

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegraфи svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	58 (1980)
Heft:	8
Artikel:	Die ersten 140-Mbit/s-Übertragungsanlage der Schweiz
Autor:	Bütikofer, Jean-Frédy / Käser, André
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875888

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: 23.01.2026

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

Die erste 140-Mbit/s-Übertragungsanlage der Schweiz

Jean-Frédy BÜTIKOFER und André KÄSER, Bern

621.391.3.037.37.621.395.5.037.37

Zusammenfassung. Die 140-Mbit/s-Übertragungsanlage für 1920 Telefonkanäle bildet einen wichtigen Grundstein für die Digitalisierung des Fernnetzes im Blick auf die Einführung des integrierten Fernmeldesystems (IFS), bei dem Vermittlung und Übertragung digital erfolgen. Die Leitungsausrüstung wird vorgestellt, einige ihrer Eigenschaften werden besprochen und erste Messresultate diskutiert.

La première installation de transmission à 140 Mbit/s de Suisse

Résumé. L'installation de transmission à 140 Mbit/s, capable de traiter 1920 voies téléphoniques, constitue un jalon important pour la numérisation du réseau interurbain, dans la perspective de l'introduction du réseau de télécommunication intégré IFS à commutation et à transmission numériques. Les auteurs présentent les équipements de ligne ainsi que quelques-unes de leurs caractéristiques et commentent les premiers résultats des mesures.

Il primo impianto di trasmissione a 140 Mbit/s in Svizzera

Riassunto. L'impianto di trasmissione a 140 Mbit/s, con 1920 circuiti telefonici, rappresenta un elemento fondamentale dell'equipaggiamento della rete interurbana per l'esercizio digitale in vista dell'introduzione del sistema integrato delle telecomunicazioni (IFS). In questo sistema la commutazione e la trasmissione vengono effettuate in modo digitale. Gli autori presentano l'equipaggiamento delle linee, le sue caratteristiche ed esaminano i primi risultati di misurazione.

1 Einführung

Im Zusammenhang mit der Einführung der digitalen Vermittlung als Bestandteil des integrierten Fernmelde-systems (IFS) besteht in den nächsten Jahren ein Bedarf nach schneller digitaler Übertragung im Fernnetz. Die heute verwendeten digitalen Übertragungssysteme mit 2 Mbit/s für 30 Telefonkanäle, 8 Mbit/s für 120 Telefonkanäle sowie das vorgesehene 34-Mbit/s-System für 480 Telefonkanäle genügen wegen ihrer zu kleinen Kapazität im Fernnetz nicht. Auf der Fernebene wird man in einer ersten Phase die bestehenden analogen Übertragungsstrecken durch digitale erweitern und später ersetzen. Das Rückgrat des heutigen Fernnetzes bilden die Koaxialkabel, das heißt einerseits das Grosskoaxialkabel 2,6/9,5 mm und anderseits das Kleinkoaxialkabel 1,2/4,4 mm. Zum Einsatz kommen bei den Grosskoaxialkabeln hauptsächlich 12-MHz- und 60-MHz-Übertragungssysteme mit 2700 beziehungsweise 10 800 Telefonkanälen auf einem Tubenpaar und bei den Kleinkoaxialkabeln 12-MHz-Systeme mit 2700 Kanälen. Um bei der Digitalisierung das Verlegen neuer Kabel in grossem Ausmass zu vermeiden, ist es nötig, digitale Systeme ähnlicher Übertragungskapazität einzusetzen. Die Schaffung sehr schneller Anlagen birgt allerdings noch beachtliche technologische Probleme in sich.

Will man aus tiefbautechnischen und betrieblichen Gründen bei den digitalen Leitungsausrüstungen den gleichen Zwischenverstärkerabstand von 2 km der analogen Systeme auf Kleinkoaxialkabel beibehalten, so beträgt die höchste bei den heutigen Kabeln übertragbare Bitrate etwa 140 Mbit/s. Bei dieser Geschwindigkeit können 1920 Telefonkanäle übertragen werden, wobei zu beachten ist, dass die nötige Bandbreite für die Übertragung der Impulse etwa 70 MHz beträgt. Das gleiche System kann auch für Grosskoaxialkabel verwendet werden, wobei dann der Zwischenverstärkerabstand 4,5 km beträgt. Die Entwicklung noch schnellerer Systeme hat begonnen. Ihr Einsatz wird allerdings ausschliesslich auf Grosskoaxialkabel beschränkt sein. Unter Beibehaltung des gleichen Zwischenverstärkerabstandes von 1,5 km, wie bei den heutigen analogen 60-MHz-Systemen, können bei einer Bitrate von 560 Mbit/s 7680 Telefonkanäle gebildet werden.

Der Bau eines *Betriebsversuchs* mit einer 140-Mbit/s-Leitung zwischen Rapperswil SG und Wattwil wurde be-

schlossen, um sicherzugehen, dass rechtzeitig auf die Einführung des IFS hin alle technischen und betrieblichen Probleme gelöst sein werden. Wenn auch die überbrückte Distanz nur rund 25 km beträgt, so können dank dieser Anlage doch grundsätzliche Untersuchungen durchgeführt und wertvolle Erfahrungen für den Bau der nächsten Anlagen gesammelt werden.

Die Philips AG wurde mit der Schaffung des 140-Mbit/s-Leitungssystems betraut. Dieses basiert auf einer in den Niederlanden durchgeföhrten Entwicklung. Es ist das erste 140-Mbit/s-System, das vom Philips-Konzern überhaupt gebaut wurde [1].

2 Das Übertragungssystem

21 Allgemeines

Das gebaute Leitungssystem ermöglicht die Übertragung der vom CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) empfohlenen vierten digitalen Hierarchiestufe mit 139 264 kbit/s (*Tab. I*).

22 Aufbau des Betriebsversuchs

Das Übertragungssystem besteht aus den Leitungsendausrüstungen, die sich in bemalten oder unbemalten Ämtern befinden, dem Kleinkoaxialkabel 1,2/4,4 mm und den in einem Abstand von 2 km in unterirdischen Kästen untergebrachten Zwischenverstärkern. *Figur 1* zeigt den Aufbau der Versuchsstrecke Rapperswil SG—Wattwil. Da die digitalen Zwischenverstärker die gleiche Kabellänge überbrücken wie die 12-MHz-Verstärker der analogen Leitungen und die gleichen Abmessungen besitzen, können die bisher ausschliesslich mit analogen Ausrüstungen belegten Kabel System um System digitalisiert werden, was die Planung für die Übergangszeit bei der Einführung der digitalen Vermittlung wesentlich erleichtert.

23 Die Leitungsendausrüstung

Die Leitungsendausrüstung ist, entsprechend der *Figur 2*, in Baugruppenträgern untergebracht. In einem Gestell finden höchstens drei Leitungsendausrüstungen Platz. Der obere Baugruppenträger enthält zwei Fern-

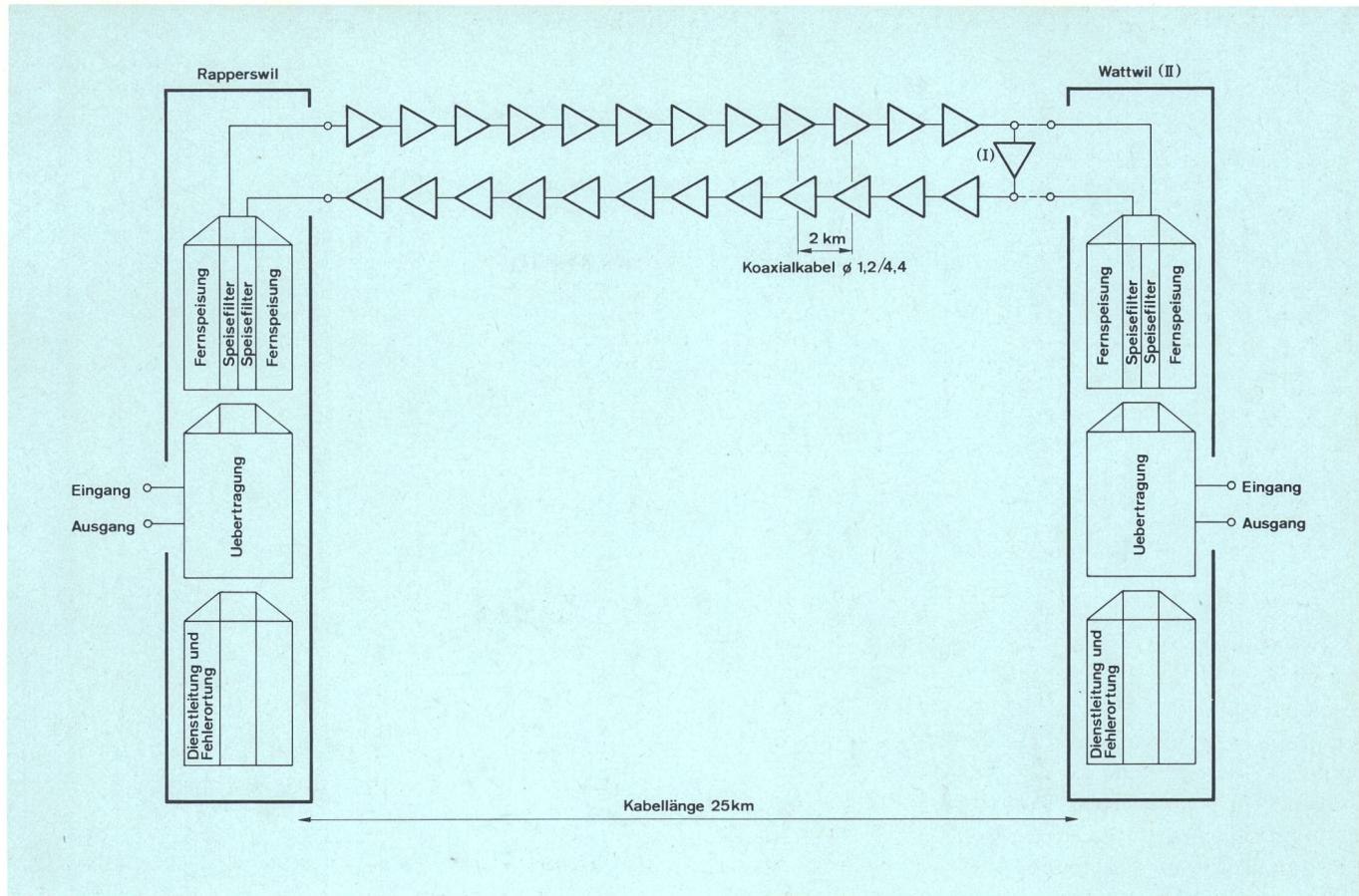


Fig. 1

140-Mbit/s-Versuchsstrecke Rapperswil SG—Wattwil

I Eine Übertragungsrichtung in Schlaufe, 25 Zwischenverstärker, I = 50 km

II Beide Übertragungsrichtungen, 2 × 12 Zwischenverstärker, I = 25 km

Tabelle I. Technische Daten des 140-Mbit/s-Übertragungssystems

Trennstelle	Gemäss CCITT-Empfehlung G 703 Trenstellencode: CMI Bitrate: 139,264 Mbit/s
Leitungscode	FOMOT-Code aus der 4B/3T-Familie Zeichenrate: 104,448 MBd
Maximale Kabeldämpfung	84 dB bei 52,224 MHz
Entzerrung	Automatisch im Bereich 64...84 dB
Kunstleitungen	Einbau möglich 12, 24, 36 oder 48 dB
Ausgangsspannung	± 6 V
Rauschabstand	Die Fehlerrate von 10^{-10} bei einer Kabeldämpfung von 84 dB wird mit einer Reserve von 5 dB eingehalten
Fernspeisung	In Serie über Innenleiter 125 mA und 13,4 V je Zwischenverstärker
Maximaler Speiseabstand	120 km beim Kleinkoaxialkabel 275 km beim Grosskoaxialkabel
Überspannungsschutz	Gemäss CCITT-Empfehlung K 17
Mechanische Abmessungen des Einweg-Zwischenverstärkers	250 × 110 × 90 mm
Umgebungsbedingungen	Temperatur: Alle Werte eingehalten: -10...+45 °C Betrieb gewährleistet: -20...+55 °C Relative Feuchtigkeit: 5...85 % Dringendalarm und AIS ¹ bei Fehlerrate 10^{-3} Nicht-Dringendalarm bei Fehlerrate 10^{-6}
Alarm auf Empfangsseite	

¹ AIS = Alarm Indication Signal; Anzeige, dass ein Dringendalarm vorliegt und erkannt wurde. Die Weiterleitung des Alarms kann unterdrückt werden.

speiseeinheiten für beide Übertragungsrichtungen, die zugehörigen Speisetrennfilter und die Speiseüberwachung. Von einer Leitungsendausrüstung aus können 30 Zwischenverstärkerabschnitte gespeist werden. Die Fernspeiseüberwachung erlaubt eine zuverlässige Abschaltung des Fernspeisestromes bei abnormalen Betriebszuständen und gewährleistet somit die Sicherheit des Betriebspersonals. Der mittlere Baugruppenträger enthält die eigentliche Übertragungseinrichtung. Darunter befindet sich die Fehlerortung.

Die Figur 3 zeigt das Blockschema der Leitungsendausrüstung. Das 140-Mbit/s-Signal wird vom digitalen

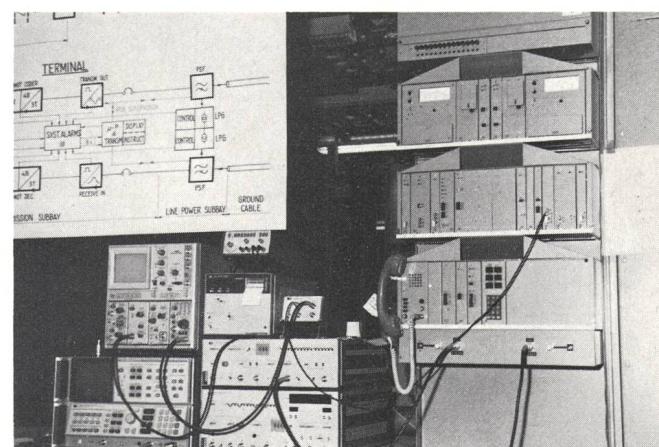


Fig. 2

140-Mbit/s-Leitungsendausrüstung während des Abnahmetests. Von oben nach unten Fernspeisung, Übertragung, Überwachung und Fehlerortung. Die Öffnungen zwischen den Baugruppenträgern dienen zur verbesserten Belüftung der Elektronik (ohne Ventilatoren)

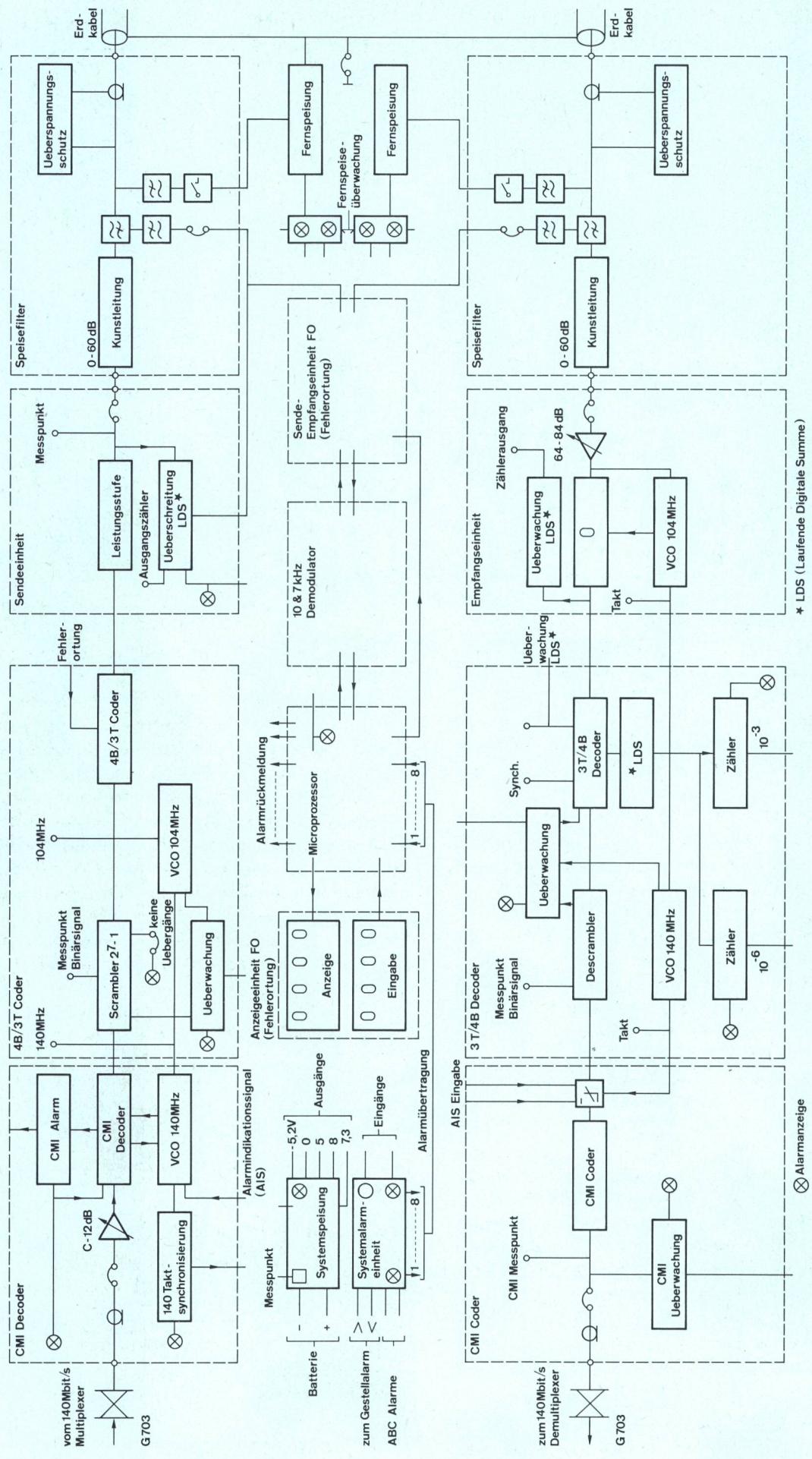


Fig. 3
Blockscheme der Leitungsendausrüstung

Multiplexer 34/140 an die entsprechend der Empfehlung G703 des CCITT normierte Trennstelle im *CMI¹-Code* übergeben. Dieser Code ist ein 1B-2B-Code, das heisst, dass ein Binärelement der Information folgendermassen in zwei Binärelemente des Trennstellencodes umgewandelt wird:

Binär-Code (Impulslänge 7,18 ns)	CMI-Code (Impulslänge 3,59 ns)
0	01
1	00 oder 11

Der CMI-Code wurde für die Trennstelle wegen des relativ einfachen Codierungsverfahrens international gewählt. Er entspricht der Forderung nach Bitfolgeunabhängigkeit (Transparenz) an der Trennstelle.

Am Eingang der Leitungsendausrüstung wird das Signal zunächst decodiert. Das wiedergewonnene Binärsignal wird nun einem siebenstufigen *Scrambler* (Verwürfeler) zugefügt, der seine statistischen Eigenschaften verbessert. Ein beispielsweise konstantes Signal (alles 1 oder alles 0) wird durch den Scrambler in eine pseudozufällige Impulsfolge mit der Wortlänge $2^7 - 1$ umgewandelt. Es darf allerdings nicht verschwiegen werden, dass Scrambler degenerative Zustände kennen, das heisst, dass die am Eingang anstehende Impulsfolge am Ausgang unverändert erscheint. Ist im siebenstufigen Scrambler zufällig das gleiche Wort eingespeichert, das am Eingang angeboten wird, degeneriert er. Verschiedene wiederkehrende Bitfolgen können diesen Zustand verursachen. Die einfachsten solcher Folgen der Periode 1 bit (11111... oder 00000...) werden allerdings durch eine besondere Schaltung erkannt und durch die Änderung des Inhalts von zwei Scramblerstufen aufgelöst. Zwei Bitfehler entstehen dabei. Degenerierte Zustände mit Bitfolgen längerer Periode, zum Beispiel 2 bit (1010...) oder mehr, werden durch die einfache Überwachung nicht erkannt. Wenn die Leitung diese zulässigen FOMOT-codierten Binärfolgen nicht zu regenerieren vermag, entstehen schwere Übertragungsfehler, wie Synchronisations- oder sogar Taktverlust. Bei der sehr hohen Übertragungsgeschwindigkeit dieser Ausrüstung ist es allerdings sehr unwahrscheinlich, dass solche Zustände entstehen. Die bitweise Multiplexierung von 1920 Telefon- und Datenkanälen ergibt schon am Scrambler-eingang ein weitgehend zufälliges Impulsmuster mit gleicher Auftrittswahrscheinlichkeit der Werte 1 und 0. Störende Blockierungseffekte könnten allenfalls dann entstehen, wenn ein Fernsehbild mit Studioqualität übertragen werden soll. Dann würde dieses die 140 Mbit/s der Übertragung beanspruchen. Es ist denkbar, dass elektronisch erzeugte Testbilder (Bilder mit Balken) eine Blockierung über längere Zeit verursachen könnten. Dieses Problem wird zurzeit untersucht. Es ist auch denkbar, dass Übertragungssysteme mit nur teilweise ausgerüsteten digitalen Multiplexern ebenfalls zu Schwierigkeiten führen könnten. Die bisherigen Untersuchungen haben die Notwendigkeit aufgezeigt, den Begriff und das Ausmass der Bitfolgeunabhängigkeit in den internationalen Gremien zu präzisieren.

Das verwürfelte Binärsignal wird nun im *4B/3T-Coder* zu einem ternären Signal umgewandelt, das heisst, vier

Binärelemente werden zu drei ternären Elementen umgewandelt, wobei nicht alle grundsätzlich möglichen ternären Kombinationen zulässig sind. Aus der Vielzahl der möglichen 4B/3T-Codes wurde der FOMOT-Code (FOur MOde Ternary) gewählt. Er weist folgende Eigenschaften auf:

- Reduktion der Übertragungsrate auf der Leitung mit dem Faktor 3/4. Die zu überbrückende Kabeldämpfung in dB wird somit um den Faktor $\sqrt{3}/4$ verkleinert
- keine Gleichstromkomponente
- ständig genügend Taktinformation für die Zwischenverstärker
- guter Wirkungsgrad (84 %)
- Überwachung der Fehlerrate und der Wortsynchronisierung ohne Betriebsunterbruch ist durch die Kontrolle der «laufenden digitalen Summe» (LDS) und der «digitalen Summe» (DS) möglich. Die LDS beliebiger Impulsfolgen ist auf sechs Werte und die DS am Ende jedes 4B/3T-Wortes auf vier Werte begrenzt. Wird eine Überschreitung der LDS festgestellt, so liegt ein Übertragungsfehler von mindestens einem Bit vor. Das häufige Überschreiten der DS weist auf einen Verlust der Wortsynchronisation hin.
- Die Wortsynchronisation kann auf der Empfangsseite durch die Überwachung der digitalen Summe einfach wiederhergestellt werden. Dies ist nötig, da ein Wort aus drei Ternärelementen beziehungsweise aus vier Binärelementen besteht, die eindeutig zugeordnet werden müssen. Bei einer angenommenen (sehr schlechten) Fehlerrate von 10^{-4} wird die Wortsynchronisierung in 99 % der Fälle nach dem Empfang von 250 Wörtern wiederhergestellt. Eine falsche Wortsynchronisierung tritt dabei theoretisch alle 600 Jahre auf.
- Die Fehlermultiplikation des verwendeten 4 B/3 T-Codes beträgt nur 1,3. Zusammen mit der Fehlermultiplikation des Scramblerverfahrens und der Geschwindigkeitsreduktion durch die ternäre Übertragung entsteht eine totale Fehlermultiplikation von etwa 2,6 (bei einer Fehlerrate von 10^{-4} und besser).
- Die Umwandlung der vier Binärelemente in die drei Ternärelemente des FOMOT-Codes geschieht nach *Tabelle II*.

Tabelle II. Zuordnungstabelle Binärwort → Ternärwort

Binärwort	Ternärwort			
	M_1 oder M_2	M_2 oder M_3	M_3 oder M_4	M_4
0000	- + +	- 0 0	- + +	- 0 0
0001	- + 0	- + 0	- + 0	- + 0
0010	+ - 0	+ - 0	+ - 0	+ - 0
0011	+ 0 0	+ - -	+ 0 0	+ - -
0100	- 0 +	- 0 +	- 0 +	- 0 +
0101	+++	- + -	- + -	- + -
0110	+ 0 +	+ 0 +	- 0 -	- 0 -
0111	+ 0 -	+ 0 -	+ 0 -	+ 0 -
1000	0 ++	0 ++	- - 0	- - 0
1001	0 + 0	0 - 0	0 + 0	0 - 0
1010	+ - +	+ - +	+ - +	- - -
1011	++ 0	+ + 0	0 - -	0 - -
1100	0 0 +	- - +	0 0 +	- - +
1101	0 + -	0 + -	0 + -	0 + -
1110	0 - +	0 - +	0 - +	0 - +
1111	++ -	0 0 -	++ -	0 0 -

Die *Ausgangsstufe* verstärkt das ternäre Signal und bestimmt die Impulsform. Über einen Speise- und Schutzfilter tritt die Impulsfolge in die Leitung ein.

¹ CMI = Coded Mark Inversion

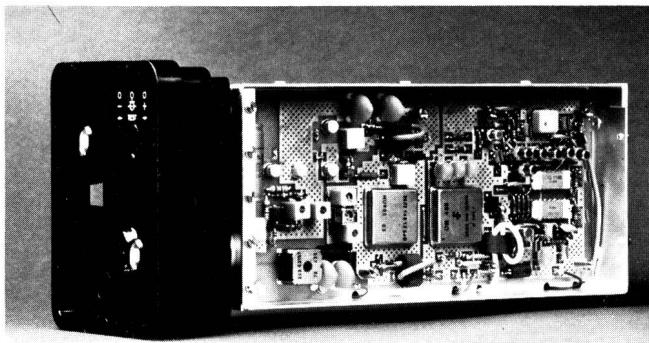


Fig. 4
Digitaler Zwischenverstärker für eine Übertragungsrichtung

24 Der Zwischenverstärker

Der digitale Zwischenverstärker (Fig. 4) weist die gleichen Abmessungen auf wie die bisherigen analogen 12/18-MHz- und 60-MHz-Zwischenverstärker. In der Schweiz wird beim 10tubigen Kleinkoaxialkabel der schon für die 1,3-MHz-, 6-MHz- und 12/18-MHz-Systeme gebrauchte unterirdische Zwischenverstärkerkasten verwendet, wobei die 10 Einwegverstärker schräg eingebaut werden (Fig. 5). Beim 12tubigen Grosskoaxialkabel verwendet man den Originalkasten von Philips, bei dem die Zwischenverstärker nebeneinanderliegen (Fig. 6). Charakteristisch ist der Steckerzugang von vorne, mit flexiblen, eintubigen Koaxialkabeln. Das Blockschema des Zwischenverstärkers zeigt die Figur 7.

Das Eingangssignal durchläuft

- den Speisefilter
- die Vorentzerrung
- bei Bedarf eine Kunstleitung von 12 oder 24 dB (wenn der vorhergehende Kabelabschnitt abnormal kurz ist)
- den entzerrenden Vorverstärker
- den automatischen Regulierverstärker mit einem Pegelbereich von 20 dB bei der Nyquistfrequenz von 52,224 MHz

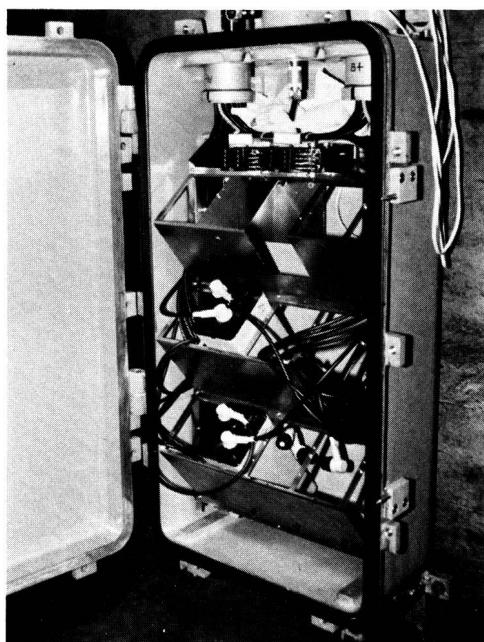


Fig. 5
Zwischenverstärkerkasten für Kleinkoaxialkabel

- den Nachverstärker, mit Ausgängen für die Entscheidungsschaltung, für den Spitzendetektor der Regulierung und für die Taktextraktion

Für die Taktregenerierung dient ein gesteuerter, phasenstarrer Oszillator. Der resultierende Gütefaktor der Taktregenerierung beträgt rund 500 und das RMS-Jitter typisch 0,5 % IE (IE = Impulseinheit = 7,18 ns). Im Gegensatz zu einem LC- oder Quarzfilter korrigiert die PLL-Schaltung die langzeitige Abwanderung und die Temperaturbeeinflussung der Komponenten. Nach der Entscheidungsschaltung wird das regenerierte Signal verstärkt und auf Übertragungsfehler (Messung der laufenden digitalen Summe) geprüft, nachentzerrt und schliesslich über ein Speisefilter auf die Leitung eingeckoppelt.

25 Fehlerortung

Die Fehlerrate der einzelnen Zwischenverstärkerabschnitte kann während des Betriebes ermittelt und damit die Lokalisierung defekter Teile durchgeführt werden. Ein Mikroprozessor steuert das Fehlerlokalisierungssystem. Die Zwischenverstärker messen laufend die Fehlerrate und übertragen diese mit Hilfe eines 10-kHz-Trägers über das koaxiale Paar zur Leitungsendstelle. Die Fehlerortung kommt also ohne zusätzliche Adern aus. Bei langen Leitungen können die für die Fernspeisung notwendigen Zwischenämter ferngesteuert und fernabgefragt werden.

3 Erste Messresultate

31 Allgemeines

Während des Aufbaus der Anlage hat die Lieferfirma umfangreiche Messungen durchgeführt, insbesondere in bezug auf die Jitteraddition als Funktion der Anzahl Zwischenverstärker [2]. Nur einige der bis heute durch die Abteilung Forschung und Entwicklung durchgeföhrten Testresultate werden hier aufgeführt. Ein umfangreicher Bericht über die weiteren Versuche ist demnächst vorgesehen. Figur 2 zeigt die Endausrüstung während der Abnahmemessungen.

32 Fehlerrate

Die Fehlerrate der an der 140-Mbit/s-Trennstelle in Wattwil geschlauften Verbindung wurde in Rapperswil SG während zweier Monate gemessen und registriert (Tab. III).

Tabelle III. Anzahl Fehler je Minute für verschiedene Messperioden und bei Verwendung einer pseudozufälligen Bitfolge der Länge ($2^{23}-1$) bit als Prüfsignal

Anzahl der Fehler je Minute	Anzahl der Minuten
0	74 906
1...3	7
4...6	5
7...10	6
11...30	7
31...60	3
222	1
10 000	5



Da die Messinstrumente am 220-V-Netz angeschlossen waren, ist es möglich, dass ein Teil der Fehler Netzstörungen zuzuschreiben ist und nicht vom Übertragungssystem selbst verursacht wurde. Die Fehler treten oft in Dreiergruppen auf; möglicherweise infolge der Fehlermultiplikation des FOMOT-Dekoders und des Verwürflers mit automatischer Synchronisierung.

Wenn man von den fünf Fällen mit mehr als 10 000 Fehlern, deren Ursprung noch abgeklärt werden muss, absieht, kann die Übertragungsqualität als gut bezeichnet werden. Die mittlere Fehlerrate der 50 km langen

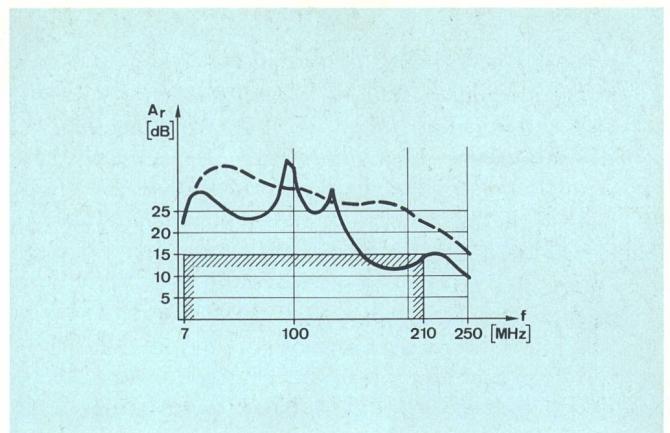


Fig. 8

Reflexionsdämpfung A_r der 140-Mbit/s-Trennstelle
— Senden - - - Empfang

Fig. 6

Anordnung der Zwischenverstärker im Kasten für Grosskoaxialkabel. Der Anschluss der flexiblen Koaxialkabel erfolgt von vorne über berührungssichere Stecker

Verbindung mit 24 Zwischenverstärkern ist kleiner als $1 \cdot 10^{-12}$, also besser als der im provisorischen PTT-Pflichtenheft vorgeschlagene Grenzwert von $2,5 \cdot 10^{-11}$.

33 Eigenschaften der 140-Mbit/s-Trennstelle

Die Form des ausgesendeten Signals an der normalisierten Trennstelle sowie die durch die Ausrüstung verkraftete maximale Kabeldämpfung entsprechen den neuesten CCITT-Empfehlungen. Die Reflexionsdämpfung am Eingang der Ausrüstung entspricht hingegen den Forderungen nicht ganz (Fig. 8).

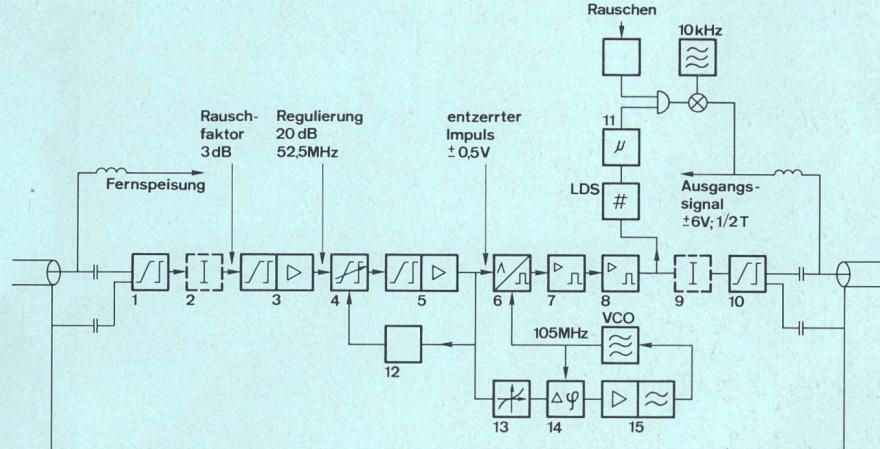


Fig. 7
Blockschema des digitalen Zwischenverstärkers

- 1 Vorentzerrer
- 2 Eventuell Kunstleitung
- 3 1. Entzerrer-Verstärker
- 4 Variable Entzerrung
- 5 2. Entzerrer-Verstärker
- 6 Entscheidungsschaltung
- 7 Treiber
- 8 Ausgangsstufe

- 9 Eventuell Kunstleitung
- 10 Nachentzerrung
- 11 Mikroprozessor
- 12 Spitzendetektor
- 13 Nichtlineare Schaltung
- 14 Phasenvergleich
- 15 Schlaufenfilter

34 Jitter

Der effektive Wert des Jitters an der Trennstelle entspricht 3,5 % einer Bitdauer (7,18 ns), wenn die pseudozufällige Bitfolge der Länge ($2^{23}-1$) bit durch das geschlafte System übertragen wird. Die Jitterübertragungsfunktion eines Zwischenverstärkers ist bei 110 kHz begrenzt. Aus diesen beiden Messungen wird, obwohl der Nachweis noch nicht erbracht wurde, geschlossen, dass die provisorischen Spezifikationen des CCITT ohne Beifügung eines Jitterreduzierers nicht eingehalten werden können. Man muss allerdings beifügen, dass diese CCITT-Werte erst nach der Entwicklung der Ausrüstung aufgestellt wurden. Die Jitterfrage wird gegenwärtig weiterstudiert.

35 Gegenseitige Beeinflussung der analogen und der digitalen Übertragung

Das für die Übertragung verwendete Kleinkoaxialkabel (1,2/4,4 mm) enthält 10 Tuben, sechs davon werden für die 18-MHz-Analogsysteme der Philips AG verwendet und zwei für die digitale Versuchsleitung. Die Zwischenverstärker sind in den gleichen Kästen untergebracht, zudem stehen die Leitungsendausrüstungen nebeneinander. Auch im ungünstigsten Fall (Belastung mit einer Einzelfrequenz) konnte keine messbare Beeinflussung des Jitters oder der Fehlerrate des digitalen Systems durch die analoge Ausrüstung bemerkt werden. Ebenso konnte keine Spektrallinie in den 18-MHz-Ausrüstungen festgestellt werden, die die Messgrenze ($-73 \text{ dBm}0$) überstieg, wenn auf dem digitalen System das AIS-Signal übermittelt wurde.

36 Bitfolgeunabhängigkeit

Die Bitfolgeunabhängigkeit des Übertragungssystems, die mit der Umschaltung zwischen zwei Folgen, bestehend aus repetitiven acht bit-Wörtern, getestet wurde, kann nicht gewährleistet werden. Bestimmte Folgen haben nämlich degenerierte Zustände des Verwürfliers hervorgerufen, die die Leitung nicht mehr regenerieren konnte, so dass der Synchronismus der Empfangsseite verlorenging.

Das Auftreten solcher Bitfolgen ist zwar sicher nicht sehr wahrscheinlich, ganz ausgeschlossen kann es jedoch nicht werden. Ein leistungsfähigerer Verwürfler, wie er schon für Datenübertragungsausrüstungen realisiert wurde, könnte die Wahrscheinlichkeit des Auftretens degenerativer Zustände sehr stark vermindern [3]. Dieses Problem wird zurzeit weiterstudiert.

4 Schlussfolgerung

Die ersten Messergebnisse zeigen die Brauchbarkeit der Anlage. Im besonderen ist keine Beeinflussung zwischen analogen und digitalen Systemen im gleichen Kabel festzustellen. Das Problem der Bitfolgeunabhängigkeit (Transparenz) könnte durch einen zusätzlichen Aufwand beim Scrambler oder bei den Zwischenverstärkern weitgehend entschärft werden. Wieweit dies nötig ist, sollte in nächster Zeit in den internationalen Gremien besprochen werden.

Die Messungen werden weitergeführt. Im Laufe der Zeit erwarten wir Angaben über die Langzeitstabilität und die Zuverlässigkeit der Anlage. Schon heute kann indessen gesagt werden, dass die Übertragung mit 140 Mbit/s über vorhandene Klein- und Grosskoaxialkabel einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung der Übertragung im Blick auf die Einführung des integrierten Fernmeldesystems (IFS) beisteuern wird.

Bibliographie

- [1] *Bax W. G. und Wagenmakers J.* 140 Mbit/s Coaxial Transmission System 8 TR 609. Hilversum, Philips Telecommunication Review 37 (1979) 3, p 144.
- [2] *Bax W. G., Wagenmakers J. und Vythoven Ph.* Field Trial of the 140 Mbit/s Coaxial Line System 8 TR 609. Hilversum, Philips Telecommunication Review 38 (1980) 2, p 61.
- [3] *Livre orange du CCITT*, Genève 1976, tome III-1, recommendation V 27bis.