

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 54 (1976)

**Heft:** 11

**Artikel:** Ein experimentelles Endgerät für die Sprach- und Bildübertragung in PCM-Netzen. 1. Teil = Terminal d'expérimentation pour transmission de parole et d'images dans les réseaux MIC. 1re partie

**Autor:** Kündig, Albert

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875854>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

# Ein experimentelles Endgerät für die Sprach- und Bildübertragung in PCM-Netzen (1. Teil)

## Terminal d'expérimentation pour transmission de parole et d'images dans les réseaux MIC (1<sup>re</sup> partie)

Albert KÜNDIG (ed.)<sup>1</sup>, Bern

621.376.56:621.395.621.397.12:621.397.13

*Zusammenfassung. Es wird ein experimentelles Teilnehmergerät beschrieben, das die gleichzeitige Übertragung von Sprachsignalen und stehenden Bildern über 64 kbit/s-PCM-Kanäle erlaubt. Ziel der entsprechenden Entwicklungsarbeiten war noch nicht die Herstellung eines neuen Endgerätes, sondern einerseits das grundsätzliche Studium von Anwendungsmöglichkeiten schneller Digitalkanäle aus Teilnehmersicht und die Erarbeitung von technischem Wissen auf dem Gebiet neuer Endgeräte andererseits.*

*Résumé. L'auteur décrit un équipement expérimental d'abonné permettant la transmission simultanée de signaux vocaux et d'images inanimées par l'intermédiaire de canaux MIC à 64 kbit/s. Le but des travaux de développement décrits n'était pas de fabriquer un nouveau terminal, mais d'étudier de manière approfondie les possibilités d'application de canaux numériques rapides dans l'optique des abonnés et, par ailleurs, d'acquérir des connaissances techniques dans le domaine de nouveaux types de terminaux.*

### Apparecchio terminale sperimentale per la trasmissione della parola e delle immagini nelle reti PCM

*Riassunto. L'autore presenta un apparecchio terminale sperimentale che permette la trasmissione contemporanea di segnali audio e immagini fisse su canali PCM a 64 kbit/s. L'obiettivo che si voleva raggiungere con i rispettivi lavori di sviluppo non era la costruzione di un nuovo apparecchio terminale, ma, da un lato, lo studio di principio delle possibilità d'impiego di canali a trasmissione digitale più veloce dal punto di vista degli abbonati e, dall'altro lato, l'acquisizione di cognizioni tecniche nell'ambito di nuovi apparecchi terminali.*

## 1 Einleitung

### 11 Ausgangslage

Die in Planung stehenden digitalen Nachrichtennetze werden es in Zukunft gestatten, den Teilnehmern automatisch vermittelte Kanäle mit Bitraten von 64 kbit/s und Vielfachen davon zur Verfügung zu stellen. Da diese Systeme primär für die Telefonie entwickelt werden, müssen die Kosten solcher Kanäle notwendigerweise jenen der heutigen konventionellen Telefonnetze entsprechen, falls die neue Technik überhaupt wirtschaftlich erfolgreich sein soll. Damit eröffnen sich aber langfristig auch auf der Seite der Endgeräte neue, interessante Möglichkeiten, indem sich die höheren Bitraten nicht nur zur Übertragung von Sprachsignalen, sondern auch für den Austausch von Bildinformation und schnellen Datensignalen eignen.

Eine Analyse der verschiedenen direkten Kommunikationsformen von Mensch zu Mensch zeigt, dass eine besonders wirksame Informationsübermittlung sich fast immer sowohl der Sprache als auch des Bildes in seinen verschiedenen Formen (Text, Foto, Zeichnung, Tabelle, Wandtafel usw.) bedient: «Ein Bild sagt mehr als tausend Worte». Seit langem besteht daher der Wunsch, die gleichzeitige Übermittlung von Bild- und Sprachsignalen auch in der Nachrichtenfernübertragung zu verwirklichen. Dabei hat sich erwiesen, dass das vieldiskutierte Bildtelefon (Visiofon), das die Übertragung *bewegter* Bilder erlaubt, der ausserordentlich grossen Übertragungsbandbreite wegen vorläufig nicht durchdringen kann. Eine Überschlagsrechnung ergibt, dass andererseits eine kombinierte Übertragung von Sprachsignalen und von *stehenden* Bildern bei Übertragungsgeschwindigkeiten von der Grössenordnung von 64 kbit/s durchaus reali-

## 1 Introduction

### 11 Situation de départ

Les réseaux de télécommunications numériques planifiés permettront à l'avenir de mettre à la disposition des abonnés des canaux à commutation automatique pouvant acheminer des débits binaires de 64 kbit/s et plus. Vu que ces systèmes sont développés en premier lieu pour la téléphonie, il faut que le coût de ces canaux corresponde aux tarifs pratiqués dans les réseaux téléphoniques conventionnels actuels, si l'on veut que la nouvelle technique soit intéressante du point de vue économique. Cela étant, de nouvelles possibilités s'ouvrent à longue échéance dans le domaine des terminaux, vu que les débits binaires élevés ne se prêtent pas seulement à la transmission de signaux vocaux, mais aussi à l'échange d'images et de signaux de données rapides.

Si l'on analyse les différents systèmes que les hommes ont inventés pour correspondre directement, il apparaît qu'un mode d'intercommunication particulièrement efficace comprend presque toujours celle d'images sous diverses formes (textes, photos, dessins, tableaux, tableaux noirs, etc.), selon le principe «une image en dit plus long que mille paroles».

Dans le domaine des télécommunications, la transmission simultanée de signaux d'image et de parole est depuis longtemps souhaitée. A ce propos, il s'est révélé que le visiophone, équipement permettant la transmission d'images *animées*, ne parvenait pas à s'imposer pour l'instant, en raison de la largeur de bande considérable qu'il requiert. En revanche, une évaluation approximative montre que la transmission simultanée de signaux vocaux et d'images *inanimées* à un débit binaire de l'ordre de 64 kbit/s

<sup>1</sup> Dieser Beitrag stellt das Resultat einer Zusammenarbeit verschiedener Gruppen der *Abteilung Forschung und Entwicklung PTT* und der *Autophon AG* dar. Er ist unter der koordinierenden Leitung von A. Kündig und folgenden Ko-Autoren verfasst worden (in alphabetischer Reihenfolge): A. Beiner, E. Faivre, J. P. Jacot und E. Jakob von der Autophon AG Solothurn sowie W. Fawer, K. Krähenbühl, R. Kunz, W. Lacher und W. Neu von der Abteilung Forschung und Entwicklung PTT

<sup>1</sup> Cet article résulte de la coopération de divers groupes de la *Division des recherches et du développement des PTT* et de la maison *Autophon SA*. La rédaction a été dirigée et coordonnée par M. A. Kündig, auquel les auteurs suivants ont apporté leur collaboration (dans l'ordre alphabétique): MM. A. Beiner, E. Faivre, J.-P. Jacot et E. Jakob de la maison Autophon à Soleure ainsi que MM. W. Fawer, K. Krähenbühl, R. Kunz, W. Lacher et W. Neu de la Division des recherches et du développement des PTT

Bildvorlage Type d'image	Anzahl Zeichen/ mm <sup>2</sup> Nombre de signes/ mm <sup>2</sup>	Anzahl PEL/mm <sup>2</sup> Nombre de points d'image (PEL) mm <sup>2</sup>	Anzahl kbit je A4-Seite Nombre de kbits par page A4	Bemerkungen Remarques
1 Schreibmaschinentext Texte dactylographié	0,05		18	8 bit/Zeichen Caractères à 8 bits
2 Zeitungstext Texte de journal	0,2		72	8 bit/Zeichen Caractères à 8 bits
3 Halbtonbild, Bildtelefonqualität Image en demi-tons, qualité visiophone		1	270	6 bit/Bildpunkt, keine Methoden zur Redundanz- reduktion Point d'image à 6 bits, pas de méthode pour diminuer la redundance
4 Halbtonbild, heutiges Faksimile Image en demi-tons, fac- similé actuel		16	4320	
5 Halbtonbild, Faksimile mit erhöhter Qualität Image en demi-tons, fac- similé de qualité supérieure		64	17 000	
6 Halbtonbild «Druckereiqualität» Image en demi-tons, qualité «imprimerie»		1024	270 000	

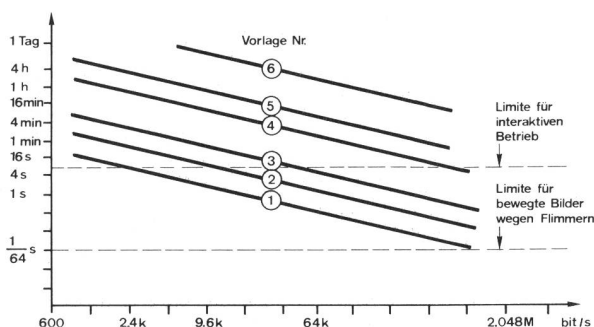


Fig. 1  
Übertragungszeiten für verschiedene Bildvorlagen in Abhängigkeit der Übertragungsgeschwindigkeit (A4-Format mit nutzbarer Fläche von 450 cm<sup>2</sup> als Annahme) – Temps de transmission pour divers types d'image en fonction du débit binaire (format A4, surface utile admise 450 cm<sup>2</sup>)

1 Tag – 1 jour  
Vorlage Nr. – Modèle No  
Limite für interaktiven Betrieb – Limite pour service interactif  
Limite für bewegte Bilder wegen Flimmerns – Limite pour images animées (papillotement)

stisch ist. *Figur 1* zeigt die Übertragungszeiten für verschiedene Bildtypen in Abhängigkeit von der Bitrate. Es lassen sich daraus für die Übertragung auf 64-kbit/s-(PCM-)Kanälen folgende Schlüsse ziehen:

a) Die wechselweise oder (wie noch gezeigt werden soll) gleichzeitige Übertragung von Sprachsignalen und stehenden Bildern, deren Auflösung etwa dem Bildtelefon entspricht, benötigt je Bild etwa 5 s. Diese Zeitspanne genügt noch, um ein ungehindertes Gespräch (ohne Stöcken) zu führen. Das gleiche gilt für Texte, bei denen bei gleichem Format natürlich noch bedeutend kürzere Übertragungszeiten resultieren.

Ein entsprechender Dienst eröffnet viele interessante Anwendungsmöglichkeiten, auf die in Abschnitt 6 noch kurz eingegangen werden soll. Ein Gerät, das die gleichzeitige oder abwechselungsweise Übertragung von Sprache und stehenden Bildern erlaubt, stellt – bei weit geringeren Anforderungen an das Übertragungsnetz – in vielen Anwendungsbereichen eine gute Alternative zum Bildtelefon dar, wenn man vom bewegten «Kopf- und Schulterbild» des Gesprächspartners absieht.

repräsentiert eine Lösung fort realiste. La *figure 1* montre les temps de transmission pour divers types d'images en fonction du débit binaire. En ce qui concerne la transmission sur des canaux MIC de 64 kbit/s, il est possible de conclure ce qui suit:

a) La transmission alternée ou, comme il sera encore montré, simultanée de signaux vocaux et d'images inanimées exige environ 5 secondes par image, si leur résolution correspond à peu près aux caractéristiques du visiophone. Cette durée permet encore de converser couramment (sans heurts). La même remarque s'applique aux textes dont la transmission, pour le même format, nécessite encore bien moins de temps.

Un service de ce genre ouvre de nombreuses possibilités d'application intéressantes, qui seront succinctement commentées au paragraphe 6. Un équipement permettant la transmission simultanée ou alternée de signaux vocaux et d'images inanimées constitue, même si l'on ne voit pas le «portrait animé» du correspondant, une variante valable du visiophone dans de nombreux domaines d'application.

b) La transmission d'images avec une résolution qui permettrait, par exemple, la représentation d'une page dactylographiée A4 au moyen d'un procédé d'exploration point par point demande quelque 50 s en technique noir/blanc et près de 5 min pour une image en demi-tons (hypothèse: surface utile 500 cm<sup>2</sup>, 8 points d'image par mm, pas de réduction de la redondance, gris codés à 6 bits par point d'image). Ces durées sont trop importantes pour qu'il soit possible de transmettre plusieurs fois une image au cours d'une conversation. Malgré cela, les procédés de *fac-similé* gagneront en importance à l'avenir, vu leur supériorité considérable par rapport aux méthodes actuelles dans le domaine de la transmission d'informations commerciales, tant sur le plan de la résolution que sur celui du temps requis.

Les considérations qui précèdent indiquent que l'appareil décrit sous a), appelé ci-après *téléphone à écran*, pourrait avoir certaines chances de percer dans un *avenir éloigné*.

## 12 But des travaux de développement

Bien qu'il ne faille pas s'attendre ces prochaines années à une large diffusion de l'appareil brièvement décrit, en raison de son coût et de l'absence d'un réseau numérique accessible à chacun, cela ne signifie pas qu'il est inutile de faire des études dans ce domaine. Aujourd'hui déjà, des dispositifs de commutation pour canaux à 64 kbit/s sont à l'essai, pour l'instant surtout en téléphonie, appareils auxquels les abonnés sont encore reliés au moyen de lignes basse fréquence conventionnelles. *Il s'agit néanmoins de reconnaître à temps les exigences futures que créeront de nouveaux services.*

L'appareil qu'il faudrait développer dans cette optique devrait permettre d'approfondir les problèmes essentiels suivants:

- Représentation et codage de l'image
- Technique de la reproduction et de la mémorisation de l'image
- Transmission combinée d'informations sonores et visuelles
- Formats des données
- Structure et service du nouvel équipement
- Exigences concernant la signalisation, côté abonné et de bout en bout.

b) Die Übertragung von Bildern mit einer Auflösung, die zum Beispiel die Darstellung einer Schreibmaschinen-seite A 4 durch punktweise Abtastung erlauben würde, dauert etwa 50 s bei reiner Schwarzweissstechnik und etwa 5 min für Halbtontechnik (Annahme: nutzbare Fläche 500 cm<sup>2</sup>, 8 Bildpunkte je mm, keine Redundanzreduktion, Grautöne mit 6 bit/Bildpunkt codiert). Diese Zeiten sind zu gross, als dass eine mehrmalige Bildübertragung noch aktiv in ein Gespräch eingebaut werden könnte. Trotzdem wird den entsprechenden *Faksimileverfahren* in Zukunft grössere Bedeutung zukommen, da sie im Bereiche der geschäftlichen Informationsübertragung den heutigen Methoden bezüglich Auflösung und/oder Übertragungszeit weit überlegen sind.

Aufgrund dieser Überlegungen müssen einem Gerät gemäss a) – es wird im folgenden *Bildschirmtelefon* genannt – für die *fernere Zukunft* einige Chancen eingeräumt werden.

## 12 Ziel der Entwicklungsarbeiten

Wenn dem bereits grob skizzierten Gerät sowohl der Kosten wie auch des vorderhand noch fehlenden allgemein verfügbaren Digitalnetzes wegen in den nächsten Jahren noch keine weite Verbreitung beschieden sein kann, so darf dies trotzdem nicht bedeuten, dass entsprechende Studien nutzlos wären. Bereits stehen Vermittlungseinrichtungen für 64-kbit/s-Kanäle im Versuchsbetrieb, die zwar vorläufig vor allem für die Telefonie eingesetzt werden sollen und bei denen die Teilnehmer noch über konventionelle Niederfrequenzleitungen angeschlossen sind. *Es gilt aber, künftige, durch neue Dienste bedingte Anforderungen frühzeitig zu erkennen.*

In diesem Sinne sollte ein Gerät entwickelt werden, mit dessen Hilfe die wichtigsten Problemkreise wie

- Bilddarstellung und -codierung
- Technik der Bildwiedergabe und -speicherung
- Vermischte Übertragung Sprache und Bilder
- Datenformate
- Aufbau und Bedienung des neuartigen Gerätes
- Anforderungen an die Teilnehmer- und End-zu-End-Signalisierung

ergründet werden können.

Selbstverständlich kann ein grosser Teil des dabei erarbeiteten Wissens auch bei der Spezifikation (Pflichtenhefte) und bei der Entwicklung ähnlicher Endgeräte, zum Beispiel für kleinere Übertragungsgeschwindigkeiten (ohne Sprache), gut eingesetzt werden.

*Das beschriebene Bildschirmtelefon ist damit vor allem als ein Studienobjekt zu betrachten und noch nicht als Muster eines neuen Teilnehmergerätes.*

Dementsprechend wurde noch keine Optimierung hinsichtlich Leistungs- und Platzbedarf sowie anderer – später wichtiger – Eigenschaften angestrebt.

Die Entwicklungsarbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit von Gruppen der *Autophon AG*, Solothurn, und der *Abteilung Forschung und Entwicklung PTT*, Bern. Über die allgemeine Zielsetzung dieser und weiterer Arbeiten [1], ebenso über gewisse Teilaspekte [2], [3], ist bereits kurz berichtet worden.

Il est évident que de nombreuses connaissances acquises incidemment lors de tels travaux pourront être utilisées avec profit lors de l'élaboration de spécifications (cahiers des charges) et du développement de terminaux semblables, servant par exemple à la transmission de débits moins élevés (sans signaux vocaux).

*Dès lors, le téléphone à écran décrit doit être surtout considéré comme objet d'étude et non pas comme prototype d'un nouveau terminal d'abonné.*

Cela étant, on n'a pas encore procédé à une optimisation quant aux performances et à la place nécessaires ainsi qu'à d'autres caractéristiques, qui ne seront importantes que plus tard.

Les groupes de la maison *Autophon SA* à Soleure et ceux de la *Division des recherches et du développement des PTT* à Berne collaborent étroitement pour mener à bien ces travaux de développement. Les objectifs généraux de ce travail et d'autres études accessoires [1] ainsi que certains aspects des problèmes y relatifs [2], [3] ont déjà fait l'objet de brèves publications.

## 2 Structure du téléphone à écran (schéma-bloc de la fig. 2)

Le téléphone à écran doit permettre un dialogue audiovisuel sur les réseaux prévus de circuits MIC commutés ou point-à-point (*tab. I*). Une information visuelle (soit une image avec plusieurs valeurs de gris) doit pouvoir être transmise simultanément avec les signaux vocaux, en provenance d'une des sources suivantes:

- Caméra (ou système vidéo quelconque)
- Clavier
- Luminostyle (traçant des images sur l'écran)

### *Description succincte du fonctionnement*

Vu la faible largeur de bande des canaux téléphoniques, il est impossible d'y transmettre des images de télévision animées. En vue d'économiser la largeur de bande, on se borne à véhiculer des images inanimées (le spectateur voit une sorte de série d'images sonorisées). Ces images, qui arrivent lentement par la ligne d'abonné, doivent être *mémorisées* pour permettre une régénération permanente. Dans le dessein de réduire la durée de transmission et d'abaisser le coût de la *mémoire vidéo*, le critère de résolution choisi est un peu moins élevé que celui de la télévision classique. Compte tenu d'une capacité de transmission de 160 kbit/s, l'information visuelle (associée à une faible information sonore) peut être transmise en 4...10 s. A ce débit binaire, une ligne à 4 fils sans amplification intermédiaire suffit à couvrir une distance de 8 km environ; il est donc possible d'utiliser à cet effet les câbles existants du réseau local.

Vu que l'écran d'un terminal est observé à très courte distance, il est important que les images ne papillotent pas et qu'aucune perturbation provenant de tubes fluorescents ne se produise. A cet effet, on a choisi une fréquence image de 100 Hz. Pour qu'il soit néanmoins possible de raccorder également des systèmes vidéo existants à 50 Hz, la mémoire vidéo produit (et mémorise) *simultanément* des images à 50 Hz et à 100 Hz. La luminosité est mémorisée et transmise en procédé MICD à 4 bits (MIC différentielle, signifiant que

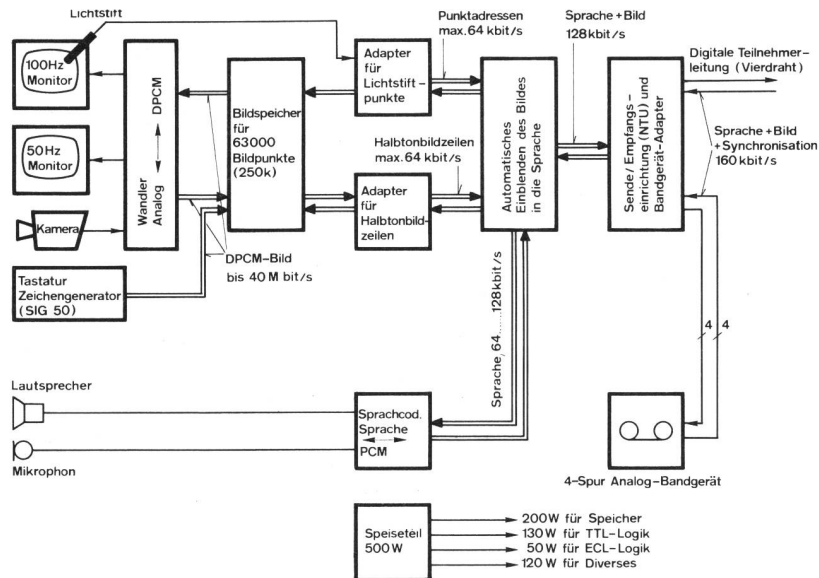


Fig. 2  
 Blockschaltbild des Bildschirmtelefons – Schéma-bloc du téléphone à écran

Lichtstift – Luminostyle  
 100-Hz-Monitor – Moniteur à 100 Hz  
 50-Hz-Monitor – Moniteur à 50 Hz  
 Kamera – Caméra  
 Tastatur, Zeichengenerator – Clavier, générateur de caractères  
 Lautsprecher – Haut-parleur  
 Mikrofon – Microphone  
 Wandler: Analog ↔ DPCM – Convertisseur analogique ↔ MICD  
 DPCM-Bild bis 40 Mbit/s – Image MICD, 40 Mbit/s au plus  
 Bildspeicher für 63 000 Bildpunkte – Mémoire d'image pour 63 000 points d'image  
 Adapter für Lichtstiftpunkte – Adapteur pour points du luminostyle  
 Halbtonbildzeilen maximal 64 kbit/s – Lignes d'image en demi-tons, 64 kbit/s au plus  
 Adapter für Halbtonbildzeilen – Adapteur pour lignes d'image en demi-tons  
 Punktdressen maximal 64 kbit/s – Adresses des points, 64 kbit/s au plus  
 Automatisches Einblenden des Bildes in die Sprache – Injection automatique de l'image sur les signaux vocaux

Sprache und Bild 128 kbit/s – Signaux vocaux et d'image, 128 kbit/s  
 Sende/Empfangs-Einrichtung (NTU) und Bandgeräatadapter – Equipements émission/réception (NTU) et adapteur du magnétophone  
 Digitale Teilnehmerleitung (vierdrahtig) – Ligne numérique d'abonné (à 4 fils)  
 Sprache, Bild und Synchronisation 160 kbit/s – Signaux vocaux, d'image et synchronisation, 160 kbit/s  
 Sprache 64...128 kbit/s – Signaux vocaux, 64...128 kbit/s  
 Sprachcod. Sprache ↔ PCM – Codec signaux vocaux, parole ↔ MIC  
 4-Spur-Analogbandgeräat – Magnétophone analogique à 4 pistes  
 Speiseteil 500 W – Bloc d'alimentation 500 W  
 200 W für Speicher – 200 W pour mémoire  
 130 W für TTL-Logik – 130 W pour logique TTL  
 50 W für ECL-Logik – 50 W pour logique ECL  
 120 W für Diverses – 120 W pour divers

## 2 Aufbau des Bildschirmtelefons (Blockschaltbild Fig. 2)

Das Bildschirmtelefon soll einen audiovisuellen Dialog über die projektierten PCM-Wähl- und -Standleistungsnetze ermöglichen (Tab. I). Gleichzeitig mit der Sprache kann ein Halbtonbild (also ein Bild mit mehreren Graustufen) aus einer der folgenden Quellen übertragen werden:

- Kamera (oder irgendein anderes Videosystem)
- Tastatur
- Lichtstift (zeichnet auf dem Bildschirm)

### Kurze Funktionsbeschreibung

Die kleine Bandbreite von Telefoniekanälen gestattet die Übertragung von bewegten Fernsehbildern nicht. Um Bandbreite zu sparen, werden daher nur stehende Bilder übertragen (der Betrachter sieht also eine Art Tonbildschau). Die Bilder, die langsam über die Teilnehmerleitung eintreffen, müssen daher in einem *Bildspeicher* gespeichert werden, um dem Empfänger für eine ständige Regeneration zur Verfügung zu stehen. Zugunsten einer kurzen Übertragungszeit und eines wirtschaftlich tragbaren Bildspeichers wurde die Auflösung gegenüber dem Unterhaltungfernsehen etwas verringert. Bei einer Übertragungskapazität von 160 kbit/s kann das Bild (mit wenig Sprache gemischt) in 4...10 s übertragen werden. Für diese Bitrate genügt eine 4-Draht-Leitung ohne Zwischenverstärker bis etwa 8 km Entfernung; die bestehenden Kabel im Ortsnetz können also dazu verwendet werden.

Da bei einem Endgeräat der Bildschirm aus sehr kurzer Distanz betrachtet wird, ist es sehr wichtig, dass die Bilder

seules les différences de luminosité sont codées); il en résulte 128 échelons de luminosité.

Pour l'instant, l'introduction de *caractères alphanumériques* se fait au moyen d'un équipement externe (SIG 50 de la maison AEG Telefunken).

L'*adapteur pour images en demi-tons* relie la mémoire image rapide, à 10 MHz, qui fonctionne en mode asynchrone avec le circuit d'abonné, à la partie 16 kHz synchronisée par la ligne.

Le *luminostyle* permet de transmettre des esquisses de manière simple. Dans l'*adapteur pour points du luminostyle*, les adresses ponctuelles (coordonnées du luminostyle) sont déterminées et transmises à la partie 16 kHz. Par ailleurs, cet adapteur peut inscrire dans la mémoire image des points (provenant de la ligne sous forme d'adresses). Le récepteur peut suivre la formation de telles esquisses en temps réel; les esquisses peuvent cependant aussi être préparées et transmises en tant qu'image complète.

Le *codec pour signaux vocaux* transforme l'information sonore en signaux MIC et inversement. La quantification se fait d'après la courbe de compression et d'extension de la CEPT<sup>1</sup>. Par rapport aux voies téléphoniques MIC classiques, la largeur de la bande passante des fréquences vocales a été doublée et portée à 8 kHz. La compréhensibilité a été ainsi améliorée, ce qui est surtout précieux lors de communications en langues étrangères.

<sup>1</sup> Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications

**Tabelle 1. Wichtigste Daten des Bildschirmtelefons**  
**Tableau 1. Caractéristiques essentielles du téléphone à écran**

Sprache Signaux vocaux	Bandbreite	etwa 8 kHz (16 kHz Abtastrate)
	Largeur de bande	environ 8 kHz (fréquence d'échantillonnage 16 kHz)
Bild Image	Quantisierung	8 bit PCM
	Quantification	MIC à 8 bits
	Kompander	CEPT/13 Segmente
	Compresseur	CEPT à 13 segments
	Bildwechselfrequenz	100 Hz und 50 Hz
	Fréquence image	100 Hz et 50 Hz
	Anzahl aktive Zeilen	
	Nombre des lignes actives	224
	Anzahl aktive Bildpunkte je Zeile	
	Nombre des points d'image actifs par ligne	280
	Verhältnis Bildbreite zur Bildhöhe (aspect ratio)	etwa
	Rapport largeur/hauteur de l'image (aspect ratio)	environ 4:3
	Anzahl Graustufen	
	Nombre de niveaux de gris	128
Übertragung Transmission	Codiert in	4 bit DPCM
	Codé en	MICD à 4 bits
	Videobandbreite	etwa 5 MHz beim 100-Hz-Bild
	Largeur de bande vidéo	environ 5 MHz pour image à 100 Hz
		etwa 3 MHz beim 50-Hz-Bild
		environ 3 MHz pour image à 50 Hz
	Anzahl Schriftzeilen (alphanumerisch)	
	Nombre des lignes d'écriture (alphanumérique)	16
	Anzahl Schriftzeichen pro Zeile	
	Nombre de caractères par ligne d'écriture	40
Benötigter Kanal	160 kbit/s (netto 128 kbit/s)	
Canal nécessaire	160 kbit/s (128 kbit/s net)	
Übertragungszeit für 1 Bild (mit Sprache gemischt)		
Durée de transmission pour une image (combinaison signaux vocaux/signaux vidéo)	4 s	

nicht flimmern und keine Störungen durch Leuchtstoffröhrenbeleuchtung entstehen. Daher wurde eine Bildwechselfrequenz von 100 Hz gewählt. Um aber die Anschlussmöglichkeit an bestehende 50-Hz-Videosysteme zu gewährleisten, erzeugt (und speichert) der Bildspeicher *gleichzeitig* 50-Hz- und 100-Hz-Bilder.

Die Helligkeit wird mit 4 bit DPCM (differentielles PCM, das heisst nur die Helligkeitsunterschiede werden codiert) gespeichert und übertragen; dies ergibt 128 Helligkeitsstufen.

Die Eingabe von *alphanumerischen Zeichen* mit Tastatur findet vorläufig über ein externes Gerät (SIG 50 der AEG-Telefunken) statt.

Der *Adapter für Halbtonbilder* verbindet den schnellen (10 MHz) Bildspeicher (er läuft asynchron zur Teilnehmerleitung) mit dem durch die Leitung synchronisierten 16-kHz-Teil.

Der *Lichtstift* ermöglicht, auf einfache Art Skizzen zu übertragen. Im *Adapter für Lichtstiftpunkte* werden die Punktdressen (also die Koordinaten des Lichtstiftes) bestimmt und dem 16-kHz-Teil übermittelt. Andererseits kann dieser Adapter Punkte (die als Adressen von der Leitung kommen) in den Bildspeicher schreiben. Der Empfänger kann die Entstehung solcher Skizzen in Echtzeit mitverfolgen; die Skizzen können aber auch vorbereitet und als ganzes Bild übertragen werden.

Der *Sprachcodec* wandelt die Sprachsignale in PCM-Signale um (und umgekehrt). Die Quantisierung erfolgt nach der CEPT<sup>1</sup>-Kompander-Kennlinie. Die Sprachbandbreite

<sup>1</sup> Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications

A pleine amplitude de modulation, les signaux vocaux requièrent pratiquement le débit binaire intégral de 128 kbit/s. Cependant, les faibles amplitudes sont nombreuses dans les transmissions de la parole. On se sert précisément de cette caractéristique pour injecter les informations vidéo sur le signal vocal. Ce processus est automatique et assure une compréhensibilité parfaite sans «discipline de conversation», même en cas de manipulation erronée.

Au niveau de l'*unité d'émission et de réception* (Network Terminating Unit, NTU), on procède à la synchronisation avec la ligne d'abonné et l'interface du magnétophone. Les signaux de synchronisation portent le débit binaire net de 128 kbit/s à 160 kbit/s. L'*adaptateur du magnétophone* répartit le flux binaire (160 kbit/s) sur les 4 pistes de la bande (ou les réassemble à nouveau à la reproduction).

### 3 Partie vidéo

#### 31 Tâches, solutions et conception du système

Ainsi qu'il a été expliqué précédemment, la partie vidéo doit surtout

- produire
- mémoriser
- traiter et
- restituer

les images, étant entendu que la plupart des signaux considérés sont de nature numérique. Les types d'images entrant en considération sont

- les images en demi-tons
- les signaux alphanumériques (images noir/blanc)
- les images provenant du luminostyle ou d'autres sources semblables (seulement noir ou blanc).

En ce qui concerne la production et la restitution des images, il serait notamment possible de recourir aux systèmes suivants:

Production de l'image:

- Production ligne par ligne selon le principe du fac-similé
- Principe du balayage de la télévision
- Enregistrement selon un système de coordonnées X/Y
- Enregistrement au moyen d'éléments semi-conducteurs.

Visualisation de l'image:

- a) Au moyen d'un tube de visualisation, selon
  - le principe vectoriel (coordonnées X/Y)
  - le principe du balayage de la télévision
- b) Au moyen d'éléments semi-conducteurs, de cristaux liquides ou de procédés apparentés.

Il fut décidé d'adopter le système de balayage utilisé en télévision, qui s'imposait au vu de la parfaite maîtrise qu'on en avait ainsi que pour des raisons de compatibilité. En effet:

- Il a fait ses preuves dans les téléviseurs grand public
- Il existe suffisamment d'appareils sur le marché; les procédés de développement et de fabrication sont parfaitement au point
- En choisissant une technique s'appuyant sur celle des téléviseurs grand public, il est plus facile de recourir à des programmes ou à des équipements de télévision. Il faut aussi penser à une introduction ultérieure de la couleur (ce qui, pour ce terminal, n'est cependant pas encore en vue)

wurde gegenüber dem üblichen PCM-Telefoniekanal auf 8 kHz verdoppelt. Dies ergibt eine verbesserte Verständlichkeit, was besonders bei Fremdsprachen sehr ins Gewicht fällt.

Die Sprache benötigt bei grosser Aussteuerung praktisch die volle zur Verfügung stehende Übertragungsrate von 128 kbit/s. Die Sprache weist jedoch viele Stellen mit kleiner Amplitude auf. Diese Eigenschaft wird zum Einblenden der Bilddaten in die Sprache verwendet. Dies geschieht automatisch und gewährleistet, dass bei Fehlmanipulationen eine Sprachverständigung jederzeit möglich ist, ohne dass eine «Sprechdisziplin» vom Benutzer verlangt wird.

In der *Sende- und Empfangseinrichtung* (Network Terminating Unit, NTU) stellt man die Synchronisierung mit der Teilnehmerleitung und dem Bandgerätinterface her. Die Synchronisierzeichen erhöhen die Netto-Bitrate von 128 kbit/s auf 160 kbit/s. Der *Bandgerätadapter* verteilt den Bitstrom (160 kbit/s) auf die 4 Bandspuren (oder setzt ihn beim Abspielen wieder zusammen).

### 3 Der Bildteil

#### 31 Aufgaben, Lösungsmöglichkeiten und Systemphilosophie

Wie aus den vorhergehenden Abschnitten ersichtlich ist, hat der Bildteil vornehmlich die Aufgabe, Bilder

- zu erzeugen
- zu speichern
- zu verarbeiten
- wiederzugeben,

wobei in überwiegendem Masse mit digitalen Signalen gearbeitet wird. Als charakteristische Bildtypen kommen dabei in Frage:

- Grautonbilder
- Alfanumerische Zeichen (Schwarzweissbilder)
- Lichtstift oder Lichtstift-ähnliche Bilder (schwarz oder weiss).

Was die Bilderzeugung und -wiedergabe betrifft, könnten unter anderem folgende Systeme verwendet werden.

**Bilderzeugung:**

- Zeilenweises Generieren entsprechend dem Faksimileprinzip
- Fernsehhabtastprinzip
- Aufnahme entsprechend X- und Y-Koordinaten
- Aufnahme mit Halbleiterelementen.

**Bildwiedergabe:**

- a) Auf Wiedergaberöhre entsprechend
  - dem Vektorprinzip (X-Y-Koordinaten)
  - dem Fernsehhabtastprinzip.
- b) Mit Halbleiterelementen, Flüssigkristallen und ähnlichem.

Es wurde entschieden, das Fernsehhabtastprinzip anzuwenden, das sich vom Verfahren, vom «know-how» und auch aus Kompatibilitätsgründen geradezu aufdrängt:

- Vom Heimfernsehen her hat es sich bewährt
- Es sind genügend Geräte auf dem Markt; Entwicklung und Herstellungsprozesse sind ausgereift
- Mit Heimfernseh-ähnlicher Technik ist ein Zugriff zu Programmen und Ausrüstungen des Fernsehens leichter möglich. Auch muss an eine spätere Einführung der Farbe gedacht werden (was für dieses Endgerät noch nicht in Sichtweite lag)

- Les appareils de fac-similé sont précis, mais (en général) plus lents
- Les appareils reproducteurs selon le principe vectoriel sont encore plus coûteux pour l'instant, ne conviennent pas toujours bien pour tous les types d'images et sont encore peu répandus
- La prise de vue et la reproduction à l'aide d'éléments semi-conducteurs ne sont pas encore «choses courantes» en pratique.

Il n'est pas encore établi si le principe de l'exploration utilisée en télévision sera finalement appliqué à de tels appareils à usages multiples. Comme la technique et la technologie sont en constant progrès, il est probable que tous ces problèmes devront être réexaminés en temps opportun.

Il ressort des explications fournies dans les paragraphes 2 et 3 qu'un commutateur électronique doit précéder la mémoire proprement dite, pour choisir l'une des diverses sources du propre terminal (service local) ou celle de l'abonné distant. Suivant le genre de communication, il sera constitué par:

- Un terminal correspondant (desservi par une personne)
- Un ordinateur, un magnétophone ou un autre organe (machine). Dans la phase de développement décrite ci-après, il n'a été fait usage que d'un magnétophone.

En ce qui concerne la mémoire, un autre problème important réside dans le choix de la précision (résolution en amplitude) et du code des différents points d'image à mémoriser. D'une part, l'image doit être de bonne qualité, d'autre part, la mémoire ne doit pas devenir extrêmement grande, compliquée et coûteuse. En vue d'obtenir une solution optimale, il y aurait lieu d'examiner si un procédé de codage simple, diminuant la redondance et l'apparition de bits non significatifs ne pourrait pas être utilisé.

Les premiers essais, datant de quatre ans environ, ont montré qu'il était favorable de recourir à une configuration de mémoire à accès sériel. Ce choix a notamment été motivé par les brefs délais de livraison d'un registre à décalage statique à 512 bits et par l'hypothèse que les registres à décalage futurs en technologie CCD ou «bucket brigade» permettraient d'abaisser encore à l'avenir le coût de chaque bit à mémoriser. Le prix, la place nécessaire et la chaleur dégagée par le registre à décalage choisi ont finalement fait apparaître qu'il fallait limiter autant que possible les dimensions de la mémoire des points d'image. Pour obtenir malgré cela une bonne résolution, on a proposé d'adopter le procédé MICD, qui ne nécessite que 4 bits par point, mais fonctionne avec une résolution en amplitude correspondant au MIC à 7 bits, en tant que les variations de luminance ne sont pas trop rapides.

#### 32 Paramètres de système de la norme d'image de télévision choisie

La première question qui se pose en l'occurrence est de savoir dans quelle mesure la norme pour téléviseurs grand public selon le CCIR se prête à l'application envisagée. Les avantages qu'elle présente ont déjà été évoqués dans le paragraphe 31. Il faudrait aussi examiner les propositions portant sur une norme visiophonique internationale (par exemple 320 lignes, fréquence de trame 50 Hz, balayage entrelacé 2:1). Pour répondre à ces questions, il faut se faire une image suffisamment claire de l'utilisation potentielle de tels

- Faksimilegeräte arbeiten wohl genau, sind jedoch (im allgemeinen) langsamer
- Wiedergabegeräte nach dem Vektorprinzip sind vorderhand noch teurer, eignen sich nicht für alle Bildtypen gleich gut und sind weniger verbreitet
- Aufnahme und Wiedergabe mit Halbleiterelementen stellen noch nicht «Allgemeinpraxis» dar.

Ob das Fernsehastastprinzip für solche Mehrzweckgeräte in Zukunft schliesslich eingeführt wird, bleibt eine offene Frage. Da Technik und Technologie unaufhaltsam fortschreiten, ist es wahrscheinlich, dass dieser Problemkomplex zu gegebener Zeit erneut geprüft werden muss.

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, dass vor dem eigentlichen Speicher ein elektronischer Schalter vorzusehen ist, der sowohl eine der verschiedenen Quellen des eigenen Terminals (Lokalbetrieb) wie auch jene des fernen Teilnehmers auswählt. Als solcher wird dabei je nach Verbindungstyp

- ein Partnerterminal (Mensch)
- ein Computer, Bandgerät und anderes mehr (Maschine) bezeichnet.

In der hier beschriebenen Entwicklungsphase wird lediglich ein Bandgerät verwendet.

Eine weitere wichtige Frage beim Speicher ist die, mit welcher Genauigkeit (Amplitudenauflösung) und mit welchem Code die einzelnen Bildpunkte zu speichern sind. Einerseits muss das Bild von guter Qualität sein, andererseits darf aber der Speicher dabei nicht unverhältnismässig gross, kompliziert oder teuer werden. Im Blick auf eine optimale Lösung ist überdies zu prüfen, ob sich nicht einfache redundanz- oder irrelevanzvermindernde Codierverfahren anwenden liessen.

Erste Untersuchungen, die vor etwa 4 Jahren durchgeführt wurden, liessen eine Speicherkonfiguration mit seriellen Zugriff als günstig erscheinen. Begründet wurde diese Wahl unter anderem mit der kurzfristigen Liefermöglichkeit eines statischen 512-bit-Schieberegistertyps und der Vermutung, künftige Speicherschieberegister in CCD- oder Bucket-Brigade-Technik könnten die Kosten je gespeichertes Bit in Zukunft noch um einiges herabsetzen. Preis sowie Platzbedarf des gewählten Schieberegisters und seine Wärmeabgabe haben dann zur Erkenntnis geführt, die Grösse des Bildpunktspeichers soweit wie möglich zu begrenzen. Um trotzdem eine gute Bildauflösung zu erhalten, wurde ein DPCM-Verfahren vorgeschlagen, das für jeden Bildpunkt lediglich 4 bit Speicherplatz benötigt, aber bei nicht allzu schnellen Luminanzänderungen mit einer Amplitudenauflösung entsprechend 7 bit PCM arbeitet.

### 32 Systemparameter für die gewählte Fernseh-Bildnorm

Die erste Frage, die hier auftaucht, ist die, inwieweit sich zu diesem Zwecke die heutige Heimfernsehnorm entsprechend den CCIR-Empfehlungen eignen würde. Vorteile dazu wurden bereits in 31 aufgeführt. Ebenfalls zu prüfen wären die Vorschläge für eine weltweite Fernsehtelefonnorm (etwa 320 Zeilen, 50 Bildwechsel/s, Zwischenzeilenverfahren 2:1). Um diese Fragen zu beantworten, muss man über den Verwendungszweck solcher künftiger Endgeräte einigermaßen im klaren sein. Folgende wichtige Faktoren haben auf die zu wählende Norm einen erheblichen Einfluss:

- Die Betrachtungsdistanz zum Bildschirm wird im allgemeinen kleiner sein als beim Heimfernsehen.

terminaux. Les facteurs essentiels suivants exercent une influence dominante sur la norme à choisir:

- La distance d'observation de l'écran sera en général plus faible que dans le cas des téléviseurs ordinaires
- La fatigue qui peut se présenter lorsqu'on travaille longtemps et de manière concentrée avec le terminal; elle se produirait sans doute plus facilement s'il s'agissait d'images instables (papillotement).

Les premières investigations subjectives ont montré que la télévision ordinaire ainsi que le visiophone pouvaient, à distance d'observation réduite, produire une sensation d'instabilité et de gêne, en raison du papillotement d'image (50 Hz) et du papillotement d'entrelacement (25 Hz). Cet effet est particulièrement apparent dans les bords du champ visuel. Il faut déjà utiliser une fréquence de répétition image de 80...85 Hz pour que même les personnes aux yeux sensibles n'éprouvent plus la gêne due au papillotement. Cet inconvénient dépend cependant de la durée d'observation et de la luminosité moyenne. Lorsque la durée d'observation est *courte*, une fréquence image de 50 Hz, sans être idéale, peut être considérée comme raisonnable.

Ces données constitueront la base d'une nouvelle norme développée en plus de la norme de fréquence image de 50 Hz, appelée en abrégé «norme image 50 Hz»: la norme image 100 Hz. Les motifs de cette décision sont les suivants:

- Les deux normes permettent de comparer dans quelle mesure le papillotement, ainsi que la fréquence image influent sur le confort de lecture et d'observation ainsi que sur la qualité de l'image.
- Des équipements vidéo et de mémorisation existant dans le commerce pour la télévision grand public peuvent être facilement utilisés.
- La condition nécessaire est toutefois que la mémoire permette l'enregistrement et l'extraction tant d'images à 50 Hz que d'images à 100 Hz (conversion de normes). Des études ont montré qu'il pouvait être satisfait à cette exigence du point de vue du hardware.

Les deux normes vidéo ne recourent pas à l'entrelacement. On avait surtout pour objectif d'éviter le papillotement désagréable à 25 Hz, dans le cas d'une fréquence de trame de 50 Hz. D'autres motifs, par ailleurs, sont en faveur de cette solution, à savoir la simplicité, la place de mémorisation et l'emploi de moniteurs existants. Contrairement à ce qui se présente dans le cas de la télévision habituelle selon la norme CCIR, seule la moitié environ des lignes serait en l'occurrence visible. D'autre part, vu que la mémoire assure la conversion des normes 50 Hz/100 Hz, le nombre des lignes visibles et mémorisées doit être réduit de plus de la moitié par rapport à la définition 625 lignes. C'est la raison pour laquelle on se décida, en plus d'autres considérations, à adopter finalement le nombre de 224 lignes visibles, actives ou mémorisées. Le *tableau II* montre les paramètres de balayage essentiels des deux normes. Les fréquences et le nombre des points d'image quelque peu inhabituels proviennent en partie de l'emploi d'un équipement du commerce pour la production des signaux alphanumériques. Le reste du tableau n'exige pas d'autres commentaires.

### 33 Structure de la partie vidéo

Les tâches et les exigences fondamentales ont été succinctement présentées dans les paragraphes 31 et 32.



- Die Frage der Ermüdung bei längerem und konzentriertem Arbeiten mit dem Terminal; diese tritt bei unruhigen Bildern sicher eher ein.

Erste Untersuchungen subjektiver Natur haben gezeigt, dass das Heimfernsehen wie auch das Fernsehtelefon bei näherer Betrachtungsdistanz in bezug auf Bildflimmern (50 Hz) und Zwischenzeilenflimmern (25 Hz) unruhig wirkten. Dieser Effekt tritt besonders am Rand des Augensichtbereiches deutlich in Erscheinung. Erst von einer Bildwiederholffrequenz von etwa 80..85 Hz an verschwindet das Bildflimmern auch für empfindliche Augen. Die Störung hängt aber mit der Betrachtungszeit und der mittleren Bildhelligkeit zusammen. Für *kürzere* Zeiten dürfte eine Bildwiedergabefrequenz von 50 Hz zwar nicht ideal, aber bei Verwendung geeigneter nachleuchtender Schirme allenfalls noch zumutbar sein.

Diese Erkenntnisse schufen den Grundstein einer neuen Norm, die zusätzlich zu einer solchen mit einer Bildwechselfrequenz von 50 Hz, kurz 50-Hz-Bildnorm genannt, entwickelt wurde: Die 100-Hz-Bildnorm. Dieser Entschluss lässt sich so begründen:

- Beide Normen erlauben einen Vergleich, wie weit das Flimmern beziehungsweise die Bildwiederholffrequenz den Lese- und Betrachtungskomfort sowie die Bildqualität beeinflussen.
- Bereits bestehende, handelsübliche Bild- und Speichergehäte des Heimfernsehens lassen sich verhältnismässig leicht einsetzen.
- Voraussetzung ist allerdings, dass der Speicher grundsätzlich erlaubt, sowohl 50-Hz- wie 100-Hz-Bilder einzuschreiben und auszulesen (Normwandlung). Studien zeigten, dass diese Forderung, hardwaremässig gesehen, verwirklicht ist.

Beide Fernsehnormen arbeiten ohne Zwischenzeilen. Man wollte insbesondere das lästige 25-Hz-Zwischenzeilenflimmern bei 50 Bildwechseln/s umgehen. Aber auch andere Gründe, wie Einfachheit, Speicherplatz und Einsatz bestehender Monitoren, sprachen für diese Wahl. Gegenüber dem Heimfernsehen nach CCIR-Norm würde man hier nur etwa die Hälfte der sichtbaren Zeilen sehen. Da der Speicher ausserdem die Normwandlung 50 Hz ↔ 100 Hz durchführt, muss die Zahl der sichtbaren und gespeicherten Zeilen gegenüber der 625-Zeilennorm um etwas mehr als die Hälfte reduziert werden. Dies ist neben anderem ein wichtiger Grund, weshalb man schliesslich zu der Zahl von 224 sichtbaren, aktiven oder auch gespeicherten Fernsehzeilen gelangte. *Tabelle II* gibt die wichtigsten Systemparameter der beiden Normen wieder. Die etwas ungewohnten Abtastfrequenzen und Bildpunktzahlen rühren zum Teil daher, dass für die Erzeugung von alfanumerischen Zeichen ein käuflicher Bildschirm verwendet wurde. Im übrigen bedarf die Tabelle keiner weiteren Erklärungen.

### 33 Aufbau des Bildteiles

In 31 und 32 wurden Aufgaben und Grundforderungen kurz besprochen. Davon ausgehend ist der Bildteil des Experimentierterminals wie folgt gegliedert worden:

- Taktversorgung
- Bilderzeugung und Bildwiedergabe enthaltend
  - Kamera (für Grautonbilder)
  - Zeichenteil (für alfanumerische Zeichen); hier wurde aus Zeitgründen ein Teil eines käuflichen Bildschirmgerätes verwendet

Compte tenu de celles-ci, voici comment a été conçue la partie vidéo du terminal d'expérimentation:

- Générateur d'impulsions d'horloge
- Production et visualisation de l'image au moyen des organes suivants:
  - Caméra (pour images en demi-tons)
  - Générateur de caractères (alphanumériques); pour gagner du temps, on s'est servi ici d'une partie d'une console de visualisation du commerce
  - Luminostyle (production d'une série de points, dessins au trait)
  - Mélangeur de signaux ainsi qu'appareils reproducteurs à 50 Hz et à 100 Hz
- Codage de l'image (codeur et décodeur)
- Mémorisation des images et commande de la mémoire (y compris le commutateur pour la sélection de la source d'images)

La *figure 3* montre de manière schématique l'interconnexion des divers sous-ensembles.

### 34 Générateur d'impulsions d'horloge

Comme on le voit à la *figure 3*, ce générateur produit tous les signaux cycliques de balayage, de commande et de synchronisation nécessaires au fonctionnement concomitant des divers sous-ensembles. La définition de l'image est élaborée de la même manière que dans les téléviseurs grand public. Dans la période de balayage considérée, on distingue entre

- une partie active, c'est-à-dire la partie comprenant l'information vidéo et
- une partie utilisée à des fins de synchronisation et de commande (par exemple retour du spot du moniteur de télévision).

Les *figures 4* et *5* fournissent des indications sur la définition des images à 50 Hz et à 100 Hz. Ainsi qu'on le voit à la *figure 4*, les signaux qui définissent la partie de balayage horizontale sont tirés d'un signal d'horloge TZ ayant une fréquence de 0,9984 MHz (exception: les fréquences de ba-

*Tabelle II. Systemparameter der 100-Hz- und 50-Hz-Norm*  
*Tableau II. Paramètres des normes à 100 Hz et à 50 Hz*

Wichtigste Bildparameter Paramètres vidéo essentiels	100-Hz-Norm Norme à 100 Hz	50-Hz-Norm Norme à 50 Hz
Zeilenzahl		
Nombre de lignes	256	312
Aktive Zeilenzahl je Bild		
Nombre de lignes actives par image	224	224
Anzahl Bildpunkte je Zeile		
Nombre de points d'image par ligne	390	448
Aktive Anzahl Bildpunkte je Zeile		
Nombre de points d'image actifs par ligne	280	280
Anzahl Bilder je Sekunde		
Nombre d'images par seconde	100	50
Zeilenfrequenz		
Fréquence ligne (kHz)	25,6	15,6
Abtastfrequenz		
Fréquence d'échantillonnage (MHz)	9,984	6,988
Codierung und Speicherung	4 bit	DPCM
Codage et mémorisation	4 bits	MICD
Aspect ratio		(B : H)
Rapport largeur/hauteur de l'image	4 : 3	(L : H)
Zwischenzeilenverfahren	keines	
Procédé d'entrelacement	aucun	
Videobandbreite (etwa MHz)		
Largeur de bande vidéo en MHz (approximative)	5	3

- Lichtstift (Erzeugen von Punktfolgen, Strichzeichnungen)
- Signalmischer sowie 50-Hz- und 100-Hz-Wiedergabegeräte

c) Bildcodierung (Coder und Decoder)

d) Bildspeicherung und Speichersteuerung (inklusive Schalter zur Selektion der Bildquelle)

Figur 3 zeigt schematisch, wie die verschiedenen Subeinheiten miteinander verbunden sind.

### 34 Die Taktversorgung

Wie Figur 3 zeigt, erzeugt die Taktversorgung alle stetig wiederkehrenden Abtast-, Steuer- und Synchronisationssignale, die für das Zusammenwirken der verschiedenen Subeinheiten wichtig sind. Die Bildvermessung wird in ähnlicher Weise vorgenommen wie beim Heimfernsehen. In der jeweiligen Ablenkperiode wird unterschieden zwischen einem

- aktiven Bereich; das heisst jenem Teil, der die Bildinformation enthält
- Bereich, der für Synchronisations- und Steuerzwecke (zum Beispiel Strahlrückführung im Fernsehmonitor) benötigt wird.

Die Figuren 4 und 5 geben Angaben über die 50-Hz- und 100-Hz-Bildvermessung. Wie Figur 4 zeigt, werden die Signale, die den horizontalen Ablenkbereich definieren, aus einem Steuertakt TZ hergestellt, der eine Frequenz von 0,9984 MHz aufweist (Ausnahme: Abtastfrequenzen, die durch  $\frac{1}{TA\ 50} = 6,988\text{ MHz}$  und  $\frac{1}{TA\ 100} = 9,984\text{ MHz}$  gegeben sind). Dieser Takt TZ ist mit dem sogenannten Zeichentakt identisch, der die Dauer eines alfanumerischen Zeichens in der 50-Hz-Norm festlegt. Die Signale im vertikalen Ablenkbereich werden aufgrund der Horizontal-Synchronisation HS 50 beziehungsweise HS 100 gebildet (siehe dazu Fig. 4 und 5).

### 35 Bilderzeugung und Bildwiedergabe

#### 351 Die Kamerakette

Für die Generierung von Grautonbildern verwendet man eine käufliche Industriefernsehkamera mit getrenntem Bild-

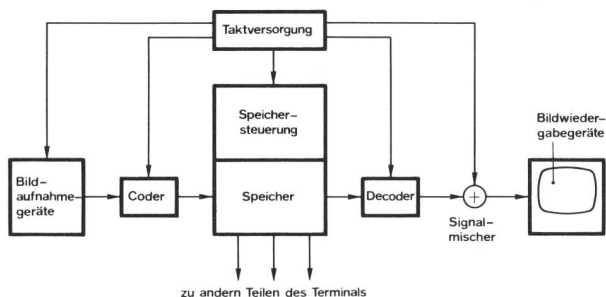
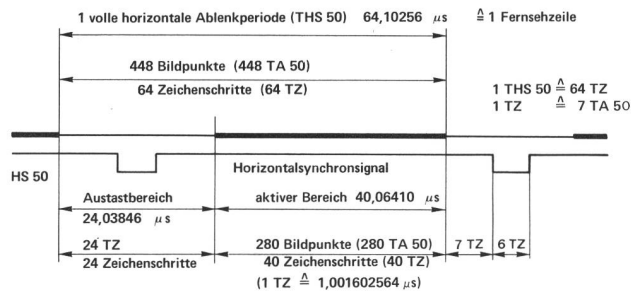
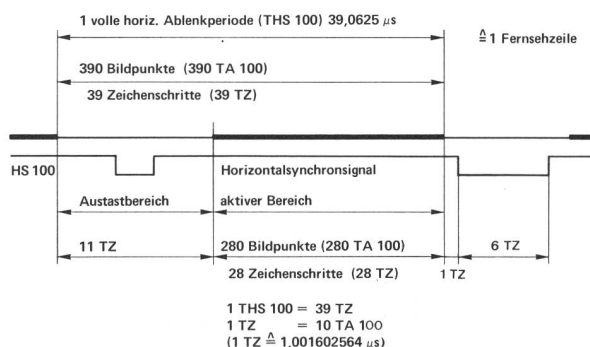


Fig. 3 Vereinfachtes Blockschema des Bildteils – Schéma-bloc simplifié de la partie image

- Bildaufnahmegerät – Equipement de prise de vues
- Coder – Codeur
- Taktversorgung – Générateur d'impulsions d'horloge
- Speichersteuerung – Commande de la mémoire
- Speicher – Mémoire
- Zu anderen Teilen des Terminals – Vers les autres parties du terminal
- Decoder – Décodeur
- Signalmischer – Mélangeur
- Bildwiedergabegeräte – Dispositifs de visualisation



a.) 50Hz-Norm



b.) 100 Hz-Norm

Fig. 4 Vermessung im horizontalen Ablenkbereich für beide Fernsehnormen – Définition du balayage horizontal pour les deux normes de télévision

- a) 50-Hz-Norm – Norme à 50 Hz
- Volle horizontale Ablenkperiode – Période de balayage horizontal complète
- Fernsehzeile – Ligne de télévision
- Bildpunkte – Points d'image
- Zeichenschritte – Pas d'image
- Horizontalsynchronsignal – Signal de synchronisation horizontale
- Austastbereich – Période d'effacement
- Aktiver Bereich – Période active
- b) 100-Hz-Norm – Norme à 100 Hz

layage qui sont données par  $\frac{1}{TA\ 50} = 6,988\text{ MHz}$  et  $\frac{1}{TA\ 100} = 9,984\text{ MHz}$ ). Ce signal d'horloge TZ est identique aux «impulsions de caractères», qui définissent la durée d'un caractère alphanumérique dans la norme à 50 Hz. Les signaux de la partie de balayage verticale sont formés en fonction de la synchronisation horizontale HS 50 ou HS 100 (voir les fig. 4 et 5).

### 35 Production et restitution de l'image

#### 351 Chaîne de la caméra

Pour la production des images en demi-tons, on utilise une caméra de télévision industrielle associée à un équipement séparé de traitement de l'image assurant les fonctions suivantes:

- Conditionnement de l'image
- Régulation automatique du gain
- Correction de la gradation
- Alimentation et commande de la caméra.

La prise de vues se fait par un tube vidicon. L'équipement de traitement de l'image reçoit les signaux de commande vidéo essentiels suivants (norme 50 Hz) en provenance du générateur d'impulsions d'horloge (4 V crête à crête; 75 Ω):

- Signal de synchronisation (S)
- Impulsion de balayage horizontal (H)

verarbeitungsgerät, das unter anderem folgende Funktionen erfüllt:

- Bildaufbereitung
- Automatische Verstärkungsregulierung
- Gradationsentzerrung
- Speisung und Steuerung der Kamera.

Als Aufnahmeöhre ist ein Vidikon eingesetzt. Die folgenden wichtigen Fernsehsteuersignale nach der 50-Hz-Norm werden von der Taktversorgung dem Bildverarbeitungsgerät zugeführt (4  $V_{ss}$ ; 75  $\Omega$ ):

- Synchrongemisch (S)
- Horizontalimpulse (H)
- Austastgemisch (A)
- Vertikalimpulse (V).

Für die Kameraablenkeinheit ist die Tatsache, dass hier ohne Zwischenzeilen gearbeitet wird, ohne Belang. Am Ausgang der Kamerakette steht ein Videosignal (Bild- und Austastgemisch, ohne Synchronimpulse) für die Codierung zur Verfügung. Seine Spannung beträgt etwa 2...2,5  $V_{ss}$  an 75  $\Omega$ .

### 352 Der Zeichenteil

Aus zeitlichen und andern Gründen wurde der Zeichenteil, enthaltend

- Tastatur
- Zeichenspeicher
- Zeichengenerator
- die dazu notwendige Steuerung,

nicht selbst entwickelt, sondern einem käuflichen Bildschirmgerät entnommen. Die schaltungsmässigen Anpassungsarbeiten dazu waren nicht sehr gross: lediglich 2 Takt- und 2 Setzsignale mussten zusätzlich erzeugt werden. Die in 32 aufgestellte Bildnorm (Taktversorgung) erlaubt folgende Darstellung:

Anzahl Zeichen je Schreibzeile	40
Anzahl Schreibzeilen	16
Gesamtes verfügbares Matrixfeld je Zeichen (Anzahl Bildpunkte)	$7 \times 13^1$
- davon aktiv (Buchstaben, Zahlen, Sonderzeichen)	$5 \times 7^1$

<sup>1</sup> Werte des vorliegenden Gerätes SIG 50

Dem Zeichenteil kann sodann ein fernsehgerechtes Digitalsignal in der 50-Hz-Bildnorm entnommen werden. Bevor dieses dem Speicher zugeführt wird, wandelt man es in einen entsprechenden 4-bit-Code um. Dieser ist so beschaffen, dass ihn der Decoder als Schwarz oder Weiss erkennt und nicht als Differenz, wie es beim einfachen DPCM-Verfahren der Fall ist.

### 353 Signalmischer und Bildwiedergabegeräte

Sowohl bei der 50-Hz- wie auch der 100-Hz-Norm gelangt das Bildsignal (B), das aus dem jeweiligen Decoder austritt, zunächst an den Eingang des Signalmischers. Diese Subeinheit hat die Aufgabe, dem Bildsignal (B) die der Norm entsprechenden Synchron- (S) und Austastimpulse (A) im richtigen Spannungsverhältnis zu addieren. An ihrem Ausgang steht dann ein BAS-Signal von 1...1,4  $V_{ss}$  (über 75  $\Omega$  gemessen) zur Verfügung, das über ein Koaxialkabel zum entsprechenden Monitor geleitet wird.

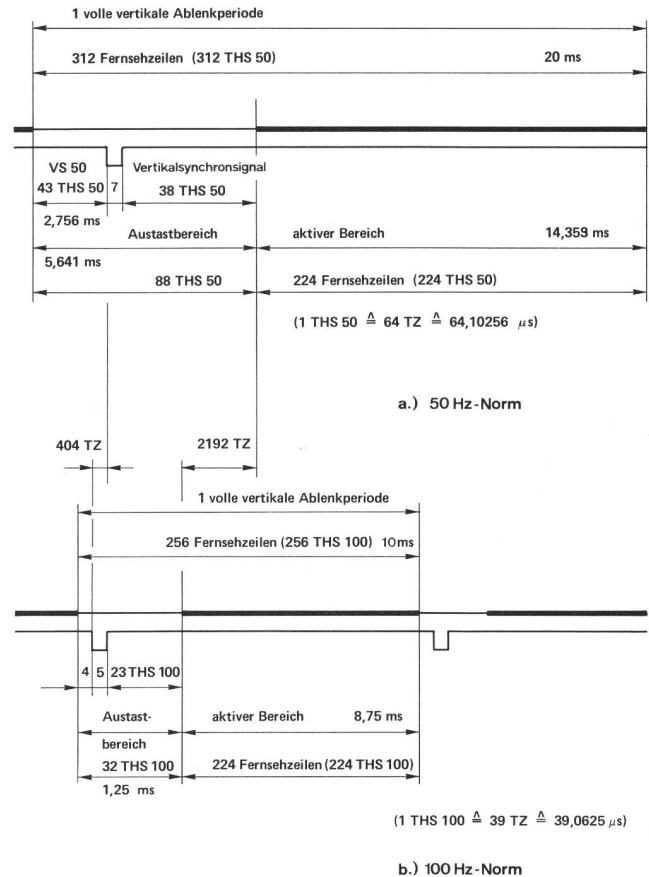


Fig. 5  
Vermessung im vertikalen Ablenkbereich für beide Fernsehnormen –  
Définition du balayage vertical pour les deux normes de télévision  
a) 50-Hz-Norm – Norme à 50 Hz  
Volle vertikale Ablenkperiode – Période de balayage vertical complète  
Fernsehzeilen – Lignes de télévision  
Vertikalsynchronsignal – Signal de synchronisation verticale  
Austastbereich – Période d'effacement  
Aktiver Bereich – Période active  
b) 100-Hz-Norm – Norme à 100 Hz

- Signal d'effacement (A)
- Impulsion de balayage vertical (V)

Le fait que l'unité de balayage de la caméra travaille ici sans entrelacement est sans importance. A la sortie de la chaîne de la caméra, on dispose d'un signal vidéo pour le codage (signal composite d'image et d'effacement; sans impulsions de synchronisation). Sa tension est de 2...2,5  $V$  crête à crête à 75  $\Omega$ .

### 352 Générateur de caractères

Faute de temps, notamment, le générateur de caractères n'a pas été développé dans le cadre de ce projet mais repris d'une console de visualisation du commerce. Il comprend:

- Le clavier
- La mémoire de caractères
- Le générateur de caractères
- Le dispositif de commande nécessaire.

Il n'a pas été très compliqué d'adapter les circuits; il a suffi de produire en plus 2 signaux d'horloge et 2 signaux de positionnement. La norme image définie au paragraphe 32 (générateur d'impulsions d'horloge) permet la présentation suivante:

Nombre de signes par ligne d'écriture	40
Nombre de lignes d'écriture	16

Als Wiedergabegeräte sind handelsübliche Schwarzweiss-Fernsehmonitoren eingesetzt. Währenddem man sie bei der 50-Hz-Norm direkt verwenden kann, müssen bei der 100-Hz-Norm in der horizontalen wie vertikalen Ablenkeinheit kleinere Änderungen vorgenommen werden (Erhöhung der jeweiligen Ablenkgeschwindigkeiten). Diese sind verhältnismässig leicht und rasch durchzuführen und beeinflussen – wenn überhaupt – die Bildqualität kaum.

### 36 Video-DPCM-Coder und -Decoder

#### 361 Einleitung

Für die digitale Bildverarbeitung sind zwei Tatsachen charakteristisch: Einerseits der hohe Informationsgehalt eines Schwarzweissbildes und andererseits der grosse Datenfluss von bis zu 80 Mbit/s beim Verarbeitungsprozess. Es musste nach Möglichkeiten zur Nachrichtenreduktion gesucht werden. Im Coder des Bildschirmtelefons kommt eine lineare Video-Digitalisierung und eine rein digitale Differenz-Pulscode-Modulation (DPCM) mit nichtlinearer Quantisierungskennlinie zur Anwendung. Der Datenfluss konnte mit dieser Methode ungefähr auf die Hälfte einer entsprechenden PCM-Verbindung reduziert werden.

Bei der digitalen Differenzbildung innerhalb eines Bildpunktintervalls werden höchste Anforderungen an Schalt- und Rechengeschwindigkeiten gestellt. Die geforderte Zykluszeit von < 90 ns konnte nur durch Einsatz der schnellsten erhältlichen Logikserie in ECL-Technik und durch Anwendung der Micro-Stripline-Technologie erreicht werden.

Die Kamera tastet das Bild in der 50-Hz-Norm ab; der Analog/Digital-Konverter und der DPCM-Coder arbeiten mit 7 MHz Abtastfrequenz.

Es sind zwei identische Decoder vorhanden. Damit können simultan ein Monitor in der 50-Hz-Norm und ein zweiter mit 100 Hz Bildfrequenz betrieben werden.

Die wichtigsten Systemparameter gehen aus *Tabelle III* hervor.

*Tabelle III. Systemparameter der Video-DPCM-Coder und Decoder*  
*Tableau III. Paramètres des codeur et décodeur vidéo-MICD*

Grenzdaten des Systems Caractéristiques limites du système	Arbeitswerte im Bildschirmtelefon Valeurs de travail du téléphone à écran			
	A/D-Konverter und Coder in 50-Hz-Norm	A/D et codeur en norme à 50 Hz	D/A-Konverter und Decoder in 50-Hz-Norm	D/A-Konverter und Decoder in 100-Hz-Norm
Nominelle Analog-Bandbreite Largeur de bande analogique nominale	5 MHz	3,5	3,5	5
Abtastfrequenz Fréquence d'échantillonnage	10 MHz	7	7	10
Auflösung A/D- und D/A-Konverter Résolution des convertisseurs A/D et D/A	8 bit 8 bits	7	7	7
PCM-Bitrate Débit binaire MIC	80 Mbit/s 80 Mbit/s	49	49	70
DPCM-Code Code MICD	4 bit 4 bits	4	4	4
Auflösung Coder und Decoder Résolution du codeur et du décodeur	8 bit 8 bits	7	7	7
DPCM-Bitrate Débit binaire MICD	40 Mbit/s 40 Mbit/s	28	28	40

Surface matricielle totale disponible par caractère (nombre de points d'image) 7 × 13<sup>1</sup>  
– dont est active (pour lettres, chiffres, signes spéciaux) 5 × 7<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Caractéristiques de l'appareil SIG 50 à disposition.

Il est ainsi possible d'obtenir du générateur de caractères un signal numérique convenant à la télévision et répondant à la norme image à 50 Hz. Avant de l'amener à la mémoire, on convertit ce signal en un code adéquat à 4 bits. Ce code est tel que le décodeur le reconnaît comme noir ou blanc et non comme différence, comme cela est le cas pour le procédé MICD simple.

#### 353 Mélangeur de signaux et dispositif de visualisation

Tant pour la norme à 50 Hz que pour celle à 100 Hz, le signal vidéo (B) sortant du décodeur voulu parvient d'abord à l'entrée du mélangeur de signaux. La tâche de cette sous-unité est d'ajouter au signal vidéo (B) les impulsions de synchronisation (S) et d'effacement (A) correspondant à la norme, selon un rapport de tension adéquat. A la sortie, on dispose d'un signal BAS de 1...1,4 V crête à crête (mesuré à 75 Ω), qui est amené au moniteur voulu par l'intermédiaire d'un câble coaxial.

Pour la visualisation, on se sert de moniteurs noir/blanc du commerce. S'ils sont exploités selon la norme à 50 Hz, on peut les utiliser tels quels, tandis qu'à 100 Hz les unités de balayage horizontal et vertical doivent être légèrement modifiées (augmentation des vitesses de balayage). Sur de nombreux moniteurs, les retouches sont relativement simples et rapides à effectuer et n'exercent pratiquement aucune influence sur la qualité de l'image.

### 36 Codeur et décodeur vidéo MICD

#### 361 Introduction

Deux faits caractérisent le traitement numérique de l'image: D'une part, la haute teneur en informations d'une image noir/blanc, d'autre part, le débit binaire élevé pouvant atteindre 80 Mbit/s lors du processus de traitement. Il fallut chercher un moyen de réduire la teneur en informations. Dans le codeur du téléphone à écran, on applique une digitalisation vidéo linéaire et une modulation différentielle par impulsions purement numérique (MICD) avec une courbe de quantification non linéaire. Par ce moyen, il fut possible de réduire le flux de données à la moitié environ de celui d'une liaison MIC correspondante.

Lors de la différenciation numérique à l'intérieur d'un intervalle de point d'image, les exigences posées à la rapidité de commutation et de calcul sont extrêmement élevées. La durée de cycle requise, inférieure à 90 ns, ne peut être atteinte que grâce à l'emploi des composants logiques les plus rapides en technique ECL et à l'application de la technologie à microrubans (micro-stripline).

La caméra explore l'image selon la norme à 50 Hz, tandis que la fréquence d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique et du codeur MICD est de 7 MHz.

On dispose de deux codeurs identiques; il est ainsi possible d'exploiter simultanément un moniteur en norme 50 Hz et un deuxième possédant une fréquence image de 100 Hz.

Les paramètres essentiels ressortent du *tableau III*.

a) Nachrichtenreduktion beim Bildsignal

Es ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wünschenswert, die erforderliche Speicherkapazität und die Übertragungsbitrate zu reduzieren. Diese Nachrichtenreduktion soll erreicht werden, ohne dass eine sichtbare Qualitätseinbusse des reproduzierten Bildes in Kauf genommen werden muss. Jene Signalanteile, die beim Empfänger keinen Informationsgewinn bringen, können zwei Begriffen zugeordnet werden:

- Redundanz, das heisst «was der Empfänger bereits weiss».
- Irrelevanz, das heisst «was der Empfänger nicht sieht».

Redundanz und Irrelevanz können durch geeignete Verfahren aus dem Bildsignal (H) entfernt werden, ohne dass ein inhärenter Qualitätsverlust bei ungestörter Übertragung festgestellt werden kann (Fig. 6).

**Redundanzreduktion.** Durch die Auswertung der Signalstatistik einer Quelle lassen sich künftige Werte voraussagen. Diese haben keinen Informationsgehalt. Sie werden im Coder eliminiert, und der zu übertragende Nachrichtenfluss ( $H'_{red2}$ ) wird dadurch verringert (Quellencodierung). Diese Redundanzreduktion ist ein umkehrbarer Prozess. Im Decoder werden die aus der Vorgeschichte des Signals gespeicherten redundanten Werte mit dem redundanzfreien übertragenen Signal wieder zum exakten Signalverlauf der Quelle rekonstruiert. Der Decoder hat also neben dem Decodieren der DPCM-Daten noch die Aufgabe der Redundanzrekonstruktion.

**Irrelevanzreduktion.** Durch Beschränkung der Übertragungsdaten auf jene Werte, die das Auge feststellen kann, findet eine optimale Anpassung an die Nachrichtensenke, das heisst an den menschlichen Gesichtssinn, statt. Folgende Massnahmen wurden hier getroffen:

- Bei der Digitalisierung des Videosignals wurde die Auflösung auf 7 bit, das heisst auf  $2^7$  Graustufen beschränkt, was der Wahrnehmungsgrenze des Auges bei günstigen Bedingungen entspricht.
- Es wurde eine nichtlineare Quantisierungskennlinie gewählt, die eine gröbere Quantisierung bei der Reproduktion feiner Details mit grossen Amplitudensprüngen vorschreibt. Dies ist für das Auge unsichtbar, weil es dort eine geringere Gradationsauflösung aufweist.

Die Irrelevanzreduktion ist ein nicht umkehrbarer Prozess: Die bei der Codierung vorgenommenen Einschränkungen können im Decoder nicht wieder rückgängig gemacht werden.

b) Codierverfahren und DPCM-Code

Durch geeignete Codierverfahren kann der Datenfluss beträchtlich reduziert werden. Der grösste Reduktionsfaktor kann im Falle stehender Bilder naturgemäss nur durch eine Intraframe-Codierung erreicht werden. Man beschränkte sich im vorliegenden Falle auf eine solche mit Prädiktion 0. Ordnung (Fig. 7).

Es wird eine Dekorrelation der Amplitudenwerte (A) zweier in Zeilenrichtung benachbarter Bildpunkte durch Differenzbildung vorgenommen. Dies bedeutet eine Aufhebung der statistischen Bindung und somit eine Redundanzreduktion.

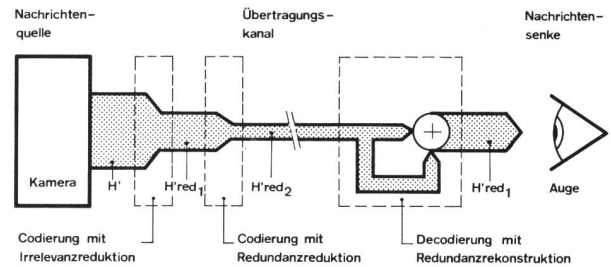


Fig. 6 Nachrichtenreduktion – Diminution de la teneur en information  
 Nachrichtenquelle – « Source » d'informations  
 Übertragungskanal – Canal de transmission  
 Nachrichtensenke – « Puits » d'information  
 Kamera – Caméra  
 Auge – Oeil  
 Codierung mit Irrelevanzreduktion – Codage avec réduction des signaux non significatifs  
 Codierung mit Redundanzreduktion – Codage avec réduction de la redondance  
 Decodierung mit Redundanzrekonstruktion – Décodage avec reconstitution de la redondance

362 Description du système

a) Réduction de la teneur en informations du signal vidéo

Pour des raisons techniques et économiques, il est souhaitable de réduire la capacité de mémorisation nécessaire ainsi que le débit binaire. Néanmoins, il importe de réaliser cette réduction du flux d'informations sans qu'il en résulte une altération visible de la qualité de l'image. Les parties du signal qui n'apportent pas de gain d'information au récepteur sont de deux types:

- Informations redondantes, c'est-à-dire « déjà connues du récepteur »
- Informations non significatives, c'est-à-dire « ne pouvant être mises à profit par le récepteur ».

Par des procédés appropriés, les composantes redondantes ou non significatives peuvent être extraites du signal vidéo (H), sans qu'il en résulte une diminution de qualité intrinsèque en cas de transmission non perturbée (fig. 6).

**Diminution de la redondance.** Par analyse de la statistique de signaux d'une source, il est possible de prévoir certaines valeurs. Celles-ci n'ont aucune teneur du point de vue de l'information. Elles sont éliminées dans le codeur, et le flux d'informations à transmettre ( $H'_{red2}$ ) s'en trouve diminué (codage de la source). Ce codage de la source est un procédé réversible. Au niveau du décodeur, les valeurs redon-

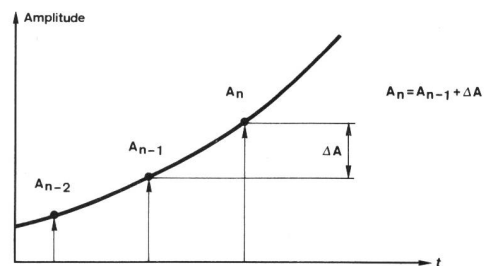


Fig. 7 Codierung mit Prädiktion 0. Ordnung – Codage avec prédiction d'ordre zéro

Annahme:  
 Hypothèse:  
 $A'_n = A_{n-1}$   
 Die Differenz  $\Delta A'$  zwischen dieser Annahme und dem wirklichen neuen Abtastwert  $A_n$  wird quantisiert und codiert – La différence  $\Delta A'$  entre cette hypothèse et la valeur d'échantillonnage réelle  $A_n$  est quantifiée et codée

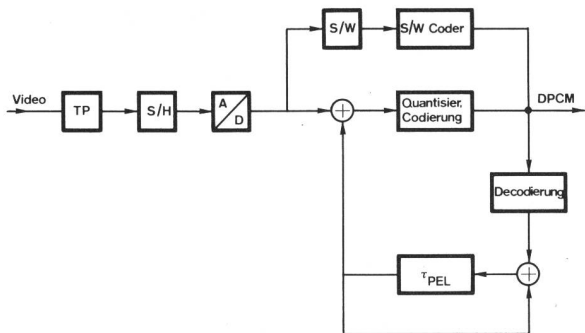


Fig. 8  
DPCM-Coder mit Prädiktion 0. Ordnung und Schwarzweiss-Absolutwertcodierung – Codeur MICD avec prédiction d'ordre zéro et codage des valeurs absolues noir/blanc

S/W-Coder – Codeur noir/blanc  
Video – Vidéo  
Quantisierung Codierung – Codage, quantification  
DPCM – MICD  
Decodierung – Décodage  
TP Tiefpass – Passe-bas  
S/H Sample-and-Hold-Verstärker – Amplificateur d'échantillonnage et de maintien  
A/D Analog/Digital-Konverter – Convertisseur analogique/numérique  
S/W Schwarzweiss-Komparatoren – Comparateurs noir/blanc  
 $\tau_{PEL}$  Verzögerung um eine Bildpunktdauer – Retard d'une durée d'un point d'image

tion des Signals. Die im digitalen Bereich gerechnete Abtastwertänderung wird anschliessend codiert und gelangt im 4-bit-DPCM-Code zur Übertragung (Fig. 8).

Umgekehrt enthält der Decoder eine Korrelationsschaltung in Form eines Akkumulators. Er rekonstruiert die ankommenden decodierten Differenzen wieder mit dem aus der Vorgeschichte aufsummierten Betrag zum Absolutwert. Dieser weicht um den Quantisierungsfehler vom ursprünglichen Abtastwert im Coder ab (Fig. 9).

Die Abtastwerte, entsprechend den Luminanzwerten Schwarz und Weiss, werden unter Umgehung der Differenzbildung als Absolutwerte codiert und übertragen. Diese Funktion übernehmen programmierbare Komparatoren, die bei Erkennen von Schwarz oder Weiss direkt die Register im Coder und im Decoder auf den entsprechenden Wert setzen. Dadurch werden beim Empfänger Schwarz und Weiss unverzögert und nicht durch sukzessive Annäherung geschrieben, was eine Verbesserung der Kantendarstellung zur Folge hat.

**Der DPCM-Code.** Der Coder arbeitet mit einem modifizierten gefalteten Binärcode mit 4 Stellen. Die erste Stelle steht für das Vorzeichen, die übrigen drei für den Betrag der Differenz. Die Quantisierungskennlinie ist nichtlinear, sie weist 6 positive und 6 negative Segmente mit geometrischer Progression auf. Es wird nur 1 Nullferenz dargestellt. Zwei

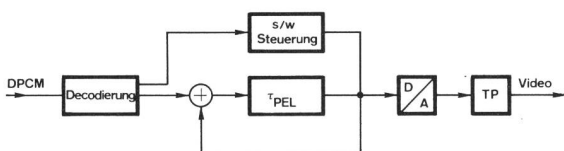


Fig. 9  
DPCM-Decoder mit Schwarzweiss-Erkennung – Décodeur MICD avec reconnaissance du noir/blanc

S/W-Steuerung – Commande noir/blanc  
DPCM – MICD  
Decodierung – Décodage  
Video – Vidéo  
D/A Digital/Analog-Konverter – Convertisseur analogique/numérique  
TP Tiefpass – Passe-bas  
 $\tau_{PEL}$  Verzögerung um eine Bildpunktdauer – Retard d'une durée d'un point d'image

dantes et mémorisées de l'état antérieur du signal sont reconstituées à partir du signal non redondant transmis et reproduisent le signal de la source tel qu'il était à l'origine. En plus du décodage des données MICD, le décodeur a donc pour mission de reconstituer la redondance.

**Réduction des informations non significatives.** En limitant les données transmises aux valeurs perceptibles par l'œil, on réalise une adaptation optimale au récepteur d'information, c'est-à-dire l'œil humain. En l'occurrence, les mesures suivantes ont été prises:

- Lors de la digitalisation du signal vidéo, la résolution a été limitée à 7 bits, c'est-à-dire à  $2^7$  niveaux de gris, ce qui correspond à la limite de perception de l'œil dans des conditions favorables.
- On a choisi une caractéristique de quantification non linéaire, qui impose une quantification plus grossière lors de la reproduction de petits détails avec sauts d'amplitude importants. Ce processus n'est pas perceptible par l'œil, vu que ce dernier possède un pouvoir de résolution plus faible dans cette plage.

La réduction des informations non significatives est un processus irréversible: Les limitations effectuées lors du codage ne peuvent plus être rétablies au niveau du décodeur.

#### b) Procédés de codage et code MICD

Le flux des données peut être considérablement réduit à l'aide de procédés appropriés. Par la force des choses, seul le codage à prédiction spatiale («Interframe-Coding») conduit au facteur de réduction le plus important dans le cas d'images fixes. On s'est limité ici à un tel codage avec prédiction d'ordre zéro (fig. 7).

On procède à une décorrélation par différenciation des valeurs d'amplitude (A) de deux points d'image voisins d'une même ligne. Il en résulte la suppression de liaison statistique, d'où une diminution de la redondance du signal. La modification de la valeur échantillonnée, calculée au niveau numérique, est ensuite codée puis transmise en code MICD à 4 bits (fig. 8).

Inversement, le décodeur est doté d'un circuit de corrélation sous forme d'un accumulateur. Il reconstitue la valeur absolue du signal à partir de la différence incidente décodée et de la valeur du signal à l'instant précédent. La différence entre cette valeur absolue et la valeur d'échantillonnage primitive du codeur est l'erreur de quantification (fig. 9).

On code et transmet en tant que valeurs absolues les valeurs d'échantillonnage correspondant aux valeurs de luminance noires et blanches (pas de codage différentiel dans ces 2 cas). Cette fonction est assurée par des comparateurs programmables, qui positionnent directement les registres du codeur et du décodeur lorsqu'ils reconnaissent l'information noire ou blanche. De ce fait, le noir et le blanc parviennent sans délai au récepteur et non pas par approximations successives, ce qui se traduit par une amélioration de la représentation du bord des images.

**Code MICD.** Le codeur opère avec un code binaire modifié à 4 positions. La première position représente le signe, les trois autres le montant de la différence. La caractéristique de

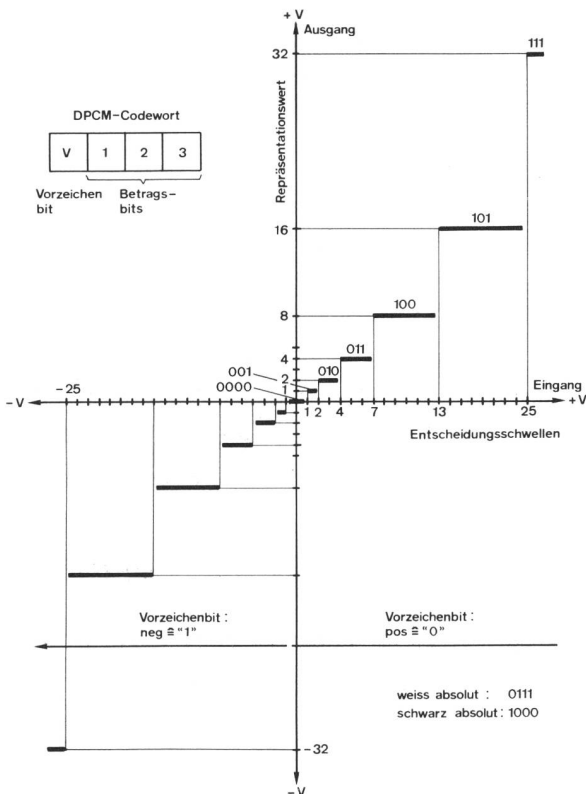


Fig. 10  
Quantisierungskennlinie – Caractéristique de quantification

DPCM-Codewort – Mot de code MICD  
 Vorzeichenbit – Bit de signe  
 Betragsbit – Bit de valeur  
 Repräsentationswert – Valeur représentative  
 Ausgang – Sortie  
 Eingang – Entrée  
 Entscheidungsschwellen – Seuils de décision  
 Weiss absolut – Blanc absolu  
 Schwarz absolut – Noir absolu

Werte sind für die Absolutwerte Schwarz und Weiss, einer für ein Steuerzeichen reserviert (Fig. 10).

### c) Coder-Konfiguration

Grundsätzlich sind drei Typen von DPCM-Coder-Konfigurationen denkbar:

- **Analog-DPCM.** Ein Differentialverstärker bildet die Differenz zwischen Videosignal und dem in einem RC-Integrator gespeicherten vorherigen Wert. Die Differenz wird nichtlinear Analog-Digital und Digital-Analog konvertiert. **Nachteil:** für genügende Übereinstimmung zwischen Coder und Decoder sind hochgenaue Bauelemente erforderlich.
- **Digital-DPCM.** Das Videosignal wird linear digitalisiert. Ein Addierer subtrahiert von diesem Abtastwert die im digitalen Akkumulator des Decodierungspfades gespeicherte vorherige Grösse. Die Differenz wird nichtlinear quantisiert. **Beurteilung:** Das Problem der Übereinstimmung der Quantisierungskennlinien (matching) zwischen Coder und Decoder reduziert sich auf eine Definitionsfrage. Die Stabilität ist gut. Alle Parameter sind leicht variierbar, allenfalls auch programmierbar. Es ist jedoch ein sehr schneller und genauer, das heisst teurer Analog-Digital-Konverter erforderlich.
- **Hybrid-DPCM.** Die Differenz wird im Analogbereich durch einen Differentialverstärker gebildet. Die Digitalisierung

quantifizierung n'est pas linéaire; elle consiste en 6 segments positifs et 6 segments négatifs, en progression géométrique. Seule une différence de zéro est représentée. Deux valeurs sont réservées pour les valeurs absolues noir et blanc et une pour un signal de commande (fig. 10).

### c) Configuration du codeur

En principe, on peut concevoir trois types de configurations de codeurs MICD:

- **MICD analogique.** Un amplificateur différentiel forme la différence entre le signal vidéo et la valeur antérieure mémorisée dans un intégrateur RC. La différence est convertie de manière non linéaire d'analogique en numérique et inversement. **Inconvénient:** Pour que le codeur et le décodeur coïncident suffisamment bien, il est nécessaire d'utiliser des composants de haute précision.
- **MICD numérique.** Le signal vidéo est digitalisé de manière linéaire. Un additionneur soustrait de cette valeur échantillonnée la grandeur précédemment mémorisée dans l'accumulateur numérique du circuit de décodage. La différence est quantifiée de manière non linéaire. **Appréciation:** Le problème de la coïncidence de la courbe caractéristique de quantification (matching) entre le codeur et le décodeur se trouve réduit à une question de définition. La stabilité est bonne et tous les paramètres peuvent être facilement modifiés, voire programmés. Il est toutefois nécessaire de recourir à un convertisseur analogique/numérique très rapide et très précis, partant fort coûteux.
- **MICD hybride.** La différence est formée par un amplificateur différentiel dans la partie analogique. La digitalisation se fait de manière non linéaire, et l'intégration en numérique avec conversion consécutive numérique/analogique linéaire. **Appréciation:** Le codeur MICD hybride présente certains inconvénients de a) et certains avantages de b). Il peut être exploité avec un convertisseur analogique/numérique plus simple que dans le cas de b) (c'est-à-dire à 4 bits). On se résout à adopter cette solution en raison de la grande flexibilité d'un codeur MICD numérique.

### d) Technologie

**Codeur.** Pour calculer la différence entre les valeurs d'échantillonnage de deux points d'image voisins (PEL), on dispose d'un intervalle de temps de 100 ns à une fréquence d'échantillonnage de 10 MHz. Pendant cette durée, il faut calculer la différence de deux valeurs MIC à 8 bits, la coder et la décoder puis l'additionner à la valeur mémorisée. Il apparaît que seul l'emploi des circuits logiques les plus rapides à ce jour, la série de composants ECL à émetteurs couplés et non saturés, permettait d'atteindre un cycle d'une durée inférieure à 90 ns. Cette famille d'éléments logiques pose des exigences accrues sur le plan de la technique de câblage et d'assemblage. Les lignes de données rapides furent réalisées sous forme de circuits à microrubans à impédance adaptée ou de circuits coaxiaux sur plaques de format européen métallisées sur les deux faces.

**Décodeur.** A l'encontre de la partie décodage du codeur, les décodeurs du récepteur ne fonctionnent pas en boucle. Les temps de propagation devant néanmoins être courts par rapport aux impulsions d'horloge, on a utilisé en partie des circuits logiques TTL Schottky. (à suivre)

geschieht nichtlinear, die Integration digital mit anschließender linearer Digital-Analog-Konversion.

Beurteilung: Der Hybrid-DPCM-Coder weist teilweise die Nachteile von a), teilweise die Vorteile von b) auf. Er kommt mit einem einfacheren (das heisst 4-bit-) Analog-Digital-Konverter aus als b).

Infolge der grossen Flexibilität eines Digital-DPCM-Coders entschloss man sich für diese Lösung.

#### d) *Technologie*

**Coder.** Für die Berechnung der Differenz der Abtastwerte zweier benachbarter Bildpunkte (PEL) steht bei einer Abtastfrequenz von 10 MHz nur ein Zeitintervall von 100 ns zur Verfügung. Während dieser Zeit muss aus zwei 8-bit-PCM-Werten die Differenz gerechnet, diese codiert und wie-

der decodiert sowie zum gespeicherten Wert summiert werden. Es zeigte sich, dass nur durch den Einsatz der schnellsten zurzeit erhältlichen Logik, der ungesättigten, gekoppelten ECL-Serie, eine Zykluszeit unter 90 ns erreicht werden konnte. Diese Logikfamilie stellt erhöhte Anforderungen an die Verbindungs- und Aufbautechnik. Die schnellen Datenleitungen wurden als abgeschlossene Micro-Striplines (asymmetrische Streifenleiter) oder als Koaxialverbindungen auf doppelseitig kaschierten Europaformatplatten ausgeführt.

**Decoder.** Im Gegensatz zum Decoderteil im Coder arbeiten die Decoder beim Empfänger nicht in einem geschlossenen Rechenkreis. Trotzdem sollten die Verzögerungszeiten im Vergleich zum Taktintervall kurz sein, weshalb hier zum Teil Schottky-TTL-Logik verwendet wurde. *(Schluss folgt)*

---

### **Die nächste Nummer bringt unter anderem Vous pourrez lire dans le prochain numéro**

Chr. Bärffuss	Propagation dans la bande des 12 GHz
A. Kündig	Ein experimentelles Endgerät für die Sprach- und Bildübertragung in PCM-Netzen (Schluss) Terminal d'expérimentation pour transmission de parole et d'images dans les réseaux MIC (Fin)
A. Burgherr, K. Richard	Aufbau und Anwendungen einer Magnetbandstation für den Anschluss an eine synchrone Datenleitung

---