

Die Mehrdraht-Kupferleitung hat nicht ausgedient : Informationsübertragung im Inhouse-Bereich

Autor(en): **Zuber, Manfred / Weigelt, Alex**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **82 (1991)**

Heft 5

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902938>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Mehrdraht-Kupferleitung hat nicht ausgedient

Informationsübertragung im Inhouse-Bereich

Manfred Zuber und Alex Weigelt

Im vorliegenden Beitrag werden die Forderungen der wichtigsten Kommunikationsprotokolle ISDN, Ethernet und Token Ring, den auf dem Markt erhältlichen Kabeln mit verdrehten Adern gegenübergestellt und die Einsatzbereiche der Kabel aufgezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass aus der Sicht der Standards jedes Kabel für jedes Kommunikationsprotokoll in Frage kommt und dass deshalb bei der Projektierung weitere Kriterien herangezogen werden müssen.

Dans cet article on présente les exigences posées par les protocoles de communication les plus importants, ISDN, Ethernet et anneaux à jeton, mises en face aux câbles à conducteurs torsadés en vente, et on montre les domaines d'utilisation des câbles. Les résultats prouvent que dans l'optique des standards tout câble entre en ligne de compte pour chaque protocole de communication et que le projet doit donc faire appel à d'autres critères.

Die Tendenz für die Verkabelung als Basis der digitalen Kommunikation im Inhouse-Bereich geht dahin, möglichst einheitliche Übertragungsmedien einzusetzen. Gründe für diese Tendenz sind einerseits in der angestrebten Kompatibilität und andererseits in der erhöhten Flexibilität zu suchen. Bei der Arbeitsplatzverkabelung wird gar die Erschliessung mit einem einzigen Medientyp angestrebt. Aus der Palette der verschiedenen Möglichkeiten (Bild 1) werden für die Informationsübertragung in diesem lokalen Bereich (Telefonie und Daten) praktisch nur die Medien: Koaxialkabel, Kabel mit verdrehten Adern und Glasfaserkabel eingesetzt. Das Koaxialkabel weist gegenüber dem Kabel mit verdrehten Adern wesentlich bessere Übertragungseigenschaften auf, ist dafür aber meist hersteller- und anwendungsspezifisch konfiguriert und somit wenig flexibel einsetzbar. Beim Glasfaserkabel ist die elektrooptische Wandlung zwischen der Übertragungstrecke und

der Verarbeitung der Information noch relativ teuer, weshalb dieses Medium (noch) nicht flächendeckend eingesetzt wird.

Als Kompromiss bieten sich verschiedene Kabel mit verdrehten Adern an. Die Wahl des geeigneten Kabels ist aber nicht einfach. Einerseits ist die Vielfalt der angebotenen Produkte in diesem Bereich gross, und andererseits stellt sich die Frage, ob ein bestimmter Hersteller von Kommunikationsgeräten (Telefon, PC, Computer usw.) und die PTT das entsprechende Kabel unterstützen und ob es für die gewünschten Applikationen überhaupt geeignet ist. Nachfolgend werden die vier Kabeltypen U72M, G86, G87 und IBM-Typ 1 untersucht (Bild 2). Diese werden von den meisten Herstellern und der PTT – zum Teil mit gewissen Einschränkungen – akzeptiert, weswegen wir uns nachfolgend ausschliesslich von applikatorischer Seite her mit den Kabeln befassen. Als die häufigsten Anwendungen können ISDN, Ethernet und Token

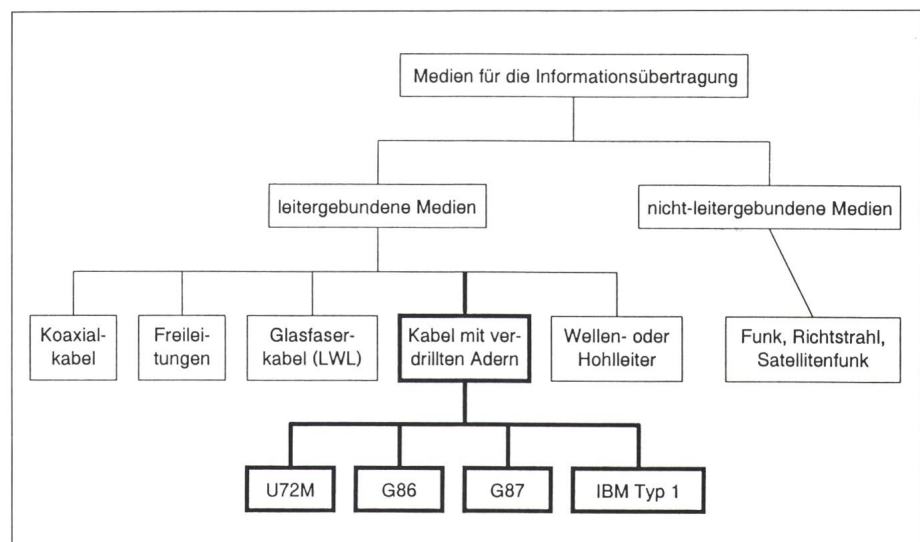


Bild 1 Medien für die Informationsübertragung

Adresse der Autoren

Manfred A. Zuber, El.-Ing. HTL/STV und
Alex Weigelt, Dipl. El.-Ing. ETH. AWK Engineering AG, Leutschenbachstrasse 45, 8050 Zürich-Oerlikon

Kabeltyp	Aufbau	Abschirmung	Aussendimensionen
U72M	1 x 4 x 0,60 mm Ø	gesamt	5,9 mm Ø
G86	4 x 2 x 0,60 mm Ø	gesamt	8,0 mm Ø
G87	2 x 2 x 0,60 mm Ø	gesamt	6,9 mm Ø
IBM Typ 1	2 x 2 x 0,64 mm Ø	paarweise	7,8 x 13,1 mm

Bild 2 Aufbau von Kabeln mit verdrehten Adern

Ring angesehen werden. Diese Applikationen wurden standardisiert, wobei die betreffenden Standards gewisse Anforderungen an die Übertragungsmedien stellen.

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die Standards für Kabel mit verdrehten Adern.

Standard-Vorgaben für ISDN

Der Anschluss von Endgeräten an ein ISDN (in der Schweiz das Swissnet 2) erfolgt über den sogenannten S-Referenzpunkt oder die S-Schnittstelle mit zwei Aderpaaren, je eines für den Sende- und den Empfangspfad. Endgeräte, die über keine lokale Stromversorgung verfügen, können zusätzlich über diese beiden Aderpaare gespeist werden (bis 1000 mW). Der S-Referenzpunkt liegt am NT (Network Termination) vor, der seinerseits über eine 2adrige digitale Übertragungsstrecke mit den ISDN-Zentralen oder ISDN-fähigen Teil-

nehmervermittlungsanlagen verbunden ist. Man spricht hier von der U-Schnittstelle (Bild 3).

S-Schnittstelle (Short Passive Bus)

Die Verkabelung am S-Referenzpunkt kann auf verschiedene Arten erfolgen. Die wohl bekannteste ist der S-Bus (Short Passive Bus nach CCITT-Empfehlung I.430 [1]), an den gleichzeitig bis zu acht Endgeräte angeschlossen werden können. Die Anforderungen an das Kabel sind wie folgt formuliert:

- zwei Aderpaare (je eines für Sende- und Empfangspfad)
- Wellenimpedanz: minimal 75 Ω bei 96 kHz
- Nebensprechdämpfung: minimal 60 dB bei 96 kHz
- Die Dämpfung des Kabels ist hier irrelevant, da die Distanzeinschränkung durch Laufzeiten und Timing zwischen den Endgeräten und dem NT dominiert wird. Erwähnte maximale S-Bus-Ausdehnungen:

- ca. 100 m bei einem Kabel mit 75 Ω Wellenimpedanz
- ca. 200 m bei einem Kabel mit 150 Ω Wellenimpedanz

S-Schnittstelle (Point-to-Point)

Um grössere Distanzen überbrücken zu können, ist in der CCITT-Empfehlung I.430 [1] die Point-to-Point-Konfiguration aufgeführt, die den Anschluss auf ein einziges Endgerät beschränkt. Die Anforderungen an das Kabel sind gleich. Allerdings wird hier die Kabeldämpfung einschränkende Grösse für die Distanz. Das Timing ist unkritisch, da nur ein Endgerät angeschlossen wird.

- Kabeldämpfung: maximal 6 dB bei 96 kHz

U-Schnittstelle

Für die U-Schnittstelle¹ sind in der CCITT-Empfehlung G.961 [2] u.a. die Anforderungen an das Übertragungsmedium definiert. Die Übertragungsmethode, insbesondere das Codierungsverfahren, wird den einzelnen Netzbetreibern überlassen. Es sind folgende Anforderungen an das Kabel definiert:

- Ein Aderpaar für Sende- und Empfangspfad
- Kabeldämpfung: maximal 37...50 dB bei 80 kHz
- Wellenimpedanz: 100...110 Ω bei 80 kHz
- Nebensprechdämpfung: minimal 44...57 dB bei 80 kHz

In Europa wird der NT im Zuständigkeitsbereich des Netzbetreibers liegen, in Nordamerika beim Teilnehmer. Aus diesem Grund liegt heute in Nordamerika ein Standard für das Codierungsverfahren vor [3; 4], das zusammen mit den obigen Kabelspezifikationen Einsatzdistanzen bis zu ca. 6000 m erlaubt. Die schweizerischen PTT verwenden dieses Codierungsverfahren ebenfalls für die Verbindung zwischen ihren Amtszentralen und dem NT beim Teilnehmer. Andere europäische Länder verwenden (vorläufig) andere Verfahren.

Die Hersteller ISDN-fähiger Teilnehmervermittlungsanlagen verwenden

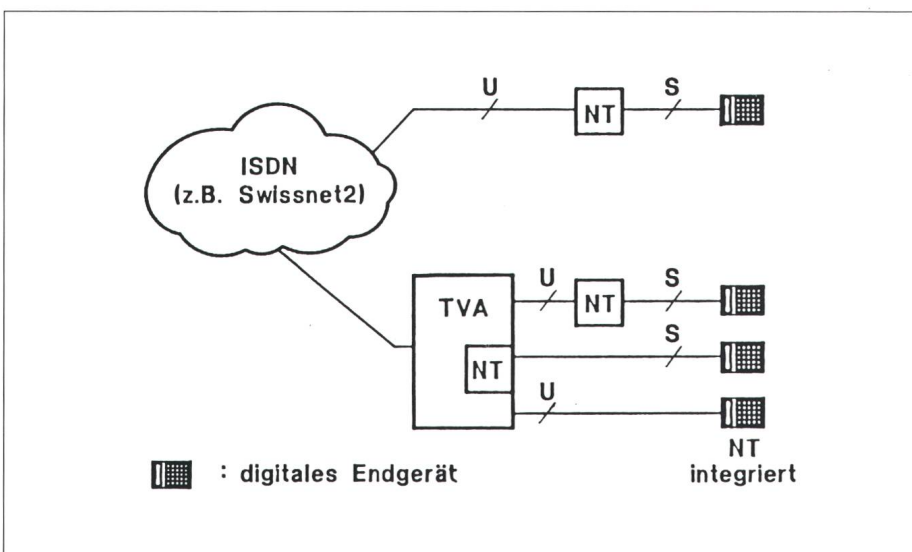


Bild 3 ISDN-Anschlussarten

ISDN öffentliches, digitales Netz für integrierte Dienste (Integrated Services Digital Network)

TVA digitale Haustelefonzentrale (Teilnehmervermittlungsanlage)

NT Netzabschluss (Network Termination)

U U-Schnittstelle (G. 961)

S S-Schnittstelle (I.430)

¹ Die U-Schnittstelle beschreibt die Übertragungsstrecke zwischen dem Netzabschluss (NT) und der ISDN-Zentrale (Definition des ISO-Layers 1). Die Teilnehmer-Netz-Schnittstelle ist im ISDN der S-Referenzpunkt (Definition der ISO-Layer 1...3).

den bisher proprietäre Verfahren an der U-Schnittstelle, die Einsatzdistanzen bis max. 2000 m erlauben. Es ist aber anzunehmen, dass in naher Zukunft auch hier der erwähnte Standard verfügbar sein wird und damit grössere Distanzen überbrückt werden können. Endgeräte mit integriertem NT können dann direkt angeschlossen werden.

Standard-Vorgaben für Ethernet (10BASE-T)

Für den Betrieb von Ethernet über Kabel mit verdrehten Adern besteht mittlerweile ein Standard [5]. Die folgenden Angaben wurden einem Entwurf zu diesem Standard entnommen.

Vom einzusetzenden Kabel wird ein Aderdurchmesser von 0,4 bis 0,6 mm verlangt. Die Drähte müssen nicht abgeschirmt sein und können in einem Kabel mit mehreren Aderpaaren liegen. Man spricht von einem Unshielded Twisted Pair-Kabel (UTP), wobei das Kabel als Ganzes abgeschirmt sein kann. Die Anforderungen an das Kabel sind folgendermassen definiert:

- Wellenimpedanz: 85...111 Ω bei 10 MHz
- Kabeldämpfung: maximal 11,5 dB bei 10 MHz
- Nebensprechdämpfung: minimal 26 dB bei 10 MHz

Standard-Vorgaben für Token Ring

Die Übertragungsraten, welche im Standard spezifiziert sind, betragen 1 und 4 MBit/s [6]. Die Übertragungsrate von 16 MBit/s ist noch nicht standardisiert. Dem Standard können die

gemessene Grössen	U72M	G86	G87	IBM Typ 1
Nebensprechdämpfung in dB bei 20 MHz	48	50	55	75
Dämpfung in dB/100m bei 10 MHz	6,0	6,0	5,6	3,0
Wellenimpedanz in Ω Streuung in Ω (1...20MHz)	105 +/- 7,0	100 +/- 10	100 +/- 10	150 +/- 3,0
Betriebskapazität in pF/m bei 800 Hz	45	49	40	29
Schleifenwiderstand in Ω /km	117	119	117	114
Laufzeit in μ s/100m	0,49	0,52	0,45	0,47

Bild 4 Mittlere Werte von gemessenen Grössen

folgenden Anforderungen an das Kabel entnommen werden, wobei davon ausgegangen wird, dass nur Kabel mit paarweise abgeschirmten Adern verwendet werden, die eine genügend hohe Nebensprechdämpfung aufweisen. Damit lauten die Anforderungen an das Kabel wie folgt:

- Wellenimpedanz: 135...165 Ω bei 1 MHz bzw. 4 MHz
- Die Dämpfung der gesamten Übertragungsstrecke darf max. 29 dB betragen, verteilt auf die Kabeldämpfung mit max. 26 dB und andere Verluste mit max. 15 dB
- Nebensprechdämpfung: keine Angaben

Beschreibung der Kabel

In Bild 2 sind die wichtigsten mechanischen Kriterien der Kabel zusammengestellt [7]. Für alle Kabel, mit Ausnahme des IBM-Typ 1-Kabels, stehen Mehrfachversionen in verschiedenen Grössenordnungen zur Verfügung. Dies bedeutet, dass mehrere Einzelkabel unter einem gemeinsamen Mantel zusammengefasst sind, was Vorteile für die Installation, z.B. bei der Steigzonen-Erschliessung, bietet.

Bei den Kabeln bestehen zusätzliche Unterschiede im Aufbau und dem Material des Isolierwerkstoffes. Durch die Isolation wird das Dielektrikum zwischen den Adern bestimmt, welches einen wesentlichen Einfluss auf die Übertragungseigenschaften hat.

Kabelmessungen

Da die Herstellerangaben nicht den gesamten, interessierenden Frequenzbereich abzudecken vermögen, wurden für einige Vergleiche Messwerte herangezogen, die AWK gemeinsam mit dem Institut für Kommunikationstechnik (IKT) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) im Rahmen einer Studienarbeit gewonnen hat [8]. In Bild 4 sind einige Mittelwerte aus diesen Messungen, in Bild 5 der Dämpfungsverlauf der 4 Kabel in Abhängigkeit der Frequenz dargestellt.

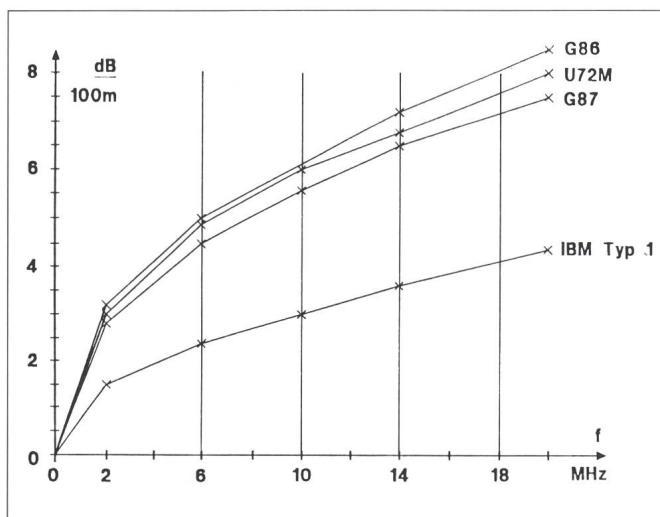


Bild 5 Dämpfungsverlauf der Kabel

	ISDN			Token Ring	Ethernet
	I.430 S ptp	S-Bus	G.961 U	IEEE 802.5	(10BASE-T) IEEE 802.3
Frequenzwerte für die Angaben	ca. 100 kHz			4,0 MHz	10 MHz
maximale Dämpfung in dB	6,0	-	50	26	11,5
max. Länge bei 100-Ω-Kabel in m	1000	150	7000	350 x)	200
max. Länge bei 150-Ω-Kabel in m	1000	200	7000	600 x)	400

Bild 6 Dämpfungen und maximale Länge
x) halbierte Werte für Worst-Case-Betrachtungen (nur 1 Station aktiv)

Das U72M-Kabel

Das U72M-Kabel ist auf einem Sternvierer, gebildet aus vier Adern, aufgebaut. Der Schirm besteht aus einem Aluminiumband, das von einem Geflecht aus Kupferdraht umgeben ist. Dieses vieradrige Kabel wurde vor allem für Anwendungen in der Telefonie entwickelt. Dadurch, dass es vier Adern aufweist, kann es für den Anschluss von zwei analogen Endgeräten eingesetzt werden. Dieses Kabel ermöglicht aber auch den Anschluss digitaler Endgeräte für ISDN-Anwendungen.

Das G86-Kabel

Im G86-Kabel sind vier verdrehte Aderpaare sternförmig verseilt. Das Kabel ist zur Abschirmung mit einem Geflecht aus Kupferdrähten umgeben. Dieses Kabel wird vor allem dort eingesetzt, wo eine erhöhte Anzahl Adern benötigt wird. Dies ist z.B. bei einer RS-232- oder V.24-Verbindung der Fall, wenn die Steuerleitungen verbunden werden sollen. Wenn die Verbindung im XON/XOFF-Modus betrieben wird, oder wenn Line-Driver eingesetzt werden, genügen jedoch vier Adern für die Übertragung.

Das G87-Kabel

Im G87-Kabel sind zwei verdrehte Aderpaare zu einem DM-Vierer² verseilt. Das gesamte Kabel ist zur Abschirmung mit einem Geflecht aus

Kupferdrähten umgeben. Man spricht deshalb von einem UTP-Kabel. Dieses Kabel wurde speziell entwickelt, um auf demselben Medium Daten mit hohen Übertragungsraten und langsamere, analoge Informationen übertragen zu können. Damit kann man mit einem einzigen Medium ein sehr umfassendes Verkabelungssystem realisieren. Bei den angestrebten Kabelparametern wurden denn auch gewisse Kompromisse eingegangen, um eine solch breite Anwendungspalette abdecken zu können.

Das IBM-Typ 1-Kabel

Das IBM-Typ 1-Kabel besteht ebenfalls aus zwei zu einem DM-Vierer verseilten Aderpaaren, die je mit einer Aluminium-Verbundfolie umwickelt sind. Man spricht deshalb von einem Shielded Twisted Pair-Kabel (STP). Zusätzlich umgibt ein verzinnertes Kupfergeflecht das gesamte Kabel. Die Entwicklung dieses Kabels wurde vor allem von den Anforderungen der Datenübertragung geprägt. Das Ziel war, mit diesem Kabel mehrere, verschiedene Arten von Datenübertragungen abzudecken. Die Kabelparameter wurden denn auch für diese Anwendungen optimiert.

Anforderungen und Möglichkeiten

Dämpfung

Für Inhouse-Distanzen (bis einige 100 m) stellt dieses Kriterium, für sich allein genommen, für einzelne Strecken keine Einschränkung dar (Bild 6). Viel eher schränken Laufzeiten der Kabel und die Zeitbudgets aus den Standards die Länge ein. Die Laufzeiten sind bei allen Kabeln ungefähr gleich (2/3 der Lichtgeschwindigkeit).

Wellenimpedanz

Die Kabel gruppieren sich um die beiden Wellenimpedanzen von 100 Ω

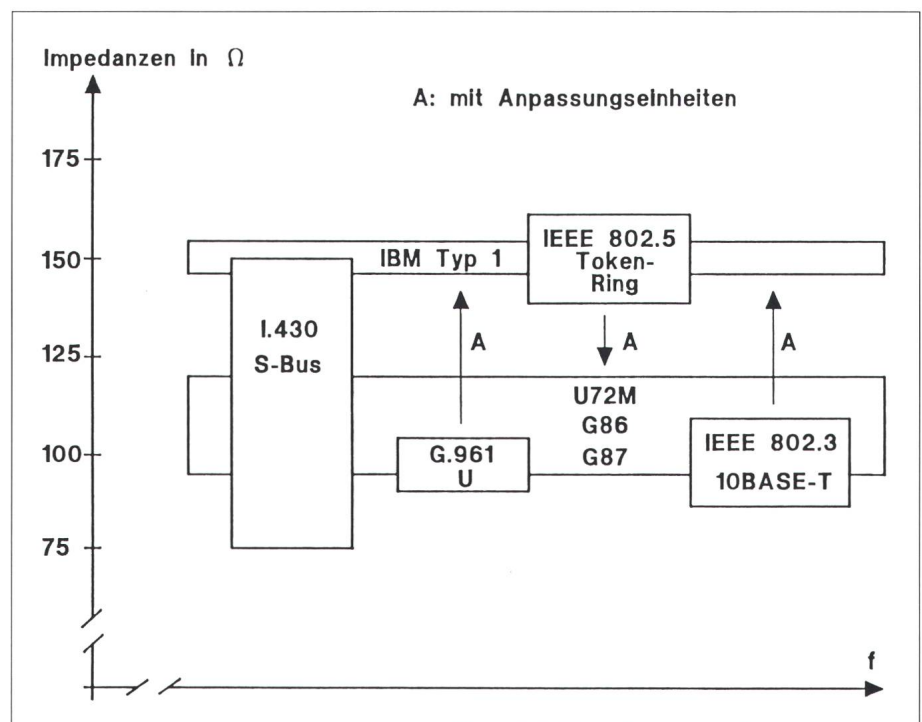


Bild 7 Impedanzen

² Der Dieselhorst-Martin-(DM-)Vierer ist eine spezielle Verseilungsart und besteht aus zwei Doppeladern, welche zusammengefasst werden.

(U72M, G86 und G87) und 150Ω (IBM-Typ 1). Dabei ist eine Abhängigkeit von der Anwendung Token Ring (IEEE 802.5) und dem IBM-Typ 1-Kabel zu erkennen. Andererseits lehnen sich 10BASE-T (IEEE 802.3) und die U-Schnittstelle (G.961) an 100Ω an. Beim S-Bus (I.430) ist der Einsatz über beide Wellenimpedanzbereiche zu sehen. Mit den entsprechenden Anpassungseinheiten (Impedanzwandler), die verfügbar sind, ist jedoch wiederum der Einsatz von allen Kabeln für alle Anwendungen möglich (Bild 7).

Nebensprechdämpfung

Es wird die Nahendsprechdämpfung (Near End Crosstalk, NEXT) betrachtet. Dabei werden die Anforderungen der Standards von allen Kabeln gut erfüllt (Bild 8).

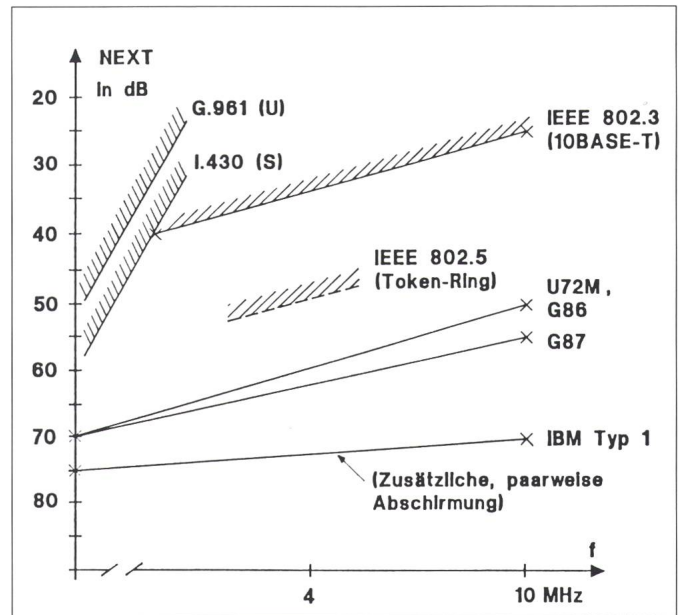
Fazit

Aus der Gegenüberstellung der Standards mit den Kabelwerten sieht man, dass jedes Kabel für praktisch jede Anwendung eingesetzt werden kann. Natürlich ist das Kabel nicht das einzige Element einer einsatzbereiten Übertragungstrecke oder eines lokalen Netzwerks, bildet aber sicher einen wesentlichen Bestandteil. Für die richtige Kabelwahl sind somit weitere Aspekte zu berücksichtigen, die hier nicht im Detail behandelt werden können:

– Stecker, Anschlussdosen und Verteilerelemente stehen in verschiedensten Ausführungen zur Verfügung, die nicht alle mit den betrachteten Kabeln bestückt werden können. Solche mechanische Inkompatibilitäten lassen sich aber in vielen Fällen mit speziell konfektionierten Adapterkabeln oder entsprechenden Vorrichtungen in den Anschlussdosen beseitigen, wobei unter Umständen auf zusätzliche Störeinflüsse durch Reflexionen (beim Zusammenschalten von zwei Kabeln mit ungleichen Wellenimpedanzen) zu achten ist.

– Je nach Anwendung – insbesondere bei lokalen Netzwerken – ist nicht nur ein Kabelsegment, sondern die Gesamtheit der im Netz eingebundenen Segmente für die maximale Ausdehnung (Distanz und Anzahl Endgeräte)

Bild 8
Nebensprechdämpfung



des Netzes ausschlaggebend. Hier kann dann auch die Dämpfung zur einschränkenden Größe werden. Bei der Projektierung der Verkabelung sind also Worst-Case-Betrachtungen anzustellen, die den zukünftigen maximalen Ausbau für alle potentiellen Anwendungen berücksichtigen.

– In der Anwendung ergeben sich ausser den hier betrachteten noch weitere Kriterien. So müssen z.B. gewisse, aus den Protokollen der Standards vorgegebene Zeitbedingungen eingehalten werden. Bei Ethernet z.B. müssen innerhalb einer gewissen Zeit Kollisionen erkannt werden. Dazu wird eine maximale Zeit festgelegt, die einem Paket zur Verfügung steht, um vom Sender zum Empfänger zu gelangen. Durch solche Bedingungen kann die Kabellänge mehr beeinträchtigt werden als durch Kabelparameter, wie z.B. die maximale Dämpfung.

– Eine sehr wesentliche Randbedingung dürfte auch die schon vorhandene oder mutmasslich neue, dominierende Anwendung in einem Unternehmen setzen.

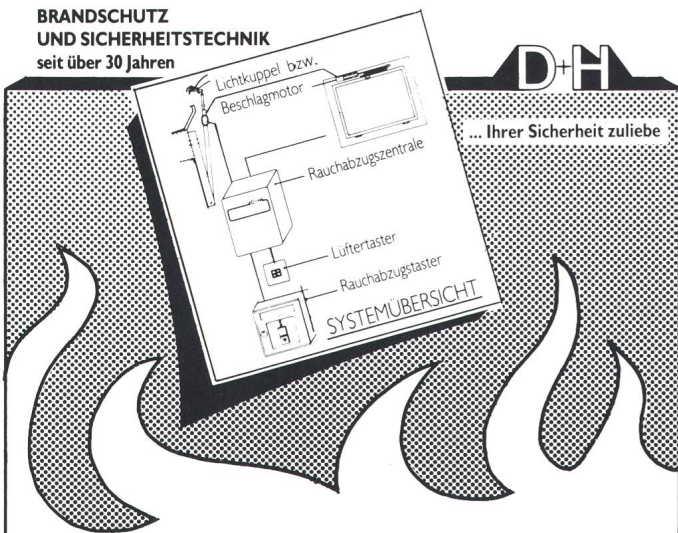
Neben den erwähnten sind noch weitere Standards in Arbeit, die den Anschluss von Endgeräten über Mehrdraht-Kupferleitungen zulassen und zudem höhere Übertragungsraten (z.B. FDDI mit 100 MBit/s) zur Ver-

fügung stellen. Ebenso werden die Kabel ständig weiterentwickelt, so dass in Zukunft mit noch leistungsfähigeren Typen gerechnet werden kann. Die Ablösung der Kabel mit verdrehten Kupferadern durch Lichtwellenleiter bis zum Arbeitsplatz ist aufgrund von fehlenden Standards und Endgeräten in absehbarer Zukunft nicht zu erwarten. Installationen mit den hier behandelten Kabeltypen sind auch in den nächsten Jahren eine sichere Investition, sofern die Rahmenbedingungen entsprechend berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] CCITT Blue Book, Recommendations I.310, I.470, ISDN Overall Network Aspects and Functions, ISDN User-Network Interfaces; Melbourne, November 1988
- [2] CCITT Blue Book, Recommendations G.801, G.961, Digital Networks, Digital Sections and Digital Line Systems; Melbourne, November 1988
- [3] American National Standard ANSI T.1-601, 1988
- [4] W. Steinlin: Übertragungsaspekte beim ISDN-Basisanschluss; Bulletin SEV 78(1987)15
- [5] Draft Supplement to IEEE 802.3 Type 10BASE-T; February 1990
- [6] ANSI/IEEE Standard 802.5, 1985, IEEE Computer Society, Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications
- [7] Dätwyler AG: Telecom Cables-Katalog
- [8] Ch. Strobel und St. Rhyner, Studienarbeit am IKT der ETHZ; Zürich, März 1988

**BRANDSCHUTZ
UND SICHERHEITSTECHNIK**
seit über 30 Jahren



- **Entrauchen von Treppenhäusern
und Hallen im Brandfall**
- **Belüften von Wintergärten**



Projektiertung, Montage und Wartung von erprobten, hochtechnisierten und ausbaubaren Anlagen mit zugehöriger Steuerung in vielen Kombinationsmöglichkeiten direkt beim Schweizer Generalvertreter:

FOPPA AG CHUR Ringstrasse 35, Telefon 081 241146
Filiale Brail/Zerne, Tel. 082 72338

Wir fertigen

anspruchsvolle, massgeschneiderte Steuerungen mit Kompetenz -seit 1965- warum nicht auch

für Sie Steuerungen

konventionell • speicherprogrammiert

detron ag 4332 Stein

4332 Stein

Tel. 064 - 63 16 73

Zögern Sie nicht!

Näher am Zielpublikum als im Bulletin SEV/VSE können Sie mit Ihrer Anzeige nicht sein.

Wir beraten Sie kompetent.
Tel. 01/207 86 32

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
Association Suisse des Electriciens
Associazione Svizzera degli Elettrotecnici
Swiss Electrotechnical Association



Die SEV-Prüfstelle Zürich

kalibriert die Genauigkeit von elektrischen Messinstrumenten (Kalibrierdienst)

führt Abnahmen, Expertisen und Beratungen durch

Unsere Fachspezialisten stehen zur Ihrer Verfügung. Rufen Sie uns an!

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Prüfstelle Zürich
Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich
Telefon 01/384 91 11 - Telex 817 431 sev ch - Telefax 01/ 55 14 26

