gemäß 61800-5-2**
Wird durch die Kombination aus einem oder mehreren Gebern mit entsprechender sicherheitsgerichteter Beschaltung und Überwachung des absoluten Positionssignals im Sicherheitswächter erreicht. Wird benötigt um die mechanische Endlagen des Tisches zu überwachen

- **Überwachung auf Schlaffseil, Notaus, Nothalt, Betriebsartenwahl, Tippen**
Alle diese Funktionen können mit den entsprechenden Schaltern überwacht und ausgelöst werden, wenn diese sicherheitstechnisch korrekt ausgeführt und angeschlossen sind.

Applikation Portalkran

Bei Portalkränen liegt ein hohes Gefährdungspotential im Fahrwerk und im Hubwerk der Anlage. So gilt es ein Lastsacken, sowie eine Schiefstellung der Fahrachsen zu vermeiden.

Durch die Verwendung der Sicherheitsfunktionen SLP (Safely Limited Position) und SDI (Safe Direction) können Lagerbereiche von der Zugänglichkeit dynamisch gesperrt werden, sodass der Betrieb anderer Einheiten (z. B. der Staplerverkehr) nicht beeinträchtigt ist.

Die Funktion SOS (Safe Operating Stop) überwacht das elektrische Halten der Last zur sicheren Lastübergabe.

Zudem vergleicht der Sicherheitswächter permanent die Weginformationen der Geber beider Fahrachsen, sodass eine mechanische Schiefstellung sofort erfasst und vermieden wird.



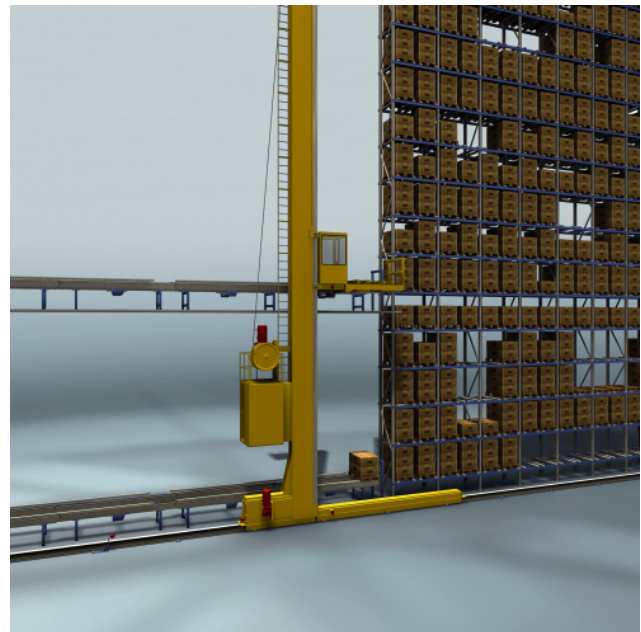
Somit führt der Einsatz moderner Sicherheitstechnik in dieser Applikation zu schnellerem Materialfluss und höher Ausnutzung der Produktionsfläche.

Applikation Regalbediengerät in der Logistik

Auch bei Regalbediengeräten stehen Fahrwerk und Hubwerk im Fokus.

Die Funktion SLP (Safely Limited Position) macht die Installation von mechanischen Endschaltern überflüssig. Die Lagerfläche kann effektiver ausgenutzt werden.

Zudem kann mittels SLS (Safely Limited Speed) die in den Endbereichen des Lagers notwendige Geschwindigkeitsreduktion überwacht werden.



Warum PROFINET IO mit PROFIsafe ?

Technologie

Im Gegensatz zu Modbus-TCP oder auch Ethernet/IP erfolgt bei PROFINET IO der zyklische IO-Datenaustausch direkt auf dem Ethernet-Layer. Anhand eines speziellen EtherType im Ethernet-Telegramm können die Teilnehmer auf unterster Protokollebene erkennen, dass es sich um ein PROFINET IO-Telegramm handelt. Zusammen mit der Telegramm-Priorisierung und der Verwendung eines switched Ethernet wird das deterministische Kommunikationsverhalten realisiert und Zykluszeiten von 1..10 ms erreicht, was mit TCP/IP basierenden Systemen in der Regel nur durch Optimierungen möglich ist.

Breites Spektrum an Feldgeräten

Da die PROFINET-Technologie von der PROFIBUS Nutzerorganisation (PNO) forciert wird, ist zukünftig ein breites Spektrum an Feldgeräten für PROFINET IO zu erwarten. Schon heute arbeiten viele Arbeitskreise innerhalb der PNO an der Umsetzung der Profile auf PROFINET IO. Daran beteiligt sich auch SEW-EURODRIVE mit Engagement.

Safety auf PROFINET

Im Bereich der sicherheitsgerichteten Kommunikation spiegelt sich die Vielfalt der Feldbusprotokolle in der Vielfalt der Sicherheitsprotokolle wieder, die durch die Standardkommunikation getunnelt werden. Mit erheblichen Investitionen für Test und Zertifizierung müssen die Komponentenhersteller die busspezifischen Sicher-

heitsprotokolle qualifizieren. Auch hier bietet PROFINET IO die Chance, basierend auf den Entwicklungen und Erfahrungen aus dem Bereich PROFIBUS DP, die PROFI-safe-Technologie auf das Medium „Ethernet“ zu adaptieren.

Ausblick

Im Bereich der sicheren Kommunikation arbeiten zur Zeit einige Nutzergruppen. So forciert die ODVA das CIP Safety Protokoll, die ETG hat ihr „Safety over EtherCAT“ bereits zertifiziert. Hier werden in naher Zukunft weitere Produkte und Lösungen erwartet.

Auch in der Antriebstechnik wird der Trend anhalten sicherheitsgerichtete Funktionen stärker zu integrieren. Dabei gibt es schon heute erste antriebsintegrierte Sicherheitssteuerungen, die es ermöglichen F-E/As lokal zu verarbeiten.

Im „Safety-Umfeld“ bleibt also die Spannung noch einige Zeit erhalten.



Manfred Gaul

ist bei SEW-EURODRIVE GmbH & Co / Bruchsal im Bereich Marketing und Engineering

Leiter des Produktbereichs Software Tools und Industrielle Kommunikation .



Tobias Ebert

ist bei SEW-EURODRIVE GmbH & Co / Bruchsal im Bereich Marketing und Engineering

Projektleiter für Applikationen mit funktionaler Sicherheit

Dokumentationsverweise

- Norm „Sicherheitsanforderungen an Hubtische“ prEN 1570: 2006
- Norm „Sicherheitsanforderungen an Hubtische“ EN 1570: 1998