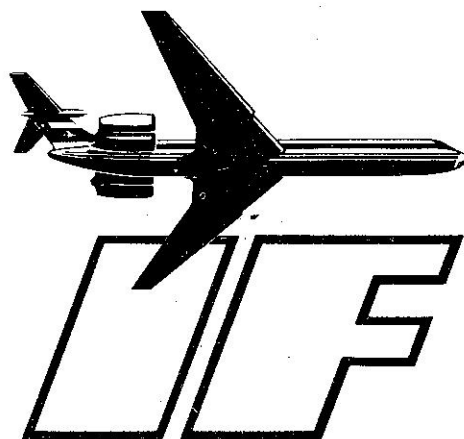




INTERFLUG

**Lehrschriften für die Aus-
und Weiterbildung des
fliegenden Personals**

**SSR
DME**

INTERFLUG

Gesellschaft für Internationalen Flugverkehr m. b. H.

Hauptprüfleiter

Autor: Dipl.-Ing. Gerhard Kotzan

Herausgegeben durch die Gruppe Ausbildung der
Abteilung Flugtechnologie des Betriebsteils
Flugbetrieb / Verkehrsflug.

Die Lehrschrift besitzt keine Gültigkeit im
Sinne von technischer Dokumentation und Betriebs-
dokumentation und unterliegt nicht dem Änderungs-
dienst.

Nicht zum Verkauf im öffentlichen Buchhandel zu-
gelassen. Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit
Genehmigung des Verfassers bzw. des Herausgebers.

Druck: INTERFLUG - Technische Dokumentationsstelle
Berlin - Schönefeld

Januar 1976

Ordnungs-Nummer: OP-4/3

Ag/130/TD/1/76

Sekundärradar: SSR

(Secondary Surveillance Radar)

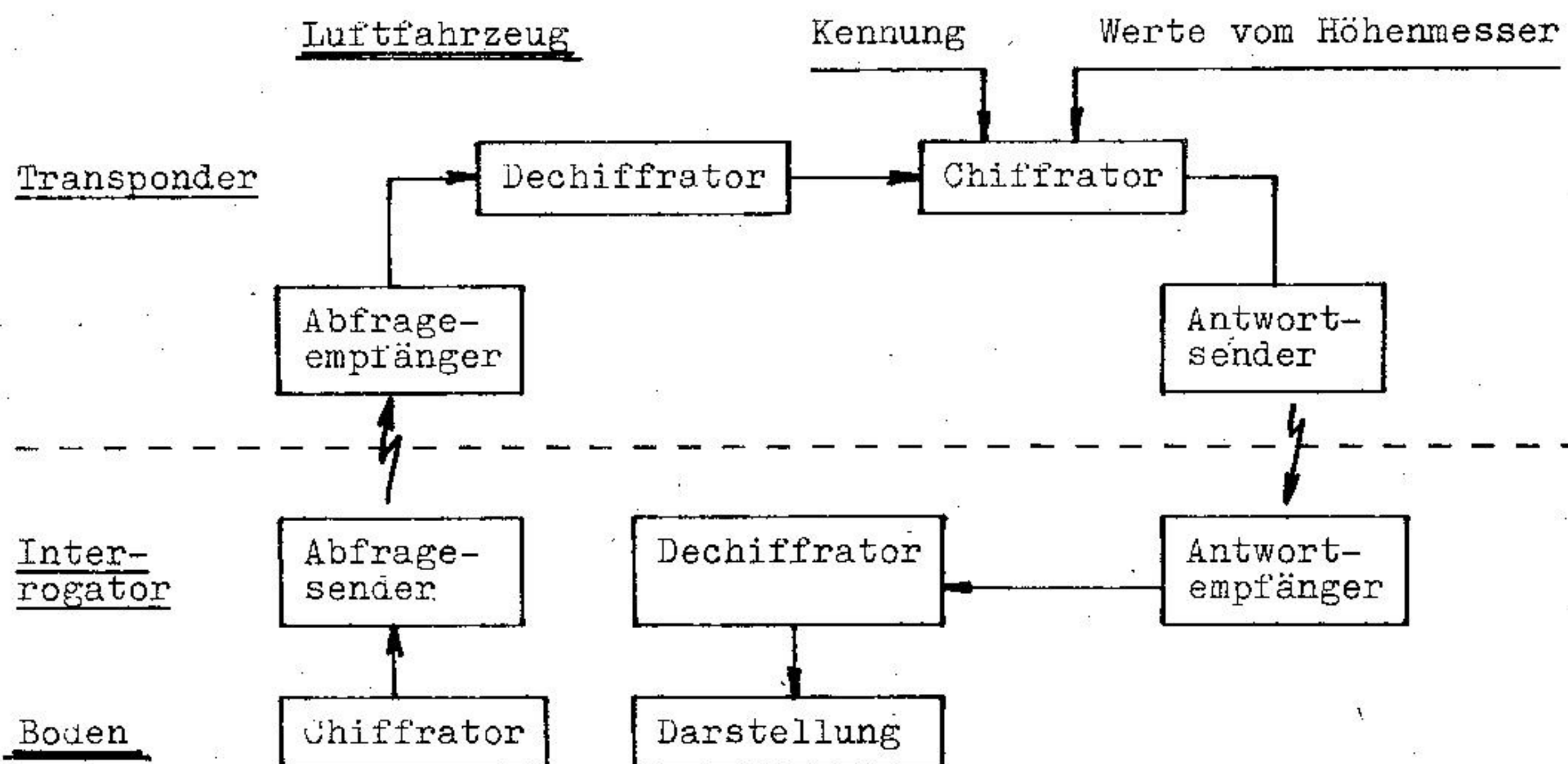
0. Literaturhinweise

1. "Sekundär-Radartechnik", Siemens-Zeitschrift 12/71
(Honold), S. 899 - 904, IDZL
2. "Der Einsatz von Sekundärradar am ZFH Schönefeld"
Ing.-Arbeit, ISV Dresden 1972 (W.D. Lau)
Reg.-Nr. (IDZL): 72/6996, IDZL
3. "Sekundär-Radar, Grundlagen und Gerätetechnik" (Honold)
Berlin-München: Siemens AG 1971, IDZL
4. "Automatisierung der Flugverkehrsleitung", Interavia,
5/1975, S. 491 ff, IDZL
5. "Radar-system fundamentals/Radar-Grundlagen" (Lang)
Georg Siemens Verlagsbuchhandlung, Berlin-Bielefeld 1966
S. 132 ff, IDZL
6. Technische Dokumentation zur Bordanlage "SO-70"
7. Technische Dokumentation zur sowjetischen Bodenanlage "Koren"
8. "Flugsicherungstechnik I/Navigationsanlagen" (Bärner)
Hanns-Reich-Verlag, München, IDZL

1. Verwendung, allgemeines Arbeitsprinzip

Der Transponder arbeitet mit Sekundärradargeräten der Luftraumüberwachung zusammen und dient zur automatischen Übertragung von Informationen über die Bordnummer (Kennung) und die Flughöhe an die Bodenstationen.

Die grundlegende Arbeitsweise geht aus folgender Geräteanordnung hervor:



Transponder: "Sender - Erwiderer"

Interrogator: "Fragesteller"

Die durch die Sekundärradaranlage (aktive Rückstrahlung zusätzlicher Informationen) gewonnenen Daten ergänzen die durch das Primär-Rundsicht radar der Flugsicherung (passive Rückstrahlung der georteten Luftfahrzeuge) abgebildeten Echosignale.

2. Vorteile - SSR

1. Durch die aktive Rückstrahlung der Informationen werden relativ große Reichweiten bei geringen Sendeleistungen erzielt, wobei die Echosignale eine gute Qualität besitzen (Sendeleistungen etwa drei Zehnerpotenzen geringer!).
2. Durch die digitale Informationsübertragung eignet sich das Empfangssignal sehr gut für die automatische Auswertung und Versorgung von Rechnern (z.B. synthetische Darstellung der Luftverkehrslage ; Konfliktsituationen!).
3. Entlastung der Funksprechanäle (teilweiser Wegfall der Pflichtmeldungen).
4. Da die Abfrage und Antwort auf Trägern unterschiedlicher Frequenz erfolgt, können unerwünschte Echos (Boden- und Festzielechos) unterdrückt werden.
5. Es wird bei gleicher Kapazität eine Steigerung der Radarüberwachung auf das Dreifache und der Radarleitung auf das Doppelte am ZFH Schönefeld erwartet.
6. Übertragung der zentral gewonnenen Daten an andere Flugsicherungsbezirksdienste (z.B. Cottbus und Neubrandenburg) schnell und ohne Informationsverluste möglich.

3. Verschlüsselung der Abfrage

(Abfragewiederholungsfrequenz $\leq 450 \text{ s}^{-1}$; → Daten!)

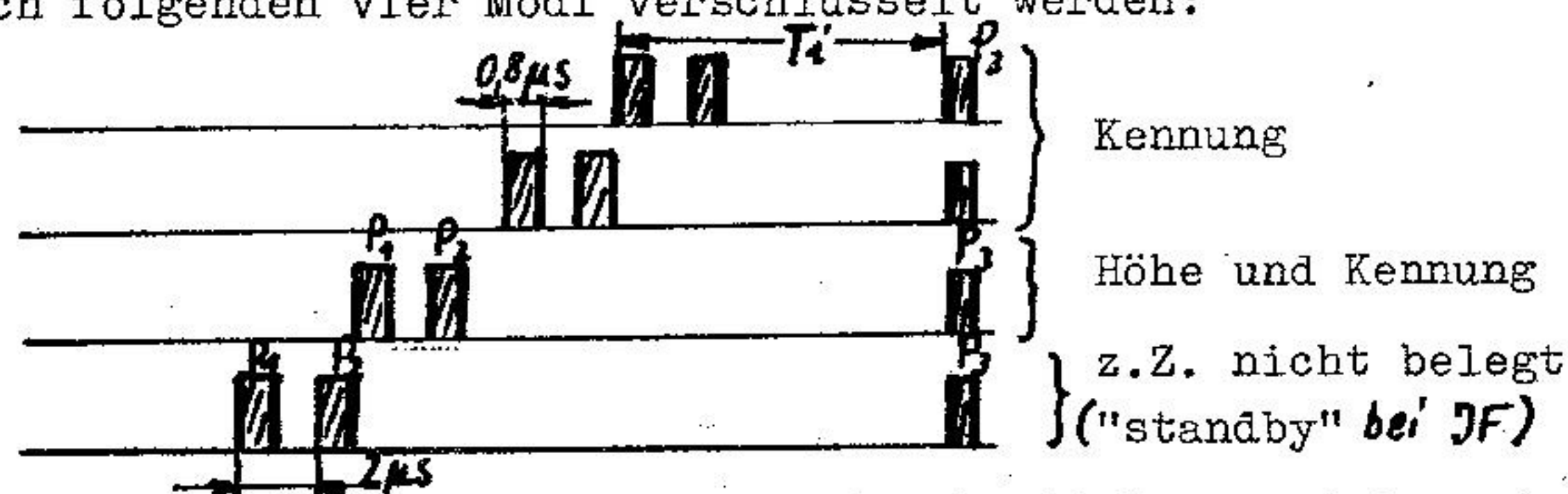
Die Abfrage kann nach folgenden vier Modi verschlüsselt werden:

Modus A $T_A' = 8 \mu\text{s}$

Modus B $T_A' = 17 \mu\text{s}$

Modus C $T_A' = 24 \mu\text{s}$

Modus D $T_A' = 28 \mu\text{s}$



Die Abfragemodi können kontinuierlich ineinander verschachtelt gesendet werden. Im zeitlichen Abstand der beiden gerichtet abgestrahlten Impulse P_1 und P_3 ist die Frageinformation enthalten. Die Abfrage erfolgt "an alle" im gleichen Azimut befindlichen Luftfahrzeuge. Erst durch die Antwort kann eine Zielunterscheidung vorgenommen werden, wobei durch die vier Modi bereits eine geringe Differenzierung der Luftfahrzeuge erfolgt.

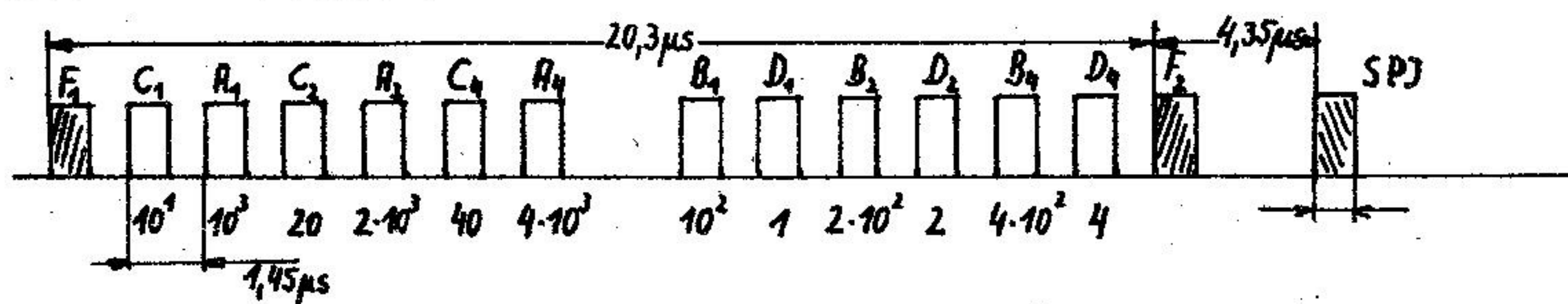
Der Impuls P_2 wird ungerichtet (Kreischarakteristik) zur Nebenkeulenunterdrückung ausgesendet (s. "Spezielle Probleme").

4. Verschlüsselung der Antwort

Das Impulstelegramm enthält 2 Rahmenimpulse mit $20,3 \mu\text{s}$ Abstand und 12 Informationsimpulse mit je $1,45 \mu\text{s}$ Abstand.

Das Vorhandensein (L) bzw. Nichtvorhandensein (0) dieser 12 Informationsimpulse ergibt $2^{12} = 4096$ mögliche Antwortcodes. Der Antwortcode kann nur mit dem zugehörigen Abfragemodus entschlüsselt werden.

Impulstelegramm der Antwort:



Die Informationsimpulse sind zur besseren Codierbarkeit in die 4 Dreiergruppen C_1, C_2, C_4 ; A_1, A_2, A_4 ; B_1, B_2, B_4 und D_1, D_2, D_4 eingeteilt und binär-oktal verschlüsselt.

Der Code erscheint als eine vierstellige Zahl, in der die Ziffern 8 und 9 auf Grund der Verschlüsselung nicht vorkommen. (Z.B. Das Codewort "3065" wird aus den Impulsen $A_1 = 10^3$; $C_2 = 20$; $A_2 = 2 \cdot 10^3$; $C_4 = 40$; $D_1 = 1$ und $D_4 = 4$ durch Kombination gewonnen.)

Gemäß internationaler Vereinbarung sind spezielle Codes wie "7600" bei Funkverbindungsausfällen und "7700" bei allgemeinen Notlagen festgelegt.

Auf Anforderung vom Boden wird durch Betätigung des Knopfes "Ident" ein Kennimpuls SPI (Special Position Impuls) zusätzlich gesendet (s. Impulsdigramm), der eine besondere Markierung des Echsignals bewirkt.

Die speziellen Notsignale werden von allen Bodenstationen der Überdeckung empfangen. Die Darstellung dieser Signale erfolgt auf einem gesonderten Notrufanzeigefeld (Modus, Kennung und Höhe) als auch auf dem Bildschirm (Markierung durch Balkenechos). Außerdem werden optische und akustische Warnsignale im Flugsicherungskontrollraum ausgelöst.

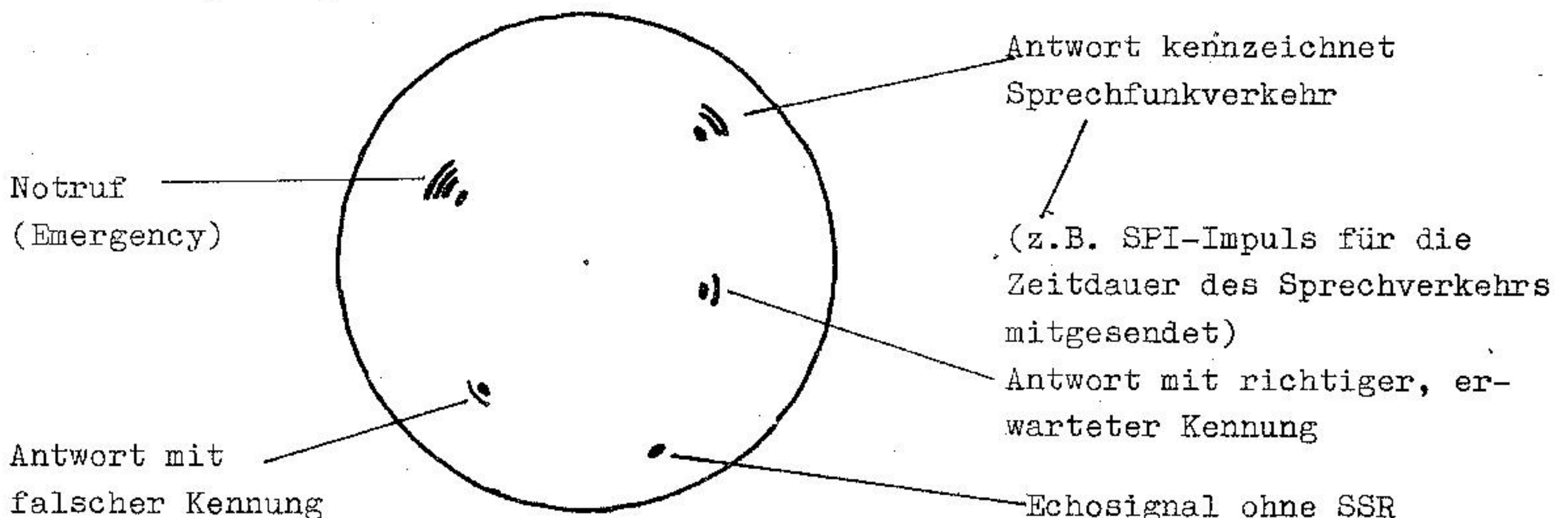
5. Darstellung der Antwortinformation

Prinzip: Zeitliche und örtliche Korrelation des Antworttelegramms mit dem Primär-Radar-Signal.

5.1. "Passive Decodierung" (Doppelziele)

Die Arbeit erfolgt hier mit bekannten Kennungen, die nach entsprechender Zuordnung an einem gesonderten Bedienpult gewählt werden. Die Höhe des abgefragten Luftfahrzeuges erscheint dann neben dem eingewählten Kennungscode auf dem Anzeigefeld. Das ausgewählte Luftfahrzeug wird dann durch Balkenziele auf dem Bildschirm gekennzeichnet. Diese Decodierungsart gestattet nur eine relativ begrenzte Auswahl von Luftfahrzeugen.

Darstellungsbeispiel:



Hinweis: Durch Höhenfilter können besonders interessierende Höhenschichten selektiert werden.

5.2. "Aktive Decodierung" (alphanumerische Darstellung)

Das zum Ziel gehörende Telegramm wird decodiert, gespeichert und mittels elektronischer Markierungseinrichtungen alphanumerisch angezeigt.

Die Korrelation des Echsignals mit den gespeicherten SSR-Daten kann per Hand durch Übereinstimmung eines eingeblendeten Symbols mit diesem Echsignal erzielt werden ("Rolling-ball-system"). Die Kennung und Höhe wird mittels Ziffernsymbolen direkt neben dem zugehörigen Signal auf dem Schirm abgebildet.

Bei Verarbeitung der erhaltenen Informationen durch Rechner können Vorhersagebilder über eventuelle Konfliktsituationen sowie auch sogar Qualitätsnoten über die SSR-Signale gewonnen werden (Aussiebung redundanter Informationen).

6. Spezielle Probleme

Die Korrespondenz jeder Boden- mit jeder Bordstation muß zu jeder Zeit ermöglicht werden. Die Existenz einer einheitlichen Frequenz für alle Abfragen und einer für alle Antworten muß daher garantiert werden. Dadurch können einige systemeigene Störungen auftreten, die durch spezielle Einrichtungen beseitigt werden müssen.

6.1. Schlüsselverwirrung (Garbling)

$$1 \mu s = 300 \text{ m Ausbreitung}$$

Die zeitliche Länge eines Telegramms beträgt $20,3 \mu s$ plus $4,35 \mu s$ für den möglichen SPI-Impuls. Dieser Dauer von insgesamt $24,65 \mu s$ entspricht bei der Wellenausbreitung im freien Raum (Hin- und Rücklauf) eine Entfernung von

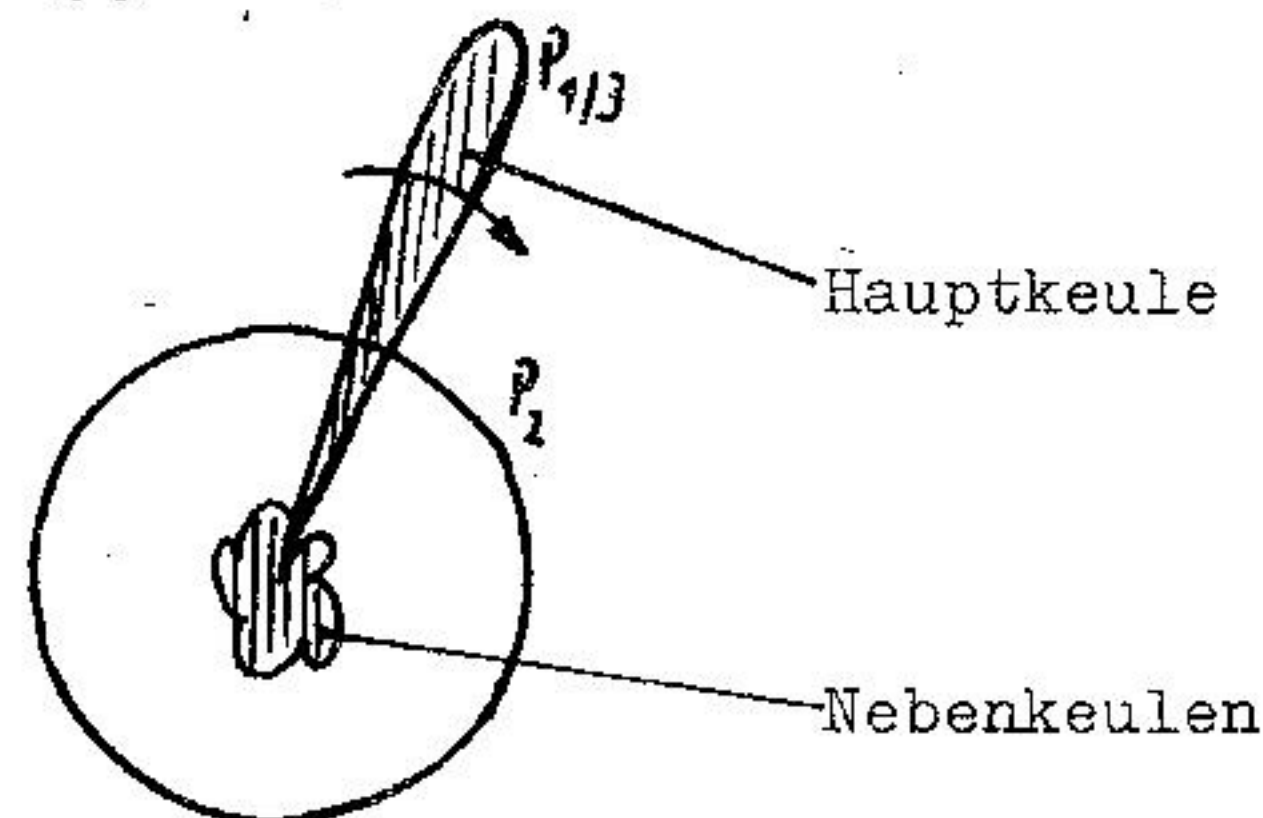
$$r = \frac{ct}{2} = \frac{300 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot 24,65 \cdot 10^{-6} \text{ s}}{2}$$

$$r = 150 \cdot 24,65 \text{ m} = 3,7 \text{ km}$$

Bei zwei Luftfahrzeugen mit radialem Abstand $< 3,7 \text{ km}$ laufen die Telegramme zusammen. Die Kombination ineinanderlaufender Telegramme muß daher durch eine Blockierung der Decodiersysteme für diesen Sonderfall vermieden werden. Eine eindeutige Identifizierung derartiger Ziele ist erst nach Vergrößerung der Abstände möglich.

6.2. Nebenkeulenunterdrückung (SLS: Side Lobe Suppression)

Durch senderseitig nicht vermeidbare Nebenkeulen sind Abfragen von Luftfahrzeugen im Nahbereich durch Nebenkeulen möglich. Eine eindeutige Winkelzuordnung der abgefragten Ziele ist dann nicht mehr gewährleistet. Deshalb wird ein ungerichteter Kontrollimpuls P_2 ausgesendet, der stets größer als die stärkste Nebenkeule, jedoch kleiner als die gerichteten Frageimpulse $P_{1/3}$ ist. Durch einen Feldstärkevergleich dieser Impulse im Empfänger können Abfragen durch Nebenkeulen vermieden werden: $P_{1/3} > P_2 \rightarrow$ Hauptkeule $\rightarrow$ Empfänger geöffnet (ansonsten Blockierung).



6.3. Nichtsynchroner Empfangsstörungen (Früits)

Eine bestimmte Abfragestation erhält von einem Flugzeug nicht nur Antworten auf die eigene Abfrage, sondern auch Antworten, die das ac auf Abfragen anderer Stationen abstrahlt. Die Darstellung einer Fülle von Antwortimpulsen (Grapefruit) ist die Folge.

Beseitigung: "Defruiter", Zeitfilter zur Wahrung der exakten Synchronisierung der Antwort- mit den Abfrageimpulsen.

7. Parameter der sowjetischen SSR-Bodenstation "Koren"

Innerhalb der komplexen Rekonstruktion der Flugsicherung wird eine neue Mittelbereichsradaranlage (Reichweite $r \approx 150$ km) etwa 1977 am ZFH Schönefeld installiert. Diese Anlage wird etwa im gleichen Zeitraum mit einer SSR-Anlage vom Typ "Koren" gekoppelt.

Die Anlage gewährleistet die Kommunikation mit allen z.Z. in der zivilen Luftfahrt verwendeten SSR-Bordanlagen und ist für den Betrieb gemäß den Normen der ICAO und der SU ausgelegt. Die Anlage besitzt eine Reichweite von etwa 370 km und eine Höherfassung von maximal 30 km. Der Erhebungswinkel beträgt $0,4^\circ - 50^\circ$, das Richtdiagramm hat eine Halbwertsbreite von ca. $2,2^\circ - 2,5^\circ$. Die Folgefrequenz der Abfrage beträgt maximal $f_i = 500$ Hz, die Breite der Frageimpulse ist $t_i = 0,8 \mu s$. Haben zwei Luftfahrzeuge im gleichen Azimut einen Abstand von 4 bis 8 km voneinander, so beträgt die Wahrscheinlichkeit ihrer radialen Auflösung bereits den Wert 0,938.

	ICAO	SU
Codeanzahl	4.096	100.000
Höhenradar	30 m	10 m
Antwortfrequenz (Empfänger)	1.090 MHz	837,5 MHz
Abfragefrequenz (Sender)	1.030 MHz	1.030 MHz

8. SSR-Bordanlage "SO-70"

Die Abfragesignale der Radaranlagen (Interrogator) gelangen über einen HF-Block in die Mischstufe des Empfängers. Gleichzeitig gelangen von einem Lokaloszillator Signale in diese Mischstufe, so daß am Ausgang eine ZF von 24,4 MHz gebildet wird. Die verstärkten und demodulierten Signale gelangen über den Abstimmblock zum Chiffriatorblock zur Dekodierung. Im Chiffriator wird ein Antwortcode erarbeitet, der je nach der Abfrage eine Information über die Flugzeugnummer oder die Flughöhe enthält. Der Nummerncode der Kennung wird vom Piloten auf dem Bediengerät eingestellt.

Die Höhendaten kommen über den Höhenumformer in den Chiffriator, der eine Spannungswandlung in einen Code proportional zur Höhe ausführt. Die Höheninformation kommt bei der ersten Anlage vom Luftdatenrechner "SWS-PN-15" und bei der zweiten Anlage vom barometrischen Höhenmesser "UWID-30-15" (metrische Höhenausgabe) für "IL-62". Bei der "TU-134 A" werden beide SO-70-Halbkomplexe von einem barometrischen Höhenmesser "UWID-30-15" (metrische Höhenausgabe) gespeist.

Die codierten Signale gelangen vom Ausgang des Chiffriators zum Modulator; dann zum H^r-Generator, der die HF-Antwortimpulse formiert und über den HF-Knopf zur Sendeantenne weiterleitet.

Bedienung (s. Abb. "Bedienpult")

Am Regimeschalter können vier Betriebsarten gewählt werden:

- Betriebsart "SBY": Die Anlage antwortet auf Abfragen nicht, befindet sich aber eingeschaltet und ist betriebsbereit ("standby").
- Betriebsart "A": Die Anlage antwortet auf Abfragen mit dem Code A (Abgabe einer Information über die Flugzeugnummer) und dem Code C (Abgabe einer Information über die Flughöhe). Der Nummerncode der Kennung wird am Bedienpult auf Anweisung der Bodenstation eingestellt (insgesamt sind 4096 Codes wählbar).
- Betriebsart "B": Die Anlage antwortet auf Abfragen mit dem Code B und dem Code C (s.o.).
- Betriebsart "C": Die Anlage antwortet nur auf Abfragen mit dem Code C (Information über Flughöhe). Zur Überprüfung der Funktion der Anlage muß der Knopf "Test" gedrückt werden; bei ungestörtem Transponder leuchtet die Lampe "Test"

auf. (Bei Abgabe von Antwortsignalen leuchtet diese Lampe ebenfalls auf.) Zur Hervorhebung der Kennung des Flugzeuges auf dem Bildschirm der Bodenstation gegenüber der Kennung anderer Flugzeuge muß auf Anweisung der Knopf "Ident" gedrückt werden. Ebenfalls auf Anweisung von der Bodenstation wird mit dem Kippschalter "LO SENS-NORM" die Empfängerempfindlichkeit bei Flügen im Nahbereich von SSR-Bodenstationen verringert, um die Abfragen nur durch die jeweilige Hauptkeule des Richtdiagrammes zu garantieren.

Technische Daten

Antwortfrequenz: 1090 MHz; $\lambda = 27,5$ cm

Sendeleistung (Bordgerät): 0,25 bis 1 KW (Impulsleistung)

Empfängerempfindlichkeit: 104 dB (1 mW)

Abfragefrequenz: 1030 MHz; $\lambda = 29$ cm

Anzahl der Nummerncodes: 4096

Höhenangaben: max. bis 15.000 m (49.200 Fuß), Raster: 30 m

Stromversorgung: 115 V~

+ 27 V

Systemreichweite: 370 km

Sendeleistung (Bodengerät): 1,5 KW

Antenne des Abfragegerätes: Richtantenne

Antenne des Antwortgerätes: Rundstrahlantenne

Polarisation: vertikal

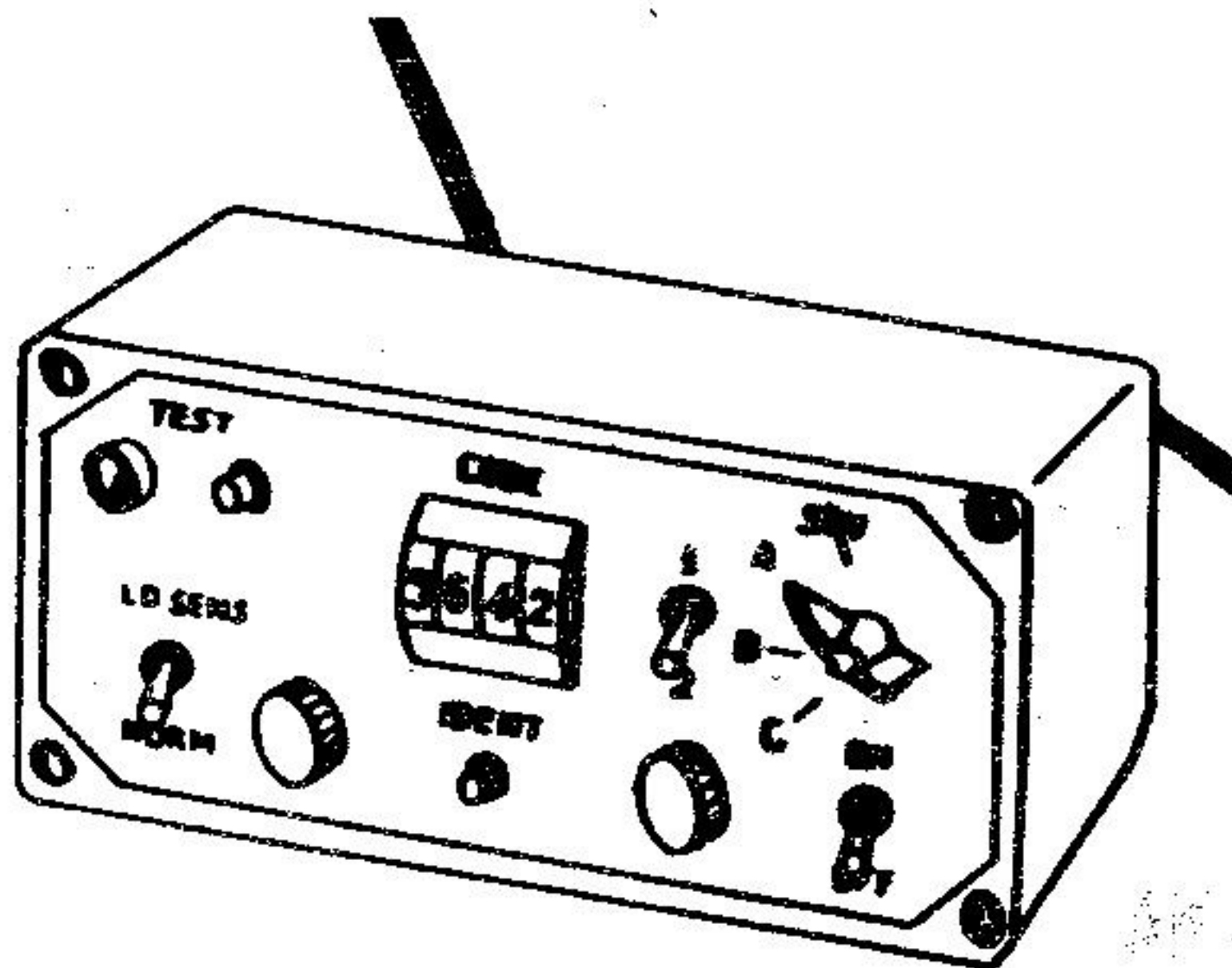
Abfragehäufigkeit: ≤ 450 Abfragen/Sekunde

(Damit wird die max. Systemreichweite von $r = 370$ km, d.h. eine Zeit für Hin- und Rücklauf von 2,5 ms gewährleistet.)

Abstand zwischen zwei Abfragen: $2.200 \mu s$

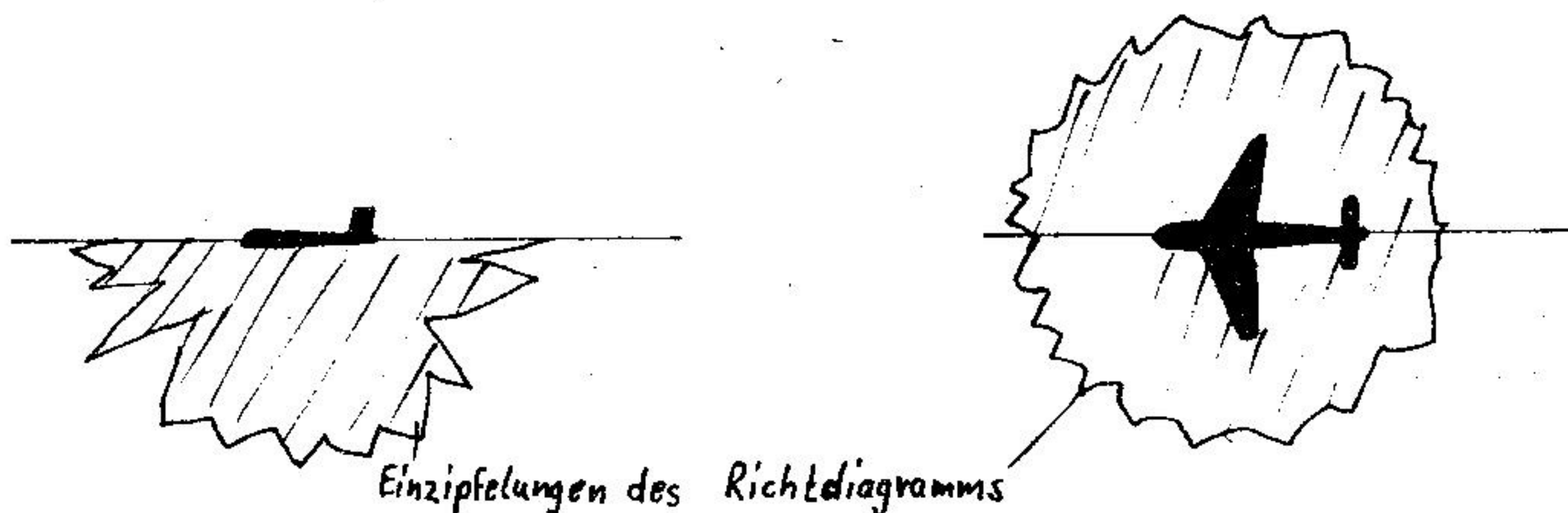
} allgemeine Werte!

Ergänzung: Bedienpult "SO-70"



Antennendiagramme einer SSR-Transponderantenne

(λ_4 - Schwertantenne)



Einzipfelungen des Richtdiagramms

Entfernungsmesseinrichtung DME

(Distance Measuring Equipment)

0. Literaturhinweise

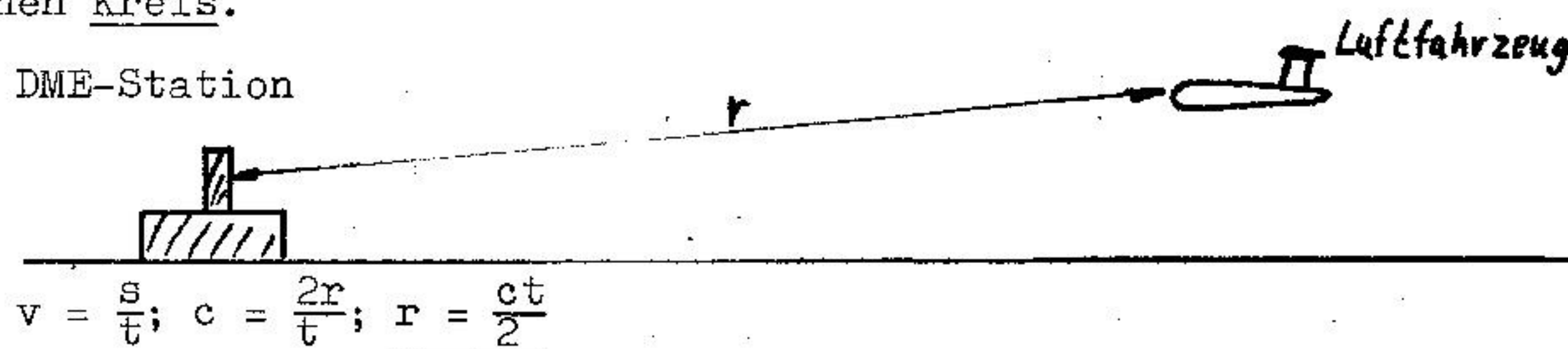
1. "Anlagen für Flugsicherung und Navigation" (Mansfeld)
LB 3/II, ISV-Dresden
2. "Flugsicherungstechnik I"/Navigationsanlagen (K. Bärner)
Hanns Reich Verlag, München
3. Dokumentation zur Anlage "SD-67"

1. Verwendung, allgemeine Wirkungsweise

Kontinuierliche Bestimmung der Entfernung zwischen der DME-Bodenstation und dem abfragenden Luftfahrzeug und Abgabe der Werte an die Anzeigegeräte.

Die Entfernungsmessung beruht auf der Tatsache der Konstanz ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$) und der Geradlinigkeit der Ausbreitung der elektromagnetischen Welle.

Bei den Meßsystemen wird die Zeit gemessen; die ein vom Luftfahrzeug ausgestrahltes Signal zum Durchlaufen des Weges bis zu einer festen Bodenstation und zurück benötigt ($t = \frac{2r}{c}$). Bei der praktischen Ausführung wird die Laufzeit von Impulsen gemessen. Da fortlaufend Impulse ausgesendet und empfangen werden, ist eine kontinuierliche Entfernungsangabe möglich. Das Verfahren liefert als Standlinie einen Kreis.

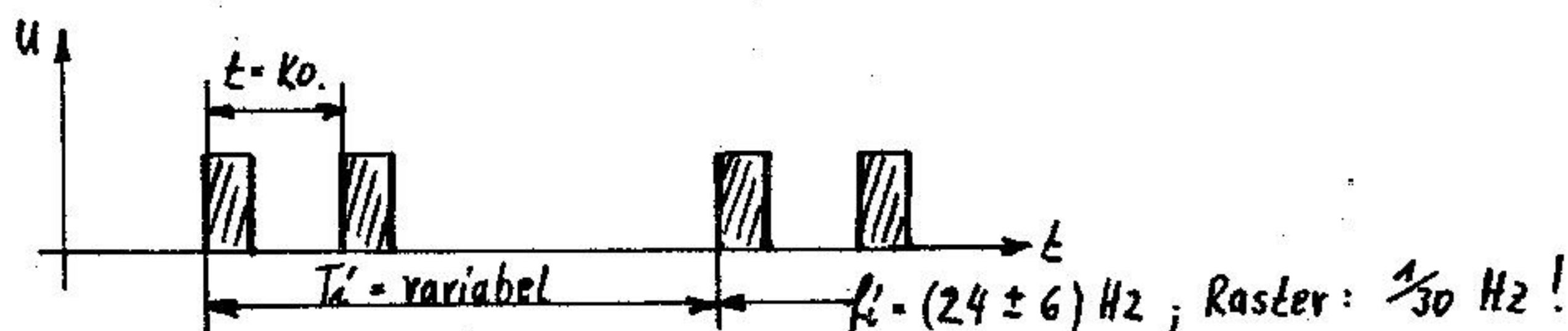


(Die elektromagnetische Welle legt in $1 \mu\text{s}$ 300 m zurück!)

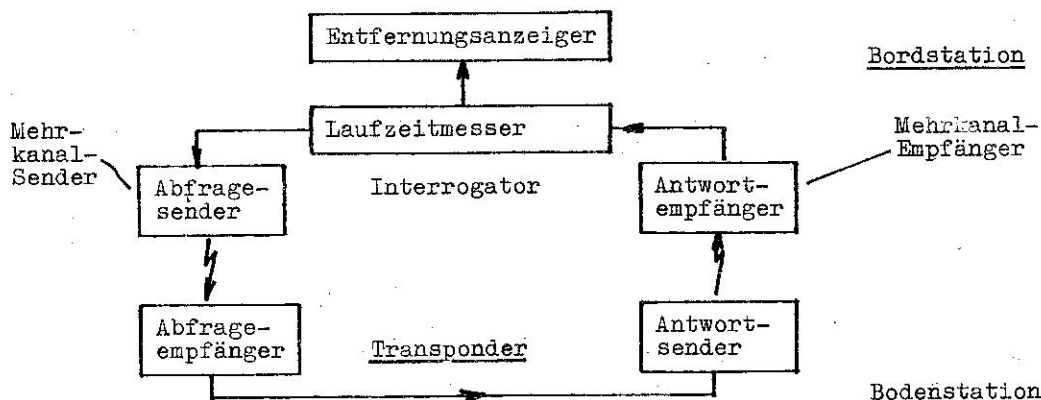
Die vom Abfragesender des Luftfahrzeuges und die vom Antwortsender der Bodenstation gesendeten Impulse sind Doppelimpulse mit einem bestimmten Abstand. Die von Störquellen verursachten, unerwünschten Impulse sind im allgemeinen einfache Impulse, die sich von den Doppelimpulsen eindeutig unterscheiden und daher leicht trennen lassen.

Der Abstand der beiden Impulse kann für Abfrage und Antwort gleich ($12 \mu\text{s}$) oder aber auch bei bestimmten Kanälen unterschiedlich (Abfrage: $36 \mu\text{s}$, Antwort $30 \mu\text{s}$) sein (1. Tabelle).

Die Sende- bzw. Empfangsfrequenz ist ein Merkmal der angerufenen DME-Station, während der Abstand der Doppelimpulse voneinander bewußt variabel gehalten ist und als Kriterium der Selektion der abfragenden Luftfahrzeuge dient.



Das Grundprinzip der Geräteanordnung für die Entfernungsmessung zeigt die folgende Abbildung:



Auf Empfehlung der ICAO wurde das System VOR durch den Entfernungsmeßteil des Systems TACAN ergänzt. Damit entstand das kombinierte System VOR-DME, das für die Azimutbestimmung das vorhandene Drehfunkfeuer-System VOR (112 - 118 MHz) benutzt, für die Entfernungsbestimmung jedoch einen Teil des Systems TACAN (1000 MHz-Bereich) verwendet (→ Tabelle).

Die Selektion der DME-Stationen ist bei diesem Verfahren durch die Abfrage- und Antwortfrequenz gegeben. Insgesamt existieren 2 x 126 Kanäle. 126 Kanäle sind der Gruppe X zugeordnet. Der Abstand der Doppelimpulse dieser Gruppe beträgt für die Abfrage und die Antwort einheitlich 12 μ s und entspricht im Frequenzbereich dem TACAN-System. 126 Kanäle sind der Gruppe Y zugeordnet. Der Abstand der Doppelimpulse dieser Gruppe beträgt für die Abfrage 36 μ s und für die Antwort 30 μ s (→ Tabelle).

Tabelle der Frequenzkanäle der Gruppen X und Y (Auszug):

Kanalbezeichnung	VHF-Bereich	DME-Bereich			
		Abfrage		Antwort	
		Frequenz in MHz	Abstand in μ s	Frequenz in MHz	Abstand in μ s
59 X	112,20	1083	12	1020	12
59 Y	112,25	1083	36	1146	30
126 X	117,90	1150	12	1213	12
126 Y	117,95	1150	36	1087	30

In beiden Gruppen beträgt der Abstand zwischen Abfrage- und Antwortfrequenz einheitlich 63 MHz. Den X- und Y-Kanälen sind im VOR-Bereich bestimmte Kanäle fest zugeordnet. Diese Zuordnung ermöglicht die Schaffung eines gemeinsamen Bedienteils, von dem aus mit Einstellung des VOR-Kanals gleichzeitig auch das Entfernungsmeßsystem geschaltet wird.

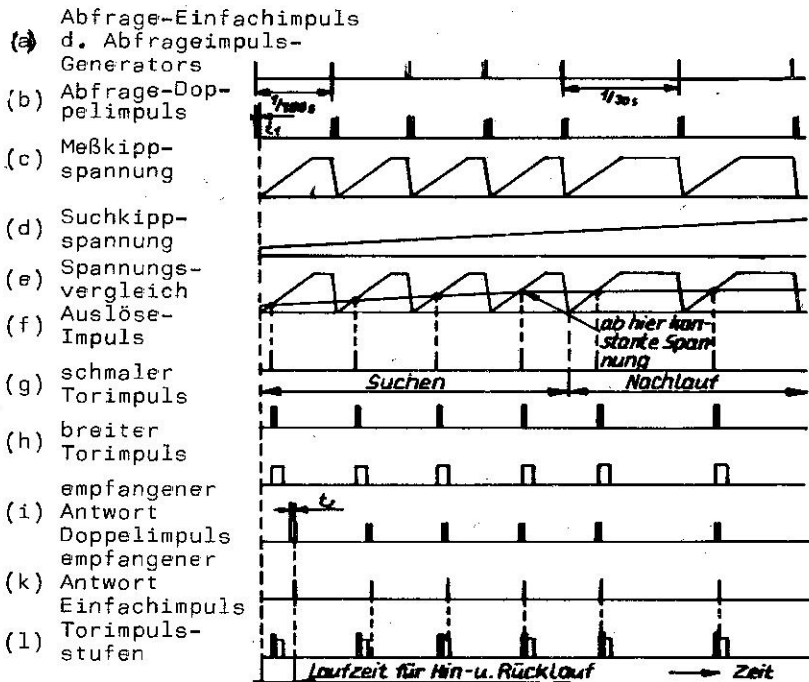
Das Wirkungsprinzip der Entfernungsmessung als Such- und Nachlaufvorgang soll nachfolgend kurz erläutert werden.

Forderung: Der Empfänger muß die richtigen Antwortimpulse aus der Fülle der aufgenommenen Impulse herausuchen durch Ermittlung der richtigen Folgefrequenz.

Die Entfernungsmessung ist dann durch Erzeugung einer entsprechenden proportionalen Meßspannung möglich. Beide Aufgaben werden durch sägezahnförmige Kipp-Spannungen gelöst.

Lösung:

1. Synchron mit der Aussendung der Abfragedoppelimpulse wird eine Meßkipp-Spannung erzeugt, welche vor der Aussendung des nächsten Paares beendet ist (c).
2. Eine Suchkipp-Spannung mit $T_1 \approx 15 \text{ s}$ (d) wird in der Amplitude mit "c" verglichen (e). Sobald die Relation: $U_{\text{Meßkipp}} > U_{\text{Suchkipp}}$ gilt, werden zwei Torimpulse unterschiedlicher Breite durch einen entsprechenden Auftastimpuls erzeugt: (f), (g) und (h).
3. Beide Torimpulse liegen durch den Anstieg der Suchkipp-Spannung zeitlich zunehmend später vom Nullpunkt aus. Der maximale zeitliche Abstand von Null bis zum Auftastimpuls entspricht der Zeitdauer für Hin- und Rücklauf der Impulse für den max. Entfernungsbereich (z.B. $2400 \mu\text{s}$ für 360 km). Die momentane Größe der Suchkipp-Spannung ist der Zeit und damit der Entfernung proportional!
4. Die Antwortimpulse werden auf die Torimpulsgeräte gegeben. Die Impulse gelangen dabei stets zunächst auf das breitere Tor (l). Bei Öffnung werden die Antwortimpulse gespeichert und der Suchvorgang damit beendet. Nur die Impulse, die im Rhythmus des eigenen Impulsgebers zurückkommen, treffen das Tor mehrere Male und können dadurch erst den Abschaltvorgang bewirken. (Die Impulsfolge beim Suchen ist daher größer als beim Nachlaufen.)
5. Die abgeschaltete U_{Suchkipp} wird durch eine Nachsteuerspannung gleicher Größe ersetzt, welche vom Speicher geliefert wird. Die Nachsteuerspannung wird stets auf einem Wert festgehalten, bei der die Antwortimpulse etwa in der Mitte der breiten Torimpulse liegen.
6. Die Nachlaufsteuerung folgt der sich laufend ändernden Entfernung, solange Impulse der richtigen Folgefrequenz eintreffen, wobei die Größe der Nachlaufspannung die Entfernungsangabe liefert.



Wirkungsprinzip der Entfernungsmessung mit Such- und Nachlaufvorgang

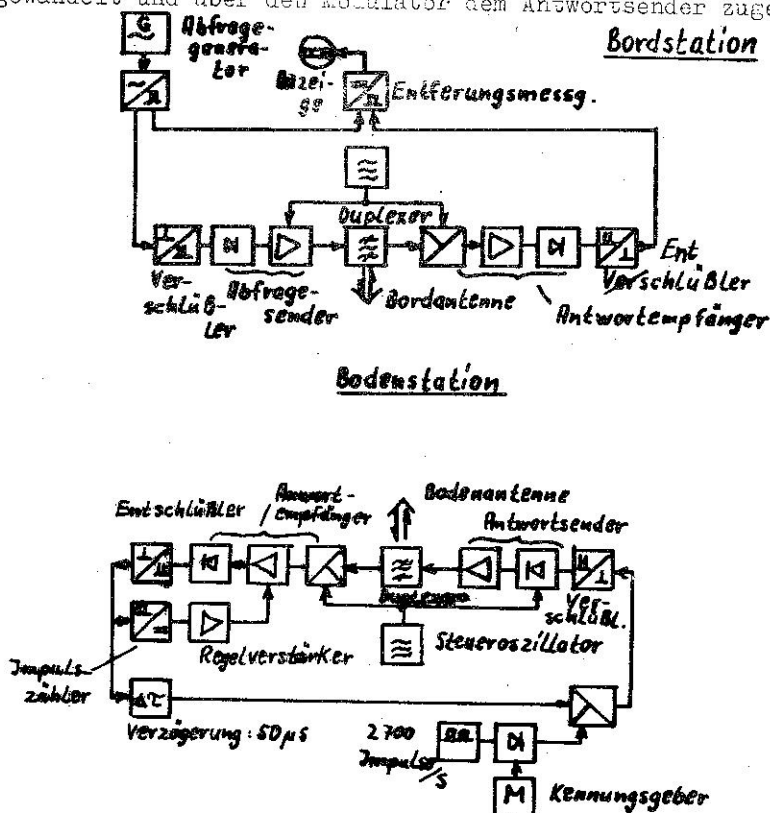
2. Arbeitsprinzip der Anlage "SD-67"

Die Anlage "SD-67" stellt eine vom System VOR völlig unabhängig arbeitende Anlage dar und entspricht im Arbeitsprinzip dem Entfernungsmesseteil des Systems TACAN. In der Abb. "Blockschaltbild: Bord-Bodenstation" ist die prinzipielle Arbeitsweise dieser Anlage dargestellt.

Nachdem der Entfernungsmesser eingeschaltet und auf das Funkfeuer abgestimmt ist, kommt vom Abfragegenerator ein Impuls zum Chiffriator und gleichzeitig zur Entfernungsmesseinrichtung. Dieser Impuls bestimmt den Moment des Beginns der Entfernungsmessung. Der Chiffriator bildet aus dem ankommenden Impuls eine Codegruppe, die aus zwei Impulsen besteht. Diese Impulse werden dem Modulator zugeführt. Die Arbeitsfrequenz des Senders wird mit Hilfe von Steuergeneratoren gewählt, die durch Quarzresonatoren stabilisiert sind. Das verstärkte und über den Duplexer des Höchstfrequenzkopfes ausgesandte Sendesignal der Bordstation ist gleichzeitig das Abfragesignal für die DME-Bodenstation. Die Abfrageimpulse werden mit einer Folgefrequenz von $f_1 = (24 \pm 6) \text{ Hz}$ ausgesendet, wobei 2×126 Kanäle gewählt werden können.

Dieser Variationsbereich der Abfrage-Folgefrequenz wird durch Verwendung eines freischwingenden Impulsgenerators absichtlich angestrebt, weil damit eine Unterscheidung der Abfragen verschiedener Luftfahrzeuge möglich ist.

Die von der Antenne der Bodenstation empfangenen Abfrageimpulse gelangen über den Duplexer zum Abfrageempfänger. Die für die Mischung erforderliche HF-Leistung wird dem Steueroszillator des Senders entnommen, da die ZF des Empfängers gleich ist der Differenz von Sende- und Empfangsfrequenz, nämlich 63 MHz. Nach Verstärkung und Demodulation der HF-Impulse werden die gebildeten Video-Doppelimpulse zum Dechiffriator geleitet. Nur aus Doppelimpulsen, die den richtigen Abstand ($12/36 \mu\text{s}$) besitzen, werden Einzelimpulse geformt, die dann über eine Verzögerungsstufe ($t = 50 \mu\text{s}$) auf den Chiffriator des Antwortsenders gegeben werden. Hier werden sämtliche Impulse in Doppelimpulse mit dem einheitlichen Abstand von ($12/30 \mu\text{s}$) umgewandelt und über den Modulator dem Antwortsender zugeführt.



Diese von der Bordantenne empfangenen Antwortimpulse werden über den Duplexer dem Empfänger zugeführt, hier im ZF-Verstärker mit doppelter Frequenzumwandlung verstärkt und nach der Demodulation dem Dechiffратор zugeführt. Der gebildete Einfachimpuls wird dem Entfernungsmeßblock zugeführt und bestimmt das Ende der Entfernungsmessung.

Der zeitliche Abstand zwischen dem Abfrage- und Antwortimpuls wird in einen Zahlencode umgewandelt, der dem Entfernungswert in Kilometern entspricht.

Die Bodenstation sendet ständig 2.700 Impulspaare als Füllimpulse. Für jede Antwortinformation werden etwa 27 Doppelimpulse gesendet, d.h. mit jeder Abfrage verringert sich die Anzahl der Füllimpulse um den entsprechenden Wert. Die Kapazität der Bodenstation ist damit bei 100 gleichzeitig abfragenden Luftfahrzeugen erschöpft. Die Kennung der Station kann alle 30 s abgehört werden.

Werden von der Bordanlage im Normalbetrieb 600 - 700 oder mehr auswertbare Impulspaare von den insgesamt 2700 möglichen empfangen, so wird automatisch der Abfragetrakt von "SD-67" freigegeben, und die Anlage arbeitet normal. Werden weniger als 600 Impulspaare empfangen, schaltet die Anlage automatisch auf "Bereitschaft" (PE3EPB) um.

Zusätzlich zu dieser automatischen Schaltung kann auch von Hand auf "Bereitschaft" geschaltet werden. In dieser Betriebsart befindet sich das Gerät unabhängig von der Anzahl der empfangenen Impulspaare in Bereitschaft (Kippschalter "DME-PE3EPB" am Bedienpult).

Am Bedienteil befinden sich weiterhin zwei Frequenzwahlschalter, ein Sichtfenster für die eingestellte Frequenz, ein Kontrollknopf für die Eigenkontrolle und ein Lautstärkeregler mit Ein- und Ausschalter. Beim Drücken des Knopfes "Kontrolle" stellt sich auf den Anzeigegeräten der Wert der Kontrollentfernung von $(206,7 \pm 0,8)$ km ein, und in den Kopfhörern ist ein Tonfrequenzton von 3000 Hz hörbar.

Zum Abhören der Kennung der Funkfeuer muß am SPU-7 die Stellung "RN-1/2" gewählt und der Schalter "Abhören" auf der Navigatortafel in die Stellung "DME-1/2" gestellt werden. Die Anzeige erfolgt digital im 100 m-Raster.

Daten:

Reichweite: max. 380 km

Meßgenauigkeit: ± 260 m $\pm 0,1\%$

Suchzeit bei max. Entfernung: 3 s

Speicherzeit für Anzeiger: 5 s

automatische Verstärkungsregelung: 8 dB

zulässige Fluggeschwindigkeit: max. 3500 km h⁻¹

Sendeleistung: 4 KW (Impulsleistung)

Sendefrequenz: 1025 - 1150 MHz (1 MHz-Raster)

Frequenzstabilität: $\Delta f = \pm 100$ KHz

Umstimmzeit: max. 12 s

Empfangsfrequenz: 962 - 1213 MHz

Anzahl der Empfangskanäle: 252

Leistungsaufnahme: + 27 V $\pm 10\%$; 110 W

~115 V $\pm 5\%$; 90 VA

mittlere Betriebszeit: 250 h

Anlage arbeitet im Dauerbetrieb: 16 h

Gewicht: 23,5 kg