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: 78 (1987)

Heft: 17

Artikel: ISDN und elektromagnetische Verträglichkeit

Autor: Daneffel, H. R. / Ryser, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903915

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: 14.10.2025

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

ISDN und elektromagnetische Verträglichkeit

H.R. Daneffel, H. Ryser

Die beim ISDN zur Übertragung verwendeten digitalen Signale enthalten bis zu 100mal höhere Frequenzanteile als die bisherigen analogen Telefonsignale. Ungeschirmte Teile der Teilnehmerleitungen können bei diesen Frequenzen als Antennen wirken und unerwünschte Signale aussenden oder empfangen. Wie verträgt sich dies mit dem bekannten Wunsch nach Weiterverwendung der vorhandenen Installationen? Diese Frage wird hier besonders in bezug auf die heute bestehenden Störschutzvorschriften diskutiert.

Les signaux numériques de transmission en RNIS comportent des parts en fréquence jusqu'à cent fois plus élevées que celles des signaux téléphoniques analogiques. Des parties sans écran des lignes d'abonnés peuvent agir à ces fréquences comme des antennes et émettre ou recevoir des signaux indésirables. Cela est-il compatible avec le désir d'employer les installations existantes? C'est ce qui est traité, en relation avec les prescriptions en vigueur de suppression des parasites.

Aktualisierte Fassung eines Vortrages an der ISSLS 86 (International Symposium on Subscriber Loops and Services) vom 29. September bis 3. Oktober 1986 in Tokyo.

Adressen der Verfasser

H.R. Daneffel, dipl. Ing. ETH, Zellweger Telecommunications AG, 8634 Hombrechtikon, und *H. Ryser*, El.-Ing. HTL, Hasler AG, 3000 Bern 14.

1. Einführung

Die PTT-Betriebe der meisten industrialisierten Länder haben ihre Pläne für die Einführung des ISDN (dienstintegriertes digitales Fernmeldenetz) bekanntgegeben. Die bisherigen Telefon-, Telex- und Datennetze werden zusammengefasst, wobei die vorhandenen Teilnehmerleitungen (unterirdische Kabel, Freileitungen und Hausinstallationen mit Kupferdrähten) weiterverwendet werden sollen. Andernfalls wäre eine schnelle und wirtschaftliche Einführung nicht möglich.

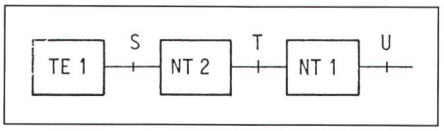
Tatsächlich benötigen konventionelle analoge Telefonsignale (Sprache) nur eine Bandbreite von etwa 4000 Hz. Die verhältnismässig kurzen Teilnehmerleitungen zwischen Ortszentralen und Teilnehmern sind aber in der Lage, digitale Signale mit weit höherer Bandbreite zu übertragen [1]. Die vorhandenen analogen Zentralen, Übertragungsausrüstungen und Endgeräte müssen allerdings ersetzt werden.

Das International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT) arbeitet an internationalen Normen für das ISDN, den bekannten I-Empfehlungen [2], die auf dem ISDN-Referenzmodell basieren (Fig. 1). Dabei ist die Teilnehmerleitung in drei Segmente aufgeteilt mit den Referenzpunkten *S*, *T* und *U*. Das Teilstück von der Ortszentrale bis zur Hauseinführung beim Teilnehmer ist eine Zweidrahtleitung (Referenzpunkt *U*). Die Hausinstallation vom Netzabschluss NT1 (Zweidraht-Vierdraht-Übergang) zum NT2 (z.B. eine Hauszentrale) wird durch den Referenzpunkt *T* und die Verbindung vom NT2 zum TE1 (Teilnehmerapparat, Terminal) durch den Referenzpunkt *S* repräsentiert. Die Schnittstellen *T* und *S* sind vierdrähtig.

In einfachen Hausinstallationen (z.B. Privathäusern) existiert kein NT2, und die Referenzpunkte *S* und *T* sind identisch. Die *S*- und *T*-Schnittstellen sind bereits durch die CCITT-Empfehlungen sehr gut spezifiziert, während die *U*-Schnittstelle noch weit von einer internationalen Norm entfernt ist. Es existieren verschiedene nationale Vorschläge, und entsprechende Chips sind bei den grossen Halbleiterherstellern in Entwicklung.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich nicht auf unterirdische Leitungen. Diese sind abgeschirmt und haben praktisch keine Probleme mit Störstrahlungen. Hier werden nur Freileitungen und ungeschirmte Teile der Teilnehmerleitung (*U*-Referenzpunkt) sowie gewöhnliche Hausinstallationen (*S*- und *T*-Referenzpunkte) betrachtet. Letztere sind besonders durch Störstrahlungsprobleme gefährdet. Diese Leitungen sind normalerweise ungeschirmte verdrillte Paare oder im Falle von Freileitungen parallele Drähte. In der Schweiz werden für Hausinstallationen unter 30 m Länge auch unverdrillte parallele Drähte (Installationsdraht I.51) verwendet.

ISDN-Signale nach CCITT haben Bitraten von 120 bis 200 kbit/s. Je nach Codierung und Übertragungsverfahren liegt das Maximum des Leistungsdichtespektrums im Bereich von 40 bis 100 kHz. Das Spektrum enthält aber auch Frequenzanteile bis über 1 MHz. Solche Frequenzen werden von ungeschirmten Leitungen abgestrahlt. Radiostörungen im Mittel- und Langwellenband sind die Folge. Die Postbehörden spezifizieren in ihren Zulassungsbestimmungen für Tele-



Figur 1 ISDN-Referenzmodell (Teilnehmerseite)

TE1	Endgerät
NT1	Netzabschluss 1
NT2	Netzabschluss 2
S,T,U	Referenzpunkte

kommunikationsgeräte (in der Regel abgeleitet von internationalen Empfehlungen) die maximal erlaubten Werte für abgestrahlte und leitungsgebundene Emissionen. Nach unseren Erfahrungen werden diese Werte oft überschritten, wenn keine besonderen Massnahmen ergriffen werden.

Die Leitungen wirken aber umgekehrt auch als Empfangsantennen. Sie nehmen unerwünschte Signale auf, welche die ISDN-Signale stören können. Dieses Problem war zwar nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen, muss aber ebenso beachtet werden.

2. Technische Grundlagen

2.1 Leitungstypen

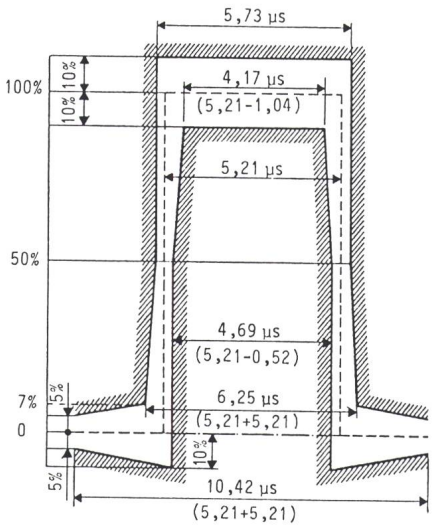
Für die Teilnehmerleitung und Hausinstallation werden verschiedene Leitungstypen, je nach Leitungslänge, Alter und Art der Installation und Anwendung, verwendet, die sich sehr unterschiedlich in bezug auf die Störstrahlung verhalten:

- *Parallele Drähte (Freileitungen und unverdrillte Paare):* Die Störstrahlungseffekte (Aussenden und Empfangen unerwünschter Signale) sind abhängig vom Drahtabstand und nehmen mit zunehmender Entfernung vom Drahtpaar ab.
- *Verdrillte Paare:* Durch die Verdrillung wird eine viel bessere Symmetrie erreicht. Die Magnetfelder kompensieren sich weitgehend. Die Störstrahlungseffekte nehmen mit zunehmender Distanz vom Kabel schneller ab als bei einfachen parallelen Drähten.
- *Abgeschirmte Kabel:* Die Störstrahlungseffekte sind abhängig von der Qualität des Kabelschirmes. Sie können durch sorgfältige Konstruktion der Geräte und einwandfreie Ausführung der Anschlüsse sehr klein gehalten werden.

2.2 Übertragungscodes

Das Codierverfahren, die Form der Impulsmaske und auch die Bit- oder Schrittrate des Signals haben einen grossen Einfluss auf die Störstrahlungseffekte.

Das Signal mit netto 144 kbit/s (64+64+16 kbit/s) wird gemäss CCITT-Empfehlung auf der *S*-Schnittstelle mittels AMI-Code und mit einer Bruttobitrate von 192 kbit/s übertragen. Je nach Inhalt der Daten liegt das Maximum des Leistungsdichtespektrums zwischen 48 und 96 kHz.



Figur 2 Sender-Impulsmaske nach CCITT
---- 100% ≙ 0,75 V Nenn-Impuls

Infolge der steilen Anstiegsflanke der durch CCITT spezifizierten Impulsform (Fig. 2) werden hohe Oberwellenanteile produziert.

Das Übertragungsverfahren auf der *U*-Schnittstelle wurde vom CCITT noch nicht genormt [1]. Verschiedene Firmen haben jedoch Vorschläge gemacht, von denen die meisten ein Echokompensationsverfahren mit einer Bruttobitrate von 160 kbit/s verwenden. Aber es liegen auch Vorschläge für ein sog. Ping-Pong-Verfahren mit Bitraten in der Grössenordnung von 300 bis 400 kbit/s vor. Aus Gründen der Reichweite und um Störprobleme zu vermeiden, sollten Verfahren mit möglichst tiefen Baudraten bevorzugt werden.

Die Deutsche Bundespost hat ein Echokompensationsverfahren mit 4B3T-Codierung gewählt. Dabei wird jede 4-Bit-Folge in eine Folge von drei Schritten eines ternären Codes umgewandelt. Dadurch wird die binäre Bitrate von 160 kbit/s auf eine ternäre Schrittrate von 120 kBaud reduziert. Das Maximum der spektralen Leistungsdichte liegt bei etwa 40 kHz. Mit dieser Codierung scheint eine Reichweite von 8 km bei einer Dämpfung von bis zu 40 dB möglich zu sein. Ähnliche Resultate soll die in den USA favorisierte Lösung mit 2B1Q-Codierung liefern. Es gibt auch Vorschläge mit AMI- und Biphase-Codierung, wobei die Maxima bei etwa 60 und 120 kHz liegen.

Die Ausgangsspannungen der Leitungstreiberstufen liegen bei einigen Volt. Je nach Codierung und Impulsform sind Störungen im Mittel- und Langwellenbereich möglich. Am Ende einer langen Teilnehmerleitung liegt die Spannung des Nutzsignals in der Grössenordnung von 10 bis 100 mV. Dieses Signal ist sehr empfindlich auf Störungen von starken elektromagnetischen Feldern aus fremden Quellen oder benachbarten Leitungen mit unabgeschwächten Signalen. Integrierte Schaltungen für die *U*-Schnittstelle sind zurzeit in Entwicklung.

Auf den Signalleitungen der *U*-Schnittstelle kann ein zusätzlicher Mechanismus ausgenützt werden: Die sogenannte Verwürfelung[1] der Dateninhalte garantiert eine Spektralcharakteristik, die der EMV-Fachmann als Breitbandcharakteristik bezeichnet. Breitband-Störsignale haben aber die Eigenschaft, in den schmalbandigen Empfangssystemen der potentiellen Störopfer (Funkdienste im Langwellenbereich) deutlich weniger starke Störungen zu verursachen. Die neueren Normen berücksichtigen diese Tatsache durch die Unterscheidung von Grenzwerten für Quasispitzenwert- und für Mittelwert-Detektoren. Messungen mit einer der ersten erhältlichen *U*-Schnittstellen-Schaltungen haben gezeigt, dass durch die Verwürfelung eine Verbesserung von mehr als 10 dB erreicht wird.

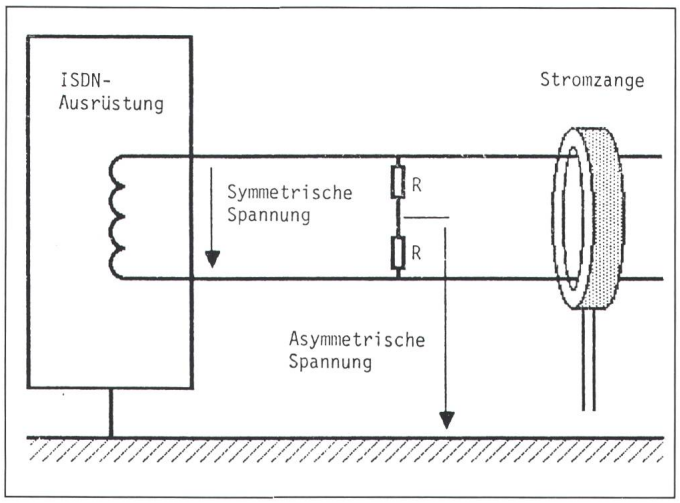
2.3 Impulsmaske am *S*-Referenzpunkt

Die Impulsmaske für das Signal auf der *S*-Schnittstelle ist in der CCITT-Empfehlung I.430 [2] spezifiziert und in Figur 2 dargestellt. Ein sauberer Rechteckimpuls mit einer Amplitude von 0,75 V und einer Breite von 5,21 µs passt am besten in die Maske. Eine sehr kurze Anstiegszeit des Impulses hat jedoch sehr hohe Frequenzanteile des Signals zur Folge. Die längstmögliche Anstiegszeit, die noch in die Maske passt, beträgt etwa 1,0 µs.

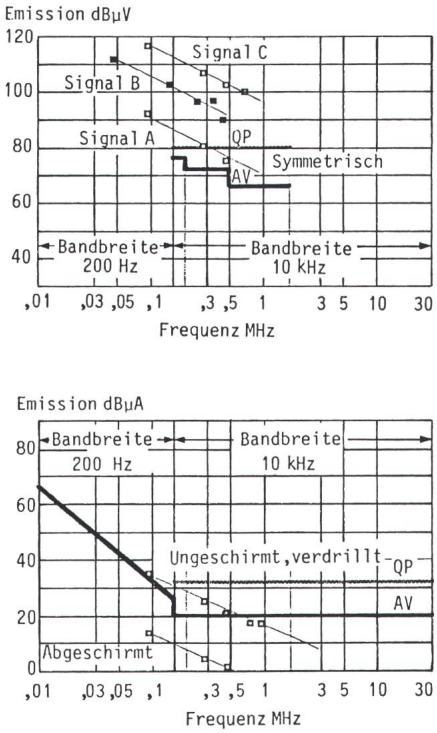
2.4 Normen und Messmethoden für Störemission

Leider sind die Normen und Messmethoden international noch nicht einheitlich spezifiziert. Einige Länder haben Grenzwerte sowohl für symmetrische als auch für asymmetrische

[1] Die Verwürfelung (Scrambling) erzeugt aus einer Datensequenz eine Pseudozufallsfolge mit verbesserten Synchronisier- und Spektraleigenschaften.



Figur 3
EMV-Messmethoden



Figur 4 Grenzwerte

QP Quasi-Spitzenwerte
AV Mittelwerte
a für Störspannungen
b für asymmetrische Ströme

Störspannungen definiert (Fig. 3). Heute ist aber eher eine gewisse Tendenz festzustellen, nur noch Grenzwerte für asymmetrische Störsgrössen zu spezifizieren. Die Messung asymmetrischer Störgrössen führt nämlich zu Resultaten, welche der Störbeeinflussung in realen Applikationen eher gerecht werden. Diese Methode wird unter anderem in der Schweiz [3], in Deutschland [4] und in den USA [5] angewendet.

Die Messung der asymmetrischen Störspannungen erfolgt mit einer Delta- oder T-Netznachbildung. Diese stellen definierte HF-Impedanzen dar, koppeln die Störsignale an das Messgerät und halten Störungen von aussen fern. Die asymmetrischen Ströme werden mit einer HF-Stromzange gemessen. Ganz allgemein gesagt, haben alle diese Vorschriften dasselbe Ziel, nämlich die Störung des Radioempfanges zu vermeiden. Da die Radioempfänger auf der ganzen Welt etwa gleich funktionieren, ist zu hoffen, dass sich auch die Vorschriften in den verschiedenen Ländern immer näher kommen.

3. Besondere Funkdienste im Langwellenbereich

Es gibt weltweit einige wenige Navigationssysteme, die im Frequenzbereich von 100 kHz arbeiten. Das System Loran C hat eine Mittelfrequenz von 100 kHz mit einer Bandbreite von 20 kHz. Das System Decca arbeitet auf derselben Frequenz mit 50 kHz Bandbreite. Mit ähnlichen Frequenzen arbeiten auch gewisse nationale Notfunksysteme. Eines davon ist GWEN, das Ground Wave Emergency Network in USA. Seine Frequenz ist 117 kHz. Der französische Langwellensender France Inter spielt ebenfalls eine wichtige Rolle in Notsituationen. Er sendet auf der Frequenz 164 kHz mit einer Spitzenleistung von 2 MW. Zu beachten sind auch die Zeitzeichensender. Der schweizerische Sender Prangins arbeitet auf 75 kHz, der deutsche DCF-77 auf 77,5 kHz.

Es ist damit zu rechnen, dass unter bestimmten Voraussetzungen Empfangsgeräte für diese Funkdienste durch abgestrahlte Störsignale von ISDN-Einrichtungen gestört werden. Ebenso ist möglich, dass ISDN-Übertragungen in der Nähe starker Langwellensender beeinflusst werden. Mit Ausnahme einiger Arbeiten aus Japan ist zu diesem Thema noch wenig bekannt. Man sollte aber auch diesen potentiellen Störvorgang im Auge behalten.

4. Die Situation in der Schweiz

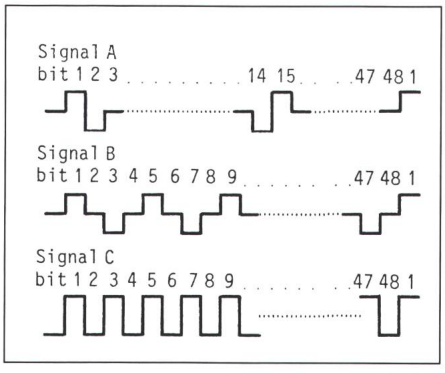
4.1 PTT-Vorschriften

Die schweizerischen PTT-Betriebe haben die Grenzwerte für leitungsgebundene Störspannungen am Signalanschluss von Teilnehmerausrüstungen gemäss Figur 4a spezifiziert [3] und vier verschiedene Kurven für symmetrische und asymmetrische Spannungen sowie für Mittel- und Quasispitzenwerte definiert. Die Grenzwerte für asymmetrische Ströme an Signalkabeln sind in Figur 4b eingezeichnet.

4.2 Testsignale

Laut CCITT haben die Signale an der *S*-Schnittstelle eine Bitrate von 192 kbit/s und sind AMI-codiert. Die übertragenen Daten ändern sich natürlich laufend. Für die Untersuchungen wurden die drei in Figur 5 dargestellten Signale gewählt. Ihre spektralen Leistungsverteilungen dürften nicht stark von realen ISDN-Signalen abweichen. Als Signalquellen dienten die ersten erhältlichen, integrierten *S*-Schnittstellenschaltungen mit einem gut symmetrierten Ausgangsübertrager. Das Ausgangssignal mit einer gemässigten Anstiegsflanke passte in die von CCITT definierte Impulsmaske (Fig. 2).

Das Signal A entspricht einem Info-3-Rahmen nach CCITT I.430. Alle variablen Bits sind auf binär 1 gesetzt, was im AMI-Code 0 V bedeutet. Das Signal B entspricht einer abwechseln-



Figur 5 Testsignale

den Folge von binären Werten 0 und 1. Die diskreten Spektrallinien sind Vielfache von 48 kHz. Das Signal C ist eine gewöhnliche Rechteckfunktion mit einer Amplitude von 1,5 V und einer Frequenz von 96 kHz, entsprechend einer Folge von binären Nullen im AMI-Code. Die Rahmeninformation ist natürlich nicht enthalten, aber das Info-2-Signal gemäss CCITT, das für die Aktivierung der *S*-Schnittstelle gebraucht wird, ist diesem Signal sehr ähnlich. Reale ISDN-Signale dürften zwischen den beiden Extremen A und C liegen.

4.3 Messungen

In den ersten Untersuchungen wurden die symmetrischen Störspannungen an der *S*-Schnittstelle direkt an den Klemmen der Signalquelle mit einer Delta-Netznachbildung gemessen.

Die Figur 6a zeigt die Resultate. Schon die Werte von Signal A übersteigen die Grenzwerte für symmetrische Störspannungen. Die Störspannungsanteile der Signale B und C sind noch höher und liegen weit über den Grenzwerten.

Dies überrascht nicht, weil ja die Grundfrequenzen des Nutzsignales bereits in den spezifizierten Bereich oberhalb von 150 kHz reichen. Das heisst, dass das *S*-Schnittstellensignal nach CCITT die PTT-Vorschriften für symmetrische Störspannungen auf Teilnehmerleitungen niemals erfüllen kann. Mit dem Einsatz von Filtern lässt sich wenig erreichen, weil nur die höherfrequenten Anteile gedämpft werden dürfen. Approximative Berechnungen zeigen, dass sich das Spektrum unterhalb 350 kHz nicht wesentlich verändern lässt, solange die maximale Anstiegszeit von 1 µs entsprechend der CCITT-Impulsmaske nicht überschritten wird.

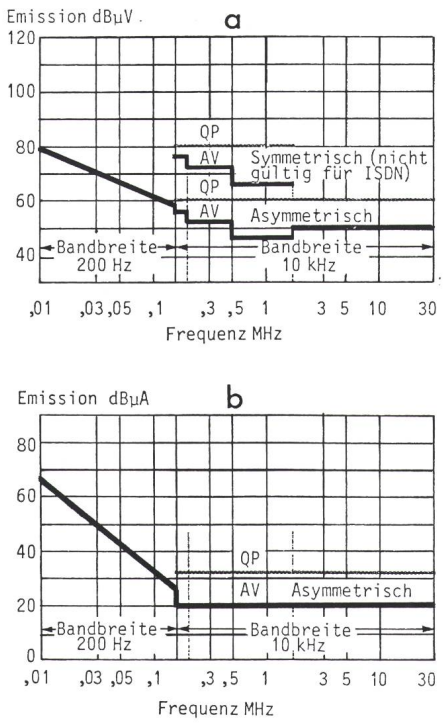
Die Vorschriften für symmetrische Störspannungen (Fig. 4) wurden vor allem im Zusammenhang mit dem Hochfrequenz-Telefonrundspruch erlassen. Gemäss den neuesten Vorschriften für *Swissnet* (das schweizerische ISDN) gelten diese Grenzwerte für ISDN-Ausrüstungen nicht mehr [6].

Die Untersuchungen bezüglich asymmetrischer Ströme wurden mit einem EMV-mässig sehr sauber aufgebauten *S*-Schnittstellensender in einem dichten Metallgehäuse und einem ebenso konstruierten Empfänger, welche beide die elektrischen Bedingungen nach CCITT erfüllten, durchgeführt. Es wurde mit verschiedenen Kabeln kurzer Länge und mit denselben Testsignalen operiert. Gemessen wurden die asymmetrischen Ströme mit einer HF-Stromzange auf dem jeweiligen Kabel.

Die mit dem Signal C (Worst Case) und mit der ungünstigsten Messanordnung erhaltenen Resultate (Fig. 6b, Messwerte mit ungeschirmter Leitung) zeigen, dass die geforderten Grenzwerte mit den heute gebräuchlichen Übertragern auch bei sonst optimaler Konstruktion nicht ganz eingehalten werden.

Nun kann aber bei realen ISDN-Ausrüstungen nicht mit idealen Bedingungen gerechnet werden [7]. Die Geräte werden infolge Fertigungstoleranzen und aus Kostengründen die zugelassene Abweichung der Symmetrie ausnützen. Vorhandene Hausinstallationen, insbesondere Verbindungsstellen, Stecker usw. weisen verschiedene Unsymmetrien auf. All diese Einflüsse erhöhen die asymmetrischen Ströme, so dass anzunehmen ist, dass die Grenzwerte bei nichtabgeschirmten *S*-Schnittstellenleitungen in der realen Anwendung nicht immer eingehalten werden können.

Anders ist es, wenn die *S*-Schnittstellenleitungen abgeschirmt werden. Eine Messung mit dem gleichen Signal C (Worst Case) unter gleichen Messbedingungen ergibt Resultate, die deutlich unter den geforderten Grenzwerten liegen (Fig. 6b, Messwerte mit abgeschirmter Leitung). Allerdings kann auch hier die Einhaltung der Grenzwerte nur bei sorgfältiger Konstruktion garantiert werden. Die Abschirmungsanschlüsse des Kabels sind dabei besonders kritisch.



Figur 6 Messresultate
QP Quasi-Spitzenwerte
AV Mittelwerte
a Symmetrische Störspannungen
b Asymmetrische Ströme

5. Schlussfolgerungen

Das gegenüber herkömmlichen Analogsystemen stark erweiterte Signalspektrum der ISDN-Übertragung ergibt eine neue Situation bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV). Die dadurch entstehenden Probleme können prinzipiell auf drei Arten gelöst werden:

1. Anpassen der Signalform und Codierung: Für die *S*-Schnittstelle wurde die Signalform und die Codierung durch CCITT bereits festgelegt. Eine Änderung wird heute nicht mehr diskutiert. Für die *U*-Schnittstelle sollte aus der Sicht der EMV ein Übertragungscode mit möglichst tiefem Frequenzspektrum gewählt werden. Durch die Verwürfelung der Daten wird eine weitere Verbesserung des Störverhaltens von mindestens 10 dB erreicht. Dadurch ist die Störemission bei der *U*-Schnittstelle weniger kritisch als bei der *S*-Schnittstelle.

2. Anpassungen der Störschutzvorschriften: Das von CCITT spezifizierte Sendesignal auf der *S*-Schnittstelle ist mit den bisher gültigen Grenzwerten der PTT für symmetrische Spannungen am Teilnehmeranschluss nicht verträglich. Dieser Grenzwert wurde deshalb von der PTT für die Anwendung auf ISDN (Swissnet) aufgehoben. Für asymmetrische Spannungen und Ströme sind hingegen nach wie vor Grenzwerte festgelegt. Diese Vorschriften haben sich während langer Zeit als zweckmässig erwiesen. Eine wesentliche Lockerung würde zu vermehrten Störfällen führen. Allerdings sind auch hier Bestrebungen im Gang, die Grenzwerte international zu vereinheitlichen und die Messmethoden präziser zu definieren.

3. Abschirmen der Leitungen: Die vorgeschriebenen Grenzwerte für asymmetrische Ströme können an der *S*-Schnittstelle ohne Abschirmung nicht unter allen Bedingungen eingehalten werden. Aus diesen Gründen

wurde in den Swissnet-Vorschriften die Verwendung abgeschirmter Kabel für die *S*-Schnittstelle vorgeschrieben. Für die *U*-Schnittstelle ist die Notwendigkeit der Abschirmung (je nach gewähltem Übertragungscode) weniger dringend gegeben. Zudem verläuft ein grosser Teil der *U*-Schnittstellenleitungen in unterirdischen Kabeln, die bereits als Abschirmungen wirken. Freileitungen sind für ISDN-Signale nicht geeignet.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden zwar bisher keine abgeschirmten Kabel vorgeschrieben. Die Hersteller von ISDN-Systemen empfehlen aber trotzdem eine voll abgeschirmte Installation, nicht zuletzt auch deshalb, weil dadurch auch die Störfestigkeit der Systeme gegen äussere Störungen verbessert wird.

6. Ausblick

Die beschriebenen Messungen und Überlegungen haben gezeigt, dass gewisse Störprobleme auftreten, wenn die vorhandenen Teilnehmerleitungen und Hausinstallationen für das ISDN weiterverwendet werden. Der vollständige Ersatz durch abgeschirmte Kabel im hausinternen Bereich kann wahrscheinlich alle Probleme lösen, hat aber Konsequenzen auf der Kostenseite. Da die *S*-Schnittstelle vierdrähtig ist, müssen bestehende Zweidrahtinstallationen ohnehin angepasst werden. Für Neuinstallationen dürften sich die Mehrkosten in Grenzen halten. In der Schweiz sind praktisch alle Amtsleitungen unterirdisch und damit abgeschirmt. Freileitungen sind für ISDN nicht geeignet. Trotzdem dürfte es angezeigt sein, die Zusammenhänge sorgfältig zu studieren und die Vorschriften für die Konstruktion und Installation von ISDN-Ausrüstungen sowie möglicherweise auch die nationalen Störschutzvorschriften entsprechend anzupassen.

Literatur

[1] *W. Steinlin:* Übertragung im ISDN-Basisanschluss. Bull. SEV/VSE 78(1987)15, S. 891...897.

[2] Integrated Services Digital Network (ISDN). Recommendations of the series I. Red book, Volume III, fascicle III.5. VIIIth plenary assembly of the CCITT, Malaga-Terremolinos, 8...19 october 1984.

[3] Elektromagnetische Verträglichkeit und sicherheitstechnische elektrische Belange unter besonderer Berücksichtigung der Teilnehmerausrüstungen. Forschungsbericht der PTT Nr. VL 43.140 P. Bern, Generaldirektion der PTT, Hauptabteilung Forschung und Entwicklung, 1986.

[4] Funk-Entstörung von Anlagen und Geräten der Fernmeldetechnik. Allgemeine Bestimmungen. DIN/VDE 0878 Teil 1, Dezember 1986.

[5] Electromagnetic emission and susceptibility requirements for the control of electromagnetic interferences. MIL-Standard 461, 1986.

[6] Swissnet 1: Anzuwendende Installations- und EMV-Vorschriften für Ausrüstungen im Gebäude des Teilnehmers. PTT Nr. 840.44 VL. Bern, Generaldirektion PTT, 1986.

[7] Betrachtungen zu Symmetrie, Störvermögen und Schirmung in ISDN-Installationen (S-Bus). Forschungsbericht der PTT Nr. VD 24.197 U. Bern, Generaldirektion der PTT, Hauptabteilung Forschung und Entwicklung, 1986.