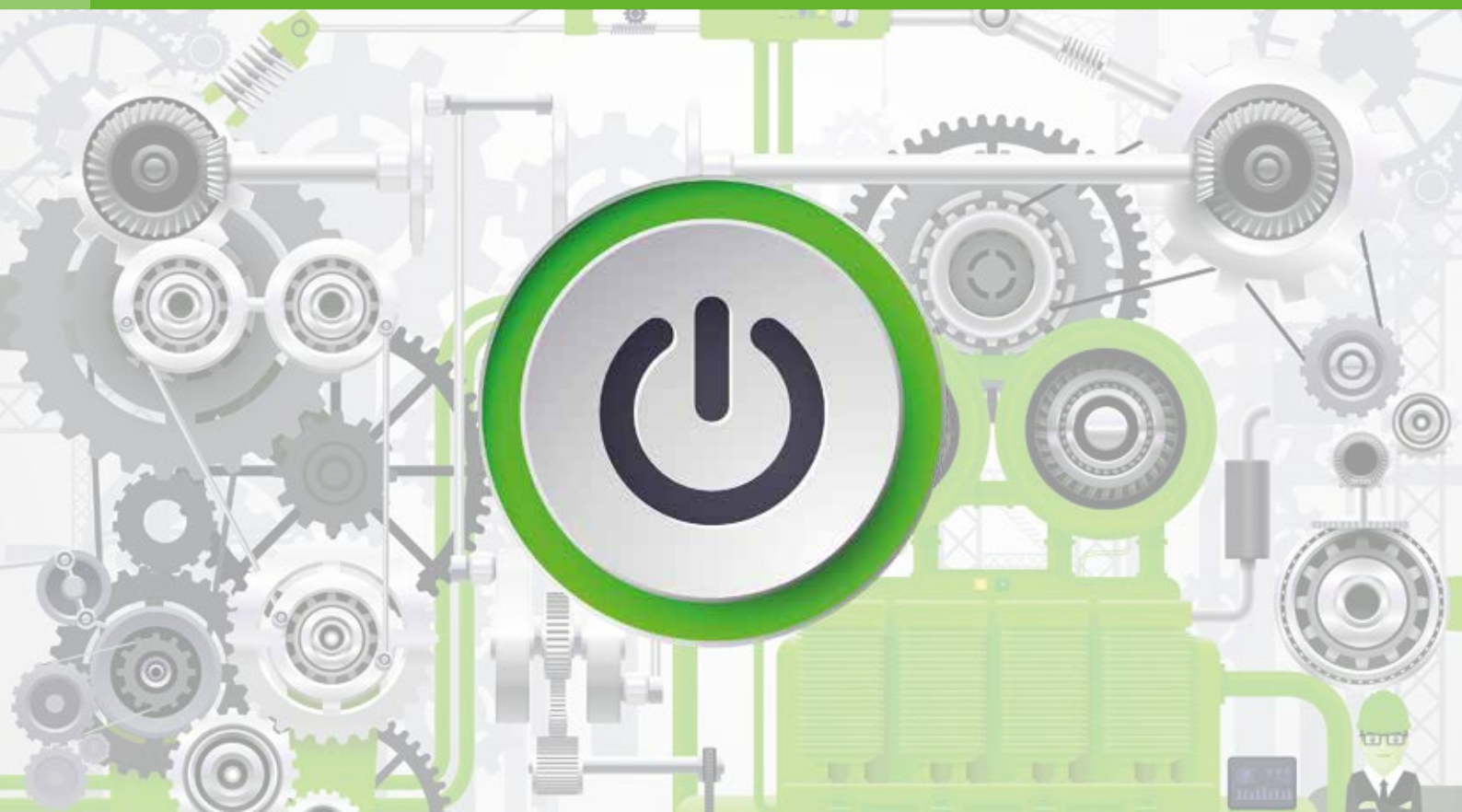


White Paper

Spannungsversorgung der Zukunft in der Feldebene

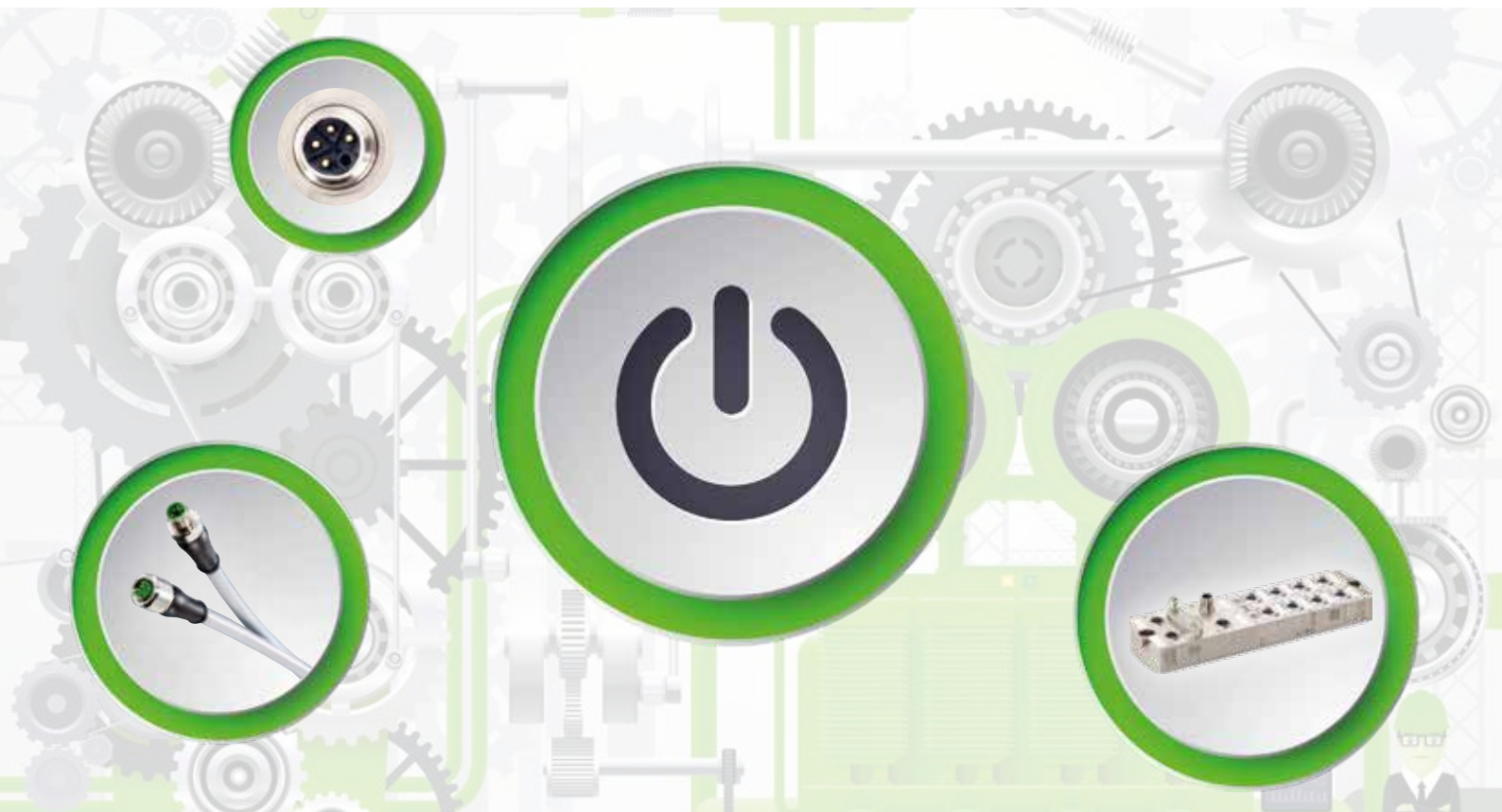
M12 Power (L-kodiert)



Die Spannungsversorgung der Zukunft in der Feldebene

Bei der Digitalisierung in der Automatisierungstechnik spielt die Dezentralisierung eine entscheidende Rolle. Anwendungen und Komponenten werden im Sinne der „Zero-Cabinet-Philosophie“ vermehrt aus dem klassischen Schaltschrank (IP20) in die maschinennahe Feldebene (IP67) verlagert und dabei in kleinere Funktionseinheiten bzw. Maschinendesigns aufgeteilt. Ein zunehmender Automatisierungsgrad und die Erfordernis der Abbildung von „Digital Twins“ geht mit einer steigenden Signal- und Datendichte bei gleichzeitig geringerem Platzbedarf einher. Durch diese „Miniaturisierung“ steigt der Energie bzw. Leistungsbedarf.

Dieses Whitepaper gibt einen Überblick über wichtige Änderungen in der Feldebene, vor allem für PROFINET-Anwendungen, in Bezug auf die Normung bzw. Standardisierung von Leistungssteckverbindern.



Die neue M12 L-Kodierung ist das finale Glied für die ganzheitliche Standardisierung von I/O-Module bzw. Feldgeräten.

Inhalt

Digitale Transformation erfordert Standards	4
Funktionserdung und ihr Zweck	7
PI-Guideline für die PROFINET-Verdrahtung	10
Fazit	13
Literatur	14

Digitale Transformation erfordert Standards

Die digitale Transformation erfordert in vielen Bereichen ein Umdenken. Dabei kommt der Normung und Standardisierung eine ganz entscheidende Rolle zu, insbesondere beim Thema Anschlusschnik.

Normen und Standards definieren den Stand der Technik und die Anforderungen an Produkte. Dadurch werden ein Technologietransfer und die Interoperabilität von Komponenten unterschiedlicher Hersteller möglich. Folglich sichert es auch Investitionen.

Bei der Digitalisierung ist die Fähigkeit zur Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen und Komponenten essentiell. Dabei müssen verschiedenste Geräte nicht nur miteinander kommunizieren, sie müssen zuerst auch mechanisch miteinander verbunden werden.

Anwender erhalten durch die Normung und Standardisierung die erforderliche Sicherheit, dass Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammenarbeiten. Sie können auf dieser Basis ein technologiebasiertes Gesamtkonzept für Maschinen und Anlagen erarbeiten.

Standards für den Signal- und Datenaustausch

Seit längerem existieren internationale Standards für den Signal- und Datenaustausch in den Normen IEC 61076-2-101 [1] und IEC 61076-2-109 [2]. Diese Normen legten den Grundstein für die heutige führende Rolle des M12-Steckverbinders für den Anschluss für Sensorik und Aktorik sowie die Feldbus- und Netzwerktechnik.

In Bezug auf Ethernet-fähige I/O-Feldbusmodule stehen der A-kodierte und D-kodierte M12-Steckverbinder (Abb. 1) heraus. Sie bilden einen De-facto-Standard.

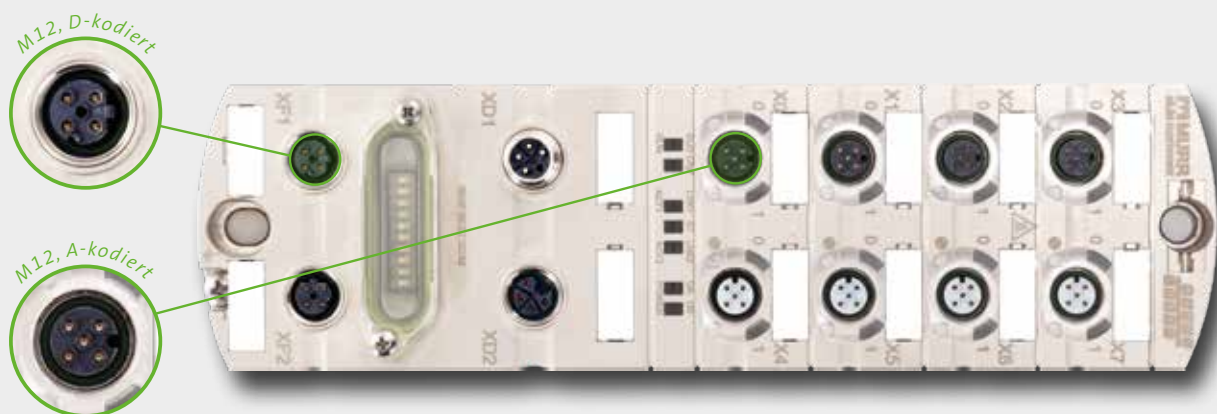


Abb. 1 Aufbau eines Ethernet-fähigen Feldbusmoduls in Schutzart IP67. Oben ist ein D-kodierter M12-Steckverbinder für den Datenaustausch (Busprotokoll) und unten ein A-kodierter M12-Steckverbinder für den Signalaustausch (I/O) zu sehen, jeweils als Buchse (Female).

Standards für die Leistungsübertragung / Versorgungsspannung

Bei Steckverbindern für die Leistungsübertragung bzw. Versorgungsspannung existierte lange Zeit keine Normung. Dies führte zu einer großen Vielfalt in der Anwendung: Von M12 A-kodiert, über 7/8" bis hin zu M23 waren viele Steckverbinder-Technologien vertreten.

Während Anwender sich fast sicher sein konnten, ihre bisherigen Signal- und Datensteckverbinder (M12 A- und D-kodiert) weiterhin nutzen zu können, war es bei Versorgungssteckverbindern meist nicht der Fall. Teilweise war ein Produktwechsel sogar mit zusätzlichem Änderungsaufwand in der Funktionserdung verbunden.

Auf Grund dieser Diskrepanz ist jüngst eine eigene Norm für die Leistungssteckverbinder in der IEC 61076-2-111 [3] entstanden, welche die sogenannten M12-Power-Steckverbinder beschreibt.

In dieser Norm finden sich die Power-Kodierung S, L, K und T für M12.

Während die S- und K-Kodierung für Wechselstromapplikationen (AC) bis 630V und 12 A gedacht ist, wurden T- und L-Kodierung für Gleichstromanwendungen (DC) bis 63V und 12 A bzw. 16 A entwickelt.

Die S-Kodierung verfügt über vier Kontakte, drei Leiter plus PE (eng. Protective Earth, Schutzleiter). Daneben existiert die K-Kodierung mit fünf Kontakten: vier Leiter plus PE.

Die L-Kodierung verfügt im Gegensatz zur T-Kodierung neben vier Leitern auch über einen zusätzlichen Kontakt für die Funktionserdung (FE).

M12 Power L-Kodierung

Die L-Kodierung (Abb. 2) eignet sich besonders gut als Versorgungssteckverbinder von dezentralen Feldgeräten, zum Beispiel für I/O-Feldbusmodule.

Diese neue Kodierung bietet fast 80 Prozent mehr Leistung gegenüber bisherigen 7/8"-Lösungen – sie überträgt 16 A gegenüber 9 A. Dabei fallen die Abmessungen etwa 30 bis 40 Prozent kleiner aus.

Der neue L-kodierte M12-Steckverbinder trägt nicht nur der fortschreitenden Miniaturisierung Rechnung, sondern ist zugleich der finale Baustein für die ganzheitliche Standardisierung von Feldgeräten.

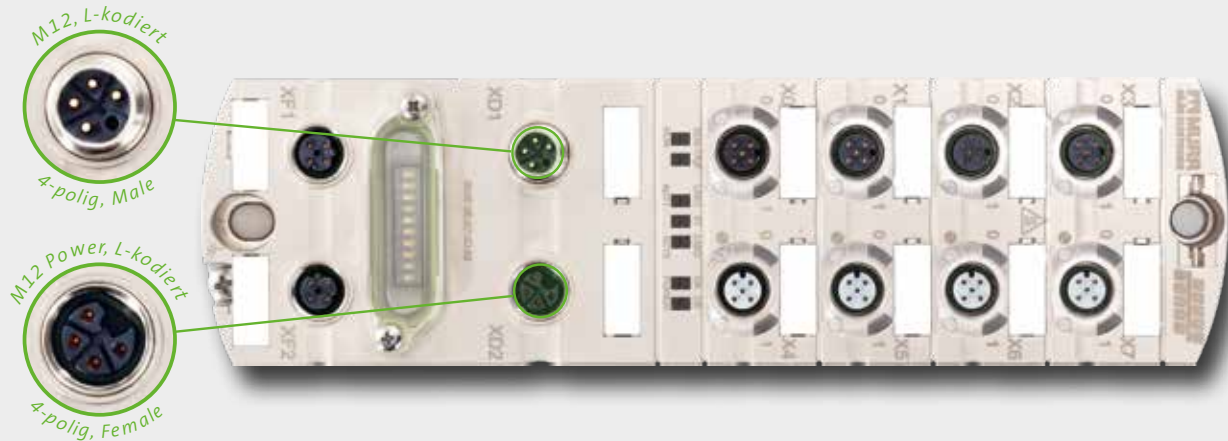


Abb. 2 Die M12 L-Kodierung ist als Spannungsversorgungsanschluss eines Feldbusmoduls als Stecker (Male) und Buchse (Female) zu sehen.

Funktionserdung und ihr Zweck

Die Funktionserdung bzw. der FE-Kontakt dient nicht der Schutzfunktion oder Sicherheit. Vielmehr sorgt sie – wie es der Name schon sagt – für das einwandfreie Funktionieren bzw. den störungsfreien Betrieb von Anlagen, Maschinen und Geräten.

Die Funktionserdung dient der Ableitung von elektromagnetischen Störungen aus der Geräteelektronik und trägt damit zur EMV-Festigkeit bei. Außerdem legt ein FE-Kontakt gemeinsame Bezugspotentiale zwischen elektrischen Einrichtungen und Geräten fest, um Störspannungen zu mindern. Dadurch soll ein störungsfreier Betrieb gewährleistet werden.

Methoden der Funktionserdung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Funktionserdung bei Feldgeräten herzustellen. Die gängigsten Methoden sind der Einsatz von flächigen Erdungs- bzw. Massebänder sowie die Erdung über Steckverbinder (FE-Kontakt). Manchmal kommen beide Methoden gleichzeitig zum Einsatz (Abb. 3).

Bei der Erstellung eines Erdungskonzepts ist zu beachten, dass Elektronen mit steigender Frequenz nicht über den gesamten Leitungsquerschnitt, sondern vermehrt auf der Leiteroberfläche fließen bzw. dahin gedrückt werden. Dieses Phänomen nennt man Skin-Effekt. Ausschlaggebend für die Störableitung ist deshalb nicht der Leiterquerschnitt, sondern die Leiteroberfläche. Feinlitzige (flächige) Massebänder haben eine größere Oberfläche als runde Steckverbinder und eignen sich deshalb besser für die Störableitung.

Berücksichtigt werden sollte auch, dass jede Verbindungsleitung eine gewisse Induktivität besitzt. Mit zunehmender Leitungslänge und Frequenz nimmt ihre Impedanz zu. Bei Massebändern ist die Induktivität wesentlich geringer als bei Verbindungsleitungen gleichen Querschnitts. Zur Abführung von Störspannungen, die zwischen dem Feldgerät und der Bezugserde wirken, ist deshalb eine niederimpedante und möglichst kurze Verbindung zwischen dem Erdungspunkt und der Bezugserde zu empfehlen.

Weiterführende Regelungen zum Umgang mit Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen sind in der IEC 60364-4-44 [5] zusammengefasst.

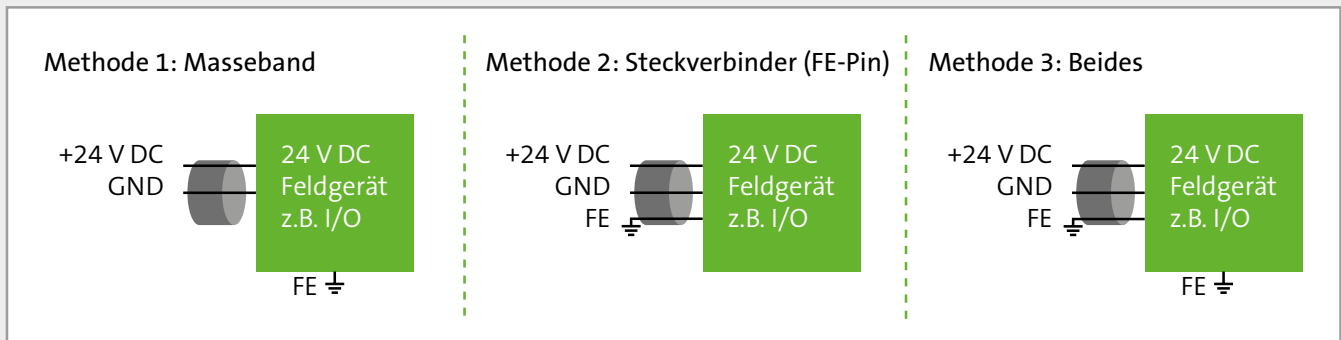


Abb. 3 Verschiedene Methoden der Funktionserdung bei Feldgeräten. Je nach verwendetem System ist eine Erdung über ein Masseband, den Steckverbinder (FE-Pin) oder beides möglich.

Methode 1: Erdung über Masseband

Bei einer Funktionserdung über ein Masseband wird ein spezielles Band am Erdungspunkt des Gerätegehäuses (z.B. mit XE oder dem Symbol für Funktionserdung gekennzeichnet) und der Bezugs Erde z.B. per leitender Metallschraube und Unterleg- sowie Zahnscheibe befestigt. Bei dieser Methode der Erdung werden Störungen direkt am jeweiligen Gerät abgeleitet (Abb. 4) und bieten deshalb eine sehr gute Lösung aus Sicht der Entstörung.

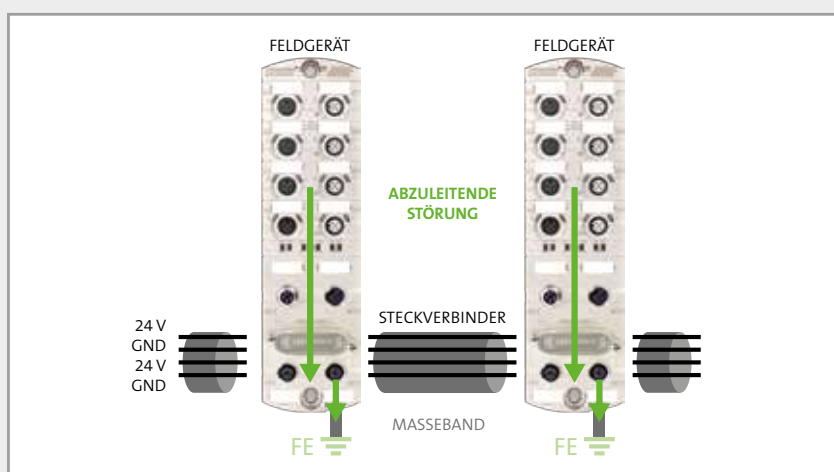


Abb. 4 Methode 1: Bei einer Funktionserdung über ein Masseband werden Störungen über dieses direkt am Gerät abgeleitet.

Methode 2: Erdung über Steckverbinder

Verfügt das verwendete System über einen FE-Kontakt sowohl im Steckverbinder wie auch im Feldgerät, so ist eine Funktionserdung direkt über den Steckverbinder möglich. Dies geschieht über das Anschließen des Steckverbinders an das I/O-Modul oder das Feldgerät. Darüber hinaus ist es notwendig den FE-Kontakt des ersten bzw. des von ganz links kommenden Steckverbinders mit der Bezugserde zu verbinden. Bei dieser Methode der Erdung werden die Störungen durch das Gerät bzw. die Geräteelektronik geschleift (Abb. 5).

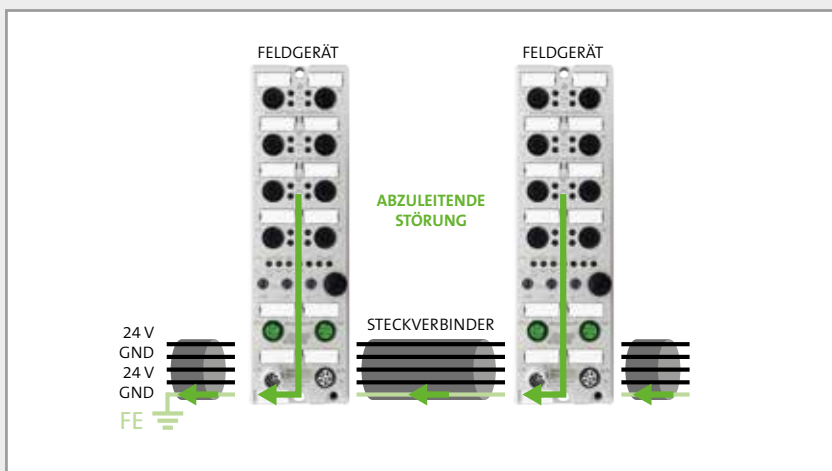


Abb. 5 Methode 2: Bei einer Funktionserdung über den FE-Kontakt im Steckverbinder werden Störungen durch die Geräteelektronik geschleift.

Methode 3: Erdung über Masseband und Steckverbinder

Häufig verfügen Feldgeräte, die einen FE-Kontakt haben, auch über einen zusätzlichen Erdungsanschluss am Gerätegehäuse für die Anbringung eines Massebandes. Für PROFINET-Geräte ist ein externer Erdungsanschluss sogar Pflicht.

In Abhängigkeit der Anwendung kann es erforderlich werden, eine zusätzliche Funktionserdung am Gehäuse über das Masseband vorzusehen, um eine ausreichende Störfestigkeit des Gerätes zu erreichen. Bei doppelter Funktionserdung sollte berücksichtigt werden, dass weitere elektromagnetische Effekte im Erdungssystem auftreten können, z.B. die Bildung von Induktionsschleifen.

PI-Guideline für die PROFINET-Verdrahtung

Dass einheitliche Steckverbinder dem Anwender die Arbeit erleichtern, hat die Nutzerorganisation „PROFIBUS and PROFINET International“ (PI) schon lange erkannt und deshalb für PROFINET-Systeme eindeutige Standards definiert.

In der Guideline „PROFINET Cabling and Interconnection Technology“ [4] legt PI diese Standards fest. In der aktuellen Fassung (Mai 2017) sind neue Standards für die Spannungsversorgung von Feldgeräten dazugekommen, die aktuelle Trends und Technologien einbeziehen.

Anstatt mit einer leistungsabhängigen Ausrüstung, entweder mit einem M12 A-kodierten oder einem 7/8"-Steckverbinder, sollen zukünftig alle PROFINET-Feldgeräte mit dem neuen M12 L-kodierten-Steckverbinder ausgerüstet werden.

Dabei wurden eine 4-polige und eine 5-polige Variante in die Guideline aufgenommen, die mechanisch zueinander kompatibel sind. Die 5-polige Variante hat neben vier Leitern einen zusätzlichen Funktions-erde-Kontakt.

Zur besseren Kenntlichkeit bzw. Unverwechselbarkeit ist eine Farbkodierung (Abb. 6) eingeführt worden:

- 4-polige-Varianten sind generell im Kontaktträger als auch Kabel schwarz ausgelegt,
- 5-polige-Varianten sind in beiden Fällen grau.

Damit bietet die neue M12 L-Kodierung eine kompatible Lösung zwischen beiden Erdungsvarianten.

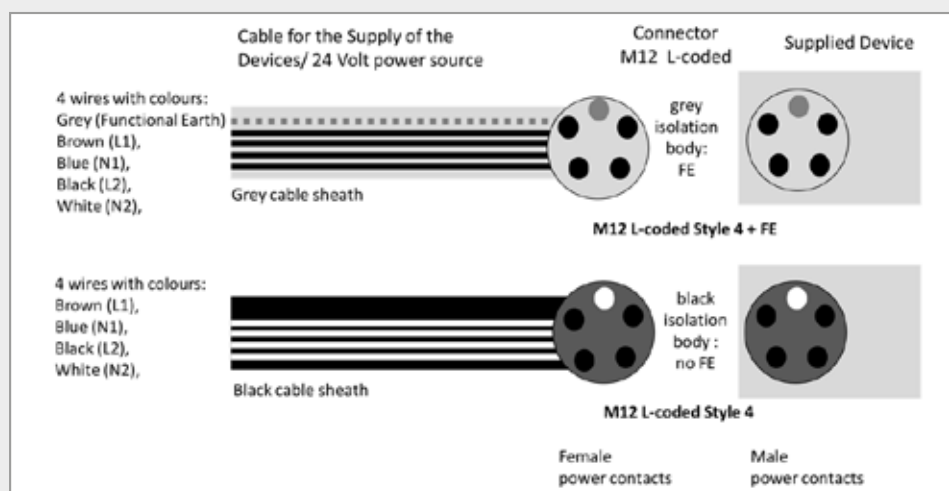


Abb. 6 [4]: Auszug aus der „PROFINET Cabling and Interconnection Technology“ Guideline für M12 L-kodierte Steckverbinder.

Migration von alten Systemen

Bisherige, leistungsabhängige, Versorgungssteckverbinder (im PROFINET-Umfeld) sind auf Grund der unterschiedlichen Bauart nicht kompatibel zueinander. Somit müssen Anwender, die z.B. im Nachhinein eine höhere Leistung in Ihrem System benötigen, neben den I/O-Modulen auch die gesamten Versorgungssteckverbinder austauschen.

Mit dem neuen L-kodierten System werden solche Probleme der Vergangenheit angehören, da alle künftigen PROFINET-Geräte mit diesem Steckverbinder ausgerüstet werden und eine enorme Leistungssteigerung bieten.

Einmalige Aufwände entstehen weiterhin, wenn man auf das neue System migrieren will. Um den Umstellungsgrad so gering wie möglich zu halten, sind folgende Wege zu empfehlen:

#	Bisheriger Versorgungssteckverbinder	Empfehlung für das neue System
1	M12 oder 7/8", 4-polig	M12 L-kodiert, 4-polig
2	M12 oder 7/8", 5-polig	M12 L-kodiert, 5-polig
3	Andere	Freie Wahl

Kompatibilität innerhalb der L-Kodierung

Auf Grund der gleichen Bauartnorm und der mechanischen Kompatibilität des L-kodierten Steckverbindersystems ist – wie die folgende Tabelle zeigt – theoretisch eine Vermischung innerhalb der L-Kodierung möglich:

#	L-kodierter Steckverbinder	L-kodiertes Feldgerät	Funktionserdung
1	4-polig	4-polig	Masseband
2	4-polig	5-polig (4+FE)	Masseband
3	5-polig (4+FE)	5-polig (4+FE)	Steckverbinder (und optional zusätzlich über Masseband)

Nach diesem Bild kann ein 5-poliges Feldgerät universell für 4-polige und 5-polige L-kodierte Anwendungen verwendet werden, tatsächlich genutzt sollte es aber nur in Ausnahmefällen werden.

Je nach Auslegung der Funktionserde sollte die Entscheidung entweder für das 4-polige oder das 5-polige System getroffen werden, um Installationsfehlern bereits im Vorfeld vorzubeugen.

Die Farbkodierung – Grau und Schwarz – kann eine große Hilfestellung geben, um eine solche Vermischung bei der Installation zu erkennen und umgehend zu beseitigen.

Andere Konstellationen als die dargestellten sind nicht zu empfehlen, da es im Extremfall zu Störungen oder Zerstörung der eingesetzten Feldgeräte führen kann.

Fazit

Die L-Kodierung für M12-Steckverbinder verändert die Geräteanschlusstechnik für Feldgeräte signifikant. Mit einer Strombelastbarkeit von 16 A in der Größe eines M12-Steckverbinders sind diese Steckverbinder wie gemacht für die Anwendung im Feld.

Ergänzend zu den etablierten internationalen Standards für den Signal- und Datenanschluss in M12-Technologie gibt es mit M12 Power (L-kodiert) nun auch eine zukunftsfähige Lösung für die Leistungsübertragung bzw. Versorgungsspannung im Feldbereich.

Anwender erhalten den finalen Baustein zur gesamtheitlichen Standardisierung von Feldgeräten, womit die Steckverbindervielfalt sinkt und „Plug & Play“ Realität wird. Dies bringt nicht nur die Sicherheit hinsichtlich der Interoperabilität von Komponenten unterschiedlicher Hersteller, sondern stellt auch einen Schutz von Investitionen dar.

Durch die hohe Belastbarkeit von bis zu 16 A (je Pin) lässt sich das volle Leistungspotential von Feldgeräten mit der L-Kodierung ausschöpfen und es können größere Modulketten gebildet werden. Dies senkt den Verdrahtungsaufwand und verkürzt die Installationszeit. Einer zunehmenden Dezentralisierung hin zu „Zero Cabinet“ steht damit nichts mehr im Wege.

Murrelektronik bietet als Lösungsanbieter in der dezentralen Installationstechnik neben den L-kodierten M12-Power-Steckverbindern auch die passenden I/O-Feldbusmodule, Netzteile, Stromüberwachungssysteme sowie ein umfangreiches Portfolio an Zubehör (Abb. 7).

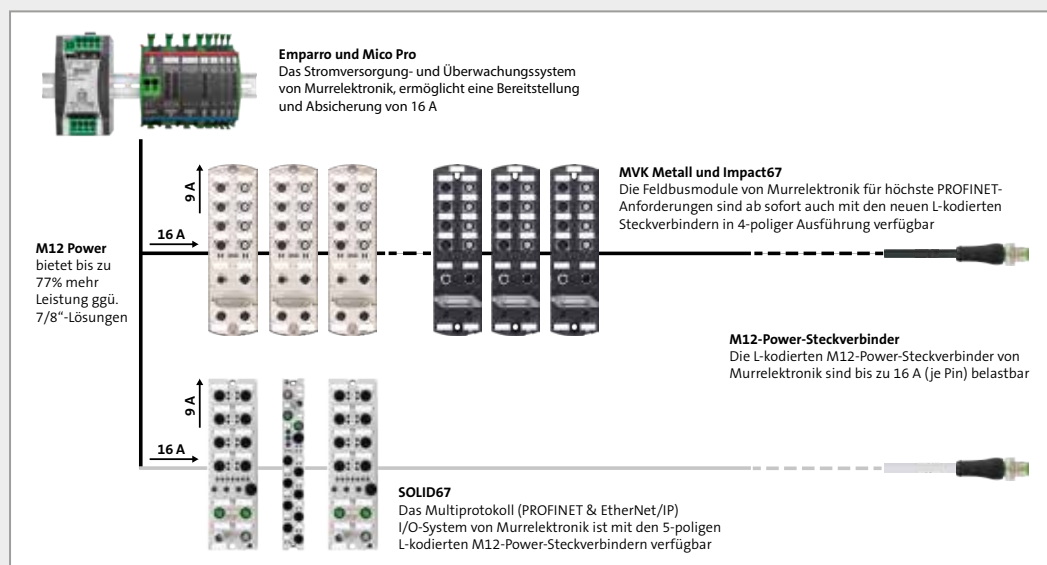


Abb. 7 Die L-Kodierung des M12 Power bietet im Bereich der Feldbusmodule für das industrielle Feld einen enormen Leistungsschub und ermöglicht wesentlich längere Ausdehnungen von Modulketten.

Literatur

- [1] IEC 61076-2-101:2012-04 Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-101: Circular connectors – Detail specification for M12 connectors with screw-locking. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genf/Schweiz.
- [2] IEC 61076-2-109:2014-04 Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-109: Circular connectors – Detail specification for connectors with M 12 x 1 screw-locking, for data transmission frequencies up to 500MHz. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genf/Schweiz.
- [3] IEC 61076-2-111:2017-11 Connectors for electrical and electronic equipment – Product requirements – Part 2-111: Circular connectors – Detail specification for power connectors with M12 screw-locking. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genf/Schweiz.
- [4] PROFINET Cabling and Interconnection Technology, Version 4.00 – Date May 2017. PROFIBUS & PROFINET International (PI), Karlsruhe/Deutschland.
- [5] IEC 60364-4-44:2007/AMD2:2018 Amendment 2 – Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genf/Schweiz.



White Paper von

Mail

Paul.Just@murrelektronik.de

Web

Senior Product Manager**Phone: +49 (0)7191 47 4212****Mobile: +49 (0)174 926 2953**

Über den Autor

Paul Just ist seit November 2018 Senior Product Manager am Hauptsitz von Murrelektronik in Oppenweiler (Baden-Württemberg) und baut den Produktbereich Innovation & Platform Automation weiter aus. Er verfügt über mehr als sieben Jahre

Erfahrung in der industriellen Automatisierungstechnik, insbesondere im Bereich von Industrienetzwerken und I/O-Systemen. Er hat Kunden und Partner bei der Systemintegration unterstützt und viele Technologie-Workshops abgehalten.

Über Murrelektronik

Murrelektronik ist ein international agierendes Familienunternehmen in der Automatisierungstechnik mit über 2700 Beschäftigten. Ziel und Aufgabe von Murrelektronik ist es, Maschinen- und Anlageninstallationen zu optimieren und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Kunden zu erhöhen. Die Dezentralisierung ist die Paradedisziplin: die Steuerungsebene in Maschinen und Anla-

gen wird mit bewährten Konzepten und neuen Technologien optimal mit der Sensor-Aktor-Ebene verbunden. Eine enge Kundenbeziehung ist entscheidend, um individuelle Lösungen für eine optimale Maschineninstallation zu entwickeln. Eine hohe Verfügbarkeit der Produkte rundet das Leistungsspektrum von Murrelektronik und das Kundenerlebnis ab.