

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	86 (1995)
Heft:	11
Artikel:	Alter Wein in neuen Schläuchen? Normung von Kabelsystemen : Teil 2 : Bandbreiten über 100 MHz, digitale Codierung, EMV
Autor:	Rutz, Marin
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-902450

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Seit geraumer Zeit gibt es Bemühungen verschiedener Normungsgremien, die Kabelsysteme zu standardisieren. Im ersten Teil (Bulletin 9/95) dieser Artikelreihe wurde festgestellt, dass der vor der Abstimmung stehende Normentwurf den realen technischen Gegebenheiten kaum gerecht werden durfte; insbesondere bleiben die sehr hohen Bitraten unberücksichtigt. Der folgende zweite Teil befasst sich mit den Anwendungen, welche Bandbreiten über 100 MHz benötigen. Danach wird der Einfluss digitaler Codierungen auf Verkabelungssysteme untersucht und schliesslich der Frage nachgegangen, welche Massnahmen hinsichtlich zukünftiger EMV-Anforderungen zu treffen sind.

Alter Wein in neuen Schläuchen? Normung von Kabelsystemen

Teil 2: Bandbreiten über 100 MHz, digitale Codierung, EMV

■ Marin Rutz

Ein modernes, universelles Verkabelungssystem muss als Transportplattform für alle in einem Betrieb anfallenden Informationsformen gerüstet sein, also für Daten, Sprache und Video.

Anwendungen

Solche weitreichenden Anforderungen werden zum einen mit neuen Netzwerktechnologien wie etwa ATM erfüllt, woraus jedoch rasch ein überproportional ansteigendes Datenvolumen resultiert. Parallel dazu sind daher Bestrebungen im Gange, «traditionelle», das heisst analoge, Signale über das gleiche Verkabelungssystem abzuwickeln.

Datendienste

Zurzeit werden am Markt zwei Netzwerktechnologien angeboten, welche eine Datenrate von 100 MBit/s zur Verfügung stellen, nämlich FDDI über Kupfer und Fast Ethernet. Beide Anwendungen arbeiten

mit der gleichen Signalisierungsmethode, 4B/5B und MLT-3, kurz TP-PMD genannt. Die Übertragungs-Schwerpunkt-frequenz liegt jeweils bei 31,25 MHz.

Die Technologie der Zukunft heisst ATM. Ihr grosser Vorteil liegt im gemeinsamen Datenformat in Form von einheitlichen Zellen – skalierbare Bandbreiten sind fortan realisierbar. Ein Entwurf für die Übertragung von 155 MBit/s über Kupfer liegt bereits vor. Analog zu den eingangs erwähnten Technologien arbeitet auch diese mit der TP-PMD-Signalisierung.

Im Rahmen der skalierbaren Bandbreite sind Übertragungsraten von bis zu 622 MBit/s im Gespräch. Je nach Wahl des Codierungssystems bedingt die Übertragung Bandbreiten > 200 MHz. Tabelle I gibt Aufschluss über mögliche Datenraten.

Die Grenze der physikalischen Übertragungsmöglichkeit bei den Kupferverkabelungen hängt vom Codierungsverfahren ab, wird in der Fachwelt jedoch allgemein bei 600 MBit/s erwartet.

Videodienste

Herkömmliche Videosysteme arbeiten mit einer Bandbreite von 5 MHz. Eine solche Übertragung ist problemlos über heutige Verkabelungssysteme zu realisieren. Verschiedenenorts werden jedoch höhere Videobandbreiten gefordert. Der-

Adresse des Autors:

Marin Rutz, LAN-Com Kabelkommunikations AG,
6014 Littau.

Sonet	SDH	MBit/s
STS-1		51,840
STS-3	STM-1	155,520
STS-9	STM-3	466,560
STS-12	STM-4	622,560
STS-18	STM-6	933,080
STS-24	STM-8	1244,160
STS-48	STM-16	2488,370

Tabelle I Datenraten

artige High-Resolution-Videosignale benötigen effektive Bandbreiten bis 125 MHz. Bis anhin erfolgte ihre Verkabelung ausschliesslich mittels Koaxialkabel. In jenen Bereichen, in denen nicht auf eine integrierte Datenplattform (ATM) migriert wird, ist aus Kostengründen die Nutzung der strukturierten Verkabelung für solche Anwendungen empfehlenswert. Die zur Entzerrung und Verstärkung notwendigen Komponenten sind bereits erhältlich.

Eine weitere mögliche Anwendung sind breitbandige Radio- und TV-Signale. In Betrieben ist es nicht notwendig, eine komplette CATV-Palette von 40 Sendern anzubieten (Bandbreitenbedarf bis 600 MHz). Meistens genügen 10 bis 15 ausgesuchte Programme mit einem Bandbreitenbedarf von etwa 150–200 MHz.

Codierungsverfahren

Im Gegensatz zu analogen Übertragungen wie Video, wo die Bandbreite direkt der Übertragungsfrequenz entspricht, bestimmt bei digitaler Übertragung das Codierverfahren die benötigte Bandbreite.

Damit hohe Bitraten auch über Kabel mit geringer Bandbreite übertragen werden können, müssen spezielle Codierungsverfahren angewendet werden, welche die effektive Übertragungsfrequenz massiv heruntersetzen. Tabelle II gibt einen kurzen Überblick über angewandte Technologien.

Es genügt jedoch nicht, nur die Bandbreite bis zur Schwerpunktfréquenz zur Verfügung zu stellen. Das Energiespektrum der Codierungen fordert wesentlich höhere Bandbreiten, und zwar je nach Codierung bis Faktor 2 der Schwerpunktfréquenz.

Bild 1 zeigt den Verlauf der unterschiedlichen Codierungen. Die Übertragungsräte wird mit dem Faktor multipliziert, der auf der Horizontalachse bei der entsprechenden Codierung aufgeführt ist. Dies ergibt die Schwerpunktfréquenz.

Je nach Codierung werden gleiche Zeichen (Bits) ohne einen entsprechenden

Signalwechsel übertragen. Bei einer Folge gleicher Zeichen kann die zur Übertragung notwendige Synchronisation (Sender–Empfänger) verlorengehen. Daher werden zusätzliche Synchronisationsbits eingesetzt, und zwar im Verhältnis 4:5 (bei den besprochenen Verfahren).

Durch diese sogenannte 4B/5B-Codierung erhöht sich jedoch die Übertragungsräte, wie im folgenden Beispiel dargelegt:

Übertragungsräte	100 MBit/s
4B/5B-Codierung	125 MBit/s
Schwerpunktfréquenz MLT-3	31,25 MHz
Bandbreitenbedarf	62,50 MHz

Zukünftiger Bandbreitenbedarf

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass heutige Übertragungsverfahren bereits Bandbreiten bis zu 60 MHz und Schwerpunktfréquenzen um 31 MHz fordern.

Betrachtet man die inskünftig benötigten Datenraten von bis zu 622 MBit/s anhand dieser Kriterien, ergibt sich das in Tabelle III festgehaltene Bild.

Bei der Installation von 100-MHz-Verkabelungssystemen, welche den Bedarf der nächsten 10 bis 15 Jahre abdecken sollen, sind somit bereits heute Engpässe erkennbar.

Bit Error Rate und ACR

Für eine störungsfreie Übertragung ist das ACR ein bestimmender Faktor. Je grösser dieser Wert in der Praxis ist, desto besser ist die Bit Error Rate (BER). Die Bit Error Rate ist ein Mass für die Qualität einer Datenverbindung. Eine Verbindung kann dann als qualitativ einwandfrei bezeichnet werden, wenn die $BER > 10^{-9}$ ist.

Zu diesem Aspekt sind verschiedene Labortests durchgeführt worden. Das Ergebnis: Diese Grenze wird bei MLT-3 bereits bei ACR-Werten von 18 dB unterschritten! Weiter wurde festgestellt, dass

höhere Codierverfahren, wie QPRIV, den BER-Grenzwert bereits bei 24 dB ACR unterschreiten – ein höheres Codierverfahren fordert zwingend bessere ACR-Werte. Diese Ergebnisse sind Laborwerte. In der Praxis muss eine Sicherheitsreserve von mindestens 10 dB addiert werden.

Die Norm schreibt für Klasse-D-Systeme bei 31,25 MHz ein ACR von 23 dB vor. Wird nur diese Minimalanforderung erfüllt, können schon bei der Übertragung von Fast-Ethernet und FDDI über Kupfer Probleme entstehen.

Elektromagnetische Verträglichkeit

Ein weiterer Faktor, der über eine störungsfreie Übertragung entscheidet, ist die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Sie verlangt, dass eine Kommunikationsanlage

- unempfindlich sein muss gegenüber externen Einflüssen;
- durch die eigene Funktion nicht andere Geräte oder Anlagen stört;
- sich selber nicht durch eigene Störungen beeinflusst.

Damit Anlagen auf ihre EMV-Verträglichkeit geprüft werden können, sind entsprechende Normen erarbeitet worden beziehungsweise werden erarbeitet – dazu gehört EN 55022. Diese Norm wird in letzter Zeit häufig im Zusammenhang mit Verkabelungssystemen zitiert. Sie definiert die Grenzwerte, welche ein Gerät oder eine Anlage im Maximum abstrahlen darf. Da nur aktive Komponenten die Verursacher von Störaussendungen sind, darf ein Verkabelungssystem in diesem Zusammenhang nie isoliert betrachtet werden. Die Angabe, «die Verkabelung erfüllt die Anforderungen gemäss EN 55022», ist somit sehr fragwürdig.

Codierungsart	Schwerpunktfréquenz
MLT-3	25 % der Übertragungsräte (TP-PMD+100Base T)
QPRIV	13 % der Übertragungsräte
HDB-3	38 % der Übertragungsräte
NRZI	50 % der Übertragungsräte («FDDI» nach Greenbook)

Tabelle II Überblick über angewandte Technologien

Übertragungsräte	Schwerpunktfréquenz MLT-3	Schwerpunktfréquenz QPRIV
155 MBit/s	48,45 MHz	24,22 MHz
311 MBit/s	97,20 MHz	48,60 MHz
622 MBit/s	194,40 MHz	97,20 MHz

Tabelle III Inskünftig benötigte Datenraten

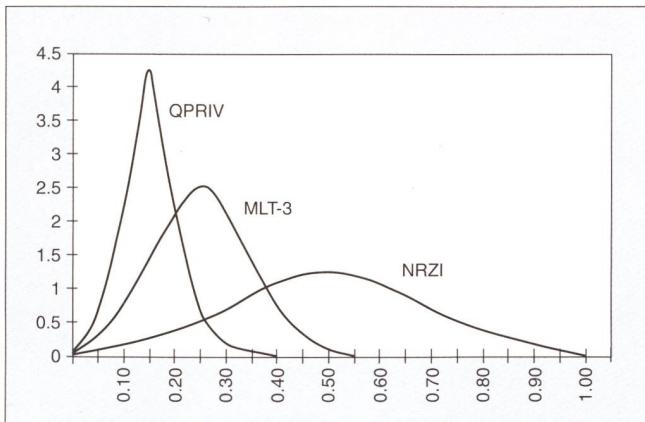


Bild 1 Spektrale Leistungsdichte Codierungen

Unter dem Gesichtspunkt erweiterter Übertragungsbandbreiten ist es somit fragwürdig, ob eine ungeschirmte Verkabelung zusammen mit den zukünftigen Geräten die an sie gestellten Anforderungen bezüglich EMV erfüllen kann.

Geschirmte Kabel

Aus übertragungstechnischen Gründen sind auch geschirmte Datenkabel symmetrisch aufgebaut. Die gesamte Schirmung bewirkt, dass die Kabel in verlegtem Zustand die Homogenität behalten und ihre Übertragungseigenschaft ohne nennenswerte Veränderung beibehalten. Der Schirm bewirkt außerdem einen erhöhten Schutz vor Ab- und Einstrahlungen.

Ein geschirmtes System erfüllt die Anforderungen nur dann, wenn auch die Anschlusselemente und Patchkabel über einen ausreichenden Schirm verfügen. Es ist jedoch zu beachten, dass ein geschirmtes System über ein auf das Gebäude abgestimmtes Erdungskonzept verfügen muss. Nur so kann der Vorteil der Schirmung auch genutzt werden.

Unter Beachtung der erwähnten Einschränkungen bietet ein geschirmtes System den grösstmöglichen Schutz und ist einem ungeschirmten in jedem Falle vorzuziehen.

Eine Aussage über die Einhaltung von EMV-Normen kann somit nur im Zusammenhang mit aktiven Komponenten gemacht werden. Die Konformität hängt dabei massgebend von der Wahl des Übertragungsverfahrens, von den EMV-Schutzmaßnahmen bei den Geräten sowie vom Aufbau des Verkabelungssystems ab. Wenn Hersteller also Hinweise über EMV machen, müssen alle bei den Messungen verwendeten Komponenten, Gebäudekabel, Patchkabel, Stecksysteme, angeschlossenen Endgeräte, Hubs und die Netzwerktechnologie angegeben werden.

Massnahmen

Die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit erfolgt zunächst durch Massnahmen bei den Endgeräten. Ein an das Gerät angeschlossenes Kabel wirkt grundsätzlich als Antenne, welche die darauf geführten Signale abstrahlt beziehungsweise Störsignale aufnimmt. Mit Hilfe entsprechender Kabelkonstruktionen muss diese Antennenwirkung unterbunden werden.

Die Praxis bedient sich dabei folgender Methoden:

- symmetrische Auslegung der Kabel
- geschirmte Kabel

Eine Kombination beider Massnahmen ergibt aus naheliegenden Gründen die beste Schutzwirkung. Dies bringt uns zwangsläufig zu der Frage: Erfüllen Anlagen mit ungeschirmten Datenkabeln die Anforderungen bezüglich EMV?

Ungeschirmte Kabel

Der symmetrische Aufbau der Kabel führt zu absolut identischen Eigenschaften beider Leiter eines Paares. Wird dies erreicht, heben sich bei einer symmetrischen Übertragung die Störfelder gegenseitig auf und die EMV-Grenzwerte können eingehalten werden. In der Praxis ist dies jedoch nicht so einfach realisierbar.

Wegen Materialtoleranzen können Datenkabel nur annähernd symmetrisch konstruiert werden. Durch die Beanspruchung der Kabel bei Verlegearbeiten kann es zusätzlich zu Veränderungen in der Kabelstruktur kommen. Im weiteren beeinflusst die nähere Umgebung der Datenkabel (Nachbarkabel, Metallkanäle usw.) das elektrische Verhalten der ungeschirmten Kabel.

Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor sind die Endgeräte: Nur wenn die Geräteanschlüsse ebenfalls absolut symmetrisch sind, kann die Anlage in ihrer gesamten Konstellation die an sie gestellten Anforderungen erfüllen. In der Praxis sind die Geräte leider in diesem Punkt vielfach mangelhaft.

Außerdem hängt das Abstrahlverhalten sehr stark von der Übertragungsfrequenz ab – je höher die übertragene Frequenz, desto grösser die abgestrahlte Energie.

Alle diese Kriterien führen dazu, dass ungeschirmte Systeme die EMV-Richtlinien mehrheitlich nur mit Hilfe zusätzlicher Elemente, sogenannter Mediafilter, erfüllen können. Diese passiven Adapter begrenzen hohe Frequenzanteile in der Übertragung und stellen eine verbesserte Symmetrie her. Ferner müssen Mediafilter anwendungsbezogen eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Schon heute existieren Anwendungen, die höhere Übertragungsbandbreiten fordern als zurzeit im Normentwurf spezifiziert sind. Im weiteren sind wesentlich grössere Störabstände als im Standard definiert notwendig, um einwandfreie Übertragungen zu erreichen.

Zudem bieten geschirmte Systeme gemäss heutigem Stand der Technik den grössten Schutz vor Störkopplungen in die Anlage – sofern sie korrekt installiert werden.

(Fortsetzung in Bulletin 17/95)

Normalisation des systèmes de câblage

Partie 2: Largeurs de bande supérieures à 100 MHz, codage numérique, CEM

Depuis très longtemps, diverses commissions de normalisation tentent de normaliser les systèmes de câblage. Dans la première partie (Bulletin 9/95) de cette série d'articles, on a constaté que le projet de norme en phase d'adoption ne satisfait qu'à peine aux conditions techniques réelles; en particulier, les très grands débits binaires n'y sont pas pris en compte. Cette deuxième partie traite d'abord des applications qui nécessitent des largeurs de bande supérieures à 100 MHz. Ensuite, l'influence du codage numérique sur les systèmes de câblage s'y trouve examinée et finalement, on y traite de la question des mesures à prendre en ce qui concerne les futures exigences de CEM.