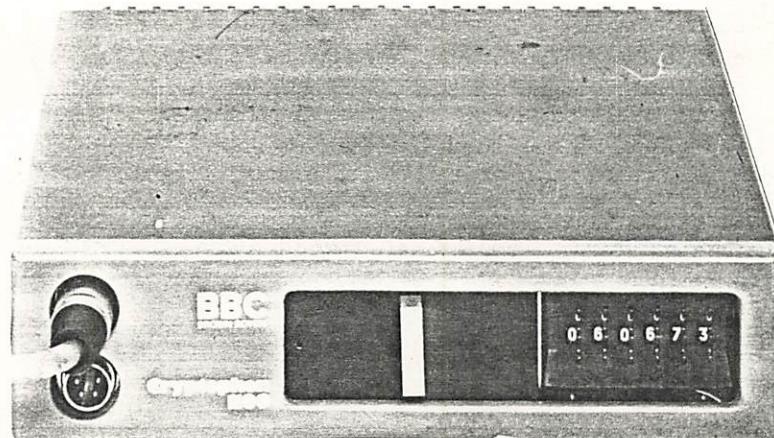


Cryptophon 1100

Verschlüsselungsgerät SV11B

Beschreibung



1. Allgemeines	2	7. Schaltung und Wirkungsweise	23
2. Technische Daten	3	7.1 Analogteil	23
3. Mechanischer Aufbau	5	7.2 Digitalteil	36
3.1 Allgemein	5	7.3 DC-Wandler	40
3.2 DC-Wandler	6	7.4 Schaltfunktionen	42
3.3 Anschlüsse und Messpunkte	7	8. Unterhalt	43
4. Funktionsweise	8	8.1 Allgemein	43
4.1 Prinzip der Verschlüsselung	8	8.2 DC-Wandler	43
4.2 Blockschaltbild	12	8.3 Analogteil	44
5. Anforderungen an den Übertragungskanal	17	8.4 Prüfvorschriften	45
6. Fehlereingrenzung und Printwechsel	19		

1. ALLGEMEINES

Das Cryptophon 1100 ermöglicht die Uebertragung von geheim zu haltenden, gesprochenen Informationen über Funkverbindungen (AM, FM und SSB) und Telephon.

Die Verschlüsselung erfolgt durch zeitliches Vertauschen von sehr kurzen Sprachabschnitten, denen keine Silbeninformationen entnommen werden können.

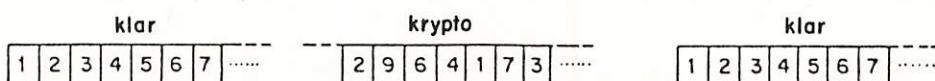


Fig. 1 Prinzip der Vertauschung der Sprachabschnitte

Die Vertauschungsfolge wird durch einen Schlüsselrechner laufend geändert. Die verfügbaren 10^6 Schlüsselprogramme lassen sich von aussen mit einem sechsstelligen Vorwahlschalter einstellen.

Das Cryptophon 1100 besteht aus dem Verschlüsselungsgerät SV 11B und dem Bedienungsgerät PSV 11 oder den Anpassgeräten PSV 13 oder PSV 15. Die Zusammenschaltung mit der Funkstation bzw. dem Telefonnetz erfolgt über das Bediengerät resp. Anpassgerät (Fig. 2)

Das Cryptophon 1100 wird über das zugehörige Bedienungs- resp. Anpassgerät bei "Senden" auf Verschlüsselung und bei "Empfang" auf Entschlüsselung gesteuert, d.h. die verschlüsselte Uebermittlung (krypto) erfolgt im Wechselverkehr. Für Duplexbetrieb d.h. für gleichzeitiges Sprechen und Hören sind pro Sprechstelle zwei Geräte erforderlich.

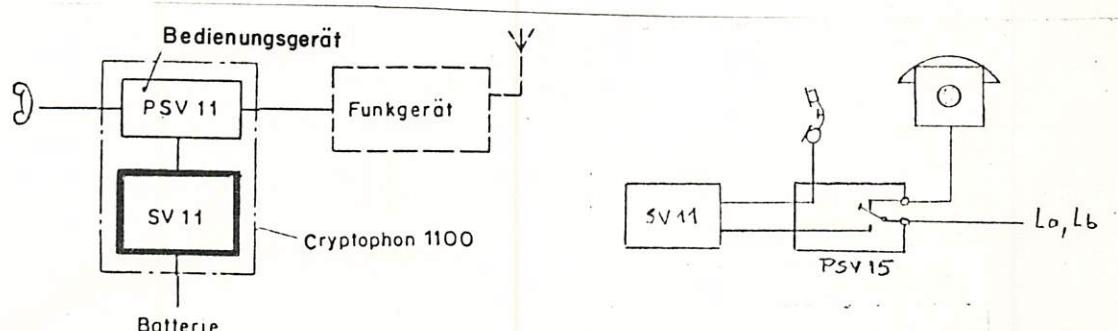


Fig. 2 Zusammenschaltung von Cryptophon 1100 mit einem Funkgerät für Simplex-Betrieb oder mit einem Telephon mit PSV 15.

2. TECHNISCHE DATEN

Schlüsselung

Schlüsselmöglichkeiten	10^6
Programmperiode	8,5 h
Länge der einzelnen Sprachabschnitte	ca. 30 ms
Anzahl der gespeicherten Sprachabschnitte	15
Systembedingte Signallaufzeit (Schlüsseln und Entschlüsseln)	480 ms

NF-Kanal (2 CRYPTOPHON 1100 direkt miteinander zusammengeschaltet)

Bandbreite (-10 dB)	300-3000 Hz
Quantisierungsgeräusch (krypto)	-26 dB
Signalausblendung zwischen den Segmenten alle 29,5 ms je	1,5 ms
Phasenjitter des entschlüsselten Signals	0,2 ms (typ.)

NF-Eingang (Regelverstärker)

Eingangsspannung	0,06-2,0 V *
Impedanz	6,8 kΩ
Regelgeschwindigkeiten	
Abschwächen	Zeitkonstante 50 ms
Verstärken	2-10 dB/s

* Bem: maximal einstellbare Empfindlichkeit 0,008-2 V

NF-Ausgang

Ausgangssignal verschlüsselt

Spannung Pilot allein	0,9 V
Spannung Messton 800 Hz + Pilot	ca. 3,1 V
Ausgangssignal entschlüsselt (800 Hz)	ca. 2,4 V
Impedanz (R_i)	2 Ω
Lastimpedanz	> 1 kΩ

Synchronisierung

Verbindungsunterbruch

Zulässige Unterbruchszeit zwischen Sender und Empfänger, ohne dass eine Neusynchronisierung nötig ist.

min. 25 s

(typ > 60 s)

Quarzoszillator

Frequenz 5 MHz

Stabilität (-20° bis +60°C) $\pm 50 \cdot 10^{-6}$

Speisung

Batteriespeisung (Minuspol an Masse)

10-16 V (20-32 V)

Stromaufnahme (12 V-)

ca. 1,2 A

bei Klarbetrieb

0

Die herausgeführten stabilisierten Spannungen können durch externe Verbraucher wie folgt belastet werden:

+12 V TP max. 100 mA
-12 V TN max. 60 mA

Abmessungen und Gewichte

Abmessungen H x B x T

54 x 220 x 230 mm

Gewicht

3,2 kg

(Änderungen vorbehalten)

3. MECHANISCHER AUFBAU

3.1 Allgemein

Das Verschlüsselungsgerät bestehend aus Analog-, Digital- und Speiseteil ist zu einer Einheit zusammengebaut. Der sechsstellige Wahlschalter zum Einstellen des Schlüsselprogrammes ist von der Frontseite bedienbar und mit einem Schiebedeckel versehen. Der geschlossene Deckel kann plombiert werden. Die Buchsen für die 12 Volt Speisung und für den Anschluss der Anpassgeräte befinden sich ebenfalls auf der Frontseite. Zum Öffnen des Gerätes müssen die drei rückseitigen Schrauben (mit Plombierloch) gelöst werden. Das Gehäuse lässt sich nach rückwärts abziehen.

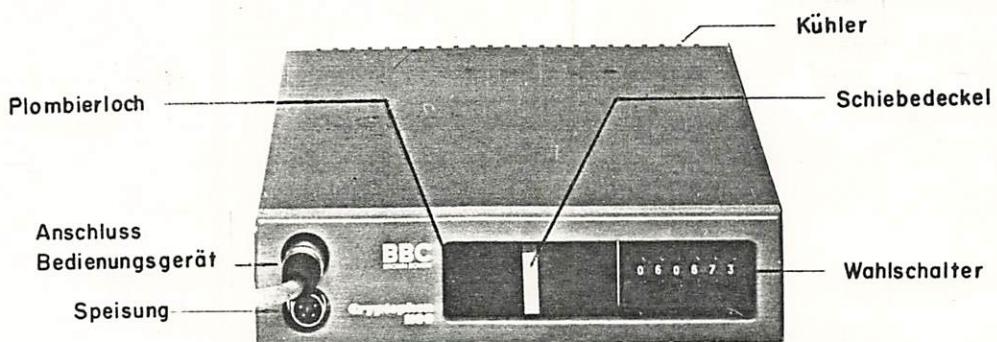


Fig. 3 Verschlüsselungsgerät SV 11
Ansicht von vorn

Die Hartpapierabdeckung auf der Ober- und Unterseite des Gerätes lässt sich durch seitliches Wölben aus den Halterungen heben.

Auf der Oberseite des Gerätes befinden sich die zwei Print des Digitalteils, die durch Scharniere miteinander verbunden sind.

Nach dem Lösen der beiden Schrauben A Fig. 4 können die Print aus dem Gehäuserahmen geschwenkt und auseinander gefaltet werden.

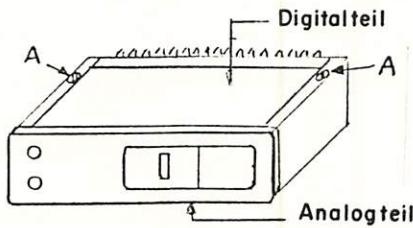
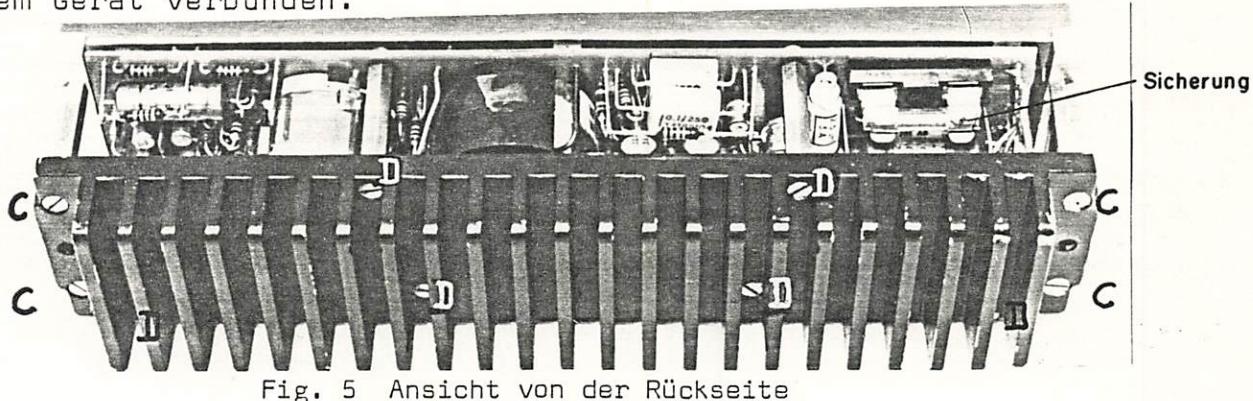


Fig. 4 SV 11 Ansicht auf Digitalteil

Auf der Unterseite befindet sich der Analogteil, der ebenfalls ausschwenkbar ist.

3.2 DC-Wandler

Der DC-Wandler zur Erzeugung der stabilisierten Spannungen (+12 V, -12 V und +5 V) befindet sich an der Rückwand des Gerätes. Für Reparaturarbeiten lässt sich der Wandler durch Lösen der 4 Schrauben "C" (Fig. 5) ausbauen und ist dann nur noch über den Kabelbund mit dem Gerät verbunden.



Durch Lösen der 6 Schrauben "D" lässt sich der Kühler abheben, wo- nach die Printoberseite frei zugänglich ist. (Den Kühler nur entfernen, wenn Bauteile ersetzt werden müssen.)

Bei Versuchsbetrieb ohne Kühlkörper darf das Gerät nur kurzzeitig eingeschaltet werden. Die Temperatur der Aluminiumplatte mit den angeschraubten Leistungstransistoren darf 80° C nicht überschreiten.

3.3 Anschlüsse und Messpunkte

Speisung	Symbol	Stiftbezeichnung
Masse	BN	1 und 2
+12 V	BP1	3 und 4
Bedienungsgerät	Symbol	Buchsenbezeichnung
Masse	M	A
Sprechtaste	TA	B
Senderrelaissteuerung	S	C
-12 V von DC-Wandler	TN	D
+12 V " "	TP	E
NF-Eingang	EIN	F
Ausblendimpuls	ABI	G
Empfangskriterium	EA	H
NF-Ausgang	AUS	J
MOS Speicher Einleseimpuls	MSE	K
Wandlersteuerung	WS	L
Batteriespannung +12 V	BP2	M

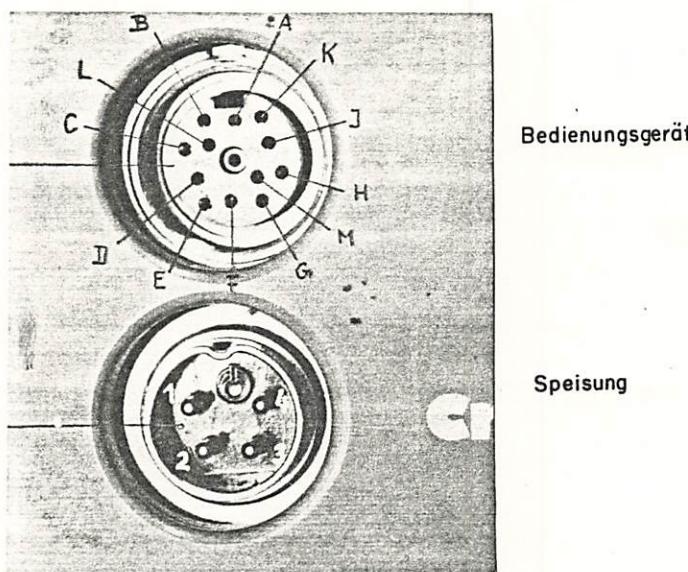


Fig. 6 Anschlüsse SV 11

4. FUNKTIONSWEISE

4.1 Prinzip der Verschlüsselung

Das Cryptophon 1100 arbeitet nach der Methode der Zeitschlüsselung (siehe Fig. 1, Abschn. 1). Das Sprachsignal wird in einen Speicher eingelesen, in einzelne Abschnitte unterteilt und in vertauschter Reihenfolge ausgelesen und übertragen. In der Empfangsstation werden die Sprachabschnitte in den Speicher eingelesen und in ursprünglicher Reihenfolge ausgelesen. Die Vertauschung bzw. Rücktauschung wird durch die sende- und empfangsseitigen Schlüsselrechner gesteuert. Mittels Wahlschaltern können 10^6 voneinander unabhängige Codes eingestellt werden. Auf der Empfangsseite wird das Signal aus dem Speicher dann und nur dann richtig ausgelesen, wenn bei beiden Schlüsselrechnern (Sender und Empfänger) der gleich Code eingestellt ist.

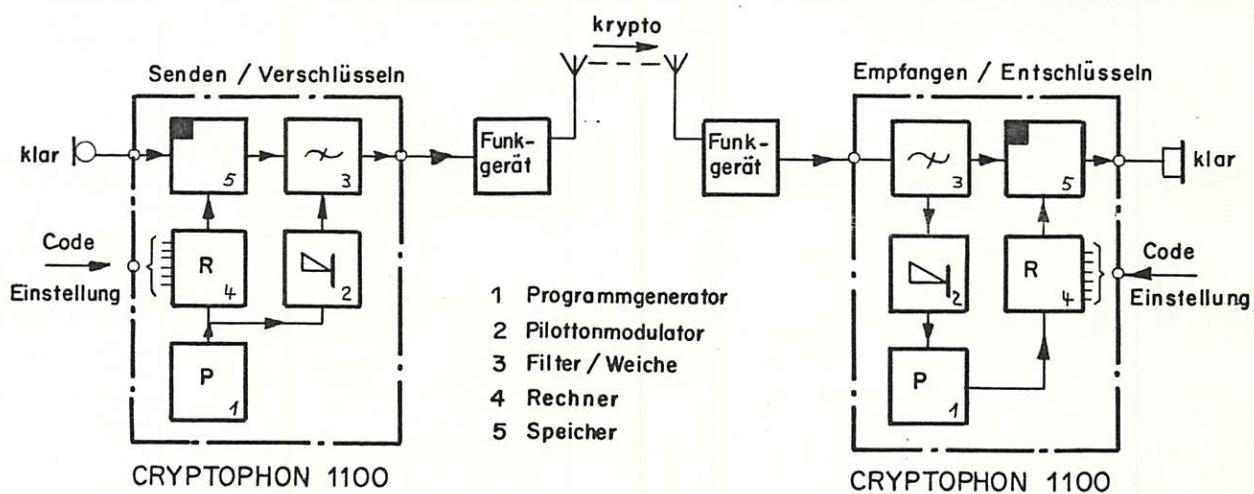


Fig.7 Prinzip des Verschlüsselns und Entschlüsselns mit Uebertragung des Programmsignals durch den Pilotton zwecks Synchronisation der Geräte.

Die Synchronisation der beiden Schlüsselrechner erfolgt durch ein kontinuierliches Programmsignal (erzeugt durch ein 20-stufiges rückgekoppeltes Schieberegister) das dauernd übertragen wird. Die Dauersynchronisierung hat den Vorteil, dass sich zusätzliche Stationen zu jeder beliebigen Zeit in die Verbindung einschalten können.

Der Beginn des Programmsignals beim Einschalten des Geräts ist dem Zufall unterworfen (Rauschgenerator). Bei ununterbrochenem Betrieb wiederholt sich das Programmsignal erst nach ca. 8,6 Stunden. Das Programmsignal wird auf einem Träger mittels FSK-Modulation übertragen. Das Schema einer Crypto-Verbindung ist in Fig. 7 gezeigt.

Das Sprachverschlüsselungsgerät SV 11 eignet sich sowohl zum Senden als auch zum Empfangen, d.h. Verschlüsseln und Entschlüsseln, wobei das Signal jeweils das Gerät in der selben Richtung durchläuft.

Die Umschaltung von Ein- und Ausgang erfolgt im Bedienungsgerät PSV 11 resp. Anpassgerät PSV 13.

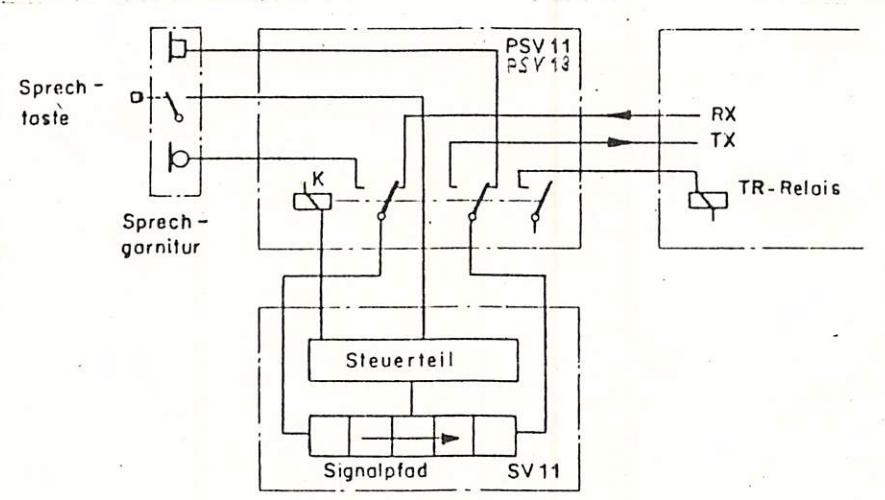


Fig. 8 Sende-Empfangsumschaltung durch das Bedienungsgerät PSV 11 resp. Anpassgerät PSV 13 und die Sprechtaste.

Die Umsteuerung von Empfang auf Senden erfolgt durch die Sprechtaste. Die Sendestation sendet den Pilotton. Die Empfangsstation synchronisiert sich automatisch mit der Sendestation und überwacht im Betrieb dauernd

den synchronen Lauf des Programmregisters. Durch die Modulation (FSK) des Pilottones erfolgt automatisch die Programm- und Phasensynchronisation (Digitalteil). Das System ist so aufgebaut, dass es bei kürzeren Verbindungsunterbrüchen nicht ausser Synchronismus fällt. Bei Funkunterbrüchen ist die Uebertragung und damit die gegenseitige Synchronisierung unterbrochen. Dann laufen die Geräte mit ihren eigenen Taktgebern, quarzgesteuert weiter. Bei extremen Frequenzabweichungen der Quarze kann die Verbindung während 25 Sekunden unterbrochen werden, ohne dass sich die Programm- und Schlüsselrechner neu synchronisieren müssen.

Pilotton

Die Bandbreite des Pilotkanals (Pilotton zwischen zwei Frequenzen getastet) ist so gewählt, dass die Taktwechsel auf 0,5 ms genau regeneriert werden können.

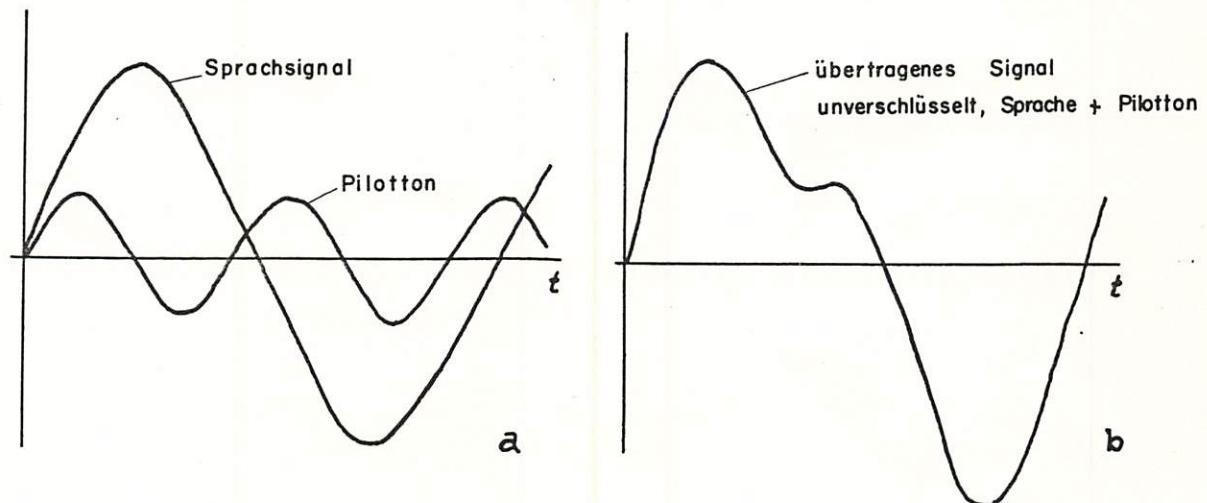


Fig. 9 Sprachsignal und Pilotton a) separat gezeichnet,
b) Signale addiert, wobei das Sprachsignal unverschlüsselt
dargestellt ist.

Auf diese Art synchronisiert die Gegenstation mit einem Kanalgeräuschabstand von 10 dB noch einwandfrei.

Die Pilotfrequenz liegt in der Mitte des Sprachbandes bei 1830 Hz. Diese Frequenzlage wurde aus folgenden Gründen gewählt:

1. Die menschliche Sprache enthält in diesem Band relativ wenig Energie. Deshalb wird die Qualität des Übertragungskanals durch das Ausfiltern der Pilotfrequenz nicht merklich verschlechtert.
2. Das Band liegt bezüglich Laufzeit noch im gleichen Bereich wie die Hauptenergie der Sprache.
3. Höhere Pilotfrequenzen könnten in phasenmodulierten Funkgeräten durch die Hubbegrenzung bereits beeinflusst werden.
4. Tiefere Frequenzen erzeugen bei nichtlinearen Übertragungskanälen Oberwellen die im Übertragungsbereich unter 3200 Hz hörbar sind.

Systembedingte Laufzeit

Bei der Zeitschlüsselung müssen die einzelnen Sprachabschnitte kurz genug sein, um keine Silbeninformation zu enthalten. Die Anzahl der gespeicherten Sprachabschnitte muss gross genug sein, damit der Text unverständlich wird, sollte aber andererseits nicht zu gross werden, um die Signallaufzeit nicht unnötig zu erhöhen. Für das Sprachverschlüsselungsgerät SV 11 wurde eine Anzahl von 15 Abschnitten und eine Abschnittslänge von ca. 30 ms gewählt.

Bei der Schlüsselung werden die einzelnen Sprachabschnitte aus dem sendeseitigen Speicher mit einer Verzögerung von $k \cdot 30$ ms ($k = 1 \dots 15$) ausgelesen. Im empfangsseitigen Gerät wird diese Verzögerung für jeden Abschnitt auf 480 ms ergänzt, wodurch sich die systembedingte Laufzeit von 480 ms ergibt. Diese Zeit ist vergleichbar mit heute üblichen Gesprächslaufzeiten auf Satellitenverbindung.

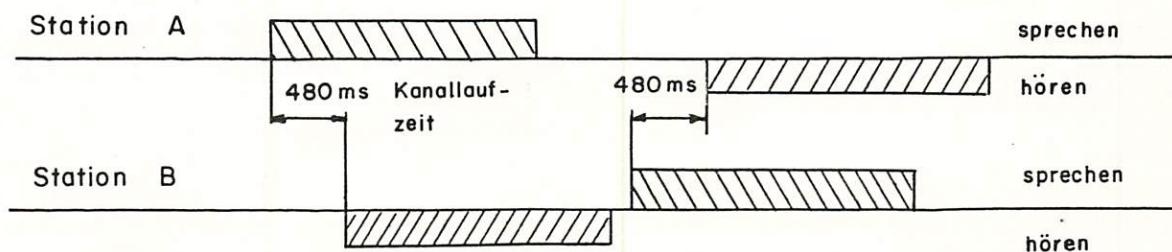


Fig. 10 Zeitdiagramm des Wechselsprechen

4.2 Blockschaltbild

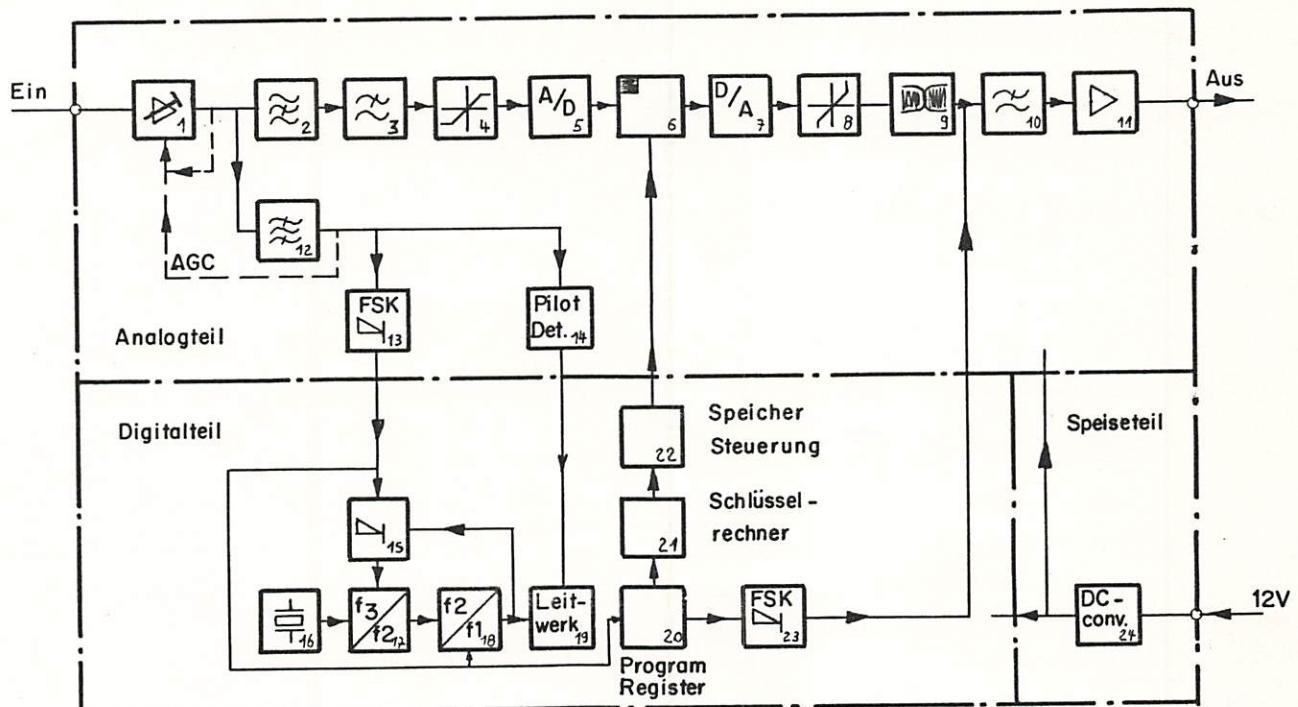


Fig. 11 Blockschaltbild SV 11

Das Verschlüsselungsgerät SV 11 besteht aus dem Analogteil (Blöcke 1 - 14), dem Digitalteil (15 - 23) und dem Speiseteil (24).

Beim Analogteil sind im Prinzip zwei Funktionsgruppen zu erkennen. Die Blöcke 1 - 11 bilden den sogenannten Signalpfad. Durch ihn läuft das Sprachsignal bei Sende- und Empfangsbetrieb (Verschlüsseln-Entschlüsseln) immer in gleicher Richtung von 1 nach 11.

Die Blöcke 12 - 14 gehören zur Synchronisierung und Steuerung der Schlüsselung im Digitalteil. Der Digitalteil (15 - 23) enthält die Teile zur Steuerung und Synchronisierung.

Die Elemente des Blockschaltbildes sind im folgenden beschrieben.

- Regelverstärker: (1)

Im Sendebetrieb wird die Verstärkung nur durch das Ausgangssignal des Regelverstärkers bestimmt.

Bei Empfang wird der Verstärker zusätzlich durch den Pilotton reguliert. Da dieser konstante Amplitude hat, kann sein Pegel als Referenz für die Verstärkungsregelung benutzt werden. Ein Aufdrehen der Verstärkung in Gesprächspausen wird auf diese Art verhindert, dass sonst der Pilotdetektor bei Übersteuerung nicht ansprechen kann.

Nach dem Loslassen der Sprechtaste wird der Regelverstärker mit einem Impuls auf maximale Empfindlichkeit gesetzt. Dadurch werden Pegeldifferenzen zwischen Sende- und Empfangsrichtung rasch ausgeglichen. Bei Empfang regelt der Regelverstärker mit der kurzen Zeitkonstante (50 ms) wieder auf die benötigte Verstärkung zurück.

Bei AM- und SSB-Geräten ist im Modulator des Senders normalerweise eine Pegelregelung enthalten, die den Modulationsgrad des HF-Ausgangssignals konstant hält. Bei solchen Geräten ist die Amplitude des Pilotsignals im Empfänger nicht mehr konstant und sollte nicht zur Verstärkungsregulierung verwendet werden. Dies wird erreicht durch eine Modifikation des Schlüsselgerätes.

Für Telefonbetrieb wird das Gerät so geändert, dass der Eingangsregelverstärker beim Drücken und Loslassen der Sprechtaste auf maximale Empfindlichkeit gesetzt wird.

- Bandsperrfilter (2)

Bei Empfang entfernt das Bandsperrfilter das Pilotsignal und legt beim Senden den Kanal frei für den Pilotton.

- Tiefpassfilter (3)

Das Tiefpassfilter vor dem Analog/Digitalwandler eliminiert die Frequenzanteile oberhalb 3200 Hz.

- Signalkompression (4)

Zur Verbesserung der Dynamik des PCM-Signals wird das Eingangssignal komprimiert.

- Analog-Digitalwandler (5)

Ein 6 Bit Analog/Digitalwandler wandelt das Sprachsignal in ein speichergerichtetes Signal digitaler Form.

- Speicher (6)

Der Speicher besteht aus sechs parallelen MOS - Schieberegisterketten. Die Sprachelemente zirkulieren so lange in den Registern, bis sie von der Speichersteuerung 22 abgerufen werden.

- Digital/Analogwandler (7)

Die digitalen Signale werden in dem integrierten Digital/Analogwandler in Analogsignale umgewandelt.

- Signalexpansion (8)

Der nicht lineare Verstärker expandiert das Signal so, dass die eingangs durchgeführte Kompression (4) aufgehoben und ein dem Eingang proportionales Signal vorhanden ist.

- Ausblendverstärker (9)

Dieser reduziert die Amplitude des Sprachsignals bei Empfangsbetrieb während dem Wechsel auf ein neues Segment kurzzeitig auf Null.

- Tiefpassfilter 3,2 kHz (10)

Dieses Filter siebt alle Frequenzanteile oberhalb des Sprachbandes aus. Dadurch wird das Analogsignal von den Störgeräuschen der Digital/Analogumwandlung befreit.

- Ausgangsverstärker (11)

Der Verstärker verstärkt das Ausgangssignal auf den Ausgangspegel. Die speziellen Anpassungen an den Uebertragungskanal werden im Bedienungs- resp. Anpassungsgerät des Cryptophon 1100 mit Spannungsteiler durch Widerstände oder mit Hilfe von Transformatoren (Uebertrager) realisiert.

- Bandpassfilter (12)

Bei der auf Empfang (Entschlüsseln) arbeitenden Station wird mit einem zweikreisigen Bandpassfilter das Pilotsignal für den FSK-Demodulator und Pilotdetektor ausgefiltert.

- FSK-Demodulator (13)

Der frequenzumgetastete Pilotton wird mit einem integrierten Phase-locked-loop demoduliert. Das digitalisierte Signal steuert den Phasendiskriminator. Die Demodulation wird nur dann ausgewertet, wenn der Pilotdetektor anspricht.

- Pilotdetektor (14)

Der Pilotdetektor entscheidet, ob das empfangene Pilotsignal vorhanden und genügend stark ist, damit eine zuverlässige Demodulation im FSK-Demodulator möglich ist.

- Phasendiskriminator (15)

Überprüft und regelt den Takt des Gerätes.

- Quarzgenerator (16)

Der Quarzgenerator dient als Taktgeber für die Synchronisierung der Geräte.

- Frequenzteiler I und II (17 u. 18)

Die Frequenzteiler sind programmierbar und teilen die Frequenz des Quarzgenerators auf die erforderlichen Frequenzen.

- Leitwerk (19)

Das Leitwerk fasst alle Steuerfunktionen zusammen die im Gerät den sequentiellen Ablauf aller Logik- oder Taktfunktionen bestimmen.

- Programmregister (20)

Das Programmregister erzeugt das Programmsignal für die Schlüsselung und die Synchronisation der Gegenstation.

- Schlüsselrechner (21)

Der Schlüsselrechner verschlüsselt das Programmsignal für die Elementvertauschung.

- Speichersteuerung (22)

Die Speichersteuerung steuert und überwacht das Ein- und Auslesen, die Belegung und Verteilung im Speicher.

- FSK-Modulator (23)

Der Pilotton wird mit dem FSK-Modulator moduliert, zwecks Synchronisierung der Gegenstation (bei Senden).

- Speiseteil (24)

Der Speiseteil besteht aus einem DC-Wandler und erzeugt alle erforderlichen Spannungen.

Die Batteriespeisespannung beträgt nominal 12 V. Für 24 V muss der DC-Wandler ausgewechselt werden.

5. | Anforderungen an den Uebertragungskanal

Ein einfach zu bedienendes und universell einsetzbares Verschlüsselungsgerät darf an den Uebertragungskanal keine besonderen Ansprüche stellen. Es muss mit den vorhandenen Mitteln auskommen. Eine Kompen-sation des Uebertragungskanals in Bezug auf Frequenzgang und Laufzeitdispersion soll nicht nötig sein. Das beim Cryptophon 1100 verwendete System der Zeitschlüsselung hat den Vorteil, dass die geschlüsselte Sprache weder in der Frequenzlage noch in der Energieverteilung gegenüber der Klarübertragung geändert wird.

Durch das Einfügen eines Pilottones wird die Aussteuerbarkeit des Kanals um ca. 2 - 3 dB reduziert.

Da bei der Zeitschlüsselung stückweise Sprachabschnitte übermittelt werden, wirken sich nichtlineare Kanalverzerrungen auf das übertragene Signal gleich aus wie bei Klarbetrieb.

Das Cryptophon 1100 funktioniert einwandfrei, solange der Uebertragungskanal folgende Bedingungen erfüllt:

Geräuschabstand	> 10 dB
Frequenzdrift	< ± 30 Hz
Laufzeitdispersion	< 3 ms im Bereich 300...3000 Hz

Das zur Synchronisierung verwendete Pilotsignal ist FSK-moduliert und wird im Empfänger durch ein Phase-locked-loop demoduliert.

Eine Laufzeitdispersion im Uebertragungskanal bewirkt eine Überlappung der Sprachabschnitte bei der Rücktauschung im Empfänger. Aus diesem Grund wird an den Nahtstellen der Abschnitte auf der Empfangsseite jeweils ein Intervall von 1,5 ms Dauer ausgeblendet. Solange die Laufzeitdispersion 3 ms nicht überschreitet, wird die Sprachqualität nicht beeinträchtigt. Bei grösseren Werten der Laufzeitdispersion tritt eine Qualitätseinbusse auf, weil die

Überlappungen nicht mehr vollständig ausgeblendet werden können.
Bis zu Werten von 5 ms ist die Qualitätseinbusse klein.

Das auf Empfang stehende Gerät muss genügend Pegel erhalten, damit die Synchrinisierung von Takt und Programm einwandfrei funktioniert. Das CRYPTOPHON 1100 ist auf kurzzeitigen Amplitudenschwund unempfindlich.

Pegelunterschiede zwischen Sende- und Empfangsbetrieb werden durch Rückstellung der Empfindlichkeit des Regelverstärkers beim Loslassen der Sprechtaste rasch ausgeglichen.

Bei Funkgeräten (auch SSB) sind normalerweise alle obigen Anforderungen erfüllt, so dass sich in dieser Hinsicht keine Probleme ergeben.

6. FEHLEREINGRENZUNG

Die nachstehenden Messungen erlauben mit minimalstem Aufwand an Messinstrumenten und Einrichtungen eine Fehlereingrenzung auf den DC-Wandler den Analogteil respektive den Digitalteil.

6.1 Messinstrumente und Einrichtungen

- 1 Verschlüsselungsgerät SV 11B als Referenz
- 2 Bedienungsgeräte PSV11/PSV11-3
- 2 Sprechgarnituren
- 2 Verbindungskabel KN5P6P120
- 2 Verbindungskabel (PSV 11/PSV 13 - Funkgerät)
- 2 Batterieanschlusskabel KT 163
- 1 Gleichrichter oder Batterie 12V 3A zur Gerätespeisung
- 1 NF-Signalgenerator im Frequenzbereich 400-1200 Hz Spannung 0,1V ± 1V bsw. Prüfsummer oder Signalverfolger (Signaltracer)
- 1 Universalinstrument 20 kΩ/V 1 Zweiwellenzillograph
- 1 Adapter mit 2 weiblichen Steckern zum Zusammenschalten der Verbindungskabel PSV11-Funkgerät.

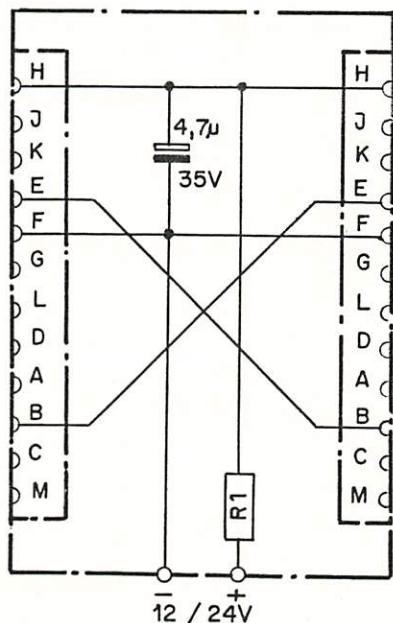


Fig.12 :

Adapter zum Zusammenschalten von zwei PSV 11
 $R_1 = 150 \Omega$ bei 12 V Speisung
 $R_2 = 300 \Omega$ bei 24 V Speisung

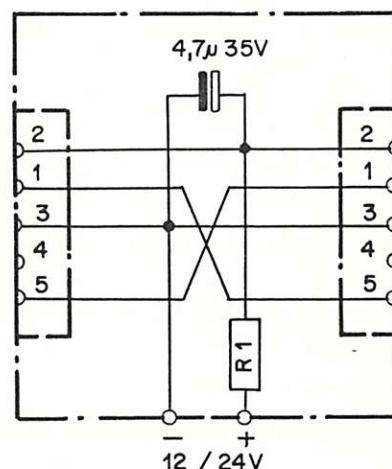


Fig.13 :

Adapter zum Zusammenschalten von zwei PSV 11-3
 $R_1 = 150 \Omega$ bei 12 V Speisung
 $R_2 = 300 \Omega$ bei 24 V Speisung

6.2 Messaufbau

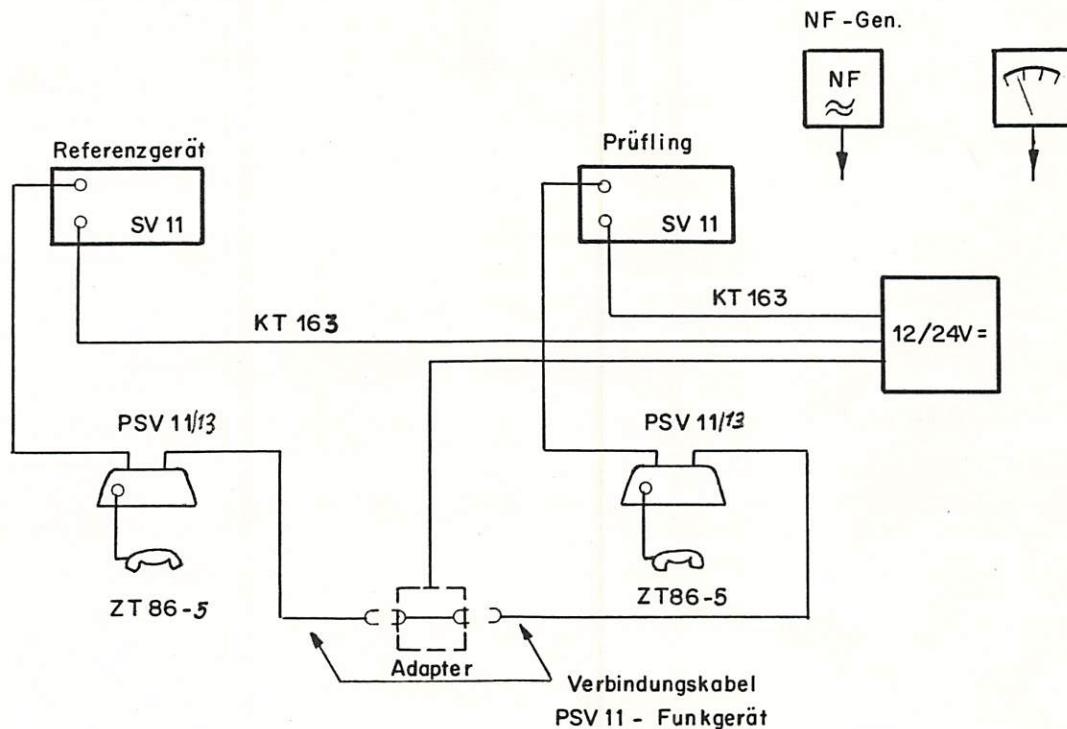


Fig. 14 : Zusammenschalten von zwei Cryptophon 1100 für Prüfzwecke

6.3 Prüfung

- Schlüssel 012345 bei Prüfling und Referenz einstellen
- Funktionsprüfungen in beiden Richtungen
- Schlüssel 982376, Kontrolle in beiden Richtungen
- Mit Prüfling senden. Taste loslassen, hören ob das Relais im Anpassgerät nach 0,5 sec abfällt.
- ABI-Impulse der beiden Geräte auf einen Zweistrahloszilloskop bringen. Der Oszilloskop wird auf den Referenz-ABI synchronisiert. Mit Referenzgerät senden. Die 2 ABI-Impulse sollen 1-2 ms Phasenunterschied haben (Feinsynchronisierung kontrollieren).
- Bei Referenzgerät Taste loslassen. Innerhalb 10 sec darf sich der ABI-Impuls nicht um mehr als 0,5 ms verschieben. (Quarz kontr.)
- Speisung beim Prüfling ausschalten, dann wieder einschalten. Die Sendetaste des Referenzgerätes bleibt gedrückt. Der ABI-Impuls des Prüflings soll in ca 2-3 sec kommen (Grobsynchronisierung + Feinsynchronisierung)

DC-Wandler

Den Prüfling einschalten.

Mit dem Universalinstrument sind an den nachstehenden Anschlüssen auf dem Analogprint gegen Masse zu messen.

Anschlüsse	Grenzwerte
TP	+ 11,5 ÷ 12,5V
TN	- 11,5 ÷ 12,5V
TPL	+ 4,8 ÷ 5,2V

Digitalteil

Die Funktion des Digitalteils wird durch Messen der Gleichspannungen gegen Masse mit dem Universalinstrument an den Anschlüssen des Analogteils kontrolliert.

Anschlüsse	Messbereich	Grenzwerte
ABI	10V	+ 4,3 ÷ 4,7V
PLS	10V	+ 3,6 ÷ 4,2V
CP1	10V	+ 1,8 ÷ 2,2V*
CP 2S	10V	+ 4,3 ÷ 4,7V
MSE	1V	+ 0,5 ÷ 0,7V
CP 2B	10V	+ 3,2 ÷ 3,7V
C 1	10V	+ 1,6 ÷ 2,0V

Analogteil

Signalpfad

Das NF-Signal wird an EIN und Masse auf dem Analogteil eingespeist. Frequenz beliebig zwischen 400 Hz und 1200 Hz, Spannung beliebig zwischen 0,1 und 1V.

Anschlüsse	Messbereich	Grenzwerte
AUS	Wechselsp. 10V	+ 2,1 ÷ 2,9V
Q	Gleichsp. 10V	+ 1,8 ÷ 2,7V

* Bei Sendebetrieb (Sprechtaste am Prüfling gedrückt)

Pilotauswertung

Prüfling und Referenzgerät einschalten.

Der sendeseitige Pilot wird durch Drücken der Sprechtaste des Referenzgerätes ausgelöst.

Die Spannungen werden mit dem Universalinstrument an den Anschlüssen auf dem Analogteil gegen Masse (M) gemessen.

Anschlüsse		Messbereich	Grenzwerte
E	ohne Pilotton	10V =	+ 0,30 ÷ 0,35V
	mit "	10V =	+ 2,6 ÷ 2,8 V
PIE	mit Pilotton	10V ~	1,7 ÷ 2,0 V

7. Schaltung und Wirkungsweise

7.1 Analogteil

(Schema HENR 390 981)

Der Analogteil arbeitet je nach Ansteuerung durch den Digitalteil in den Betriebsarten "Verschlüsseln" oder "Entschlüsseln". Im ersten Teil wird die Betriebsart "Verschlüsseln" (Senden) beschrieben; im zweiten Teil folgen Ergänzungen für die Betriebsart "Entschlüsseln" (Empfang).

7.1.1 Verschlüsseln (Sendebetrieb)

Das Sprachsignal gelangt über C 111, R 562 und C 113 zum Operationsverstärker V 904. C 110 blockt HF-Einstreuungen ab. C 111 und R 561 bilden ein Hochpassfilter und beschneiden die tiefen Frequenzen was zu einer besseren Sprachverständlichkeit beiträgt. Das Signal wird durch die beiden Operationsverstärker V 904 und V 905, die durch Gegenkopplungen auf total ca. 60 dB Verstärkung eingestellt sind, verstärkt. Das Ausgangssignal wird durch eine Regelung automatisch auf konstantem Pegel gehalten.

Regelteil

Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers V 905 wird durch die Diode G 302 gleichgerichtet und steuert den zweistufigen Regelspannungsverstärker V 906 - V 907. Die Regelspannung wird bei grösser werdendem Eingangssignal positiver, wodurch der Widerstand des Feldeffekt-Transistors V 900 sinkt. Dieser bildet mit R 562 einen Spannungsteiler. Dadurch wird das Eingangssignal zum ersten Operationsverstärker abgeschwächt. Der dem Feldeffekt-Transistor V 900 parallel geschaltete Widerstand R 563 dient zur Begrenzung der Verstärkung. Die Ansprechzeitkonstante des Regelverstärkers beträgt ca. 50 ms (V 907, R 582 und C 114). Die Abfall-Zeitkonstante beträgt ca. 1 s (C 114 und R 566).

Für Prüfzwecke und Spezialanwendungen kann der "Voltage Follower" V 908 eingesetzt werden. Die übrigen mit der Regelspannung gekoppelten Kreise werden für den Sendebetrieb benötigt.

Nachdem das Eingangssignal durch die beiden Operationsverstärker V 904 und V 905 auf konstanten Pegel verstärkt ist, durchläuft es das dreistufige Bandsperrfilter mit den Transistoren V 909 - V 915. Das Filter legt den Kanal für das Einblenden des Piloten signales frei. Die Dämpfungspole der einzelnen Stufen sind:

L 471 - C 121	$f_{res} = 1731 \text{ Hz}$
L 472 - C 122	$f_{res} = 1832 \text{ Hz}$
L 473 - C 123	$f_{res} = 1934 \text{ Hz}$

Die Transistoren V 909, V 911, V 913 und V 915 dienen zur Entkopplung der einzelnen Kreise. Die Transistoren V 910, V 912 und V 914 kompensieren die Verluste der Drosseln L 471, L 472 und L 473. Die Grösse der Kompensation wird durch die Widerstände R 584, R 588 und R 592 bestimmt.

Das Tiefpassfilter bestehend aus den Induktivitäten L 474, L 475 und C 125 - C 129 eliminiert die Frequenzanteile im Sprachsignal über der halben Abtastfrequenz des folgenden Analog/Digitalwandlers, was die Erzeugung störender Mischprodukte verhindert. Dadurch wird die Qualität der Uebertragung verbessert. Ohne Filter würden Frequenzen über der halben Abtastfrequenz durch das Tiefpassfilter am Ausgang des Gerätes auf Frequenzen unterhalb 3000 Hz gespiegelt. Dadurch würden bei der Uebertragung durch nichtlineare Uebertragungsglieder (Funkgeräte etc.) Mischprodukte entstehen, die die Verständlichkeit beeinträchtigen.

10 dB Abfall des Tiefpassfilters 3100 Hz
Abtastfrequenz des A/D Wandlers 6510 Hz

Um das Quantisierungsgeräusch der 6 Bit PCM über einen grösseren Dynamikbereich klein zu halten, wird das Signal vor der Digitalisierung komprimiert. Die Nichtlinearität wird mit einem Diodennetzwerk G 304 - G 307 in der Gegenkopplung des Operationsverstärkers

V 916 realisiert. Der Klirrfaktor der Kompression und der später folgenden Expansion zusammen bleibt über den ganzen Amplitudenbereich unter 2 %

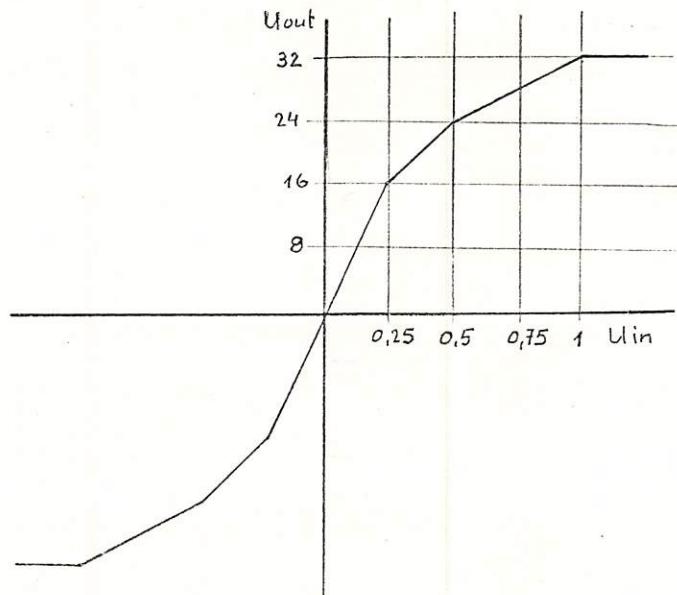


Fig.15 Signalkompression, Skalierung der Ausgangsspannung U_{out} in Quantisierungsstufen.

Analog/Digitalwandler

Ein 6-Bit Analog/Digitalwandler setzt das Sprachsignal in ein speichergerichtetes PCM-Signal um. Der Wandler besteht aus einem Sample and Hold Kreis, einem Rampengenerator dessen Ausgang mit der abgetasteten Analogspannung verglichen wird und einem Zähler.

Der Zähler wird mit jedem Sample Impuls auf Null gestellt und beginnt dann zu zählen. Sobald die Spannung des Rampengenerators gleich der abgetasteten Eingangsspannung ist, wird der Zähler gestoppt. Der Zählerstand entspricht dem binär gewichteten Abtastwert. Der Zähler besteht aus 6 Flipflop-Stufen. Der Takt des Zählers ist $64 \times$ grösser als die Abtastfrequenz und beträgt 416 kHz.

Die Spannung am Kondensator C 131 folgt dem Momentanwert des Sprachsignals (Fig.16a). Der Feldeffekt-Transistor V 919 tastet die Spannung an C 131 mit einer Abtastfrequenz von 6,5 kHz während

jeweils 1,2 μ s ab und lädt den Kondensator C 134 auf (Fig.16b). Der Abtastimpuls, der den Transistor V 919 steuert, ist die Summe der MSE und CP-2B Impulse (vom Digitalteil) und wird über die Gatter V 942 und Inverter V 941 und die Transistoren V 917 - V 918 dem Feldeffekt-Transistor V 919 zugeleitet. (Fig.17a,17b)

Der mit C 134 gespeicherte Momentanwert des Sprachsignals geht an den Eingang des Spannungsfolgers V 920 und zum Minus-Anschluss des Komparators V 925.

Mit dem Abtastimpuls (wie für V 919) wird über V 921 der Rampen- generator (Sägezahngenerator) synchronisiert. Der Kondensator C 137 wird über den als Schalter wirkenden Transistor V 922 aus dem Kondensator C 138 innerhalb 1,2 μ s aufgeladen, wobei die Zenerdiode G 310 die Ladespannung stabilisiert. Der Kondensator C 137 wird über den Transistor V 923, der als Konstantstromregler arbeitet, mit konstanter Stromstärke entladen. Somit fällt die Spannung an C 137 zeitlich linear ab (Fig.16c). Die Stromstärke lässt sich an R 616 einstellen. Der Spannungsverlauf (Sägezahn) wird über den Spannungsfolger V 924 auf den zweiten Eingang des Komparators V 925 geleitet (Fig.16d). Solange der Eingang 2 gegenüber 3 positiv ist, ist der Ausgang 7 positiv. Am Ausgang 5 des flankengetriggerten D-Flipflop V 943 steht so lange ein positiver Impuls bis die Sägezahnspannung auf den Betrag des Speicherkondensators C 134 abgesunken ist. Die Impulslänge (Zeit) ist somit umgekehrt proportional der Spannung von C 134 (Fig.16e).

Das D-Flipflop V 943 arbeitet als Impulsformer und ist mit der Zählfrequenz (416 kHz) über V 941 gesteuert.

Die Zählfrequenz (416 kHz) wird vom Digitalteil geliefert und beim Eingang 10 des Gatters V 942 eingespeist (C_1 -Impuls). Solange am Eingang 9 (V 942) ein "1" Signal ansteht erscheinen die 416 kHz Impulse am Ausgang 8 resp. am Eingang des Zählers V 944. Die Anzahl der Impulse ist umgekehrt proportional der Spannung des Speicherkondensators C 134 resp. dem Momentanwert der Sprachamplitude (Fig.16f). Die Impulszahl wird durch den Zähler (V 944

und V 945) gezählt und steht in digitaler Form am Ausgang des Zählers.

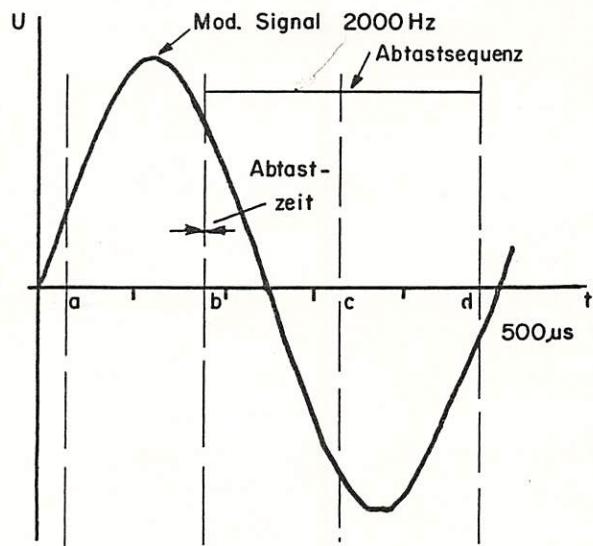


Fig. 16a | Momentanwert des Analogsignals am Kondensator C 131
Abtastzeitpunkte a, b, c, d.
Abtastsequenz 6,5 kHz
Abtastzeit 1,2 μ s

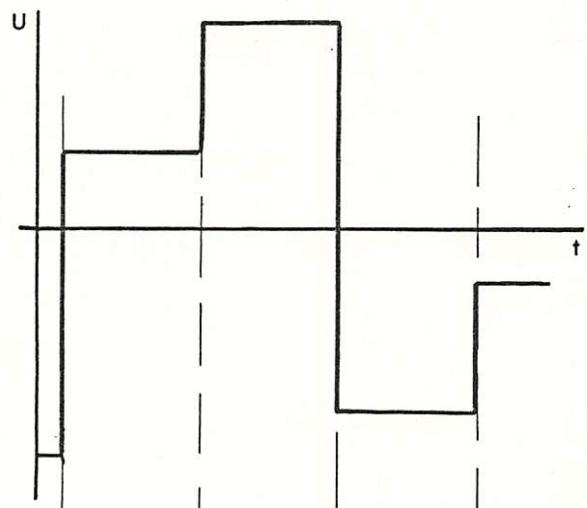


Fig. 16b | Spannung an C 134 gespeicherte Momentanwerte

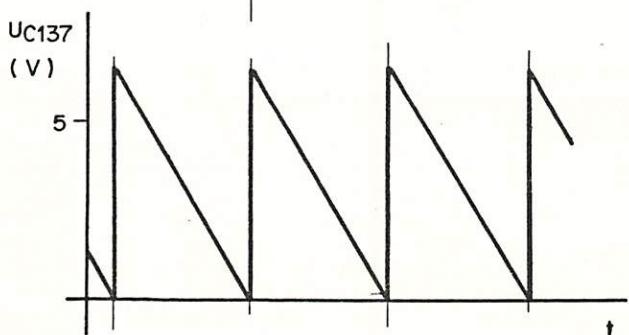


Fig. 16c | Spannungsverlauf an C 137 (Sägezahnspannung des Rampen-generators).

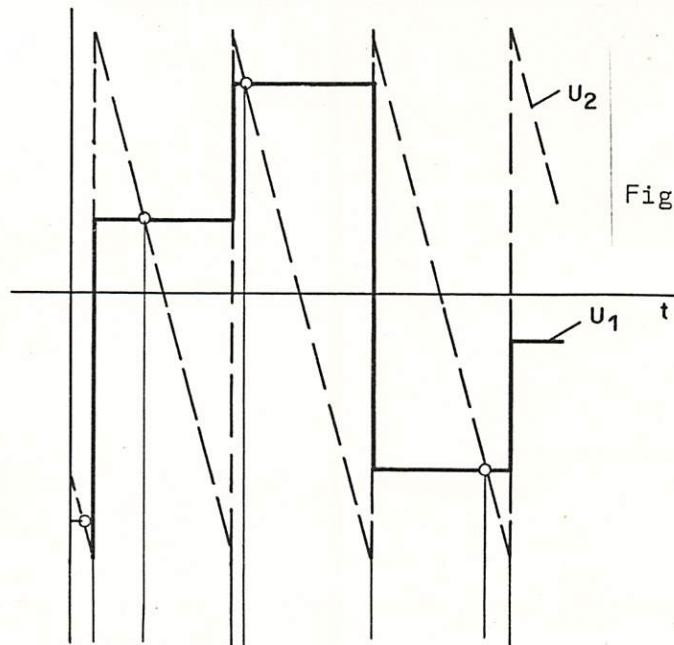


Fig. 16d | Spannungen an den Eingängen des Komparators V 925.
 U_1 : Digital gewichteter Wert des Analogsignals
 U_2 : Spannung von Rampengenerator

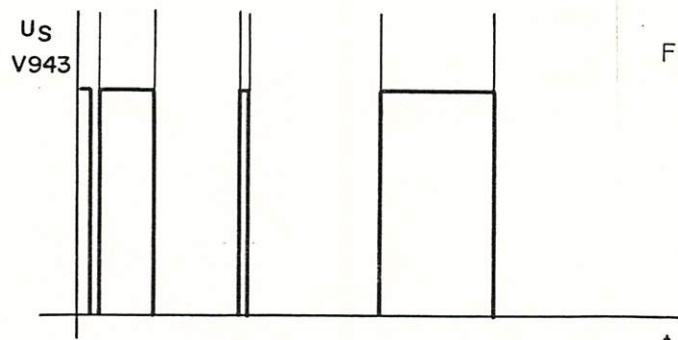


Fig. 16e | Ausgangsspannung von V 943
 Digital gewichtete Aussage des Analogsignals.

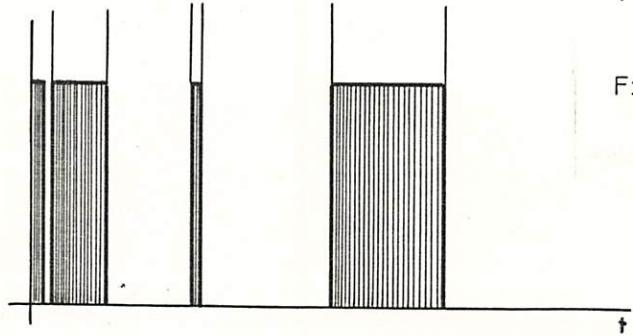
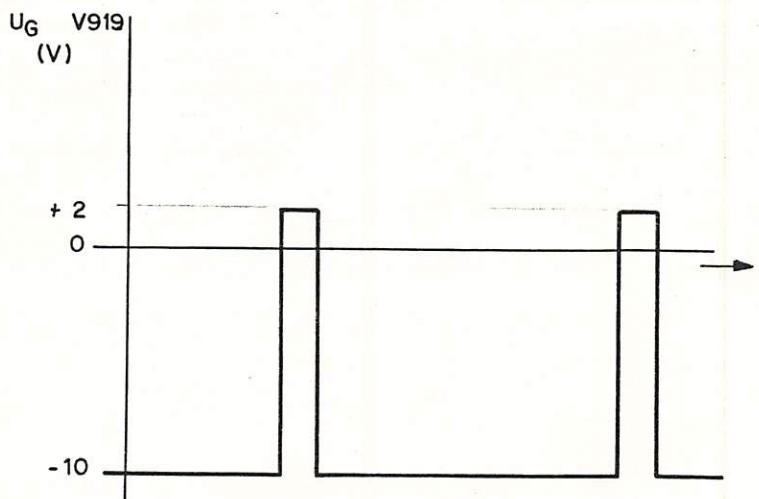
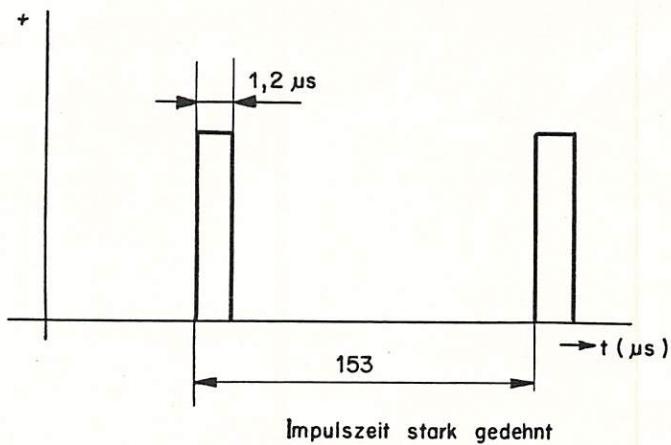


Fig. 16f | Impulse für Zähler am Ausgang Nand Gatter (Anschluss 8)
 (Digital gewichteter Wert des Analogsignals) Zählfrequenz 416 kHz.



Speicher

Der Speicher besteht aus 6 parallelen MOS-Schieberegisterketten à je 1536 Bit. Die Sprachelemente zirkulieren in den Registern bis sie vom Rechner resp. von der Speichersteuerung im Digitalteil abgerufen werden. Die Clockfrequenz der Registerketten beträgt 52 kHz, die Speicherkapazität 8 Sprachsegmente à 192 Abtastwerte ($8 \cdot 192 = 1536$).

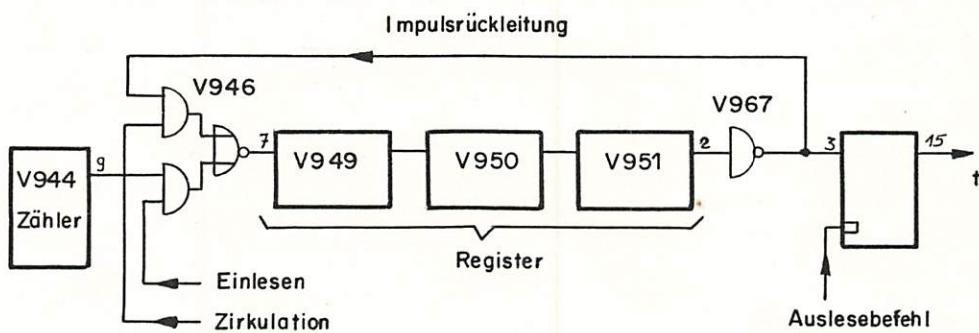


Fig.18 Schieberegister

Ohne Abruf- und Eingabebefehl vom Digitalteil zirkulieren die Elemente schrittweise im Zähler, mit einer Taktfrequenz von 52 kHz ($19,2 \mu s$) und gelangen vom Ausgang 2 des Registers V 951 über den Inverter V 967 und das als Umschalter wirkende AND - NOR - Gatter V 946 an den Eingang des Speichers zurück. Fig. 18

Das schrittweise Vorwärtsschieben der Sprachelemente in den Registern erfolgt durch die sich abwechselnd folgenden Impulse Φ_{in} und Φ_{out} .

Zum Einlesen des Sprachsegmentes in den Zähler werden die Und/Oder Gatter V 946, V 947 und V 948 auf Einlesen geschaltet. Durch den MSE-Impuls (Speicher Ein-Ausgabe) wird beim Flipflop V 968 der Anschluss 9 (Q) logisch "1" und der Anschluss 8 (\bar{Q}) logisch "0". V 946 Gatter 4-5 wird gesperrt und das Gatter 2-3 leitet

die Zählerwertigkeit an den Speicher. Ist das erste Bit des Zählers "1", so ist Anschluss 9 von V 944 "1". Das folgende NOR - Gatter invertiert, so dass am Zähler "0" ansteht. Die Zähler arbeiten neg. logisch.

CP-2S Impuls hat die halbe Impulsdauer wie MSE, beginnt aber gleichzeitig. Am Ausgang des aus drei Transistoren bestehenden Impulsverstärkers V 973, V 974 und V 975 ist der CP-2S Impuls invertiert (Φ_{in}). Bei Taktbeginn wird MSE positiv; Φ_{in} wird negativ. Der Zähler liest ein. Am Ende von Φ_{in} wird durch die positive Flanke das am Eingang des Speichers anliegende Bit eingespeichert und der Eingang gesperrt. Änderungen am Eingang 7 von V 949 sind ohne Einfluss bis zum nächsten Einleseimpuls Φ_{in} .

Durch den Ausleseimpuls CP-1 wird im Speicher die letzte Stelle an den Ausgang weitergeleitet, dessen Wertigkeit dort bis zum nächsten Ausleseimpuls ansteht.

Das Auslesen aus dem Speicher erfolgt durch die Kombination der Impulse MSE und CP-2B wodurch die Latch V 968 - V 969 die Bits an den Digital/Analog Converter V 976 weiterleiten.

Signalexpansion

Das vom D/A Converter erzeugte Analogsignal ist zufolge der eingangs durchgeföhrten Signalkompression immer noch komprimiert. Das nichtlineare Netzwerk bestehend aus den Dioden G 331, G 332, G 334 und G 335 und den Widerständen R 671 und R 672 bewirkt eine Expansion des Signals, so dass am Ausgang des Verstärkers V 977 ein dem Eingang proportionales Signal ansteht.

Ausblendverstärker

Der Ausblendverstärker reduziert die Analogamplitude des Sprachsignals während dem Segmentwechsel auf Null beim Entschlüsseln. Da auf dem Kanal ursprünglich nicht benachbarte Sprachteile nebeneinander zu liegen kommen, ist es möglich, dass durch Laufzeit-

unterschiede am Bandrand Frequenzteile in das auf der Uebertragung benachbarte Segment überlaufen, was nach der Rückvertauschung als leicht störendes Knackgeräusch empfunden wird. Aus diesem Grunde werden die Schnittstellen zwischen den Segmenten für ca. 1,5 ms ausgeblendet. Dies verschlechtert den subjektiven Eindruck nicht, solange die Ausblendzeit kleiner als 2 ms ist.

Der dreistufige Ausblendverstärker wird durch den Ausblendimpuls ABI gesteuert. Das negative Signal gelangt über die Diode G 335 zur ersten Verstärkerstufe V 978. Der Pos. Impuls am Kollektor erzeugt in der Symmetriestufe V 979 zwei entgegengesetzte symmetrische Impulse. Durch den Tiefpass R 679/C 175 werden die Impulse abgerundet. Die entsprechenden pos. und neg. Impulse steuern die Transistoren V 980 und V 981. Bei einem neg. Impuls an der Basis von V 981 wird der Transistor leitend. So mit ist dessen Emitter-Basis-Strecke und die Diode G 337 leitend. Dadurch wird das NF-Signal (über R 689 zur Basis von V 982) kurzgeschlossen. Durch die Symmetrierung der Schaltung mit dem Transistor V 980 bleibt das Gleichspannungspotential konstant was für die folgende gleichspannungsgekoppelte Verstärkerstufe V 982 wichtig ist.

Tiefpassfilter

Nach dem Verstärker V 982 folgt das zweistufige Tiefpassfilter mit den L 478 - L 479 und C 182 - C 184. Dieses Filter sperrt alle Frequenzteile oberhalb des Sprachbandes (3,4 kHz), die zur Hauptsache durch die Digital/Analogumwandlung entstehen, aus.

Pilotton

Der frequenzmodulierte Pilotton zur Synchronisation der Gegenstation wird im Digitalteil erzeugt und über PLS vor dem Tiefpassfilter eingespeist.

Ausgangsverstärker

Der Ausgangsverstärker wird durch den Operationsverstärker V 983 gebildet, dessen Ausgang kurzschlussfest und an den Ausgang des Gerätes geführt ist. Damit der Verstärker einwandfrei arbeitet sollte die Abschlussimpedanz nicht kleiner als 1 kΩ sein.

7.1.2 Entschlüsseln (Empfangsbetrieb)

Das verschlüsselte Signal wird wie das Klarsignal beim Eingang "EIN" eingespeist. Es durchläuft alle bisher behandelten Stufen im gleichen Sinne wie für das Klarsignal. Nach dem zweiten Operationsverstärker V 905 wird das Pilotsignal abgezweigt und über ein Bandpassfilter dem Pilotdetektor zugeführt. Dieser entscheidet ob ein Pilotsignal vorhanden (Empfangskriterium) und ob es genügend stark ist, damit eine zuverlässige Demodulation im FSK-Demodulator V 930 möglich ist. Der Pilotdetektor unterscheidet Rauschen vom eigentlichen Pilotton. Das Pilotsignal wird im Bandpassfilter L 476, L 477, C 151, C 152 und C 153 ausgefiltert, in V 926 verstärkt und im Detektor gleichgerichtet (G 317). Mit der gleichgerichteten Spannung wird ein Kondensator (C 157) über den Widerstand R 635 aufgeladen. Erst wenn die Spannung einen bestimmten Schwellwert erreicht hat, schaltet der Transistor V 928 durch und meldet das Vorhandensein des Pilotes an das Leitwerk (E-Signal). Die Zeitkonstante für das Ansprechen des Detektors beträgt ca. 70 ms. Zur Sicherung der Pilotdetektion ist eine Schaltung eingebaut, die den Integrationskondensator C 157 in den zwei folgenden Betriebsfällen über R 636 und V 927 schnell und vollständig entlädt.

1. Wenn das Pilotsignal zu gross ist. Dies kommt nur dann vor, wenn der Regelverstärker am Eingang des Gerätes noch nicht ausreguliert hat und übersteuert ist, d.h. während einiger Millisekunden nach einer Verbindungsaufnahme und nach einem Richtungswechsel.
2. Wenn die Amplitude im Pilotsignal während mehr als 7 ms unter einen bestimmten Schwellwert sinkt. Damit wird der Detektor immun gegen Ansprechen auf Rauschen.

Man nützt dabei die Eigenschaften aus, dass im Rauschen die Amplitude eines bestimmten Frequenzbandes stark schwankt und immer wieder auf Null absinkt. Bei jedem Rauschminimum wird der Integrationskondensator entladen und das Detektor-Ausgangssignal E bleibt Null.

Regelverstärker

Bei gedrückter Sprechaste wird die Verstärkung durch das Ausgangssignal des Regelverstärkers bestimmt.

Bei Empfang wird der Pegelregler resp. die Regelspannung für den Eingangsverstärker durch die Stärke des Pilottones gesteuert (das Ausgangssignal des Regelverstärkers wirkt nur in Grenzfällen).

Dadurch wird ein Aufdrehen des Verstärkers in den Gesprächspausen vermieden. Hierzu wird der Pilotton am Ausgang von V 926 (M3) abgezweigt und durch die Diode G 303 gleichgerichtet und dem Regelverstärker V 906 - V 907 zugeführt.

Beim Loslassen der Sendetaste wird der Regelverstärker mit einem Impuls auf maximale Empfindlichkeit gesetzt. Dadurch können Pegeldifferenzen zwischen Sende- und Empfangsrichtung rasch ausgeglichen werden. Sobald das Empfangssignal kommt, regelt der Regelverstärker mit kurzer Zeitkonstante (50 ms) wieder auf die benötigte Verstärkung zurück. Dies geschieht wie folgt:

Die negative Flanke des Spannungssprunges der Sende-Empfangsumschaltung (S-Signal) wird im Transistor V 902 invertiert. Der positive Spannungssprung wird über C 118 an die Basis der Transistors V 901 übertragen. Dadurch wird V 901 leitend und C 114 über R 567 und V 901 rasch entladen, wodurch der Regelverstärker voll geöffnet wird.

Für Telefonbetrieb wird das Gerät so geändert, dass der Regelverstärker beim Drücken wie beim Loslassen der Sendetaste auf maximale Empfindlichkeit gesetzt wird.

Pilottonmodulation

Der dem Wobbelrhythmus entsprechende Informationsinhalt des Pilottones muss ausgewertet werden. Hierzu wird der Pilotton über R 642 und C 158 dem FSK-Pilotdemodulator V 930 zugeführt. Das Signal wird im integrierten Baustein (Phase-locked-loop) demoduliert und steht am Ausgang 7 in digitaler Form an. Die Steuerspannung des VCO wird durch den Tiefpass C 161-C 164 und R 646-R 648 geleitet, wodurch die Trägerfrequenz ausgefiltert wird. Das Signal wird nach dem Emitterfolger V 931 differenziert (C 165/R 650) und dem Schmitt-Trigger V 932 zugeführt. Am Ausgang PIE (M4) steht der Programmimpuls zur Steuerung des Digitalteils zur Verfügung.

7.2 | Digitalteil

Der Digitalteil des Verschlüsselungsgerätes SV 11 umfasst die Blöcke 15 - 23 der Fig. 10.(Abschn.4.2). Im Gerät werden hierzu 2 Print benötigt, die über Gelenke miteinander zu einer Einheit verbunden sind. Der grosse Print ist mit einem kleinen Zusatzprint bestückt

- Phasendiskriminator

Im Phasendiskriminator wird der Takt des empfangenen Pilot-signalen mit dem geräteinternen Taktausgang des Frequenzteilers II verglichen. Je nach dem, ob der interne Takt vor- oder nach-geht, steuert der Ausgang des Phasendiskriminators den Frequenz-teiler I um den Fehler auszugleichen.

- Quarzgenerator

Als Taktgeber für das Gerät wird ein 5 MHz Miniaturquarz mit einer Toleranz von $50 \cdot 10^{-6}$ verwendet.

- Frequenzteiler I

Im Frequenzteiler I wird die Quarzfrequenz von 5 MHz durch 48 auf 104 kHz heruntergeteilt. Der Teiler ist programmierbar und wird vom Phasendiskriminator gesteuert.

- Frequenzteiler II

Der Frequenzteiler II teilt die Frequenzen hinunter auf ca. 34 Hz zur Steuerung des Programmregisters.

- Leitwerk

Unter dem Leitwerk werden im Blockschaltbild alle Steuerfunk-tionen, die irgendwo im Gerät den sequentiellen Ablauf der Logik oder den Takt bestimmen, verstanden.

Hier werden die wichtigen Steuerfunktionen der Reihe nach aufgezählt:

- Sende-Empfangsumschaltung: es gibt 3 Betriebszustände:
 - a) Gerät auf Senden (Sendetaste am Mikrotel gedrückt).
Die Sprache wird verschlüsselt. Das Gerät läuft am eigenen Quarz und sendet Pilot aus.
 - b) Gerät auf Empfang, Gegenstation sendet nicht. Die Synchronisierung durch die Gegenstation ist ausgeschaltet. Das Gerät läuft autonom am eigenen Quarz. Der Schlüsselrechner arbeitet, wie wenn er von der Gegenstation Empfang hätte.
 - c) Gerät auf Empfang, Gegenstation sendet:
Pilotdetektor spricht an. Die Programm-, Takt- und Phasensynchronisierung ist eingeschaltet. Der geschlüsselte Text wird entschlüsselt. Der Quarz der Gegenstation bestimmt den Takt für die Synchronisierung.

- Programmregister

Die Schlüsselung wird durch die Blöcke Programmregister, Schlüsselrechner und Wahlschalter für die Schlüsseleinstellung gesteuert.

Der Programmgeber ist ein 20-stufiges rückgekoppeltes Schieberegister. Um beim Einschalten des Gerätes eine zufällige Impulsebelegung im Programmregister zu erzeugen, wird während der ersten halben Sekunde nach Einschalten der Speisung, d.h. nach Umschalten auf Krypto das kleinste Bit des A/D-Wandlers in das rückgekoppelte Schieberegister eingelesen. Ohne diese Massnahme würden die Programmregister-Flipflop immer mit einem gleichen, bevorzugten Inhalt starten, was kryptologisch sehr unbefriedigend wäre.

Wenn das Gerät auf Empfang geschaltet ist, so muss das Programmregister auf die gleiche Sequenzphase wie der Sender gebracht werden. Eine Einrichtung kontrolliert, ob das Register synchron läuft. Solange dies nicht der Fall ist, liest das Register das empfangene Programm direkt ein.

Sobald über mehrere Takte Gleichheit zwischen dem rückgeführten und dem empfangenen Programmsignal festgestellt wird, wird das Register auf Zirkulation umgestellt. Einzelne kurze Fehler im Übertragenen Programm (Uebertragungsfehler, Funkschatten etc.) haben keinen Einfluss auf den Rechner. Erst wenn 4 oder mehr falsche Bits im Register festgestellt werden, wird das Register auf Neueinlauf gestellt. Eine Einrichtung kontrolliert, ob das Register nicht mit lauter Nullen gefüllt ist. Wenn dies der Fall ist, wird dem Eingang, wie beim Einschalten des Gerätes, das kleinste Bit des A/D-Wandlers während mindestens 20 Takten zugeführt.

- Schlüsselrechner

Der Schlüsselrechner hat die Aufgabe, aus dem an sich bekannten Programmsignal ein nicht durchschaubares Schlüsselsignal für die Elementvertauschung zu produzieren.

Die Schaltfunktion der Rechenlogik kann mit 6 10-stelligen Wahlschaltern verstellt werden. Es ergeben sich dadurch 10^6 verschiedene Schlüsselmöglichkeiten. Mit dem Steckprint im Digitalteil wird die Schlüsselfamilie festgelegt.

- Speichersteuerung

Eine Kontrolleinrichtung überwacht die Belegung im Register und achtet darauf, dass kein Segment zwei Mal ausgelesen wird oder aus dem Register verloren geht (Auslassungen).

- FSK-Modulator

Der FSK-Modulator besteht aus einem Frequenzteiler, der vom Programmregister gesteuert wird. Der Teiler dividiert, je nach logischem Pegel des Programmes, durch 60 oder 54. Die Ausgangsfrequenzen sind:

für logisch "0" 1929 Hz
für logisch "1" 1736 Hz

Der Oberwellengehalt der Rechteckspannungsform wird durch das Ausgangstiefpassfilter im Analogteil ausgesiebt.

Auf Empfang ist der Modulator ausgeschaltet.

In einer Basisstation mit Telephondurchschaltung (Funk-Draht) wird für jede Richtung (Hören-Sprechen) ein Verschlüsselungsgerät SV 11 eingebaut, da Empfänger und Sender dauernd eingeschaltet sind. Die Verschlüsselungsgeräte sind quersynchronisiert, d.h. das Gerät im Sendepfad wird durch dasjenige im Empfangspfad synchronisiert.

Die Geräte dürfen nicht untereinander oder durch normale Verschlüsselungsgeräte ausgetauscht werden.

7.3 DC-Wandler

Die Stromversorgung des Gerätes erfolgt durch +12 V Batteriespeisung über die Klemme BP 1 gegen Masse BN. Durch Verbinden von BP 2 mit WS (M mit L der Gerätebuchse N 502) wird der DC-Wandler und damit das CRYPTOPHON 1100 eingeschaltet.

Der DC-Wandler erzeugt die für den Analog- und Digitalteil erforderlichen stabilisierten Spannungen.

Die 24 V-Geräte unterscheiden sich von den 12 V-Geräten durch einen andern DC-Wandler.

5 V Wandler

Die Spannungsregulierung erfolgt durch den integrierten Spannungsregler V 711. Der Verbraucherstrom fliesst durch den Regeltransistor V 714, die Glättungsdrossel D 291 und wird mit C 267 geglättet. Die Zenerdiode G 353 schützt den Verbraucher vor unzulässigen Ueberspannung im Falle einer Störung im Regelkreis.

Der 5 V-Istwert wird vom Regler V 711 durch die Anschlüsse 1 und 2 gemessen. Ueber die Anschlüsse 7 - 6 fliesst ein Rechteckstrom mit einer Frequenz von ca. 25 kHz, dessen Ein-Aus-Verhältnis so geregelt wird, dass der Mittelwert 5 V ergibt. Die Rechteckspannung über R 492 wird von V 712 verstärkt und steuert den Leistungstransistor V 714. Die Diode G 352 arbeitet als Freilaufdiode und schützt den Transistor V 714 vor den Abschalt-Induktionsspannungen der Drossel D 291.

V 713 arbeitet als Kurzschlusschutz. Wird der Strom durch R 494 grösser als 3 A, so schaltet V 713 durch und begrenzt den Strom durch V 714 auf 3 A.

12/24 V Wandler

Der 12 V Wandler arbeitet als fremdgesteuerter Sperr/Durchflusswandler unter Benützung der 25 kHz Rechteckspannung erzeugt durch den 5 V Spannungsregler V 711.

Die rechteckförmige Spannung am Kollektor des V 714 steuert über

V 715 den Leistungstransistor V 716. Die Rechteckspannung wird über den Transformator T 515 auf die erforderliche Spannung für die beiden 12 V Gleichrichter und Regler (TP und TN) transformiert. Die Gleichrichter für die pos. und neg. Spannungen arbeiten im Prinzip gleich. V 717 arbeitet als Konstant-Stromregler für den Transistor V 719, der als Spannungsregler den Leistungstransistor V 718 auf konstante Ausgangsspannung regelt.

24 V Speisespannung (Schema HENR 309583)

Die Geräte für 24 V Speisespannung sind gleich aufgebaut wie für 12 V mit Ausnahme der elektrischen Daten einiger Bauteile im DC-Wandler. Dies betrifft die Positionen C 263, C 267, F 295, G 357, G 358, G 362, G 363, R 494, T 515, V 716 und V 714.

Die Speisespannung des Gerätes wird durch das Klebeschild (12 V resp. 24 V) am Kühler gekennzeichnet.

Ausgangsspannungen:

5 V 2 A	Speisung TTL Logik
+12 V 0,1 A	Speisung Analogteil
-12 V 0,1 A	Speisung Analogteil und MOS-Register

7.4 Schaltfunktionen

(Schema HENR 310808)

- Einschalten des Gerätes

Durch Verbinden von L mit M (N 502) wird die Speisung des SV 11 eingeschaltet. Zwischen L und M fliesst ein Strom von 2,3 mA.

- Senden/Empfangs-Steuerung

Das Gerät verschlüsselt (Senden) wenn B (N 502) an Masse gelegt wird A(N 502).

Das Gerät entschlüsselt (Empfang) wenn B offen ist. B ist ein TTL-Logikeingang, der mit einem Seriewiderstand von 150 Ω und einer Zenerdiode (4,7 V) gegen Masse vor kleinen Überspannungen geschützt ist. Der Logikeingang wird über 22 k Ω auf +5 V gehalten.

- Sendertastung

Die Sende/Empfang-Umschaltung des Funkgerätes erfolgt durch den Anschluss C (N 502). Ein angeschlossenes Funkgerät muss senden, solange C (N 502) auf 3,6 V liegt. C ist gegenüber B um 0,5 s abfallverzögert.

Senden: Ausgangsspannung = 3,6 V belastbar mit 1 k Ω gegen Masse

Empfang: Ausgangsspannung = < 0,8 V

8. Unterhalt

8.1 Allgemein

Das SV 11 hat keine mechanischen, der Abnutzung unterworfenen Teile. Alle elektrischen Komponenten sind reichlich dimensioniert wodurch die Störungsanfälligkeit klein ist.

Bevor mit dem Fehlersuchen begonnen wird, überzeuge man sich, ob der Fehler auch wirklich im Verschlüsselungsgerät liegt und nicht z.B. im Bedienungsgerät, einer falschen Schlüsseleinstellung oder ein ungenügender Eingangspegel vorhanden ist. Durch Ersetzen der Geräte (Bedienungsgerät, Verschlüsselungsgerät, Kabel etc.) lässt sich rasch ermitteln, welcher Teil fehlerhaft ist.

Für die Reparatur ist es wichtig zu wissen, ob das Gerät bei Senden und Empfangen oder nur in einer Richtung fehlerhaft arbeitet.

8.2 DC-Wandler

Der DC-Wandler befindet sich wie in Abschnitt 3.2 beschrieben auf der hinteren Seite des SV 11 und ist mit dem Kühler zusammengeschraubt. Alle elektrischen Teile zum DC-Wandler sind auf einem Print zusammengefasst.

Die Anschlüsse (Ein- und Ausgänge) sind auf einer Seite angeordnet und für Messungen gut zugänglich. Nach dem Lösen der äusseren 4 Schrauben beim Kühler kann der ganze DC-Wandler aus dem Gerät geschwenkt werden, wonach die Leiterbahnen für Kontrollmessungen zugänglich sind. Der Kühler kann nach dem Lösen der sechs inneren Schrauben abgehoben werden.

Im Schema sind die Spannungen bei Normalbetrieb eingetragen.

Die Sicherung F 295 (2 A flink) befindet sich auf dem DC-Wandler Print. Siehe Fig.5. (Für 24 V Geräte 1 A flink).

8.3 | Analogteil

Der Analogteil arbeitet mit dem Digitalteil zusammen, von dem er alle Steuer-, Takt- und Synchronisierungsimpulse erhält.

Bei einem Fehler im Digitalteil ist der Signalpfad des Analogteils ebenfalls gestört, so dass nicht auf Anhieb gesagt werden kann, in welchem Teil der Fehler liegt.

Der MSE-Impuls ermöglicht schon weitgehend eine Beurteilung ob der Digitalteil richtig arbeitet.

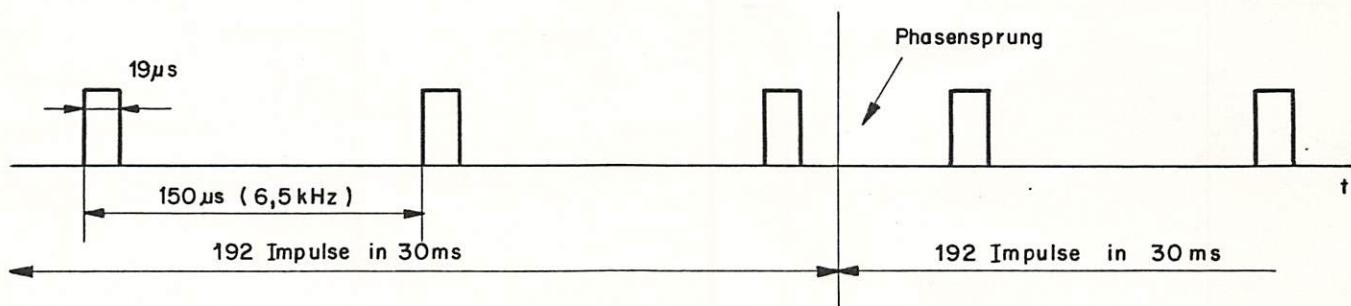


Fig.19 MSE-Impulse mit Phasensprung nach jeweils 192 Impulsen.



Fig.20 MSE-Impulse mit KO-interner Triggerung. Zwischen den Hauptimpulsen müssen vereinzelt, unregelmässig Impulse verteilt sein.

Der MSE-Impulse wird mit dem Oszilloskop betrachtet, der mit interner Triggerung arbeitet. Dabei erscheinen die Impulse A der Fig. 20 stabil. Dazwischen erschienen unstabile, dauernd wechselnde Impulse, die nur sehr schwach gezeichnet sind. Die zeitweilige Unperiodizität wird durch den Phasensprung verursacht. Ist eine solche Auszeichnung im KO feststellbar, so arbeitet der Digitalteil mit grosser Wahrscheinlichkeit richtig.

8.4 | Prüfvorschriften

DC-Wandler

Eingangsspannung 12 V

Abgleich der Ausgangsspannungen auf Nennspannung ± 100 mV.

<u>Ausgang</u>	<u>RW</u>	<u>RW ca.</u>
+5 V	487	27 - 100 k Ω
+12 V	505	0,1 - 1 M Ω *
	506	0,1 - 1 M Ω *
-12 V	511	0,1 - 1 M Ω *
	512	0,1 - 1 M Ω *

* Von diesen Widerständen wird pro Spannung evtl. nur 1 Widerstand benötigt.

Die Stromaufnahme ist ca. 1,5 A.

Analog-Print

Regelverstärker

- Oszilloskop an M1 anschliessen
- 800 Hz/-10 dB an Eingang "EIN" einspeisen
 $U_{M_1} = 9,7 - 12,3$ Vpp
- 800 Hz/0 dB einspeisen. Prüfen, ob die Spannung unmittelbar in voller Höhe erscheint.
- 800 Hz/-20 dB einspeisen. Die Spannung muss in ca. 4 Sek. den vollen Wert erreichen.

Sperrfilter, Tiefpassfilter

KO an M 6 anschliessen und Empfindlichkeit auf ≤ 100 mV/cm einstellen.

Folgende Frequenzen/-10 dB einspeisen und die entsprechenden Kreise auf Minimum KO-Amplitude abgleichen.

L 471 = 1731 Hz	}	
L 472 = 1832 Hz	}	Sperrfilter
L 473 = 1934 Hz	}	
L 474 = 4259 Hz	}	Tiefpassfilter
L 475 = 3255 Hz	}	

Einstellung Sägezahn-Amplitude

800 Hz/-10 dB einspeisen und KO an M 8 anschliessen und die Amplitude messen.

Toleranz: 3,4 - 4,0 Vpp

Anschliessend KO an M 9 anschliessen und den Sägezahn mit R 616 auf die gleiche Amplitude, wie an M 8 gemessen, abgleichen (Amplitude M 8 = M 9).

Es muss beachtet werden, dass die aufsteigende Flanke des Sägezahns linear ist.

Bandpassfilter

Speisespannung Prüfling (Batteriespannung) ausschalten. 1832 Hz/0 dB an Messpunkt M 1 einspeisen und Spule L 477 kurzschliessen. KO an L 476 anschliessen.

L 476 auf maximale KO-Amplitude abgleichen.

Jetzt an M 3 einspeisen, Spule L 476 kurzschliessen, KO an L 477 anschliessen und L 477 auf maximale KO-Amplitude abgleichen. Nach dem Abgleich alle Verbindungen entfernen.

Abgleich FSK-Oszillator

Speisespannung Prüfling wieder einschalten.

M 3 an Masse legen.

Counter an M 14 anschliessen und mit R 645 eine Frequenz von 1832 Hz einstellen.

Toleranz: 1832 ± 20 Hz

Prüfung Register

800 Hz/-10 dB in Adapter einspeisen.

Mit KO-Sonde die Eingänge 1 - 6 von IC V 976 abtasten. Es müssen Rechtecke von ca. 4,5 V vorhanden sein mit einem unregelmässigen Tastverhältnis.

Amplitudenabgleich verschlüsseltes Signal

800 Hz/-10 dB einspeisen und KO an M 6 anschliessen und die Amplitude messen.

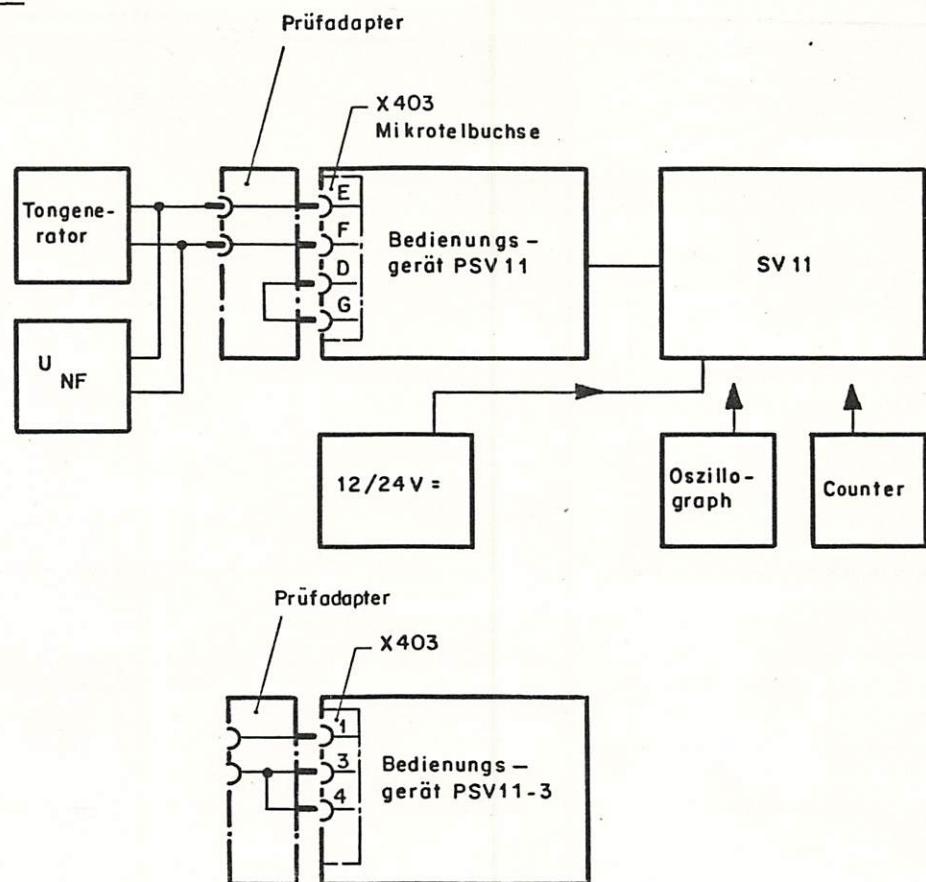
Amplitude: ca. 5 Vpp

Jetzt KO an M 12 anschliessen und mit R 666 die gleiche Amplitude wie an M 6 einstellen (Amplitude M 6 = M 12).

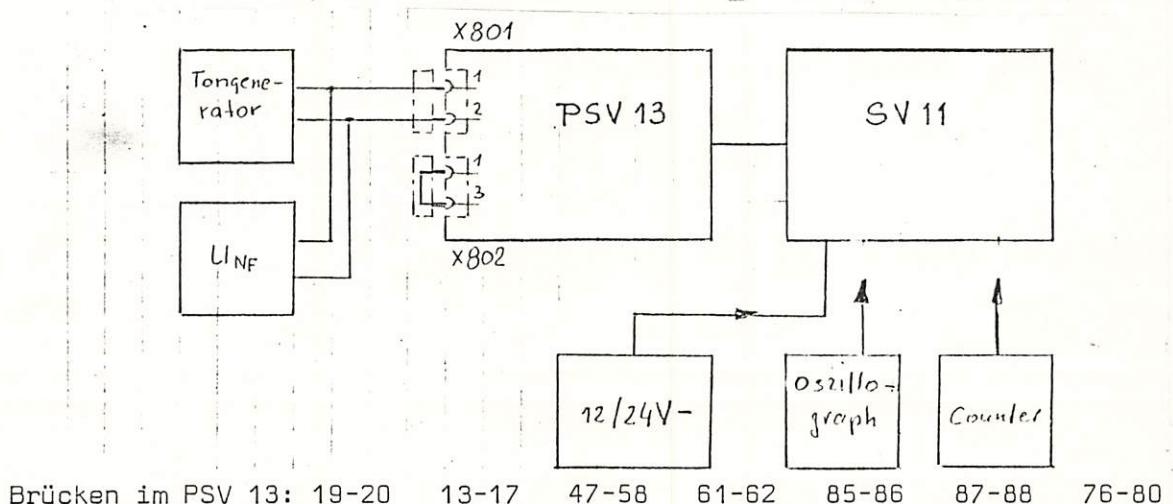
KO-Bilder

Die folgenden KO-Bilder beziehen sich immer auf einen Eingangsspegel von 800 Hz/-10 dB, ausser bei Messpunkt M 3. Hier ist die Eingangs-frequenz 1832 Hz.

Messaufbau



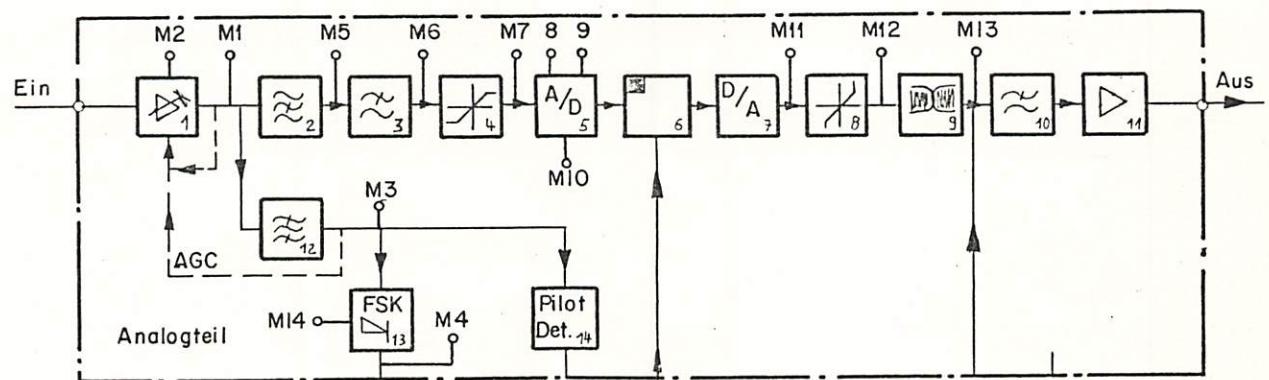
Variante PSV 11-3



Brücken im PSV 13: 19-20 13-17 47-58 61-62 85-86 87-88 76-80

Fig. 21 Messaufbau zum Prüfen des Verschlüsselungsgerätes SV 11 zusammen mit dem Bediengerät PSV 11, PSV 11-3 und PSV 13

Pegelplan



.Fig.22 Blockschaltbild des Analogteils mit Zuordnung der Messpunkte

Pegel:

Messpunkt M	Messwert
1	11 V \pm 1,3 V
3	11 \div 15 V
4	> 2,4 V _{pp}
5	9,5 V _{pp} \pm 1,3 V
6	4,3 V _{pp} \pm 0,6 V _{pp}
7	3,8 V _{pp} \pm 0,3 V _{pp}
8	3,7 V _{pp} \pm 0,3 V _{pp}
9	= M8
10	> 2,4 V _{pp} (6,5 kHz)
11	ca 7 V _{pp}
12	= M6
13	1,9 V _{pp} \pm 0,2 V _{pp}
14	2 V _{pp} (1830 Hz \pm 20 Hz)

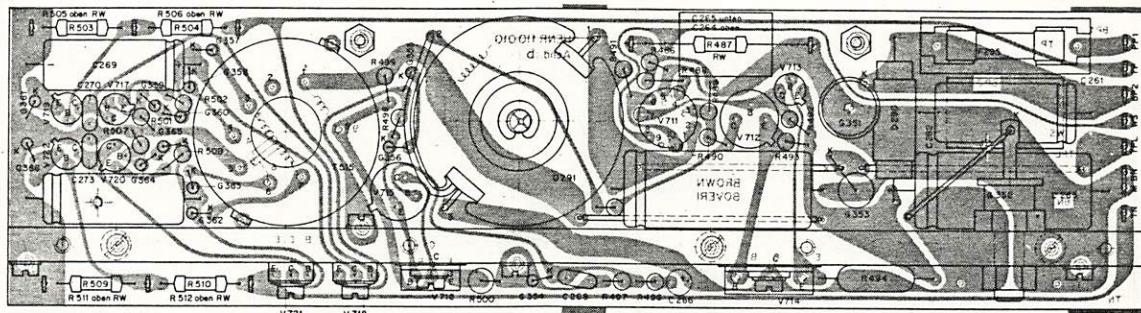


Fig.23 DC-Wandler SV 11 - U 904
Print mit Bestückung, Leiterbild Lötseite

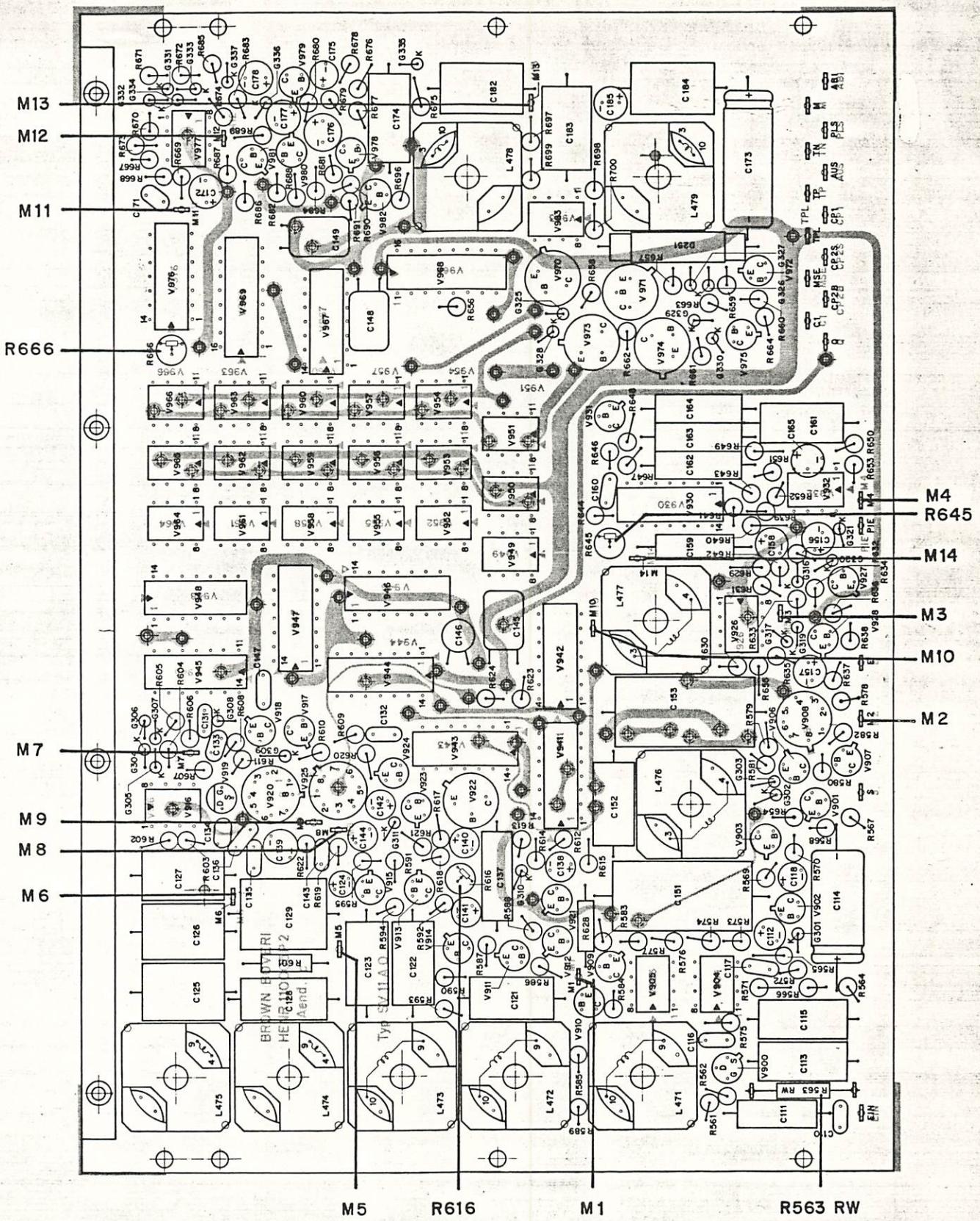


Fig.24 Analogteil SV 11 - U 901
Print mit Bestückung, Leiterbild Bauteileseseite

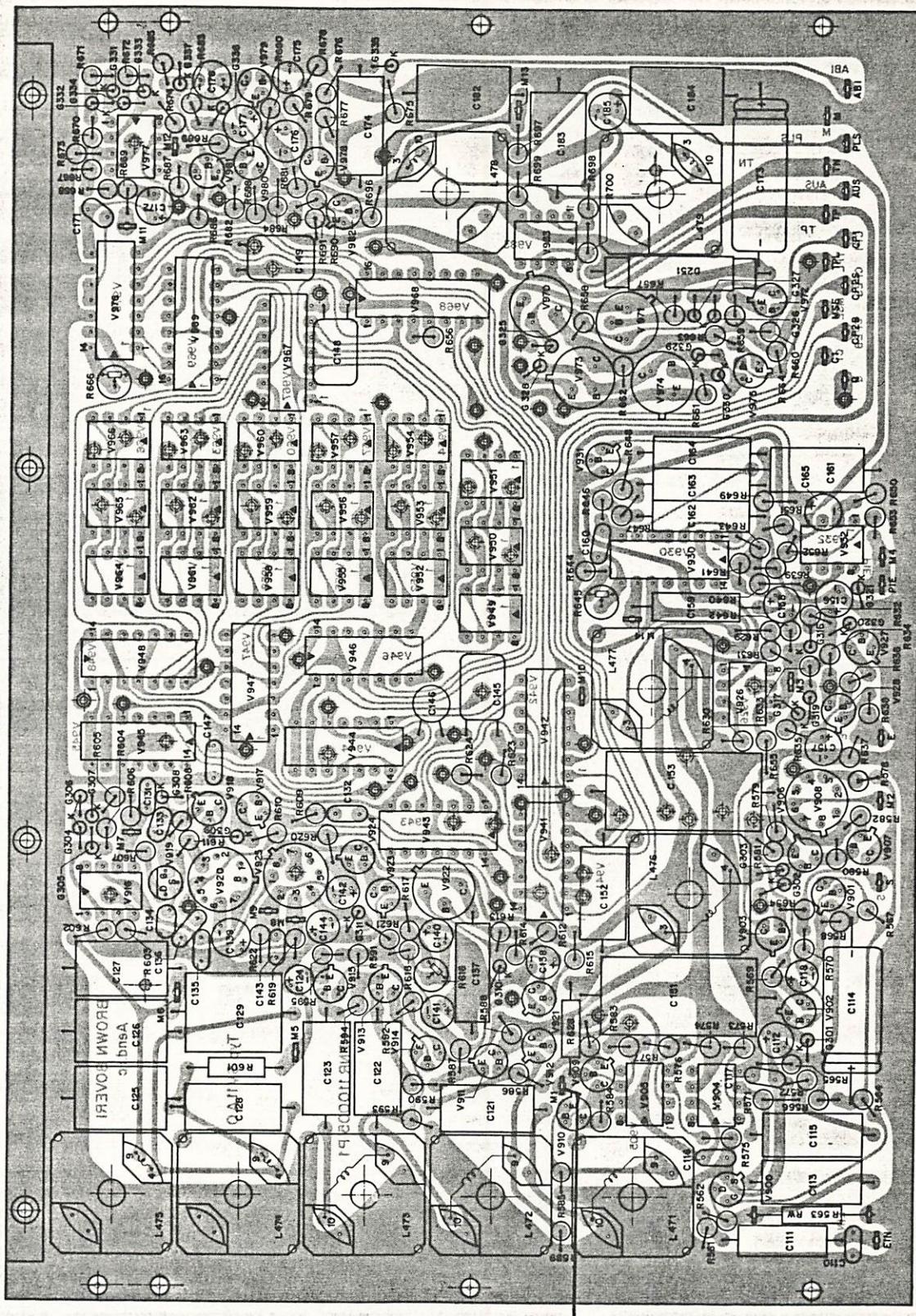
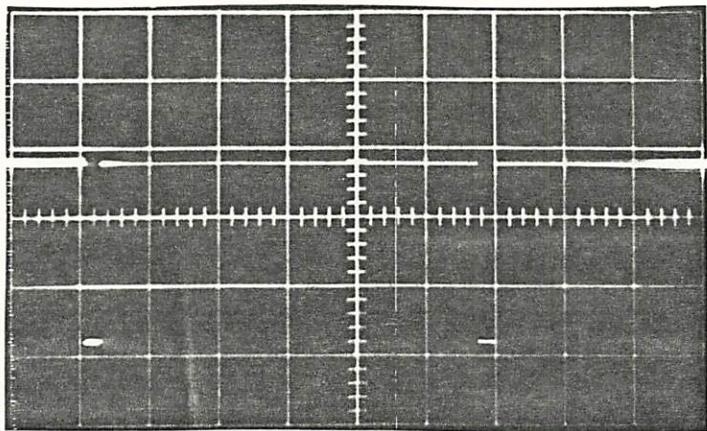
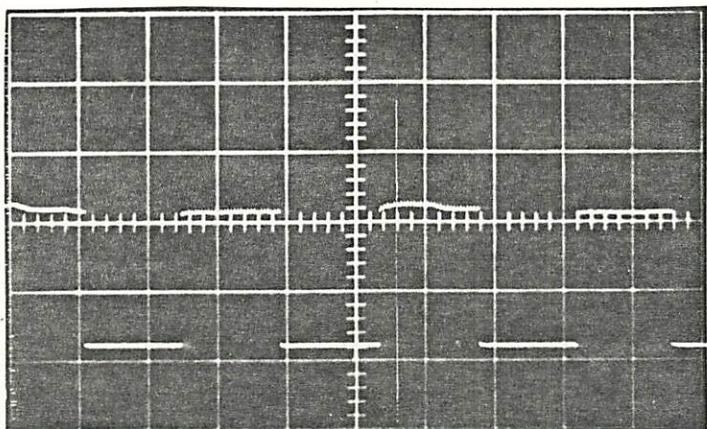


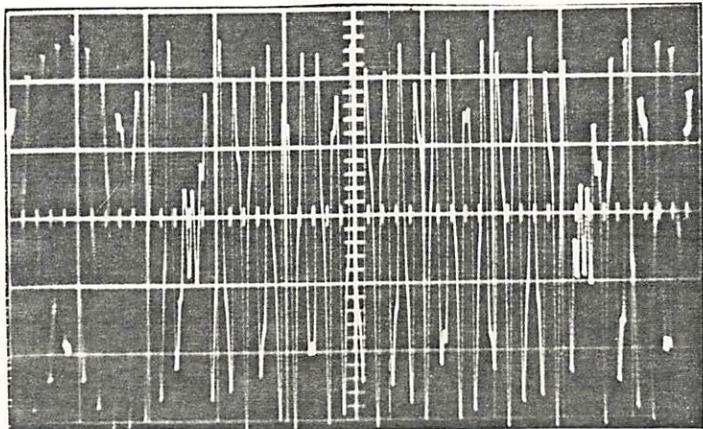
Fig.25 Analogteil SV 11 - U 901
Print mit Bestückung, Leiterbild Lötseite



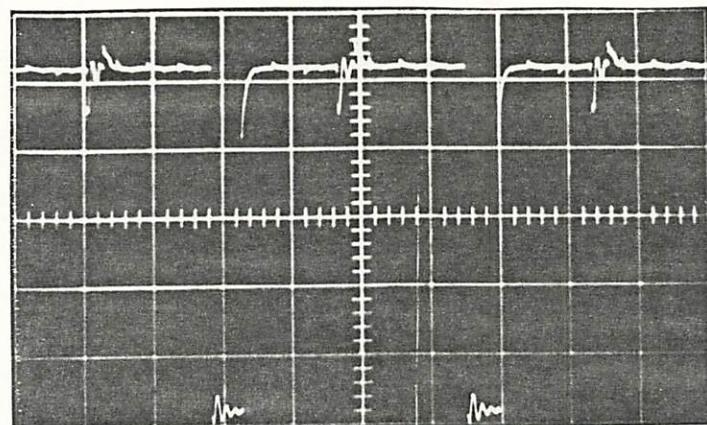
ABI
2V/cm
5mS/cm



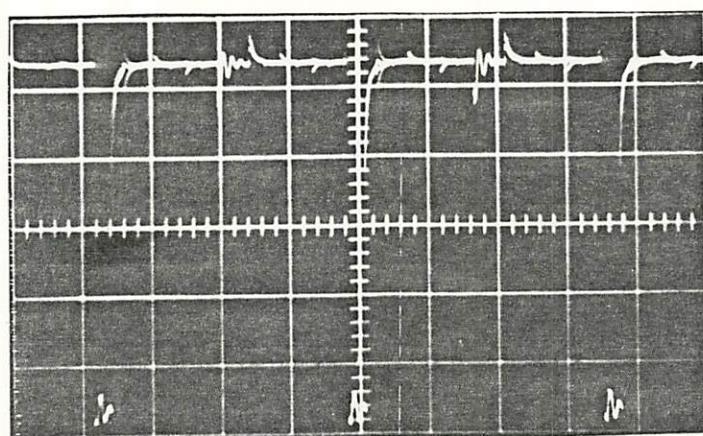
PLS
2V/cm
200 uS/cm



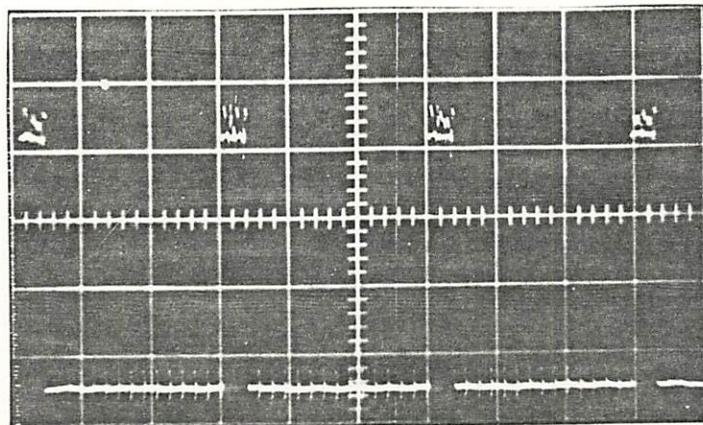
NF-Aus
2V/cm
5 mS/cm



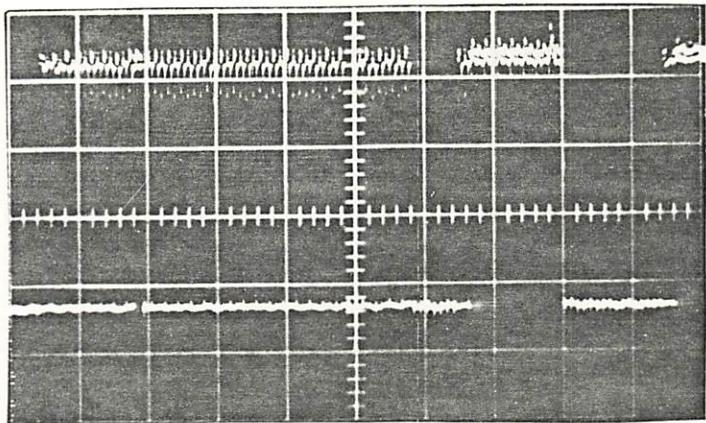
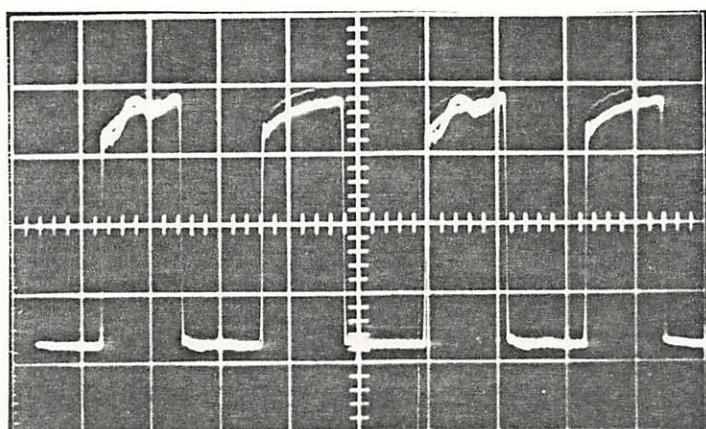
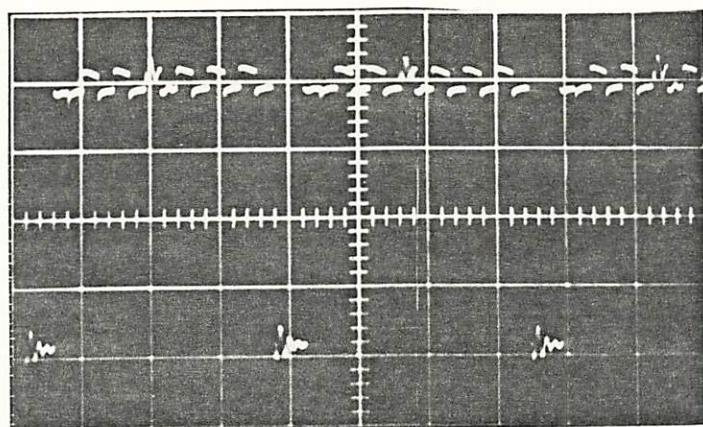
CP 1
1V/cm
5 uS/cm

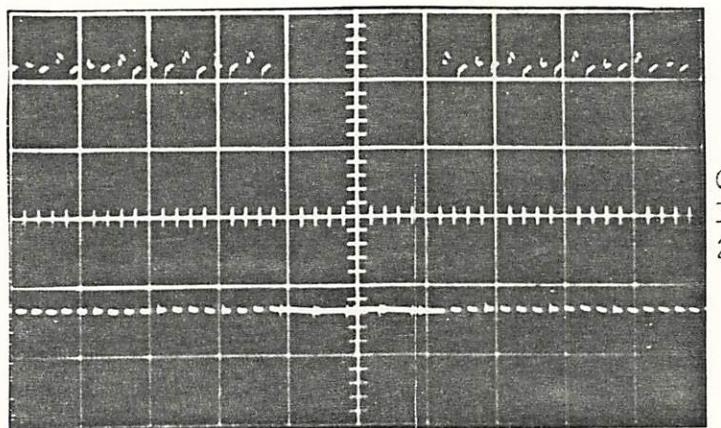


CP-2S
1V/cm
5 uS/cm

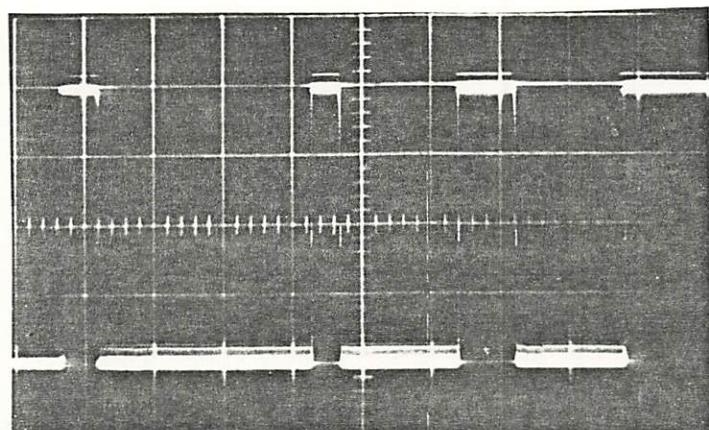


MSE
1V/cm
50 uS/cm





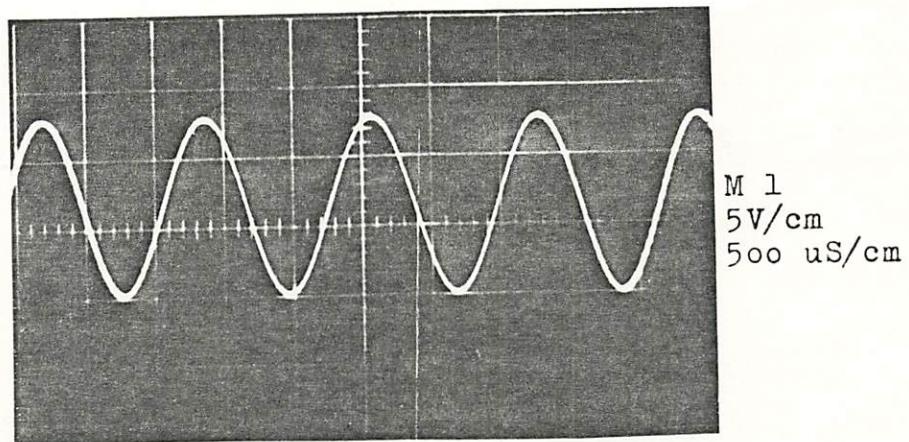
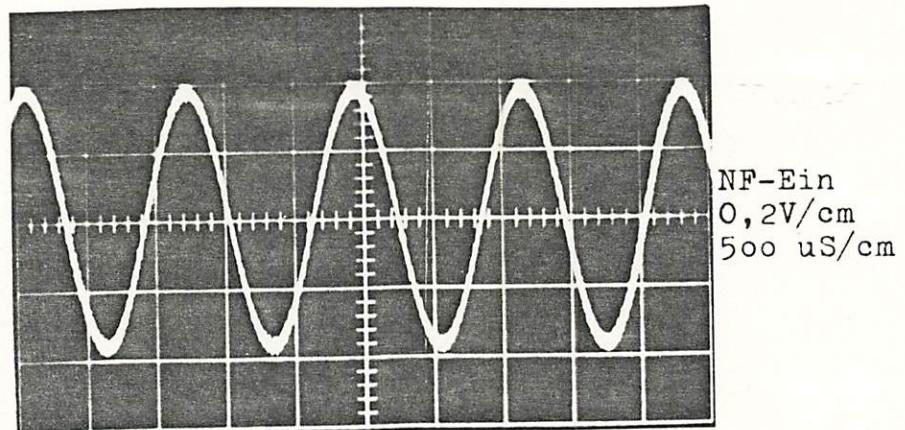
Q
1V/cm
20 μ S/cm



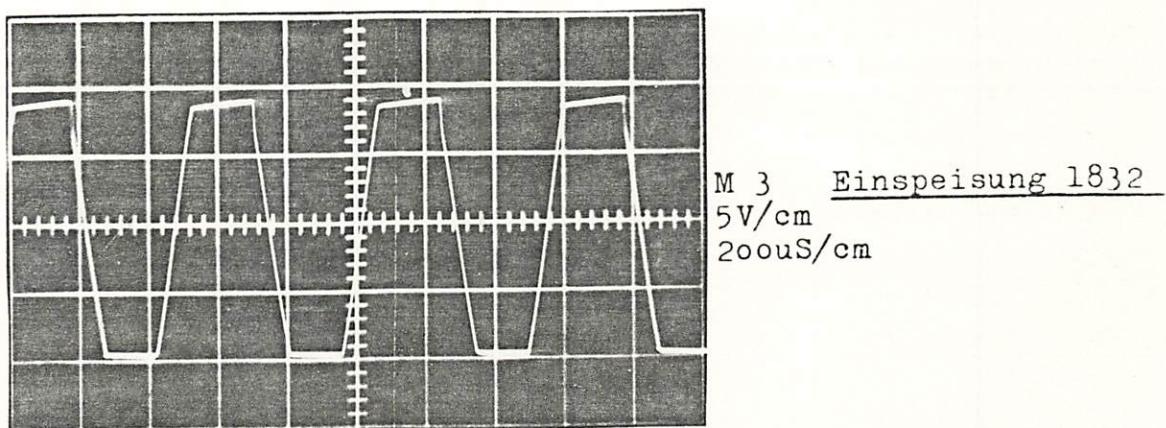
PIE = M 4
1V/cm
5mS/cm

E = 0 V

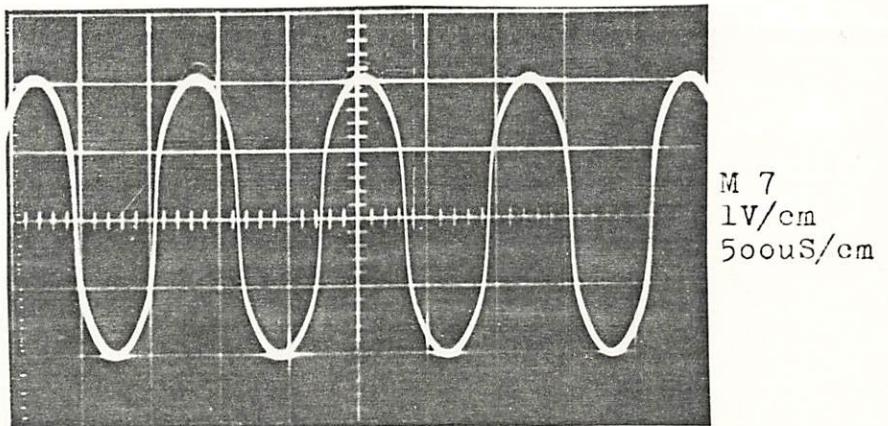
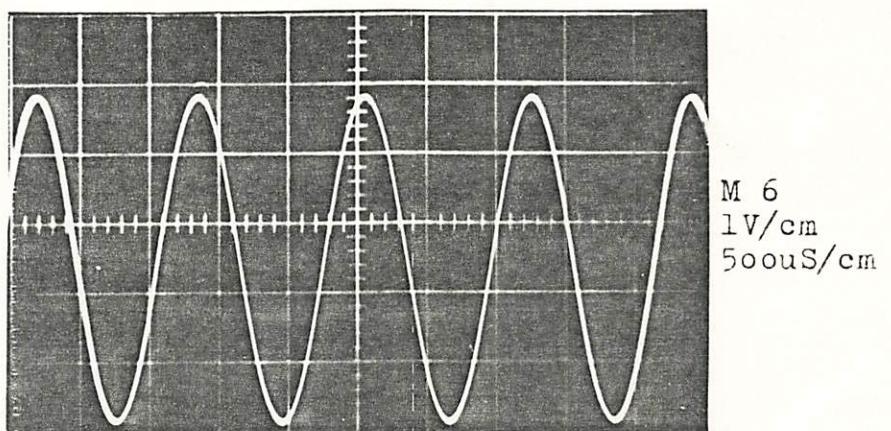
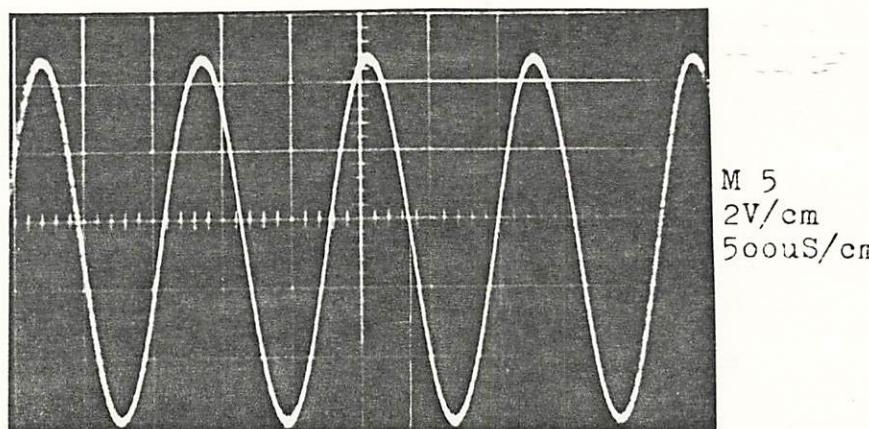
S = ca. +4 V

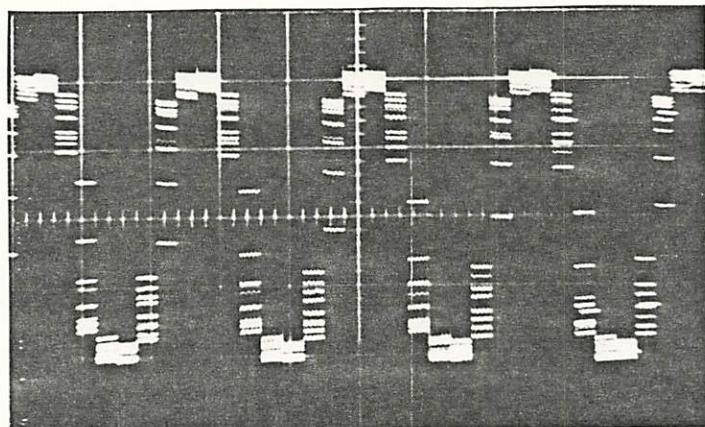


M 2
wird nicht benutzt

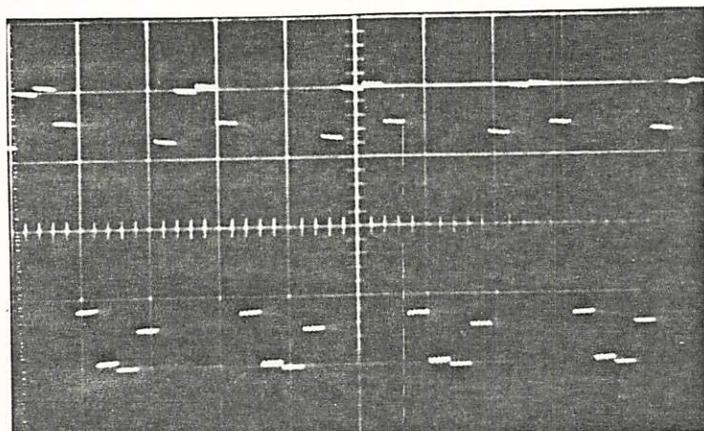


M 4 = PIE

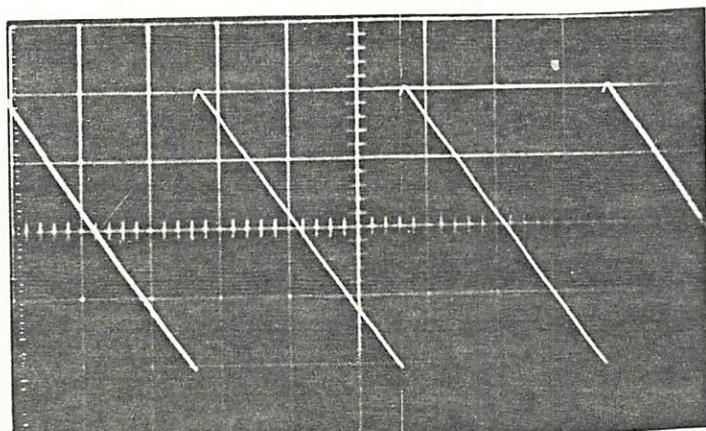




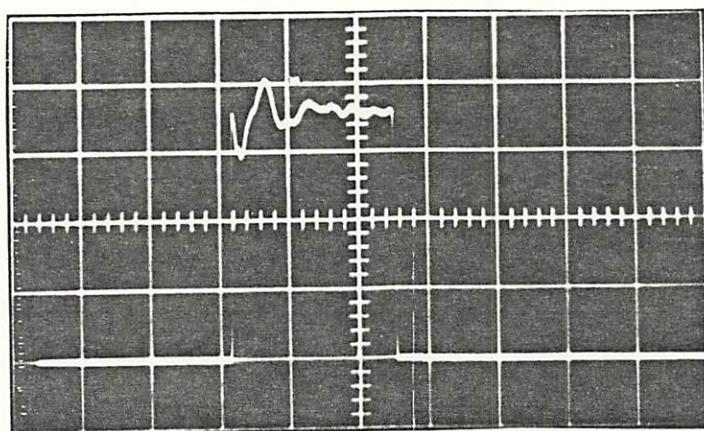
M 8
1V/cm
500uS/cm
Mehrere Durchläufe



M 8
1V/cm
500uS/cm
1 Durchlauf

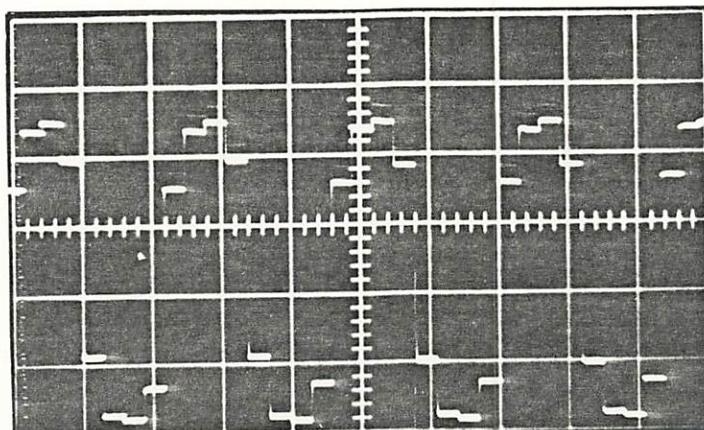


M 9
1V/cm
50uS/cm

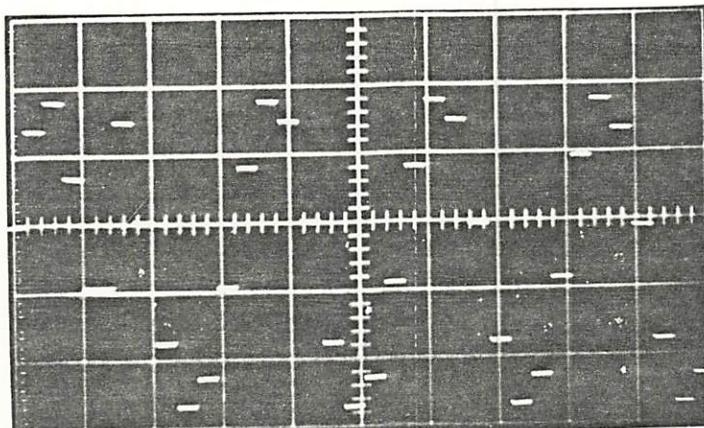


M 10
1V/cm
1uS/cm

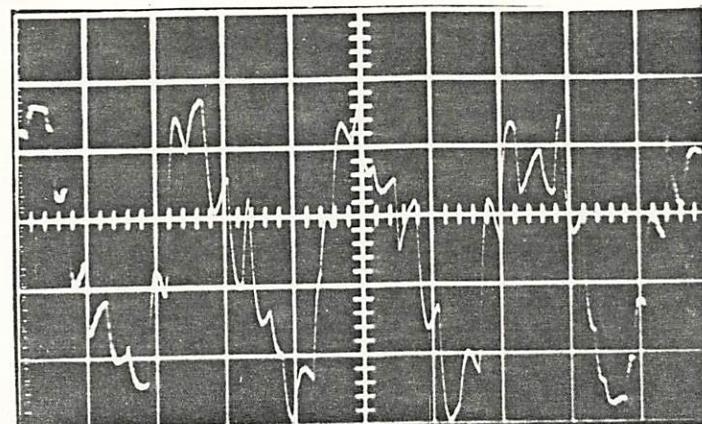
Abstand Impuls-Impuls =
150 μ s



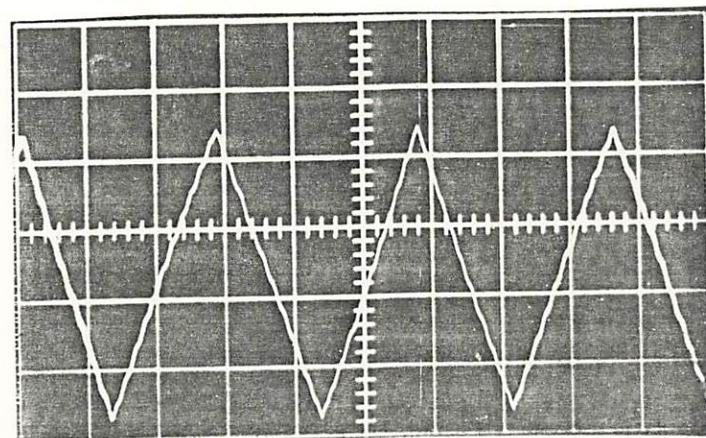
M 11
2V/cm
500uS/cm



M 12
1V/cm
500uS/cm



M 13
0,5V/cm
5mS/cm



M 14
0,5V/cm
200μS/cm

Ausführungsänderungen vorbehalten. Die Messwerte in der Serviceanleitung sind typische Werte; sie sind von Fabrikations- und Bauelementetoleranzen abhängig.



BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., CH-5401 Baden/Schweiz
Geschäftsbereich E