

### Tabelle 23-1: Umstellung PG/metrisch

Mit Ablauf des letzten Jahrtausends wurde das PG-Gewinde (Stahlpanzer-Rohrgewinde) durch das metrische Gewinde ersetzt. Am 31.12.1999 wurde die DIN 46320 für Verschraubungen mit PG-Gewinde zurückgezogen.

An ihre Stelle trat die Europeanorm IEC 62444 für metrische Kabelverschraubungen, d.h. für Neuanlagen/Geräte ab dem Jahr 2000 sollen nur noch Kabelverschraubungen mit metrischen Anschlussgewinden eingesetzt werden.

Diese Umstellung betrifft nicht nur Verschraubungen, sondern auch alle Gehäusesysteme und Geräte, in die Kabel und Leitungen eingeführt werden müssen.

Die Größen PG 7 bis PG 48 wurden vorerst durch die Gewinde M 12 bis M 63 ersetzt. In die Norm wurden jetzt auch zusätzliche Größen aufgenommen, so dass ein Bereich von M 6 bis M 110 abgedeckt werden kann.

Der ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e. V.) hat darauf hingewiesen, dass die europäische Sicherheitsnorm IEC 62444 spätestens ab März 2001 angewendet werden muss. Zudem wurde die Prüfnorm VDE 0619 für PG Verschraubungen im März 2001 zurückgezogen.

Die IEC 62444 ist eine Sicherheitsnorm und nicht eine Baunorm mit Maßfestlegung wie die DIN 46319 bzw. DIN 46320.

Das bedeutet, dass ohne Einschränkung durch vorgeschriebene Formen die von einer Kabelverschraubung geforderten Funktionen wie:

- Zugentlastung
- Schutzart
- Schlagfestigkeit
- Temperaturbereich realisiert werden müssen.

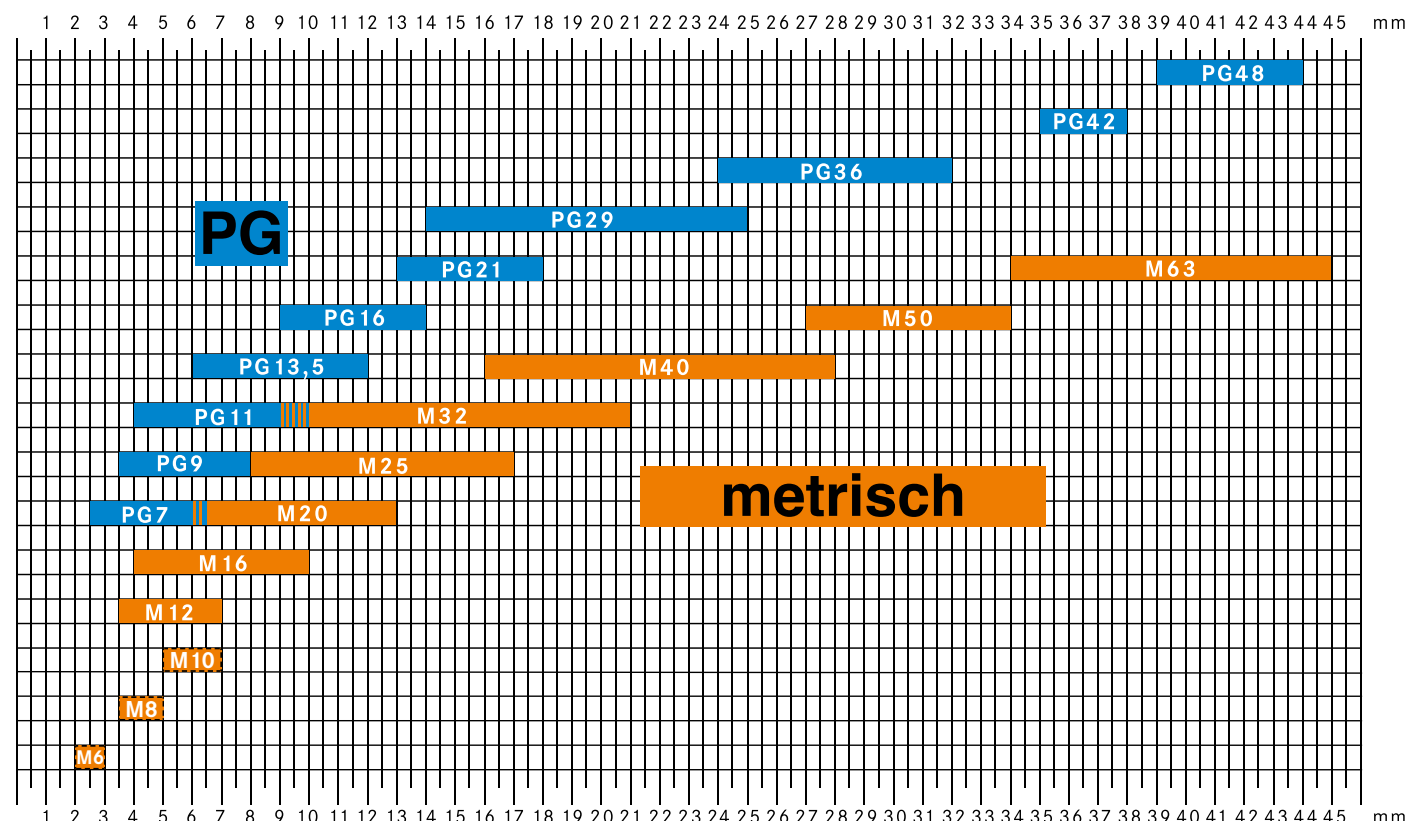
Wir haben die Anforderungen der IEC 62444 mit unseren Kabelverschraubungsreihen SKINTOP® und SKINDICHT® umgesetzt. Die SKINTOP® Verschraubungen in der metrischen Ausführung haben alle Vorteile der bewährten SKINTOP® Reihe: einfache, schnelle und sichere Montage, optimale Zugentlastung, Vibrationschutz, große Klemmbereiche und Abdichtung nach Schutzart IP 68.

Selbstverständlich erhalten Sie bei uns auch die entsprechenden Ergänzungsteile, wie

- SKINTOP® GMP-GL-M Gegenmutter
- SKINDICHT® SM-M, Gegenmutter
- SKINTOP® SD-M Staubverschluss
- SKINTOP® DV-M Dichtverschluss
- Blindstopfen in Kunststoff und Metall
- O-Dichtringe
- Adapter und vieles mehr.

### Vergleichstabelle der Klemmbereiche PG/metrisch

**SKINTOP® ST** und **SKINTOP® ST-M** und **SKINDICHT® MINI**



### Tabelle 23-1: Umstellung PG/metrisch

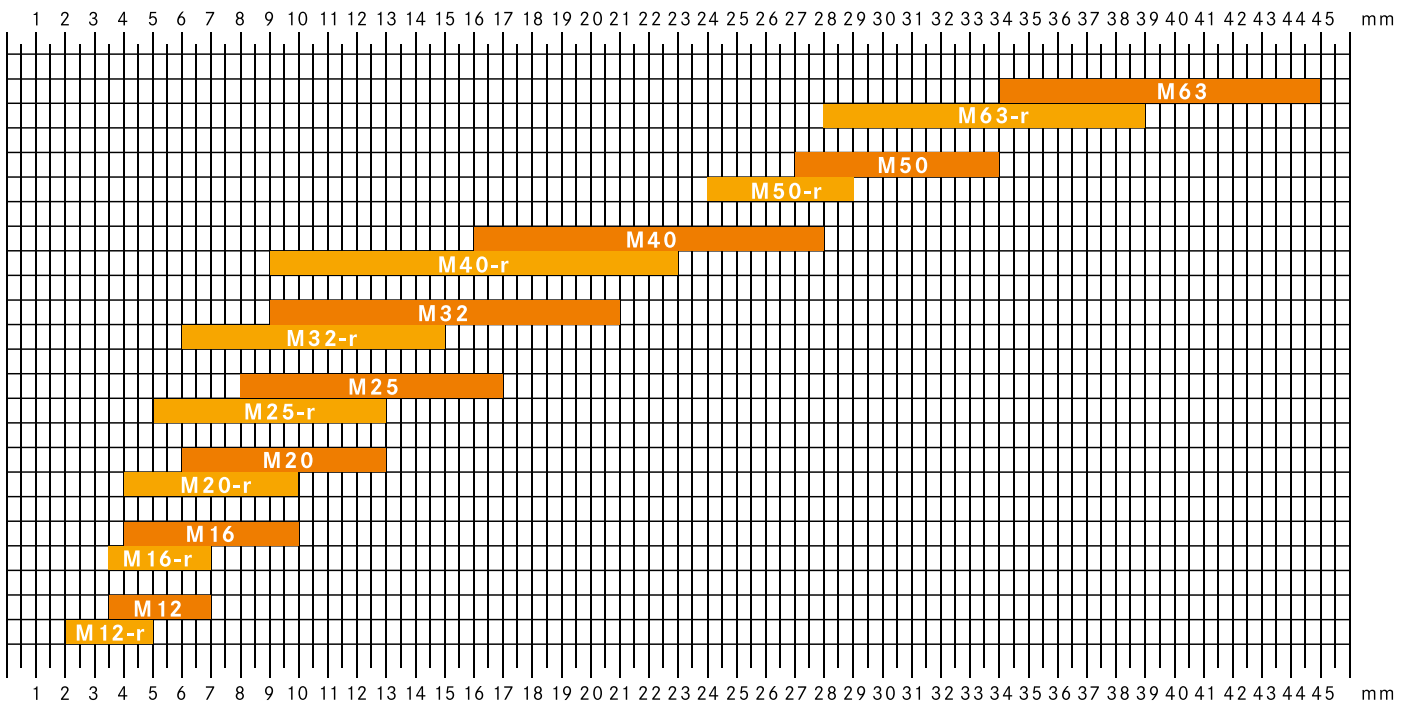
Vergleich der Schlüsselweiten von Kabelverschraubungen mit Anschlussgewinden PG/metrisch

**SKINTOP® ST** und **SKINTOP® ST-M**

PG-Gewinde	PG7	PG9	PG11	PG13,5	PG16	PG21	PG29	PG36	PG42	PG48
Schlüsselweite Sechskant in mm	15	19	22	24	27	33	42	53	60	65
Schlüsselweite Sechskant in mm	15	19	25	30	36	46	55	66		
Metrisches Gewinde	M12x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M25x1,5	M32x1,5	M40x1,5	M50x1,5	M63x1,5		

### Klemmbereiche SKINTOP® metrisch

**SKINTOP® ST M** und **SKINTOP® STR-M**



## Tabelle 23-2: EMV-Problematik beim Einsatz von Verschraubungen

### Optimal abgeschirmt

In industriellen Umgebungen können Motoren, Steuerungen und Schweißautomaten das elektromagnetische Verhalten (EMV) empfindlich beeinträchtigen. Besondere Probleme ergeben sich im Anlagenbereich durch große Leitungslängen zur Energieversorgung bzw. Datenübertragung zwischen den einzelnen Komponenten, weshalb geeignete Schutzmaßnahmen unumgänglich sind.

Durch die Antennenwirkung solcher Leitungen können Funkstörungen empfangen und dem Nutzsignal (z. B. Temperatursensor oder Drehgeber) überlagert werden. Das Resultat: Funktionsstörungen der angeschlossenen Geräte – von der unbemerkten Verfälschung einzelner Messwerte bis hin zum Totalausfall einer Fertigungsstraße. Umgekehrt können Leitungen ihrerseits als Sender für Funkstörungen fungieren.

Als wirksame Gegenmaßnahme hat sich der Einbau der elektromagnetischen Komponenten in einem geerdeten Schaltschrank bei gleichzeitiger Verwendung geschirmter Kabel bewährt. In der Praxis jedoch erweist sich der Ort der Kabeldurchführung gerade im Schaltschrank oft als Schwachstelle. Eine unzureichende Kontaktierung zwischen Kabelschirm und Metallgehäuse macht hierbei häufig die angestrebte Schirmwirkung zunichte.

Hier setzen die Kabelverschraubungen SKINTOP® und SKINDICHT® von LAPP an. Speziell die SKINTOP® MS-SC-M und SKINTOP® MS-M BRUSH zeichnen sich neben einer einfachen Handhabbarkeit durch hervorragende EMV-Eigenschaften aus. Sie ermöglicht in einem großen Durchmesserbereich die Einführung unterschiedlicher Leistungskonstruktionen.

### Schirmkonzepte

Bei den im Industriebereich relevanten Störphänomenen muss grundsätzlich zwischen leitungsgebundenen und feldgebundenen Störgrößen unterschieden werden. Feldgebundene Störemissionen, die z. B. direkt von einer Leiterplatte abgestrahlt werden oder umgekehrt auf diese einwirken können, lassen sich durch den Einbau elektrischer bzw. elektronischer Baugruppen in geschlossene Metallgehäuse wie Schaltschränke wirkungsvoll eindämmen. Sind keine größeren Gehäuseöffnungen oder -durchbrüche vorhanden, entsteht ein Faradayscher Käfig, der einen wirkungsvollen Schutz gegen elektromagnetische Störbeeinflussung bietet. In der industriellen Praxis ist diese Art der Schirmung in der Regel mit sehr hohen Kosten verbunden und bei bewegten Maschinenteilen kaum realisierbar. Als Alternative dienen Kabel mit Schirmgeflecht. Dabei hängt die Qualität der Schirmwirkung stark von Aufbau und Dichte des Geflechts ab. Zudem muss durch geeignete mechanische Befestigungselemente eine möglichst ideale Anbindung des Kabelschirmes an die Gehäusewand erreicht werden, um das Eindringen der auf dem Kabelschirm geführten Störungen zu verhindern. Ausschlaggebend ist hierbei der Ableitwiderstand, d. h. der Widerstand, den eine Leitungswelle auf dem Kabelschirm „sieht“, wenn sie auf die Schnittstelle Kabel-Gehäuse trifft.

### Anforderungen an die Praxis

Aus dem Blickwinkel der EMV ergeben sich somit für die Praxis eine Reihe von Anforderungen an eine ideale Kontaktierung:

- Die Verbindung zwischen Kabelschirm und Gehäusepotential muss niederohmig ausgeführt sein. Hierzu sind möglichst große Kontaktflächen anzustreben. Im Idealfall stellt der Kabelschirm zusammen mit der Gehäusewand eine geschlossene Verbindung her und bildet eine Fortsetzung des Gehäuses, ohne Öffnungen entstehen zu lassen.
- Die Verbindung muss niederinduktiv ausgeführt werden. Dies bedeutet, dass der Kabelschirm auf kürzestem Wege und mit möglichst breitem Querschnitt auf die Gehäusewand zu führen ist. Vorzugsweise ist eine Kontaktierung zu wählen, welche die Innenleiter vollständig umschließt (siehe vorstehend). Die häufig praktizierte Vorgehensweise, das Kabel erst ins Gehäuse zu führen und den Schirm irgendwo im Gehäuseinneren aufzulegen, wobei dann oft das Schirmgeflecht durch eine dünne Litze verlängert wird, macht eine wirkungsvolle Abschirmung nahezu unmöglich.

- Für den praktischen Einsatz sind eine einfache Handhabbarkeit und eine hohe Montagefreundlichkeit wünschenswert. Die Montage muss vom Elektroinstallateur problemlos durchgeführt werden können.

### SKINTOP® und SKINDICHT®

Die Kabelverschraubungen SKINTOP® bzw. SKINDICHT® gewähren neben einem einwandfreien mechanischen Kontakt die geforderte niederohmige und niederinduktive Verbindung. Die leicht zu montierenden Verschraubungen sind in unterschiedlichen Größen und Ausführungen erhältlich. Bei der SKINDICHT® SHVE-M wird der Kabelschirm zwischen einer Erdungshülse und einem Dichtkonus eingepresst und ermöglicht so eine großflächige Rundum-Kontaktierung. Bei der SKINTOP® MS-SC-M erfolgt die Kontaktierung über zylindrisch angeordnete Kontaktfedern, bei SKINTOP® MS-M BRUSH erfolgt ein 360° Schirmkontakt über eine EMV-Bürste. Dafür muss lediglich der Kabelmantel im Bereich der Kontakte entfernt werden, ein Auftrennen des Schirmgeflechts ist nicht erforderlich.

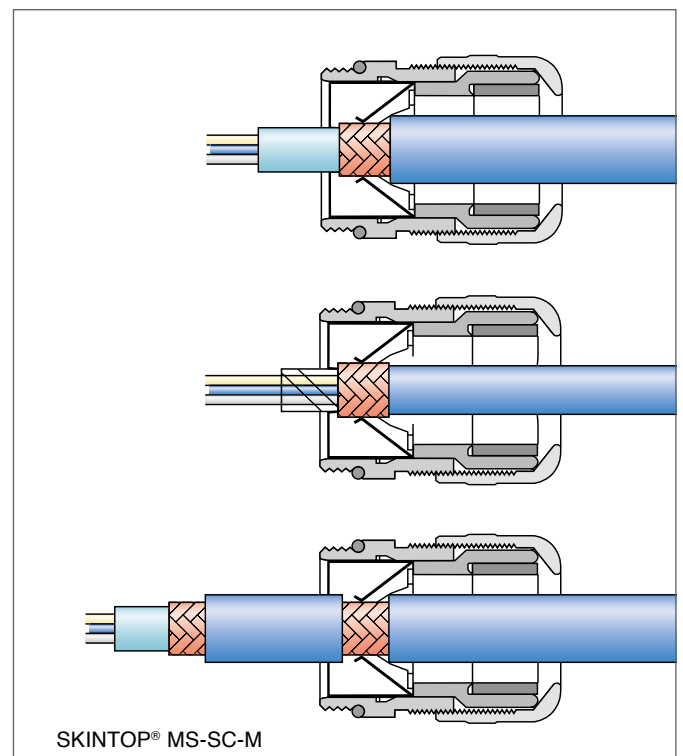
Der Übersichtlichkeit halber konzentriert sich der Beitrag auf die SKINTOP® MS-SC-M. In mehreren Messreihen konnten deren hervorragende Schirmeigenschaften nachgewiesen werden.

Da für Kabelverschraubungen von seiten der Normung kein spezieller Messaufbau definiert ist, werden im Folgenden zwei mögliche Messverfahren und deren Bewertung dargestellt.

### Ableitwiderstand, Ableitdämpfung

Als charakteristische Größe zur Beurteilung der Güte einer Kabelanbindung an die Gehäusewand (Bezugspotential) wird der Ableitwiderstand RA über der Frequenz dokumentiert. Dieser gibt Aufschluss darüber, in welchem Maße Ladungen auf dem Kabelschirm gegen das Gehäusepotential abgeleitet werden können. Um den Schirmdämpfungsfaktor eines Kabels zu bestimmen, wird die Ableitdämpfung berechnet: Dazu wird die Spannung am Ableitwiderstand ins Verhältnis zur maximal verfügbaren Spannung in einem 50 Ω-Bezugssystem gesetzt. Man erhält damit die Ableitdämpfung:

$$aA \text{ [in dB]} = 20 \log (2RA / (2RA + 50 \text{ W})).$$



**Tabelle 23-2: EMV-Problematik beim Einsatz von Verschraubungen**

	Triaxial Messmethode	Messung des Ableitwiderstandes
Anwendung	Steckverbinderpaare und geschirmte Kabel	Kabelverschraubungen
Messparameter	Schirmdämpfungsmaß, daraus berechnet: Kopplungswiderstand	Ableitwiderstand wird direkt ermittelt
Bezug zur späteren Anwendung	Beschreibung des Schirmverhaltens: Wie gut wird die Abstrahlung bzw. die Einstrahlung von feldgebundenen Störungen unterdrückt?	Beschreibung, wie gut Störungen, die sich auf dem Schirm befinden, auf eine Masse-Ebene abgeleitet werden (z.B. Schaltschrankwand)

**Triaxial-Methode**

Bei der Triaxialmethode erfolgt die Messung in Anlehnung an die Verteidigungsgerätenorm VG 95373 Teil 40 oder Teil 41. Diese Aufbauten, bei denen eine koaxiale Struktur in einem Messrohr verwendet wird (deswegen Triaxial), sind für ein Steckerpaar männlich/weiblich konzipiert bzw. sie verwenden zur Qualifizierung eines Kabels ein Leitungsstück definierter Länge. Erfasst werden die Werte des Schirmdämpfungsmaßes aS und des Kopplungswiderstandes ZK zur Beurteilung der Schirmwirkung der Steckverbinder aufgrund ihrer Werkstoffeigenschaften und ihres konstruktiven Aufbaus nach der Formel:

$$aS = 20 \log (50 \Omega / ZK).$$

Voraussetzung für eine Messung nach diesen Normen ist eine solide Schirmung des verwendeten Zuführungskabels (in der Regel mit Hilfe eines Rohres). Damit ergeben sich jedoch Schirmdämpfungswerte von nahezu 100 dB, die für die praktische Umsetzbarkeit für die Anwendungen an einer Schaltschrankwand je nach Einzelfall nur schwer oder gar nicht zu erreichen sind.

**Vergleich beider Verfahren**

Um mit den Messergebnissen eine möglichst praxisnahe Beschreibung der genannten Produkte zu liefern, werden die vorstehend beschriebene Messung des Ableitwiderstandes und die Umrechnung in eine Schirmdämpfung verwendet.

**Messergebnisse**

Gemessen wurde beispielhaft die Kabelverschraubungen SKINTOP® MS-SC-M in verschiedenen Größen mit geschirmten Leitungen ÖLFLEX® CLASSIC CY im Durchmesser von 6 bis 22 mm, und zwar nach beiden Messmethoden, um deren Aussagefähigkeit für Verschraubungen zu testen und gegenüberzustellen.

**Messung des Ableitwiderstandes**

Für die messtechnische Ermittlung des Ableitwiderstandes wurden die Kabelverschraubungen jeweils zusammen mit einem ca. 10 cm langen Kabel wie im Bild links montiert. Sämtliche Verschraubungen weisen bei Frequenzen bis 10 MHz einen Ableitwiderstand < 1Ω auf. Hieraus resultieren Dämpfungswerte um 30 bis 50 dB (50 Ω-Bezugssystem vorausgesetzt). Die Amplituden hochfrequenter Störanteile, die in diesem Frequenzbereich liegen, werden somit mindestens um den Faktor 30, maximal um den Faktor 300 gedämpft. Erst bei Frequenzen oberhalb von 3 bis 4 MHz sinkt die erzielbare Dämpfung auf Werte < 40 dB (Faktor 100) ab. Bei höheren Frequenzen (100 MHz) sind Ableitwiderstände in der Größenordnung 5 bis 10 Ω zu verzeichnen. Die Messergebnisse bestätigen die vermuteten günstigen EMV-Eigenschaften. Bis hin zu hohen Frequenzen lassen sich niedrige Ableitwiderstände – bzw. große Ableitdämpfungen – realisieren. In Verbindung mit einer konsequenten Kabelschirmung kann somit ein optimaler Schutz gegen leitungsgeführte Störsignale realisiert werden.

**Triaxial-Messung**

Die Messung erfolgte wie oben beschrieben in Anlehnung an die Verteidigungsgerätenorm VG 95373, Verfahren KS 01 B. Der Gleichstromwiderstand der Verschraubungen beträgt 1 mΩ; dies führt zu Schirmdämpfungswerten, die je nach Größe und der Art der Verschraubung > 100 dB betragen können.

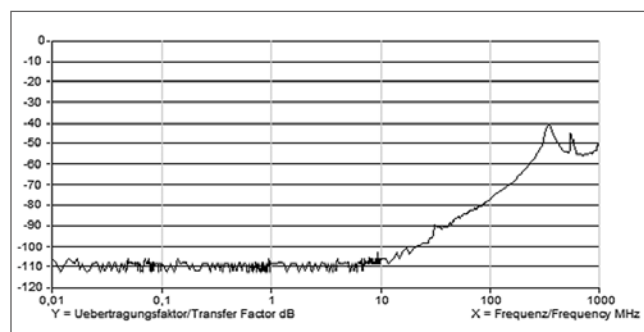
**Vergleich der Ergebnisse**

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen der Ableitdämpfung und der Schirmdämpfung bei einem System mit identischen Komponenten Kabel/Verschraubung. Die Kurve zur Ableitdämpfung ist dabei um ca. 40 dB fast parallel zur Schirmdämpfungskurve nach oben, d.h. zu geringeren Dämpfungswerten, verschoben (Diagramm). Dennoch sind diese Werte zu leitungsgebundenen Störungen aussagekräftiger, da Dämpfungen zwischen 80 bis 100 dB in der Realität kaum zu erreichen sind.

**Fazit**

Die unterschiedlichen Messmethoden liefern unterschiedliche Werte für das Dämpfungsmaß und beschreiben mit diesem Wert unterschiedliche Eigenschaften. Zum einen beschreibt der Wert „Schirmdämpfung“, wie gut die Abstrahlung bzw. die Einstrahlung von feldgebundenen Störungen unterdrückt wird (Triaxial-Methode), zum anderen beschreibt der Wert „Ableitdämpfung“, wie gut Störungen, die sich auf dem Schirm befinden, auf eine Masse-Ebene abgeleitet werden können (Messung Ableitwiderstand).

Hieraus ergibt sich, dass Werte für das Dämpfungsmaß nicht ohne weiteres verglichen werden können. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass Werte zur „Ableitdämpfung“ für Verschraubungen aussagefähiger sind, da die Ergebnisse der Triaxial-Methode (Schirmdämpfung) von der Schirmung des verwendeten Zuführungskabels abhängig sind.



Quelle: Autoren Dr.-Ing. U. Bochtler, Dipl.-Ing. M. Jacobsen, Botronic – Bochtler Electronic GmbH, Stuttgart