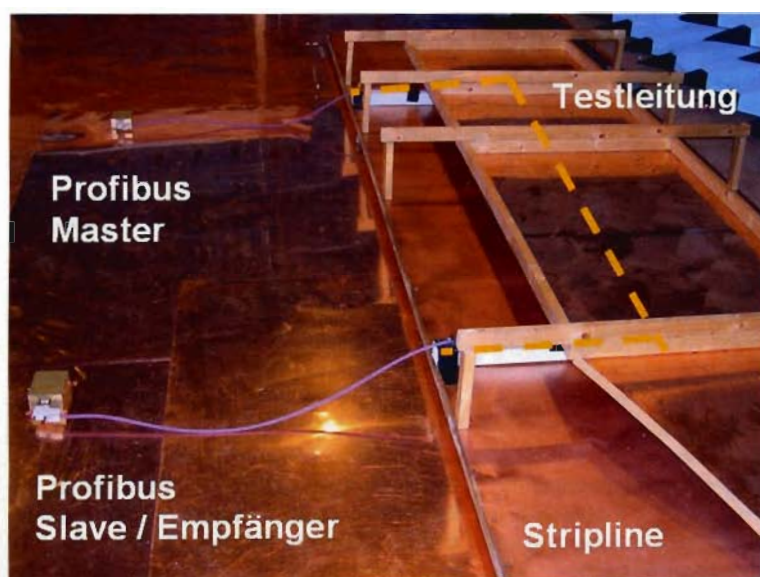


Entwicklung einer Busleitung mit Ferritabschirmung

## Doppelt genäht hält besser

Bussysteme, die oft in rauer industrieller Umgebung eingesetzt werden, sind dort nicht selten starken elektromagnetischen Störungen ausgesetzt. Je länger die Leitungswege sind, umso mehr steigt das Risiko, dass umgebende elektromagnetische Felder in die Leitung eingekoppelt werden. Um in diesem Umfeld eine zuverlässige Datenübertragung zu gewährleisten, müssen sie speziell gegen störende elektromagnetische Felder geschützt werden – am besten „doppelt genäht“, wie bei einer neuen Profibus-Leitung.



Messaufbau zur Untersuchung der Abschirmwirkung der neuen Lapp-Profibus-Leitung am Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik an der Universität Stuttgart

In der Regel werden in EMV-belasteten Umgebungen Leitungen gemäß der Profibus-Spezifikation eingesetzt, deren doppelter metallischer Schirm aus Metallfolie und Kupfergeflecht besteht. Dieser schützt die auf der Leitung übertragenen Signale vor störender

elektromagnetischer Beeinflussung. Bei besonders kritischen Anwendungen reicht aber u.U. eine standardmäßig geschirmte Busleitung für die erhöhten Anforderungen nicht aus. Da solche Applikationen verstärkt zunehmen, entwickelte Lapp Kabel eine Profibus-Leitung mit verbesserter Abschirmung. Gefordert war für diese neue Leitung neben der deutlich besseren Abschirmung die Einhaltung der Profibus-Spezifikation. Darüber hinaus sollte die Leitung flexibel und leicht abmantelbar sowie verglichen mit der Standard-Profibus-Leitung nicht deutlich teurer sein.

### PRAXIS PLUS

Unter hohen elektromagnetischen Störfeldern, die in industrieller Umgebung bei der zunehmenden Vernetzung immer häufiger vorkommen, erreichen durchgehend ferritgeschirmte Profibus-Leitungen deutlich verbesserte Störfestigkeiten. Mit Unitronic BUS L2/FIP EMC plus bietet Lapp eine EMV-sichere Leitung für solche Anwendungen an.

### Die Wirkungsweise der Abschirmung

Die Idee war schnell geboren: Zusätzlich zum doppelten Metallschirm sollte die neue Leitung eine direkte ferromagnetische Abschirmung erhalten. Auf diese Weise lassen sich

die unterschiedlichen Effekte zur Abschirmung elektromagnetischer Felder ergänzen, denn elektromagnetische Wellen setzen sich aus zwei Komponenten zusammen – dem elektrischen und dem magnetischen Feld. Dieser Tatsache sollte der Lösungsansatz Rechnung tragen.

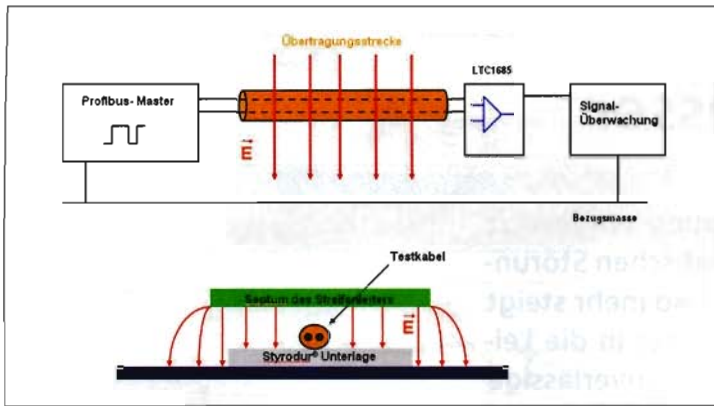
Metallschirme wirken bekanntlich direkt gegen elektrische Felder, da sie eine Äquipotentialfläche bilden und so das elektrische Feld auf null zwingen. Gegen magnetische Felder wirken Metallschirme hingegen nur indirekt. Die durch ein störendes magnetisches Wechselfeld induzierten Wirbelströme überlagern das verursachende Feld in entgegengesetzter Richtung. Dies führt zu einer teilweisen Kompensation des magnetischen Störfelds innerhalb der Abschirmung.

Dagegen absorbieren ferromagnetische Materialien das Magnetfeld. Analog zur Wirkung von Metallschirmen gegen elektrische Felder wirken Ferritschirme direkt gegen störende Magnetfelder.

Wie die Metallschirme erhöhen Ferritschirme aber ebenfalls die Dämpfung, da auch Kom-

- Dipl.-Ing. Jörg Bör, Leiter Kabelentwicklung, und Hans Euler, Produktmanager Datenleitungen, beide bei der U.I. Lapp GmbH in Stuttgart ([www.lappkabel.de](http://www.lappkabel.de))

- Dipl.-Ing. Heinz Reholz, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik (IEH) an der Universität Stuttgart ([www.uni-stuttgart.de/ieh](http://www.uni-stuttgart.de/ieh))



Über eine für Profibus-Netze typische Übertragungstrecke wurden Bus-Telegramme und der zeitliche Verlauf des Signalpegels bei externer Störbeeinflussung untersucht

ponenten des Nutzsignals absorbiert werden. Um die für Profibus geforderten Werte einzuhalten, mussten diese Effekte durch andere Maßnahmen kompensiert werden.

### Die konkrete Umsetzung

Im Gegensatz zu den bekannten Ferritabsorbern, die gegen leitungsgebundene Störungen wirken, sollte hier der Ferritschirm auf der gesamten Leitungslänge in die Leitung integriert sein. Es sollte ja vor allem gegen eingestrahlte Felder abgeschirmt werden. Schon seit vielen Jahren sind Ideen bekannt, Leitungen mit zusätzlicher Ferritabschirmung herzustellen. Die Realisierung ist jedoch anspruchsvoll, insbesondere wenn andere Eigenschaften wie die Übertragungscharakteristik und die Beweglichkeit nicht beeinträchtigt werden sollen. Aus vielen diskutierten Lösungsansätzen wurde letztlich der Weg ausgewählt, ein Ferritband unter dem Metallschirm aufzubringen. Diese Methode ist seit Jahrzehn-

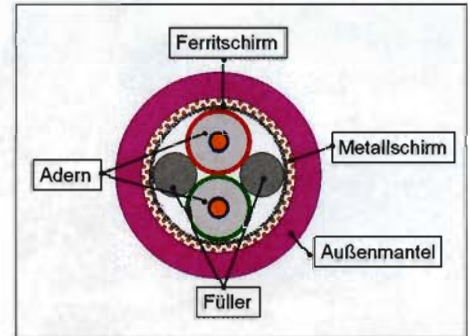
ten bekannt für flexible Übertragungsleitungen und gilt als Stand der Technik. Neu ist allerdings der Einsatz dieser Idee für Profibus-Systeme.

Zunächst galt es also, ein geeignetes Ferritband herzustellen, das den Anforderungen an die serienreife Verarbeitung in der Kabelproduktion genügt. Dazu muss es unempfindlich gegen Biegungen und Zugkräfte sein. Mit einem speziellen Synthesekautschuk gelang es, mehrere Schichten eines Magnetitpulvers auf eine Trägerfolie aufzubringen. Die beschichtete Folie wurde nach dem Schneiden in entsprechende Bandbreiten maschinengerecht aufgewickelt und konnte so für die Kabelfertigung verwendet werden. Die Bewicklung der Kabelseele mit dieser Folie erwies sich als unproblematischer Arbeitsgang. Folienbewicklungen werden in der Kabelproduktion schon seit Langem serienmäßig realisiert. Den versierten Fertigungstechnikern im Stuttgarter Kabelwerk der Lapp-Gruppe gelang es schnell, diese Erfahrungen auf das neue Ferritband zu übertragen.

### Die Versuchsergebnisse

Die Abschirmwirkung der neuen Profibus-Leitung wurde am Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik an der Universität Stuttgart nachgewiesen. Zur Bewertung der einzelnen Profibus-Leitungen bildete man eine typische Übertragungstrecke für Profibus-Netze nach und untersuchte die übertragenen Telegramme sowie den zeitlichen Verlauf des Signalpegels bei einer extern auftretenden Störbeeinflussung. Die zu untersuchende Datenleitung befand sich während der Versuchsdurchführung unter einer Streifenleitung (Stripline), mit der sehr hohe Feldstärken über einen breiten Frequenzbereich generiert werden können.

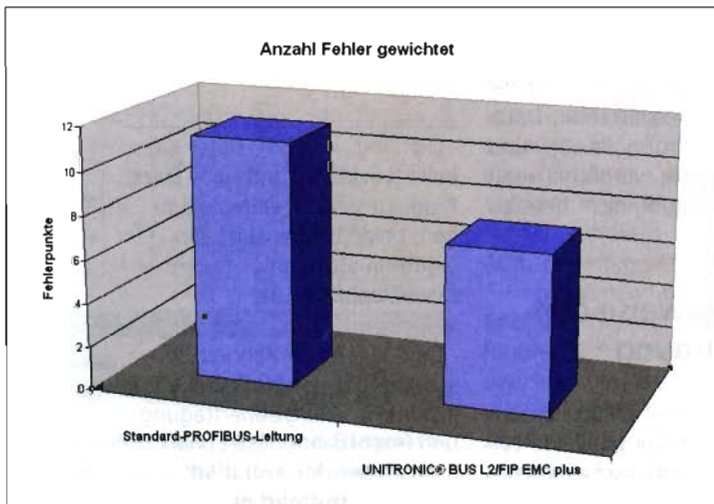
Im ersten Schritt wurde die Güte des Profibus-Signals an der Empfangseinheit bewertet. Anstelle echter Datenpakete nutzte man dabei kontinuierliche Rechtecksignale. Diese



Bei der Leitung Unitronic BUS L2/FIP EMC plus werden magnetische Felder durch die zusätzlich zur üblichen metallischen Abschirmung aufgebrachte Ferritbandbewicklung absorbiert

Vorgehensweise erlaubte eine teilweise automatisierte Auswertung der Signalqualität am Slave hinsichtlich Flankenanstiegszeit, Rauschpegel und auftretendem Jitter. Die Anzahl an Ausfällen hängt sowohl vom betrachteten Frequenzpunkt, als auch von der eingestellten Leistung zur Feldgenerierung ab. Damit sehr selten auftretende Totalausfälle nicht in der großen Anzahl geringer Beeinflussungen missachtet werden, wurden die Beeinflussungsarten als gewichtete Größen betrachtet. Bei dieser Betrachtung erreichen Leitungen mit Ferritabschirmung deutlich bessere Werte als handelsübliche Profibus-Leitungen. Schaut man sich die eingestellte Leistung für den ersten auftretenden Ausfall an, zeigt sich der Vorteil der Ferritabschirmung ebenso deutlich. Im direkten Vergleich mit einer Standard-Profibus-Leitung erreichten ferritgeschirmte Leitungen eine um 7 dB höhere Störfestigkeit.

Um auch eine Aussage für den echten Profibus-Betrieb zu erhalten, wurde der Einfluss



Leitungen mit Ferritabschirmung erreichen deutlich bessere Werte – mit gewichteten Beeinflussungsarten – als handelsübliche Profibus-Leitungen



der externen Feldbeaufschlagung auf die übertragenen Datentelegramme untersucht. Die Master-Komponente sendete dabei zyklisch Datentelegramme mit bekanntem Inhalt an den Profibus-Slave. Die Slave-Komponente verglich die erhaltenen Telegramme mittels spezieller Software mit den zu erwartenden Daten und meldete eventuelle Fehler im Datum oder im Bitmuster. Auch hier konnte eine um etwa ein Drittel höhere Störfestigkeit von Leitungen mit Ferritabschirmung festgestellt bzw. das Ergebnis aus der Untersuchung zur Beeinflussung der Signalqualität bestätigt werden.

## Die fertige Busleitung

Auf Basis dieser Erkenntnisse entwickelten die Lapp-Ingenieure nun die Leitung Unitronic BUS L2/FIP EMC plus, eine Profibus-DP-Leitung mit optimierter Abschirmwirkung durch separate Abschirmung gegen elektrische und magnetische Feldeinflüsse. Durch die zusätzlich zur üblichen metallischen Abschirmung aufgebrauchte Ferritbandbewicklung werden magnetische Felder absorbiert. Die Leitung, die für flexible Anwendung und feste Verlegung einsetzbar ist, erfüllt vollständig die Profibus-Spezifikation. Sie weist einen Wellenwiderstand von  $150 \Omega \pm 15 \Omega$  auf und kann sowohl für Profibus DP, Profibus FMS als auch für FIP (Factory Instrumentation Protocol) eingesetzt werden. Sie entspricht DIN 19245 und EN 50170 und ist somit z.B. für die Kommunikationstechnik Simatic NET von Siemens geeignet. Wie alle Leitungen von Lapp Kabel entspricht Unitronic BUS L2/FIP EMC plus der RoHS-Richtlinie der Europäischen Union und ist frei von lackbenetzungsstörenden Substanzen.

### eA-INFO-TIPP

Das Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik engagiert sich nicht nur im Bereich der Leitungsentwicklung. Einige Beispiele für das breite Themenspektrum – wie „Neue Ansätze zur Laufzeit-basierten Ortung von Teilentladungen in Transformatoren“ – beschreibt das IEH auf seiner Website unter dem Menüpunkt „Forschung/Veröffentlichungen“:

• [www.uni-stuttgart.de/iehf/forschung/veroeffentlichungen.html](http://www.uni-stuttgart.de/iehf/forschung/veroeffentlichungen.html)

### Siegbert E. Lapp zur Standort-Politik der Lapp-Gruppe

## Erfolg mit Kundennähe

Die Unternehmensstrategie der Lapp-Gruppe lässt sich mit dem Slogan „Think global, act local“ beschreiben. Das international agierende Familienunternehmen mit Stammsitz in Stuttgart und weltweit fast 3000 Mitarbeitern verfügt über 15 Produktionswerke, 37 Vertriebsgesellschaften und mehr als 100 Vertretungen. Dabei liegt – so Technikvorstand Siegbert E. Lapp – der Schwerpunkt in Bezug auf Produktionsstandorte und Umsatz ganz klar in Europa. Dort fokussiere man ca. 50 % des Gesamtumsatzes (geplant für das aktuelle Geschäftsjahr: 860 Mio. Euro), jeweils 25 % erwirtschaftete das Unternehmen in Asien und Amerika. Trotz des hohen Lohnniveaus sei das Herz der Produktion nach wie vor in Deutschland. Dazu Siegbert Lapp: „Wir profitieren hier vom großen Automatisierungsgrad in unserer Produktion und von den bestens ausgebildeten Mitarbeitern, die auch Innovationsmotor für die ganze Gruppe sind. Deshalb investieren wir in Deutschland weiterhin kontinuierlich in Produktionskapazitäten, Forschung und Entwicklung.“

Zur Lapp GmbH Kabelwerke, zur Contact GmbH und zur Lapp Systems GmbH, alle in Stuttgart, sowie zur PD-Lapp Systems GmbH in Much bei Bonn kommen weitere sechs Produktionsstätten in Europa hinzu. Beispiel ist das 1989 für die Skintop- und Epic-Produktion gegründete Lapp Kabelwerk im grenznahen Diessenhofen in der Schweiz. Ausschlaggebend war hier nach Siegbert Lapp u.a. die große Werkzeugbau-Kompetenz der Schweizer für die benötigten Spritzgussmaschinen. Zudem profitiere man von Lohnkostenvorteilen, da dort auch noch heute die 40-h-Woche gelte und es weniger Feiertage gebe. Produziert werden in Diessenhofen ca. 300 Mio. Einzelteile pro Jahr für den gesamten Weltmarkt. Rund 50 000 km Ölflex-Steuerleitungen pro Jahr kommen aus der Câbleries Lapp im französischen Forbach. Hier sei ein attraktives Grundstücks- und Infrastrukturangebot der Gemeinde Forbach sowie die Nähe zum Stammsitz Stuttgart entscheidend gewesen. In Frankreich gelte zwar die 35-h-Woche, diese werde aber durch Arbeitszeitkonten flexibel gehandhabt. Durch die Konzentration auf volumenstarke Produkte und damit verbundener höherer Produktivität könne dies mehr als ausgeglichen werden. Mit einem um rd.



Siegbert E. Lapp, Technikvorstand der Lapp-Gruppe

80 % niedrigeren Lohnniveau könne das tschechische Werk der Lapp Systems in Holesov punkten, das sich auf handarbeitsintensive Konfektionen von Kabeln, Systemen und Baugruppen konzentriert. Bei drei der weiteren europäischen Produktionsstandorten handele es sich um Firmenübernahmen mit dem Ziel der Portfolioergänzung und der Erschließung neuer Märkte. So fertige Lapp Muller in Grimaud in Frankreich (2003 übernommen) spezifische Leitungen für die Roboter- sowie Öl- und Gasindustrie, aber auch Leitungen für Nuklearanlagen und spezielle Seekabel. Noch in diesem Jahr – so Siegbert Lapp weiter – solle der Standort zu einem Entwicklungszentrum der Lapp-Gruppe ausgebaut werden, allerdings nicht zu Lasten der Entwicklungskapazitäten an anderen Standorten. Zur Unterstützung der exportierenden Industrie in Deutschland und Europa, aber auch zur Markterschließung verfügt die Lapp-Gruppe über drei weitere Produktionsstätten in Asien und zwei in den USA. Hierzu Siegbert Lapp: „Wir wollen größtmögliche Kundennähe und können uns so besser lokalen Anforderungen und Approbationen anpassen. Außerdem sparen wir hohe Transportkosten, ohne dabei unsere Qualitätsansprüche Made by Lapp zu vernachlässigen.“ Produziert werde fast ausschließlich für den jeweiligen Markt in Asien und Amerika. Auch wenn alle Produktionsstandorte ihre jeweiligen Vorteile bieten und Deutschland wie erwähnt eine zentrale Rolle spielt, bemerkt Siegbert Lapp dennoch mahndend an: „Wir müssen in Deutschland deutlich schneller werden. Das merkt man jeden Tag, wenn man im Ausland aktiv ist.“ Beispielhaft habe dies der Aufbau und Umzug der Lapp Korea Co. Ltd. in Baran – ausgehend von einem 2000 gegründeten Jointventure – gezeigt, wofür lediglich neun Monate Zeit nötig gewesen seien.