

Empfängerausrüstung für die Aufnahme und direkte Wiedergabe von M-FAX-Signalen

von H. Hügli

Equipement de réception pour l'enregistrement et la reproduction directe de signaux M-FAX

Receiving Equipment for On-Line Storage and Display of M-FAX Signals

Zusammenfassung

Praktische Übertragungsuntersuchungen für ein digitales Faksimile mittlerer Geschwindigkeit und höherer Auflösung (M-FAX) werden mit einer Laborausrüstung durchgeführt. Auf der Empfangsseite der Versuchsstrecke werden die Daten einerseits gespeichert, andererseits direkt wiedergegeben. Die Speicherung dient der späteren Weiterverarbeitung, während die optische Wiedergabe die ständige und direkte Beurteilung der Übertragungsqualität gestattet. Die gerät- und schaltungstechnische Auslegung des Empfän-

gers wird behandelt. Zuerst wird die Wahl einer Magnetbandstation als Speichergerät und diejenige eines elektrostatischen Plotters als Wiedergabegerät diskutiert. Weiter werden die Prinzipien und Schaltungen behandelt, welche die Synchronisationsprobleme für den Bildempfang lösen. Auch einige spezielle Anpassungsprobleme werden besprochen. Schliesslich sind die Resultate angegeben, welche der Empfänger im Einsatz auf der M-FAX-Versuchsstrecke zeigt.

Résumé

Quelques aspects pratiques de la transmission de facsimilés à vitesse moyenne et à haute résolution (M-FAX) sont étudiés avec un équipement de réception de laboratoire capable d'enregistrer les données d'une part et de reproduire directement l'image transmise d'autre part. Les données enregistrées sont destinées à un traitement ultérieur alors que la reproduction permet de juger directement la qualité de la transmission. D'abord on jus-

tifie le choix de l'unité de bande magnétique comme enregistreur de données et celui du plotter électrostatique comme appareil de reproduction. Puis sont résolus les problèmes de synchronisation de l'image et les problèmes d'interface. On donne finalement les résultats obtenus par le récepteur en service dans une transmission test M-FAX.

Abstract

Some practical aspects of medium speed, high resolution digital facsimile (M-FAX) transmission were investigated with laboratory receiving equipment, with the capability to both store and display several pictures. The choice of both a data storage and a display unit was motivated by the requirement to both permit further data processing and an on-line control of picture quality. First, the hardware used for signal reception, storage

and display is described, with special emphasis on the suitability of a magnetic tape unit as a storage device and an electrostatic plotter as a display unit. Problems related to both synchronisation in picture transmission and signal interfacing are also described. Finally, the experimental results of a large number of M-FAX transmissions are presented.

1. Einleitung

Im Gegensatz zur Punkt-zu-Punkt-Übertragung, bei welcher Sender und Empfänger gleich zum Gesamtaufwand beitragen, ist beim Rundfunk der Empfänger das entscheidende Element. Der nötige Aufwand für den Bau eines Empfängers wird letzten Endes entscheiden, ob Faksimile als Rundfunkdienst eine mögliche Zukunft hat. Denkt man an die möglichen Anwendungen der Faksimileübertragung im Rundfunkdienst wie Übertragungen von Zeitungsinformation (Heimzeitungsfaksimile) oder Beilagen zu Fernsehsendungen, so ist schätzungsweise der Aufwand eines zukünftigen Faksimileempfängers erst dann vertretbar, wenn er denjenigen eines Fernsehgerätes nicht überschreitet. Ein zukünftiges Faksimile mittlerer Geschwindigkeit und höherer Auflösung wurde unter dem Namen M-FAX normiert (1). Heute auf dem Markt erhältliche Faksimilegeräte, die M-FAX-ähnliche Spezifikationen aufweisen, sind mehr als eine Größenordnung teurer (2) als der oben geschätzte Wert. Es bestehen aber Hoffnungen, dass zukünftige Aufzeichnungsverfahren (1) diesen Preis wesentlich senken werden und damit dem Rundfunkfaksimile eine mögliche Zukunft öffnen.

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis der Überlegungen für den Entwurf und Aufbau eines Empfängers für den Versuchsbetrieb der Rundfunkübertragung von M-FAX im freien UHF-MHz (3).

de, den Linienanfang. Von der Datenquelle gelangen sie in den Quellencoder, wo sie als einzelne Bitfolge in den Datenstrom eingebettet werden. Im Quellencoder werden sie erkannt und zur Datensenke geführt, wo damit das Bild wieder in Seiten und Linien organisiert wird.

Der Takt und die Synchronisationszeichen laufen somit mit den Daten über den Kanal und sind dessen Störungen unterworfen. Spezielle Massnahmen werden ergriffen, um die Takt- und Synchronisationszeichenübertragung gegen Störungen zu schützen (vgl. Abschnitt 3).

Nur der Teil rechts der Schnittstelle in Fig. 1 wird in diesem Artikel behandelt und im folgenden als Empfänger bezeichnet. Die wichtigsten Forderungen an den Empfänger sind folgende:

- Erkennung der im Datenstrom eingebetteten Synchronisationszeichen.
- Absicherung der Synchronisation gegenüber Kanalstörungen.
- Direkte Wiedergabe des Faksimilebildes, damit die Qualität des empfangenen Bildes fortlaufend während der Übertragung geprüft werden kann.
- Aufnahme der empfangenen Daten im Hinblick auf weitere Verarbeitungen wie statistische Auswertungen der Übertragungsfehler und Neuaufzeichnungen des empfangenen Faksimilebildes in bestmöglicher Qualität, damit Übertragungsfehler und diejenigen Fehler, die das Wiedergabegerät verursacht, klar getrennt werden können. Diese gespeicherte Version des Bildes soll ausserdem dazu dienen, zukünftige Faksimileempfänger mit diesen Daten zu testen.
- Kompatibilität des Empfängers mit der übrigen Übertragungsstrecke.

2. Die Übertragungsstrecke

Fig. 1 zeigt ein allgemeines digitales Bildübertragungssystem als Illustration der Versuchsstrecke. Ausser dem gewöhnlichen Datenfluss von Datenquelle bis zur Datensenke über Coder, Kanal und Decoder sind die Takt- und Synchronisationsabläufe angedeutet. Als Takt wird der Bittakt der digitalen Daten bezeichnet. Er beträgt beim M-FAX 64 kHz. Er wird auf der Sendeseite ins System eingespiesen und auf der Empfangsseite im Kanaldecoder zurückgewonnen. Die Synchronisationszeichen ihrerseits beziehen sich auf das zu übertragende Bild. Verschiedene Synchronisationszeichen bezeichnen den Bildanfang, das Bilden-

3. Rückgewinnung der Synchronisation

Als letztes Element der Übertragungsstrecke vor dem Empfänger (Fig. 1) steht das Empfangsmodem TELSAT 900. Es liefert den Datenfluss von 64 kbits/s und den Bittakt von 64 kHz. Der Takt wird im Modem selbst zurückgewonnen. Seine Immunität gegen Kanalstörungen wird durch folgende Massnahmen bewerkstelligt:

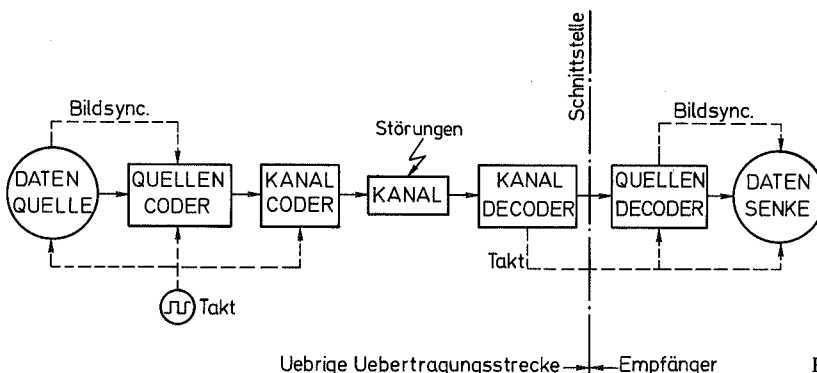


Fig. 1 Digitales Bildübertragungssystem

- Biphase Kanalcodierung: Auch bei nicht wechselnden Daten verändert sich das codierte Signal damit der Takt nicht verloren geht.
- Im Empfangsmodem wird der Takt aus einem lokalen quarzstabilen Oszillator gewonnen. Er wird durch das empfangene Signal in seiner Phase synchronisiert. Bei Kanalunterbrüchen läuft der Takt auf dem lokalen Oszillator weiter. Bei kurzen Unterbrüchen (unter 2 s) bleibt der Takt fehlerfrei.
- Die Phasensynchronisation im Empfangsmodem erfolgt durch Verlängerung oder Verkürzung der halben Taktperiode τ . Diese Veränderung beträgt $\pm \tau/16$, so dass sich die Synchronisation über viele Zyklen vollzieht. Diese relative Trägheit der Synchronisation bringt eine gute Immunität gegen einzelne Bitverluste oder Biteinlagen mit sich.

Ausser dem Takt werden im Empfänger die im Datenstrom eingebetteten Bildsynchronisationszeichen zurückgewonnen. Es sind dies:

- Ein Liniensynchronisationszeichen (LS), bestehend aus einem Liniensynchronisationswort (WLS) am Anfang jeder Zeile.
- Ein Bildanfang-Synchronisationszeichen (BOP), bestehend aus einer Sequenz von mindestens 20 gleichen, aufeinanderfolgenden Bildanfang-Synchronisationswörtern (WBOP) in der ersten Linie des Bildes.
- Ein Bildende-Synchronisationszeichen (EOP) bestehend aus einer Sequenz von mindestens 20 gleichen, aufeinanderfolgenden Bildende-Synchronisationswörtern (WEOP) in der letzten Linie des Bildes.

Die Immunität der Synchronisationszeichen gegenüber Kanalstörungen ist durch folgende Massnahmen sichergestellt:

Massnahme 1 besteht aus der geeigneten Wahl der Wortlänge und des Wortcodes (1).

Massnahme 2 fordert Redundanz bei den Bildanfang- (BOP) und Bildendezeichen (EOP), bei welchen das Synchronisationswort (WBOP bzw. WEOP) 20mal wiederholt wird. Der Empfänger erkennt dann ein Bildzeichen (BOP, EOP) beim richtigen Eintreffen von mindestens 8 der 20 Synchronisationswörter. Diese relativ grosse Redundanz ist bei diesen wichtigen Zeichen gerechtfertigt und erhöht den gesamten Datenaufwand um nur 0,1%. Fig. 2 zeigt die Synchronisationsschaltung im Empfänger. Die Daten im Schieberegister werden ständig mit den Synchronisationswörtern verglichen. Der Zählerstand wird bei jedem

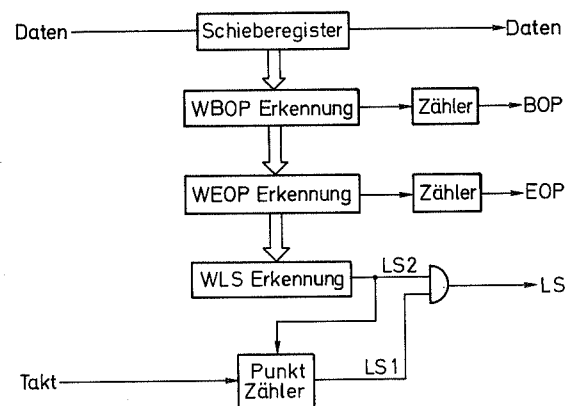


Fig. 2 Synchronisationsschaltung

neuen Eintreten eines richtigen Synchronisationswortes erhöht. Bei Zählerüberlauf wird das entsprechende Synchronisationszeichen freigegeben. Im übrigen werden die Zähler nach einer bestimmten Zeitspanne ohne Ereignis zurückgestellt.

Als *Massnahme 3* gilt die doppelte Verwendung des Liniensynchronisationswortes (WLS) und des Bittaktes zur Wiedergewinnung der Liniensynchronisation (LS). Zu diesem Zweck werden die 2560 Punkte einer Bildlinie mit dem Bittakt abgezählt. Dies ist die Funktion des Punktzählers in Fig. 2, der das erste Synchronisationszeichen (LS 1) abgibt. Das zweite Synchronisationszeichen (LS 2) tritt mit der Erkennung des Synchronisationswortes (WLS) in der Vergleichsschaltung auf. Das endgültige Liniensynchronisationszeichen (LS) ist die Oder-Funktion dieser Signale. Beim Auftreten des Liniensynchronisationswortes (WLS) wird ausserdem der Punktzähler zurückgestellt und somit phasensynchronisiert.

Das Verfahren stützt sich auf die langzeitige Stabilität des im Empfangsmodem gewonnenen Bittaktes. Damit wird hauptsächlich erreicht, dass bei fehlerhaftem Linienwort (WLS) das Linienzeichen (LS) durch den Zähler ausgelöst wird. Ausserdem wird bei Bitverlust im Takt das Linienzeichen (LS) durch das Linienwort (WLS) ausgelöst und bei Biteinsatz werden zwei Linienzeichen (LS) nacheinander ausgelöst.

4. Wahl der Aufzeichnungsgeräte

4.1 Das Wiedergabegerät

Zweck des Wiedergabegerätes ist die augenblickliche Beurteilung der Qualität des empfangenen Bildes. Für die geplanten Übertragungsmessungen im Feld wird sich die direkte Beurteilung sehr angenehm und vor allem zeitsparend auswirken. Aus dieser Verwendung ergeben sich folgende Spezifikationen im Pflichtenheft des Wiedergabegerätes:

- Bitrate 64 kpel/s
- Auflösung 8,62 lin/mm
- Linienlänge 2560 Punkte
- Bildqualität gut

Aus den vielen möglichen Wiedergabeverfahren wurden diejenigen gewählt, die den gewünschten Spezifikationen am besten entsprechen. Die Wahl kristallisierte sich auf folgende drei Verfahren mit jeweils einem bestimmten Gerät als bestgeeigneter Vertreter für unsere Anwendung:

- Trommelscanner Pressefaksimile
- Elektronenröhre Fernsehen
- Linienarray Elektrostatischer Plotter

Fig. 3 ist eine Gegenüberstellung der Spezifikationen für die drei Geräte und für das gewünschte Wiedergabegerät.

Nach Vergleich erweist sich der elektrostatische Plotter als das geeignetste Gerät. Das Pressefaksimile schliesst sich wegen seinem zu hohen Preis aus. Das Fernsehen erscheint am wenigsten geeignet, hauptsächlich wegen seiner begrenzten Auflösung, aber auch, weil es im Gegensatz zu den andern Geräten keine permanente Vorlage liefert.

	M-FAX	Pressefaksimile	Fernsehen	elektro- statischer Plotter
Bitrate (kpel/s)	64	bis 150	ca. 10'000	bis 417
Auflösung: räumlich (Lin/mm) Helligkeit	8,62 Strich	bis 40 Strich	2 Halbton	7,87 Strich
Bildformat (cm x cm)	30 x ∞	58 x 58	30 x 40	26,8 x ∞
Bildqualität Kontrast (D) Geometrie Punktform	möglichst gut	bis 2,5 sehr gut Quadrat	ca. 1,3 schlecht ca. rund	1,2 gut rund
Ergebnis	permanente Vorlage	Foto	Fernsehbild	elektrost. Papier
Preis (kFr.)		300	1	30

Fig. 3 Vergleich verschiedener Bildwiedergabegeräte

Der elektrostatische Plotter ist ein Neuling auf dem Markt und wird allgemein als Computerperipheriegerät eingesetzt. Zuerst als Printer angewendet, zeigte er sich dann bald nach einigen Verbesserungen als rasches graphisches Wiedergabegerät geeignet. Das Aufzeichnungsverfahren funktioniert nach dem Prinzip der linienweisen Absetzung punktförmiger elektrischer Ladungen auf ein isoliertes Papier. Dies erfolgt mit Stiften und benötigt keine mechanische Bewegung. Nur eine Vorschubbewegung des Papiers ist notwendig. Auf seinem Lauf durchquert das Papier einen flüssigen elektrostatischen Entwickler, der das Bild sichtbar macht.

Als Plotter wurde das Gerät VERSATEC 1200A gewählt. Seine Spezifikationen stimmen mit den meisten gewünschten Spezifikationen überein. Es sei allerdings bemerkt, dass er bezüglich Format eingeschränkt ist. Er weist pro Linie nur 2112 Bildpunkte (anstatt 2560) auf, welche einen Abstand von 125 µm (anstatt 116 µm) haben. Die Aufzeichnung ist also gleichzeitig 8% linear vergrößert und in der Breite um 17,5% beschnitten.

4.2 Das Aufnahmegerät

Zuerst stellt sich die Frage des bestgeeigneten Speichermediums. In Anbetracht der erfordernten Geschwindigkeit und der grossen Datenmenge ist nur magnetische Speicherung möglich. Zur weiteren Wahl spricht der Vergleich zwischen Magnet-

band und Magnetplatte als Datenträger ohne Zweifel für das Magnetband, wie die Gegenüberstellung von Fig. 4 zeigt. Die Unangemessenheit der Magnetplatte kommt davon, dass ihre speziellen Eigenschaften für diese Anwendung nicht gebraucht werden.

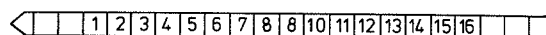
Als Format für die Datenaufzeichnung auf Magnetband wurde jenes der Ausgangsdaten im Sender übernommen. Fig. 5 gibt Auskunft über das verwendete Format. Die wichtigsten Kenndaten sind die Verwendung eines 7-Spur-Bandes mit folglich 6-Bit-Wörtern, das, um die Kompatibilität mit 8- oder 16-Bit-Systemen zu gewährleisten, eine spezielle Zuordnung der Bit erfordert. Es ist in der Tat die Standardzuordnung von 16 Bits zu 3 Wörtern à 6 Bits, die bei 16-Bit-Rechnern, welche mit

	Totale Anzahl:			
	Bit * pro	6-Bit Wort pro	Record pro	File pro
Bildpunkt	1,125 ¹⁸ (⁻ /16)			
M-FAX-Linie mit 2560 Punkte	2880	480	1	
A4-Bild mit 1810 Linien	5,27 M	0,87 M	1811	1

* ohne Paritäts-Bit

Fig. 5 Organisation der Bilddaten auf dem Magnetband

DATENSTROM:



FORMAT AUF MAGNETBAND:

Wort 1	1 2 3 4 5 6 P
Wort 2	6 7 8 9 10 11 P
Wort 3	11 12 13 14 15 16 P

Fig. 6 Zuordnung von 16 Bit auf 3 Wörter (P = Paritätsbit)

	Einheit	1 7-Spur Band (2400 ft)	1 Platte
Total mögliche Datenkapazität	Mbit	ca. 138	20
Effektive Datenkapazität	M-Fax-Bilder (A4)	11,4 bis 29,7*	2,6 bis 4,3*

* je nach Datenformat und Aufwand für einen Pufferspeicher

Fig. 4 Vergleich der beiden Speichermedia Magnetband und Magnetplatte zur Speicherung von Bildern

7-Spur-Magnetbändern arbeiten, üblich ist (Fig. 6). Als Magnetbandstation wurde das Gerät KENNEDY 9000, 7-Spur, verwendet. Ein kritischer Punkt bei der Auswahl des Gerätes ist die Geschwindigkeit. Das erwähnte Modell ist ein Gerät der 45-ips-Geschwindigkeitsklasse* und besitzt, bei der Aufnahme von Daten nach dem beschriebenen Format, eine maximale mittlere Bitrate, die nur knapp oberhalb der geforderten Rate von 64 kbits/s liegt. Ein weiterer Punkt ist der vom Aufnahmeprinzip her selbst gegebene asynchrone Betrieb einer Magnetbandstation. Danach ist der Anschluss an den synchronen Datenstrom am Eingang des Empfängers nur über einen Pufferspeicher möglich. Zur Magnetbandstation passt das Gerät KENNEDY FORMATTER 9232. Es arbeitet mit einem doppelten Linienspeicher, wobei nacheinander das eine gefüllt wird, während das andere aufs Band geschrieben wird. Von aussen sieht die Kombination der beiden Geräte elektrisch wie ein einziges synchrones Aufzeichnungsgerät aus.

5. Anpassungsprobleme

Eine zusätzliche Schaltung wird im Empfänger benötigt, weil die beiden Aufzeichnungsgeräte aus verschiedenen Gründen mit der Synchronisationsschaltung nicht kompatibel sind.

5.1 Synchron-asynchroner Betrieb

Dieser Abschnitt behandelt die Anpassung des synchronen Datenstromes am Empfängereingang an die Aufzeichnungsgeräte, die einen asynchronen Betrieb aufweisen. Die Anpassung ist verschieden für beide Geräte. Ein Pufferspeicher löst das Problem für die Magnetbandstation (vgl. Abschnitt 4.2). Beim Plotter geht die Anpassung an seinen asynchronen Betrieb über die Kenntnis seiner genauen Betriebsweise. In einem Lesevorgang wird ein interner Linienspeicher nach externem

Takt aufgefüllt. Beim darauffolgenden Schreibvorgang wird die ganze Linie auf einmal geschrieben, während der Speicher für die Daten nicht verfügbar ist. Diese tote Zeit beträgt 4,8 ms oder 12% der Übertragungszeit einer vollständigen Bildlinie. Diesem Problem wurde bewusst schon bei der Wahl des Plotters Rechnung getragen. In der Tat ist die Plotterlinie um 17% kürzer als die volle M-FAX-Linie, so dass ein Teil der Linie nicht dargestellt wird und jeweils eine Datenlücke entsteht. Gerade diese Lücke wird für den Schreibvorgang ausgenutzt. Fig. 7 zeigt die Schaltung zu diesem Verfahren. Bei vollem Linienspeicher startet der Plotter den Schreibvorgang. Gleichzeitig wird über das Flip-Flop (FF) der Datentransfer gesperrt. Bei neuem Eintreffen des Linienspeichers (LS) ist der Schreibvorgang beendet und der Transfer wird wieder freigegeben. Für einen zukünftigen Empfänger ist dieses Problem bedeutungslos, weil vom Aufzeichnungsprinzip her gesehen der Plotter ohne weiteres für den synchronen Betrieb ausgelegt werden kann.

5.2 Serie-parallel-Wandlung

Am Eingang des Plotters werden die Daten parallel als 8-Bit-Wörter eingelesen. Eine Serie-parallel-Wandlung der Daten drängt sich auf. Sie wird mittels eines Schieberegisters nach Fig. 7 realisiert. Dazu wird in einem Zähler der Takt auf $\frac{1}{8}$ seiner Frequenz untersetzt, was den neuen Takt für das Worteinschreiben ergibt. Die Wortsynchronisation wird durch das Zurückstellen des Zählers mit dem Linienspeichersymbol (LS) erlangt.

Auch beim Pufferspeicher vor der Magnetbandstation ist der Dateneingang parallel. Hier müssen die Daten als 6-Bit-Wörter angelegt werden. Diese Wörter sind schon in der Form, wie sie dann (mit einem 7. zusätzlichen Paritätsbit) auf dem Magnetband erscheinen werden. Fig. 6 gibt den Schlüssel an, nach welchem jeweils ein Block von 16 aufeinanderfolgenden Bits in 3 Wörter aufgeteilt werden. Realisiert werden Serie-parallel-Wandlung sowie Codierung auf einmal mit einem Schieberegister nach Schaltung in Fig. 7. Dabei laufen die Daten mit dem Bittakt durch das Schieberegister. Bei der richtigen Lage wird das Datenwort in den Pufferspeicher eingeschrieben. Dieser Schreibbefehl wird von einem speziellen Si-

* ips = Inch pro Sekunde

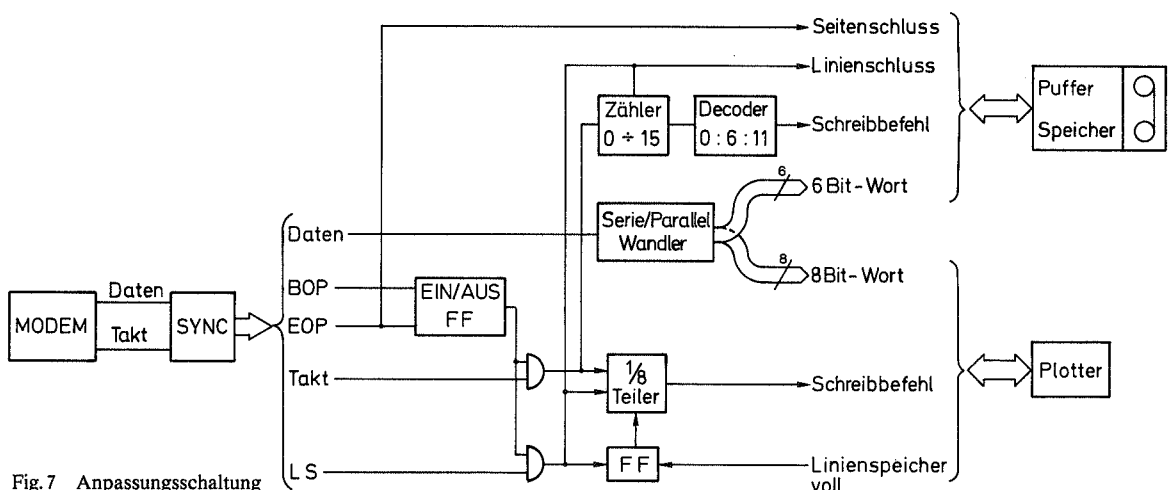


Fig. 7 Anpassungsschaltung

gnal gegeben, das wegen den 16 Bits des in 3 Wörter aufzuspaltenden Blockes 3 Schreibtaktte in einer Periode von 16 Bittakten aufweist. Dem Format entsprechend müssen die Takte mit dem 6., 11. und 16. Bit des Blockes übereinstimmen. In der Schaltung wird dieses Einlesesignal aus einem nach obiger Regel decodierten Zähler gewonnen. Zur Sicherstellung der Wortphase wird auch dieser Zähler durch das Linienzeichen (LS) zurückgestellt.

6. Resultate

Die Synchronisations- und Anpassungsschaltung wurden nach den beschriebenen Prinzipien aufgebaut und mit den Aufzeichnungsgeräten zum vollständigen Empfänger zusammengesaltet. Versuche über die gesamte Übertragungsstrecke haben auch für den Empfänger interessante Resultate gezeigt.

Der Plotter hat sich im Einsatz sehr gut bewährt. Für die gute Qualität seiner Bilder sprechen seine sehr gute Bildgeometrie und der gute Kontrast.

mittlere Fehlerrate	Bildqualität	Fehlerrate der LS	Fehlerrate von BOP und EOP
$3 \cdot 10^{-5}$	sehr gut	0%	0%
10^{-3}	ziemlich gut	4%	0%
10^{-2}	schlecht	25%	0%

Fig. 8 Ergebnisse der Synchronisationsschaltung in Betrieb auf der Versuchsstrecke

Dank dieser Qualität konnte meistens zur Bildbeurteilung auf die vorgesehene Off-line-Aufzeichnung verzichtet werden. Nicht zuletzt ist auch sein bequemer Betrieb, der weder photographische Entwicklung noch irgend welche Nachbearbeitung nötig macht, schätzenswert. Unter den Mängeln sind die knapp zu kleine Linienlänge und Auflösung zu erwähnen. Als Qualitätsmängel gelten ferner die Nichthomogenitäten des Papiers, die weisse Flecken verursachen, sowie die Tatsache, dass sich ein freistehender Punkt wegen der elektrostatischen Wirkung seiner Ladungen vergrößert und somit die Störungen, die meist als solche Punkte auftreten, verstärkt erscheinen.

Die Synchronisationsschaltung hat folgendes Verhalten auf der Versuchsstrecke gezeigt. In Fig. 8 sind die verschiedenen Merkmale der Ergebnisse bei immer schlechter werdender mittlerer Fehlerrate eingetragen. Die Seitenzeichen (BOP, EOP) wurden immer erkannt, so dass jedesmal bei Bildanfang der Empfänger eingeschaltet und bei Bildende der Aufnahmevorgang richtig abgeschlossen wurde. Weniger sicher ist die Liniensynchronisation, die aber trotzdem bei einer Fehlerrate von 10^{-3} in 96% der Fälle noch erkannt wird. Das ist auch die Fehlerrate, bei welcher die Reduzierung der Bildqualität durch Datenfehler einsetzt.

Es ist zu bemerken, dass zur Gewinnung der Synchronisation (LS) auf das Prinzip der Punktabzählung im Empfänger (Massnahme 3 im Abschnitt 3) verzichtet wurde. Die dargelegten Resultate sind also exklusiv mit Information aus dem Datenstrom gewonnen worden. Sie sind insbesondere unabhängig von den Eigenschaften des Modems und als Minimalleistungen zu betrachten. Es steht fest, dass die Ausnützung der Massnahme 3 eine wesentliche Verbesserung der Synchronisation mit sich bringen kann. Das verwendete Modem, mit einer Taktstabilität, die eine Abweichung von maximal einem Takt über 2 Sekunden oder 50 M-FAX-Linien zulässt, kann die Synchronisation, wenn nötig, stark verbessern.

7. Schlussfolgerungen

Die Auslegung des Empfängers für den Versuchsbetrieb einer M-FAX-Übertragung mit dem Einsatz einer digitalen Magnetbandstation als Aufnahmegerät und eines elektrostatischen Plotters zur direkten Aufzeichnung des empfangenen Bildes hat sich im Einsatz bewährt. Insbesondere und trotz einigen Mängeln eignet sich der verwendete elektrostatische Plotter bezüglich Geschwindigkeit und Qualität der Aufzeichnungen bereits gut als M-FAX-Empfänger. Ausserdem lässt der geringe apparative Aufwand bei diesem Gerät gute Zukunftshoffnungen für einen billigen M-FAX-Empfänger zu. Als weitere Möglichkeit neben der direkten Aufzeichnung gestattet die Aufnahme auf Magnetband die Speicherung der empfangenen Daten über eine ununterbrochene Zeitspanne von bis zu 13,8 Minuten. Dabei können bis zu 11 Bilder (Format DIN-A4) unmittelbar nacheinander übertragen und aufgenommen werden.

Die bei der Übertragung von Bildern immer wichtige Frage der Synchronisation des Empfängers wurde prinzipiell gelöst. Das verwendete Prinzip beruht auf der gemischten Verwendung von Information, die sowohl aus dem Datentakt als auch aus den Daten gewonnen wird. Es erweist sich bei der Realisation als sehr einfach und gewährleistet eine recht gute Störsicherheit.

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Technische Physik an der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT, welcher unser Dank ausgesprochen wird, durchgeführt. Unser Dank geht auch an Herrn Prof. Dr. E. Baumann, Vorsteher des Institutes, für seine Unterstützung und an Herrn Dr. T. Celio für die Leitung dieser Arbeiten.

Literaturverzeichnis

- (1) T. Celio: «M-FAX-Systemnormen und empfangsseitige Aufzeichnungsvorrichtung». AGEN-Mitteilungen, 22 (1976).
- (2) D.M. Costigan: «Fax in the Home: looking back and ahead». IEEE Spectrum 11, 9 (1974).
- (3) R. Klingler: «Rundfunkübertragung mittelschneller Faksimile-signale höherer Bildauflösung (M-FAX) im freien MHz des UHF-Fernsehkanals». AGEN-Mitteilungen, 22 (1976).

H. Hügli, dipl. El.-Ing. ETH
Institut für Technische Physik
ETH Hönggerberg
8093 Zürich

Separatdruck aus AGEN-Mitteilungen
Nr. 22, Dezember 1976