

## **2.4. Der Europäische Funkrufdienst (EFuRD)**

### **2.4.1. Allgemeines**

Innerhalb des beweglichen Landfunkdienstes wurden zunächst nur Sprechfunknetze betrieben. Die Forderung nach kleinen Geräten und einer großen Teilnehmerkapazität hatte zunächst in den USA und später auch in Europa (Schweiz, Niederlande und Belgien) zu der Einrichtung von Funkrufnetzen geführt. Beim Funkrufdienst (FuRD) werden, wie bei der Anwendung selektiver Anrufverfahren bei Sprechfunkdiensten, Code-Signale von ortsfesten zu beweglichen Landfunkstellen übertragen. Das auf die Übertragung des Code-Signals folgende Gespräch wird bei einem FuRD jedoch nicht über die Funkanlage, sondern - falls ein detaillierter Informationsaustausch überhaupt nötig ist - von einem normalen Fernsprechananschluß aus geführt. Die für einen derartigen Dienst erforderlichen Netze lassen sich mit einem wesentlich geringeren Aufwand einrichten als Sprechfunknetze. Diese Tatsache und eine Reihe weiterer Vorteile lassen es geraten erscheinen, Funkrufnetze auch dann zu bauen, wenn bereits ausgedehnte Sprechfunknetze vorhanden sind. Da das Personal von Seeschiffen oder Luftfahrzeugen im allgemeinen keine Möglichkeit hätte, nach einem erfolgten Funkruf einen Anschluß des öffentlichen Fernsprechnetzes zu benutzen, haben Funkrufnetze bisher nur innerhalb des beweglichen Landfunkdienstes Bedeutung erlangt.

Aus der Sicht des Teilnehmers haben Funkrufdienste vor allem den Vorzug, geringere Kosten zu verursachen als Sprechfunkdienste. Außerdem sind Strombedarf, Gewicht und Abmessungen des Funkrufempfängers so klein, daß das Gerät ohne weiteres auch außerhalb eines Fahrzeuges betrieben werden kann. Ein weiterer Vorteil liegt in der Größe der Funkrufbereiche (Bild 191), die es möglich macht, einen Teilnehmer auch dann noch mit Erfolg zu rufen, wenn sein Aufenthaltsort nur ungefähr bekannt ist.

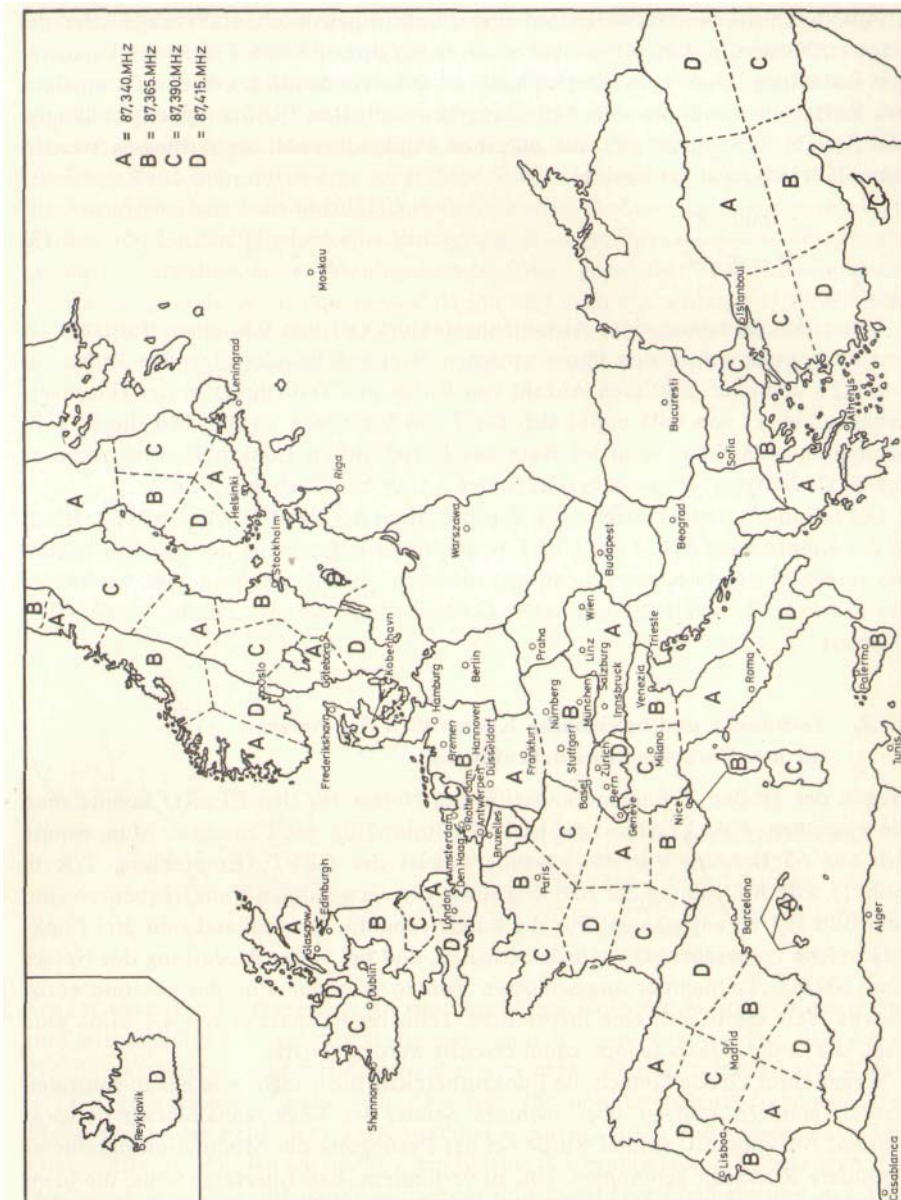


Bild 191. Funkrufbereiche des Europäischen Funkrufdienstes

Aus der Sicht der Verwaltungen sind Funkrufdienste ebenfalls wegen der geringeren Kosten, insbesondere aber auch wegen ihrer großen Teilnehmerkapazität von Bedeutung. Die Teilnehmerkapazität ist selbstverständlich von den Parametern des Rufsystems und von den Teilnehmergewohnheiten (Rufhäufigkeit) abhängig. Die Anzahl Teilnehmer ( $T$ ), die an einen Funkrufbereich angeschlossen werden kann, läßt sich nach der Formel

$$T = \frac{3600 \cdot A}{(r + p) \cdot c}$$

berechnen.

Unter der Annahme eines Ausnutzungsfaktors ( $A$ ) von 0,8, einer Rufdauer ( $r$ ) von 0,6 s, einer minimalen Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rufen ( $p$ ) von 0,2 s und einer mittleren Anzahl von Rufen pro Teilnehmer in der Hauptverkehrsstunde ( $c$ ) von 0,05 ergibt sich für  $T$  ein Wert von 70 000. Mit dieser Teilnehmerkapazität kann man im Netz des Europäischen Funkrufdienstes rechnen, dessen Codierungsverfahren bereits (unter 2.1.3.) beschrieben wurde.

Die technischen und betrieblichen Eigenschaften des EFuRD wurden 1967 (Rom) in der Empfehlung T/R 4 der CEPT (Conference europeenne des Administrations des postes et des telecommunications) niedergelegt. Sie werden - mit Ausnahme des unter 2.1.3. bereits geschilderten Codierungsverfahrens - nachfolgend näher erläutert.

#### **2.4.2. Technische und betriebliche Kenngrößen des Netzes für den Europäischen Funkrufdienst**

Wegen der großen Teilnehmerkapazität des Netzes für den EFuRD konnte man die einzelnen Funkrufbereiche verhältnismäßig groß machen. Man einigte sich auf 63 Bereiche für das gesamte Gebiet der CEPT (Empfehlung T/R 6, Anh. 1). Die Anordnung der Bereiche sowie die verwendeten Funkfrequenzen sind dem Bild 191 zu entnehmen. Für die Bundesrepublik Deutschland sind drei Funkrufbereiche vorgesehen; das würde bedeuten, daß bei voller Auslastung des Netzes über 200 000 Teilnehmer angeschlossen werden könnten. Für das gesamte europäische Netz ergibt sich eine theoretische Teilnehmerkapazität von 4,4 Mio., eine Zahl, die in der Praxis jedoch kaum erreicht werden dürfte.

Wegen ihrer Größe können die Funkrufbereiche nicht mehr von einem zentralen Sender, sondern müssen über mehrere Sender im Gleichkanalbetrieb versorgt werden. Auf diesen Umstand wurde bei der Festlegung der Modulationsparameter besondere Rücksicht genommen. Um zu verhindern, daß Interferenztöne, die beim gleichzeitigen Empfang von zwei oder mehr Gleichkanalsendern auftreten können, zu Fehlanrufen führen, werden benachbarte Sender eines Funkrufbereiches mit einem gegenseitigen Frequenzversatz von 4 bzw. 8 kHz (— 4 kHz, ±0 kHz, +4 kHz) betrieben. Da die höchste Ruffrequenz 1062,9 Hz beträgt, können derartige Fehlrufe bei dem festgelegten Frequenzversatz ausgeschlossen werden. Ein

weiteres Gefahrenmoment des Gleichkanalbetriebes ist darin zu sehen, daß die Anrufsicherheit im Überlappungsgebiet zweier Sender ungünstig beeinflusst werden kann, wenn die Modulation der beiden empfangenen Signale gegenphasig oder nahezu gegenphasig ist. Phasenverschiebungen können sowohl auf dem Funkweg als auch auf den Modulationsleitungen auftreten. Die Phasenverschiebung auf dem Funkweg kann man durch eine sorgfältige Stützpunktplanung so klein halten, daß die Anruf sicherheit nicht unzulässig beeinflusst wird. Auf den Leitungen wird durch Einsatz von Laufzeitgliedern eine Entzerrung durchgeführt (s. 2.4.3.1.). Wegen der geringeren Anfälligkeit der Amplitudenmodulation gegenüber Modulationsphasenverschiebungen als der Frequenzmodulation und auch aus anderen Gründen wird im EFuRD Zweiseitenband-Amplitudenmodulation mit einem Modulationsgrad von 85 ... 100 % angewendet. Bild 192 zeigt in schematischer Darstellung, wie die

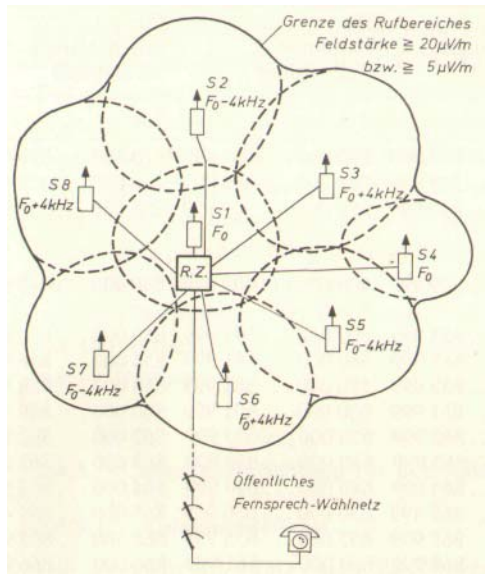


Bild 192. Schematische Darstellung eines Funkrufbereiches des Europäischen Funkrufdienstes  
 R. Z..... Rufzentrale  
 S1..... Sender 1  
 F<sub>0</sub>..... Trägerfrequenz

Sender eines Funkrufbereiches an die zugehörige Rufzentrale angeschlossen sind und wie schädliche Interferenzstörungen dadurch vermieden werden, daß die im Überlappungsgebiet einfallenden Sender stets einen Frequenzabstand von 4 bzw. 8 kHz gegeneinander aufweisen. Die hier für den Grenzbereich angegebenen Medianwerte der Feldstärke garantieren eine Rufsicherheit von mindestens 99 %. Diese Sicherheit gilt jedoch nur für den Betrieb der Empfänger in Fahrzeugen. Der Wert von 20 µV/m gilt dabei in flachem und hügeligem Gelände und der Wert von 5 µV/m in gebirgigem Gelände. Die Mindestfeldstärke kann in gebirgigem Gelände niedriger sein, da hier die Ortsstreuung der Feldstärke geringer ist als z. B. in einem flachen bis hügeligen Gebiet.

Will ein Fernsprechteilnehmer einen Funkrufteilnehmer anrufen, so muß er zunächst die Nummer wählen, mit der er die Rufzentrale erreicht. In der Bundesrepublik Deutschland werden dafür bisher nicht genutzte Kennzahlen des Selbstwählferndienstes („Rufbereichskennzahl“) verwendet. Unmittelbar anschließend wählt er die Funkrufnummer (bzw. eine der bis zu vier Funkrufnummern) des gewünschten Teilnehmers. Eine Ansage „Eurosignal...“, gefolgt von dem Namen des Funkrufbereiches, sagt ihm, daß sein Auftrag ausgeführt wird und er seinen Handapparat auflegen kann. Da die Verzonungseinrichtungen des SWFD-

Tabelle 35. Aufteilung der Codenummernblöcke entsprechend CEPT-Empfehlung T/R 6, Anhang 3

Land	provisorisch reservierter Codenummernblock		erster endgültig zugeteilter Codenummernblock		
	für nationale Teilnehmer	für internationale Teilnehmer	für nationale Teilnehmer	für internationale Teilnehmer	
1	2	3	4	5	
BRD	100 000 . . .	199 999 810 000 . . .	819 999 100 000 . . .	109 999 810 000 . . .	810 999
Großbritannien	200 000 . . .	299 999 820 000 . . .	829 999 200 000 . . .	209 999 820 000 . . .	820 999
Italien	300 000 . . .	399 999 830 000 . . .	839 999 300 000 . . .	309 999 830 000 . . .	830 999
Vatikan San Marino					
Frankreich	400 000 . . .	499 999 840 000 . . .	849 999 400 000 . . .	409 999 840 000 . . .	840 999
Monako					
Spanien	500 000 . . .	599 999 850 000 . . .	859 999 500 000 . . .	509 999 850 000 . . .	850 999
Portugal	560 000 . . .	579 999 856 000 . . .	857 999 560 000 . . .	561 999 856 000 . . .	856 999
Griechenland	580 000 . . .	599 999 858 000 . . .	859 999 580 000 . . .	581 999 858 000 . . .	858 999
Schweden	600 000 . . .	619 999 860 000 . . .	861 999 600 000 . . .	601 999 860 000 . . .	860 999
Finnland	620 000 . . .	629 999 862 000 . . .	862 999 620 000 . . .	620 999 862 000 . . .	862 999
Dänemark	630 000 . . .	639 999 863 000 . . .	863 999 630 000 . . .	630 999 863 000 . . .	863 999
Norwegen	640 000 . . .	649 999 864 000 . . .	864 999 640 000 . . .	640 999 864 000 . . .	864 999
Island	650 000 . . .	654 999 865 000 . . .	865 499 650 000 . . .	650 999 865 000 . . .	865
Zypern	655 000 . . .	659 999 865 500 . . .	865 999 655 000 . . .	655 999 865 500 . . .	865 999
Belgien	660 000 . . .	679 999 866 000 . . .	867 999 660 000 . . .	661 999 866 000 . . .	866 999
Niederlande	680 000 . . .	699 999 868 000 . . .	869 999 680 000 . . .	681 999 868 000 . . .	868 999
Luxemburg	700 000 . . .	709 999 870 000 . . .	870 999 700 000 . . .	700 999 870 000 . . .	870
Schweiz, Liechtenstein	710 000 . . .	729 999 871 000 . . .	872 999 710 000 . . .	711 999 871 000 . . .	871
Österreich	730 000 . . .	749 999 873 000 . . .	874 999 730 000 . . .	731 999 873 000 . . .	873
Türkei	750 000 . . .	789 999 875 000 . . .	878 999 750 000 . . .	753 999 875 000 . . .	875 999
Irland	790 000 . . .	799 999 879 000 . . .	879 999 790 000 . . .	790 999 879 000 . . .	879 999
	nationale Erweiterungen 000				
	000 ... 099 999				
	internationale Erweiterungen 900				
	000 ... 999 999 880 000 ... 899				
	999 800 000 ... 809 999				

Netzes benutzt werden und die gebührenpflichtige Verbindung in der Regel nur einige Sekunden besteht, wird für einen Anruf im allgemeinen nur eine Gebühreneinheit berechnet werden.

Wie bereits erwähnt, können einem Teilnehmer in der Bundesrepublik Deutschland bis zu vier Codenummern zugeteilt werden. Damit besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Informationen an den beweglichen Teilnehmer zu senden. Die Bedeutungen können zwischen dem Funkrufteilnehmer und seinen Fernsprechpartnern frei abgesprochen werden. In der Mehrzahl der Fälle dürfte diese Möglichkeit dazu benutzt werden, zwischen verschiedenen rufenden Fernsprechteilnehmern zu unterscheiden. Wie die Auswertung der unterschiedlichen Codenummern durchgeführt wird, ist unter 2.4.5. angegeben.

Die Vergabe der Codenummern an die Verwaltungen der CEPT-Länder wird von einem Zentralbüro vorgenommen, das in der Bundesrepublik Deutschland eingerichtet worden ist. Damit einem Land zusammenhängende Nummern zugewiesen werden können, wurde von der CEPT (Empfehlung T/R 6, Anhang 3) eine - zum Teil provisorische - Aufteilung der Codenummern auf die Länder vorgenommen (Tabelle 35). Dabei wurden 10 % der provisorisch zugeteilten Nummern endgültig zugewiesen. In der Tabelle wird weiterhin zwischen nationalen und internationalen Teilnehmern unterschieden. Diese Unterscheidung wurde aufgrund der eingeschränkten Speichermöglichkeiten der Register der Fernsprech-Vermittlungssysteme einiger europäischer Länder erforderlich, da sie eine Unterdrückung der ersten Ziffer der Codenummer (die bei den internationalen Nummern immer die 8 ist) bei der Übertragung über das Fernsprechnet ermöglicht. Auf dem Funkweg muß das der ersten Ziffer entsprechende Signalelement selbstverständlich wieder zugesetzt werden.

### **2.4.3. Überleiteinrichtung für den EFuRD (ÜLE-EFuRD)**

#### **2.4.3.1. Aufgabenstellung**

Die Überleiteinrichtung stellt das Bindeglied zwischen dem öffentlichen Fernsprechnet und dem Funkruf-Sendernetz eines Rufbereiches dar. Ihre wichtigsten technischen Kenngrößen sind in der CEPT-Empfehlung T/R 6 (Anhang 5) enthalten.

Die Rufaufträge müssen zunächst eingespeichert und codiert werden; die codierten Rufsignale sind dann in einer den Leitungseigenschaften angepaßten Form zu den Sendern zu übertragen. Dementsprechend kann man die ÜLE in die eigentliche Rufzentrale und die Leitungszusätze unterteilen.

Die Funkrufzentralen (drei Stück im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, d. h. je eine für jeden Funkrufbereich) sind an das öffentliche Fernsprechnet angeschlossen; sie besitzen jeweils eine eigene „Rufbereichskennzahl“. Der Fernsprechteilnehmer wählt diese Kennzahl und anschließend die gewünschte Funkruf -

- nummer (Codenummer). Dabei erfüllt die Funkrufzentrale folgende Funktionen:
- Speichern der Funkrufaufträge  
(Da das codierte Rufsignal viel kürzer ist als die Dauer der Belegung eines Eingangs der Rufzentrale, müssen mehrere (bis zu 64) Eingänge vorgesehen und die Rufaufträge dort gespeichert werden.)
  - Prüfen der Funkrufnummer auf Eindeutigkeit und Zulässigkeit  
(Eindeutigkeit ist als „Freiheit von technischen Fehlern“ [z. B. falsches Impuls-Pause-Verhältnis, falsche Anzahl der Wahlimpulsereihen, Störimpulse] zu verstehen; Zulässigkeit bedeutet Zugehörigkeit zu den nach Tabelle 35 zugeteilten Codenummernblöcken.)
  - Umwandeln der Funkrufnummer in den Selektivruf  
(Code)
  - Modulieren der Funkrufsender über festgeschaltete Leitungen
  - Störungsüberwachung für den Dienst innerhalb des Funkrufbereichs  
Zur Einhaltung der in 2.4.2. bereits erwähnten Phasenbeziehungen sind an beiden Enden der Zubringerleitungen zwischen der Funkrufzentrale einerseits und den verschiedenen Gleichwellensendern eines Funkrufbereichs andererseits Leitungszusätze erforderlich; durch sie soll weiterhin erreicht werden, daß der NF-Pegel an den Sendereingängen über lange Zeit sehr genau gleichbleibt. Die Funktionen der Leitungszusätze sind im einzelnen:

**Leitungszusatz bei der Rufzentrale (LZR)**

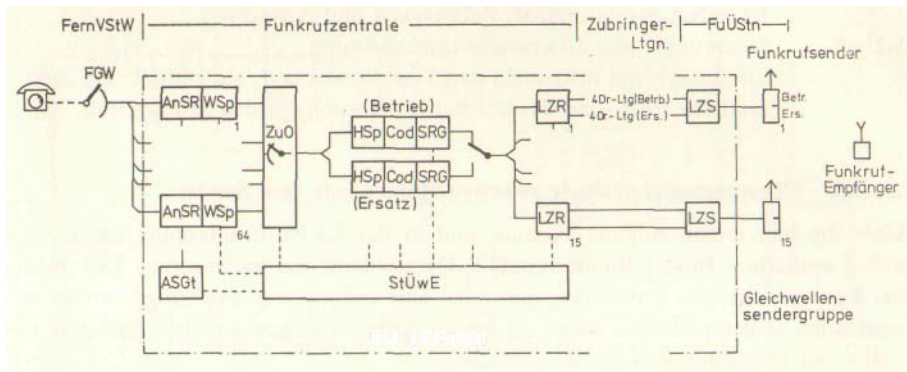
- Laufzeitausgleich  
(Es ist erforderlich, die Laufzeiten aller Modulationsleitungen gleichzumachen, um bei jeder Ruffrequenz die phasengleiche Übertragung zu ermöglichen.)
- Aufmodulieren des Selektivrufs auf einen Hilfsträger, um trotz des bei Trägerfrequenzkanälen auftretenden Frequenzversatzes eine phasenstarre Übertragung zu erhalten
- Überwachen der Leitung bezüglich ihrer Phasendrehung und Dämpfung

**Leitungszusatz beim Sender (LZS)**

- Demodulation mit dem mitübertragenen Hilfsträger
- automatische Pegelregelung
- Überwachen des Übergabepegels am Sendereingang und (im Störungsfall) Umschalten auf die Ersatzleitung
- schnelle Meldungsgabe zur Rufzentrale, wenn die Rufaussendung infolge von Störungen am Übertragungsweg oder am Sender nicht gewährleistet ist (die Ausspeicherung von Rufen aus der Rufzentrale wird dann angehalten)

### 2.4.3.2. Funktionseinheiten der Rufzentrale

Um ihre Aufgaben ausführen zu können, muß eine Rufzentrale etwa so gegliedert sein, wie es im Bild 193 dargestellt ist. Diese Aufteilung muß nicht mit der Aufteilung des Geräts in Baugruppen übereinstimmen. Die hier dargestellten Einheiten haben folgende Funktionen:



ÜLE (EFuRD)

**Bild 193. Gliederung einer Funkrufzentrale**

- AnSR* Anschaltesatz für Rufzentrale  
Der *AnSR* wickelt den Verkehr mit dem anrufenden Teilnehmer in der nachstehenden zeitlichen Reihenfolge ab:
- a) Aufnehmen der Belegung vom FGW,
  - b) Weitergeben der Wählimpulse an den Wahlspeicher (WSp),
  - c) Wählendezeichen und Beginnzeichen geben,
  - d) nach einer in der CEPT-Empfehlung festgelegten Schutzzeit (4 s): Ansage „Eurosignal...“ zum Teilnehmer senden (zweimal),
  - e) Besetztton zum Teilnehmer senden,
  - f) wenn nach 4 s die Verbindung noch nicht ausgelöst wurde, Flacker schlußzeichen geben,
  - g) im Störfall oder wenn die Rufnummer nicht zulässig ist, entsprechende Ansagen zum Teilnehmer senden.
- WSp* Wahlspeicher  
Der *WSp* nimmt die Wählimpulse auf, prüft die Wahl auf Eindeutigkeit und Zulässigkeit, setzt die Ziffern in einen Binärcode um und speichert sie bis zur Übernahme in den Hauptspeicher.
- Cod* Codierer  
Er bestimmt aus der im Hauptspeicher anstehenden, binär codierten Funkrufnummer den zutreffenden Tonfrequenzcode.
- ZuO* Zuordner  
Der *ZuO* fragt die Wahlspeicher nacheinander (zyklisch) ab und verbindet sie mit dem Hauptspeicher.



<i>HSp</i>	Hauptspeicher Der <i>HSp</i> übernimmt die Information aus dem Wahlspeicher.
<i>SRC</i>	Selektivrufgeber Er erzeugt die Tonfrequenz und gibt sie in der vom Codierer festgelegten Reihenfolge aus.
<i>ASGt</i>	Ansagesteuergerät Es liefert Steuerimpulse, Zeitmarken und Ansagen.
<i>StÜwE</i>	Steuerungs- und Überwachungseinrichtung Sie steuert und überwacht den Funktionsablauf; sie enthält eine automatische Prüf- und Ersatzschalteinrichtung für den Störfall.

### 2.4.3.3. Übertragungsverfahren zwischen Rufzentrale und Sender

Über die hier anzuwendende Technik sind in der CEPT-Empfehlung keine Angaben enthalten. In der Bundesrepublik Deutschland werden normale Leitungen des Fernsprechnetzes verwendet; um dabei eine individuelle Phasenentzerrung zu vermeiden und im übrigen keine zu hohen Anforderungen an die Leitungen zu stellen, ist folgendes Verfahren vorgesehen;

Der Selektivrufgeber liefert (zur Bandbreiteersparnis) Frequenzen, die halb so groß wie die geforderten Ruffrequenzen sind; sie werden mit Zweiseitenband-AM (Modulationsgrad  $\ll 75\%$ ) einem Hilfsträger (etwa 2 kHz) aufmoduliert und so zur Funksendestelle übertragen (s. a. LZR in Bild 193). Nach Demodulation werden die „halbierten“ Frequenzen in eine höhere Lage (um 3 kHz) gebracht, über einen Frequenzverdoppler und einen Amplitudenbegrenzer geführt und in die Normallage zurückversetzt (s. a. LZS in Bild 193). Durch Frequenzverdopplung und Amplitudenbegrenzung erhält man die Ruftöne mit richtiger Frequenz und einem sehr genau konstant gehaltenen Pegel.

### 2.4.4. Funkrufsender

#### 2.4.4.1. Senderkonzept

Die Sendeanlagen für den Europäischen Funkrufdienst müssen besonders hohen Anforderungen bezüglich Betriebsbereitschaft und Konstanz der Aussendung genügen. Die Sender werden deswegen in passiver Reserve mit Ablöseautomatik aufgebaut. Sie erhalten selbstanlaufende Netzersatzanlagen; die Netzspannung wird mit Reglern auf  $\pm 1\%$  konstant gehalten. Wo möglich, werden die Sender aus wirtschaftlichen Gründen an das unterbrechungsfreie Netz des Richtfunks angeschlossen.

Die Sender arbeiten mit Amplitudenmodulation (Sendart A2) und besitzen eine Trägerleistung von 0,2 oder 2 kW (Spitzenleistung 0,8 bzw. 8 kW). Die relativ kleine Trägerleistung und die Tatsache, daß die Sender ständig moduliert sind (Modulationstiefe 92 %), erlauben die Modulation des Senders in der 10-W-Steuer-

stufe. Der volltransistorisierten Steuerstufe sind die einstufigen Linearverstärker 0,2 kW oder 2 kW nachgeschaltet. Die Leistungsverstärker sind typengleich zu den Leistungsverstärkern 1 kW bzw. 10 kW der VHF-FM-Sender.

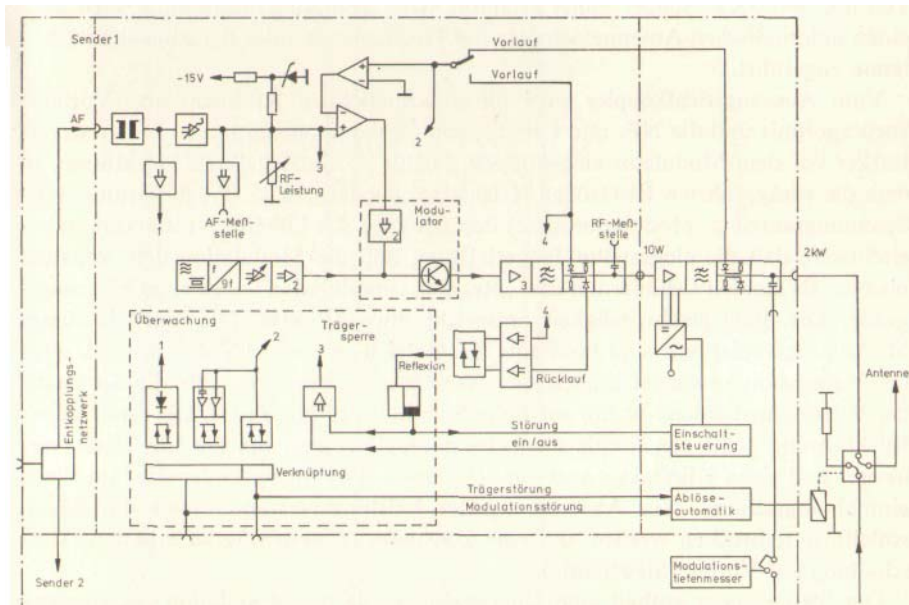


Bild 194. Funkrufsender, Blockschaltbild

Das Blockschaltbild der Funkrufsender zeigt Bild 194. Die Modulation wird über ein Entkopplungsnetzwerk den Sendereingängen (Eingangswiderstand  $> 2 \text{ k}\Omega$ , erdsymmetrisch, erdfrei) zugeführt. Sie passiert den Kontrollpunkt für die Modulationseingangsüberwachung und wird in einem regelbaren NF-Verstärker auf den für 92 % Modulationstiefe erforderlichen Pegel angehoben. Am Eingang des folgenden Differenzverstärkers wird der NF-Spannung eine stabilisierte Gleichspannung hinzugefügt, deren Größe die Trägerausgangsleistung bestimmt. Der Differenzverstärkerausgang steuert gleichstromgekoppelt den Modulator an. Dem Modulator wird außerdem der RF-Träger zugeführt, der quarzstabilisiert und auf konstante Ausgangsspannung geregelt ist. Der Modulationstransistor wird in der Basis vom RF-Träger angesteuert und erhält zusätzlich die NF-Modulationsspannung mit überlagerter Gleichspannung. Dadurch wird die Verstärkung des Transistors gesteuert; die RF-Spannung ist am Ausgang des Transistors amplitudenmoduliert. Die nachgeschalteten Transistoren arbeiten als abgestimmte C-Verstärker und damit mit gutem Wirkungsgrad. In jeder Stufe wird durch die Arbeitsweise der C-Verstärker die Modulationstiefe um einen festen Betrag erhöht. Die gewünschte Modulationstiefe wird mit dem Pegelregler im Eingang eingestellt. Das nachfolgende Tiefpaßfilter zur Unterdrückung harmonischer Aussendungen, der

Zweifach-Richtkoppler und die RF-Meßstelle sind auf einer Karte in Stripline-Technik untergebracht. Der Leistungsverstärker 2 kW mit der Tetrode *RS 2420 CL* in Kathodenbasisschaltung ist identisch mit dem 10-kW-FM-Typ, der bei der Technik der UKW-Sender näher erläutert wird. Die Ausgangsleistung wird über einen automatischen Antennenschalter der Hochantenne oder der künstlichen Antenne zugeführt.

Vom Ausgangsrichtkoppler wird die gleichgerichtete RF-Spannung (Vorlauf) zurückgeführt und die NF- und Gleichspannungskomponente in den Differenzverstärker vor dem Modulator eingekoppelt. Damit ist ein Regelkreis geschlossen, in dem die rückgeführten Ist-Größen (Gleichspannungsanteil  $\wedge$  Trägerleistung, NF-Spannungsanteil = Modulationstiefe) den Ausgang des Differenzverstärkers so beeinflussen, daß die eingestellte Trägerleistung und die Modulationstiefe konstant bleiben. Es handelt sich hier um eine „Regelungsmodulation“ nach einer Führungsgröße. Die Regelgeschwindigkeit entspricht etwa 15 kHz. Die Vorteile dieses Modulationsverfahrens sind konstante Trägerleistung und Modulationstiefe, auch bei Netzspannungsschwankungen und Verstärkungsänderung. Für die Konstanz der Werte entscheidend ist nur die hohe Stabilität des NF-Teiles. Die Ist-Größen-Rückführung stellt gleichzeitig eine Gegenkopplung dar, die die Linearität verbessert und einen Klirrfaktor von nur 1 % ergibt. Der Steuersender wird im Werk einmal abgestimmt. Zur Abstimmung der Leistungsverstärker muß die Regelschleife unterbrochen werden, um eine konstante Ansteuerung zu erhalten (Umschaltung auf Vorlauf Steuerstufe).

Der Steuersender enthält eine Überwachung, die die Modulation am Eingang und Ausgang, den Träger und die Anpassung überwacht und über Verknüpfungen auswertet. Einschaltsteuerung und Ablöseautomatik werden entsprechend aktiviert. Steuer- und Überwachungseinrichtungen sind mit integrierten Schaltungen aufgebaut. Bei den hohen Störfeldstärken und Schaltstößen müssen die Logik-Baugruppen besonders störsicher ausgeführt werden.

Bild 195 zeigt das Blockschaltbild des Modulationstiefenmessers, mit dem die Modulationstiefe eingestellt werden kann und an dessen Meßausgang das demodulierte NF-Signal zur Verfügung steht.

Bild 196 zeigt die Sendeanlage 2 kW in passiver Reserve. Dieser Typ hat externe Lüfter (Zu- und Abluftanschluß unten), denen eine kleine Mischlufteinrichtung zur

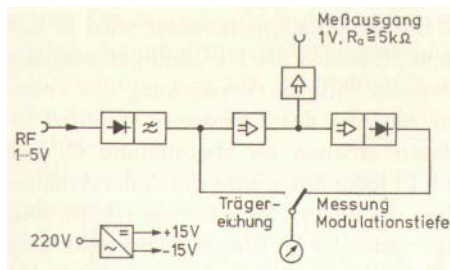


Bild 195. Modulationstiefenmesser, Blockschaltbild

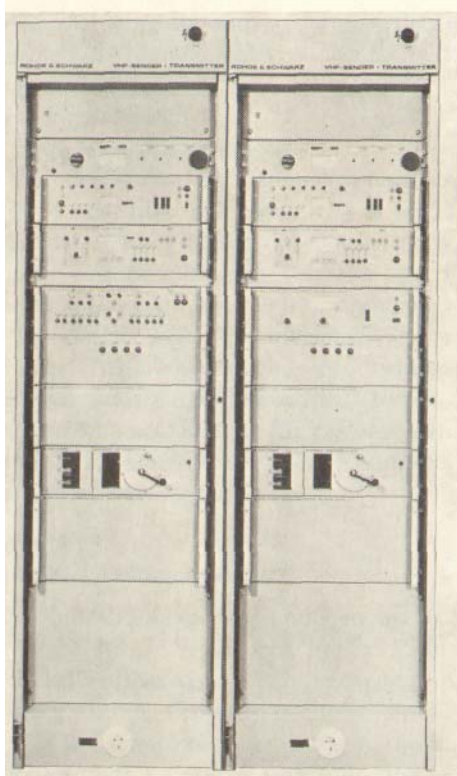


Bild 196. Funkrufsender 2 kW  
in passiver Reserve

Regelung der Zulufttemperatur zugeordnet werden kann. Im linken Gestell sind untergebracht (von oben nach unten)

- schlüsselverriegelte Abdeckung des Leistungsverstärkers, der senkrecht hinten untergebracht ist,
- Abstimmittel und Kontrollinstrument für Leistungsverstärker,
- Steuersender 10 W,
- Einschaltsteuerung mit Störungsspeicher und Leistungsanzeige,
- Ablöseautomatik,
- Gitterspannungs-Netzgerät für Leistungsverstärker,
- Hochspannungsgleichrichter mit Glättungsdrossel,
- Netzverteilung mit schlüsselverriegeltem Erdungsschalter,
- Hochspannungsglättungskondensator,
- Hochspannungstransformator.

Im rechten Gestell ist anstelle der Ablöseautomatik der Modulationstiefenmesser untergebracht, der wahlweise auf beide Sender geschaltet werden kann.

Bild 197 zeigt schließlich die 200-W-Anlage. Hier ist die Doppelanlage einschließlich zwei Gestelllüfter und Luftfilter in einem Gestell untergebracht.

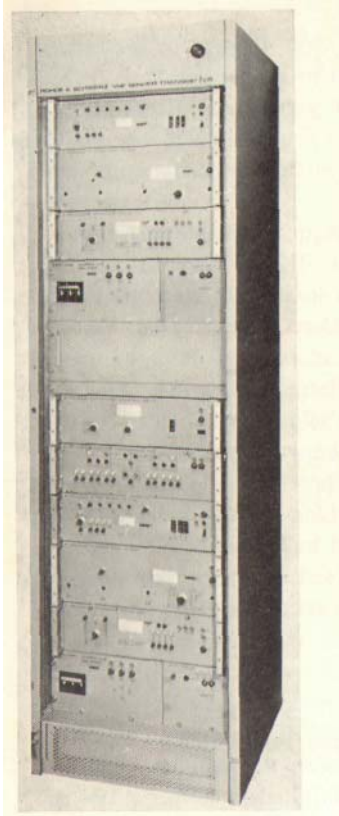


Bild 197. Funkrufsender 200 W in passiver Reserve

#### 2.4.4.2. Technische Daten

Nachstehend sind auszugsweise die Daten der Sender angegeben:

Frequenzbereich	87 ... 87,5 MHz
Frequenzkonstanz	besser als $3 \cdot 10^{-7}$ pro Monat
Ausgangsleistung	0,2 oder 2 kW an 50 $\Omega$
Konstanz der Ausgangsleistung	$\pm 0,5$ dB pro Monat
Modulationsfrequenz	300 ... 1200 Hz
Modulationsgrad	$< 100\%$
Klirrfaktor	$\wedge 5\%$ bei 92 % Modulationsgrad zwischen 88 und 96 % während eines Monats
Änderung der Modulationstiefe	$5^\circ$ von 800 ... 1200 Hz
Abweichungen des Phasenfrequenzganges	zwischen beliebigen Sendern $20^\circ$ von 300 ... 500 Hz

Fremdspannungsabstand	$\hat{^}$ 40 dB bezogen auf die Nutzspannung
Abstand der harmonischen Aussendungen	bei 92 % Modulationsgrad > 60 dB, jedoch < 1 mW
Leistung der misch-frequenten Aussendungen	< 1 //W

Der Fehler des Modulationstiefenmessers ist kleiner als 3 % vom Vollausschlag (100 %), der Eigenklirrfaktor < 1 % bei 92 % Modulationstiefe. Die Modulationstiefe des Senders beträgt im Betrieb nominell 92 %. Sie ist so gewählt, daß der Sender bei der zulässigen Toleranz von  $\pm 4$  % unter Berücksichtigung des Meßgerätefehlers nicht über 100 % moduliert wird.

Die Sender sind fernbedienbar. Sie besitzen einstellbare Schaltschwellen für Mindest-Trägerleistung und -Modulationstiefe, bei denen automatisch auf den Reservesender umgeschaltet wird. Neben der Signalisierung zur Fernbedienstelle ist eine Summenmeldung für gestörte Rufübertragung vorhanden, die in der Rufzentrale zur Unterbrechung der Rufauspeicherung für die angeschlossenen Sender verwendet werden kann.

#### 2.4.4.3. Antennenanlage

Als Rundstrahlantennen kommen bei 0,2-kW-Sendern Sperrtopfantennen in Frage. Bei 2-kW-Sendern und bei Richtstrahldiagrammen werden vertikal polarisierte Felderantennen verwendet, mit denen die gewünschten Diagrammformen auch an dicken Mastquerschnitten verwirklicht werden können.

Als Richtstrahlelement wird u. a. die in Bild 198 gezeigte Type *HA 52/15* der Firma Rohde & Schwarz verwandt. Bild 199a zeigt schematisch die Anordnung der Felder für Rundstrahlung an einem Gittermast. Zum Ausgleich der Kabelverluste und zur Erhöhung der Strahlungsleistung werden zwei Ebenen übereinander angeordnet. Den Anschluß der Felder über Sfach-Gruppenverteiler und der Ebenen über den Hauptverteiler zeigt Bild 199b. Die Phasenlage der Einspeisung wird durch die entsprechend gewählte Länge der Verbindungskabel bestimmt. Die Unrundheit im Horizontaldiagramm ist bei dieser Ausführung besser als  $\pm 1$  dB; der 3-dB-Punkt im Vertikaldiagramm liegt bei  $-16^\circ$ . Der Leistungsgewinn ist 1,6fach. Bei diesen Antennen ist wegen des relativ unkomplizierten Aufbaus eine Teilbarkeit für Halbantennenbetrieb nicht vorgesehen. Der Welligkeitsfaktor 5 am Eingang der Antennenanlagen ist besser als 1,3.

#### 2.4.5. Eigenschaften der Funkrufempfänger

Die Eigenschaften der Funkrufempfänger sind in einer Vorschrift niedergelegt, die einheitlich für sämtliche CEPT-Länder gilt (Empfehlung T/R 6, Anhang 4). Die in der Vorschrift angegebenen Grenzwerte stellen verhältnismäßig harte Forderungen dar. Damit soll verhindert werden, daß der neue Dienst durch Benutzung schlechter Empfänger in Mißkredit geraten kann. Die Forderungen sind so formuliert, daß

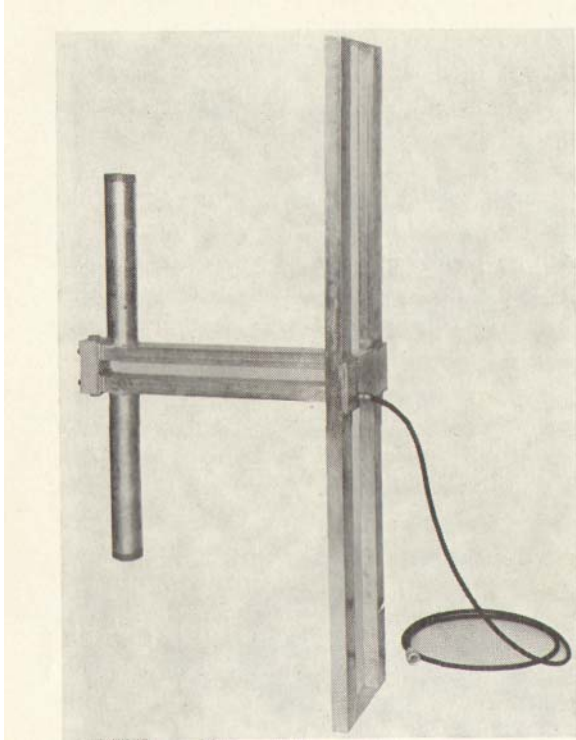


Bild 198. Richtstrahlelement  
Type HA 52/15 der Firma  
Rohde & Schwarz

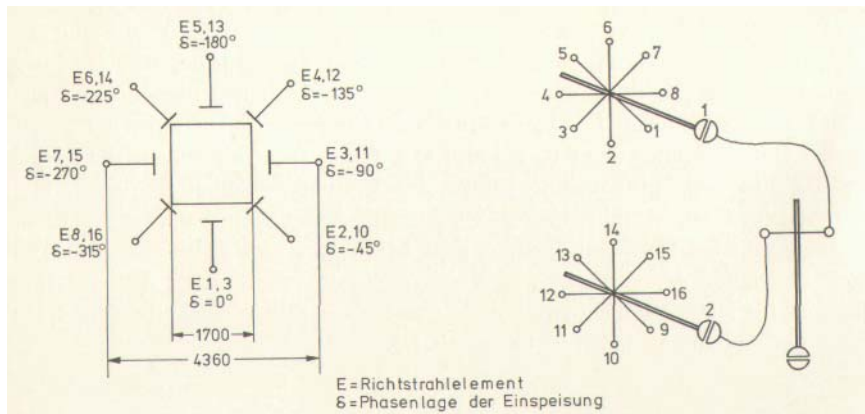


Bild 199 links: Anordnung der Felder für Rundstrahlung an einem Gittermast;  
rechts: Anschluß der Felder über Sfach-Gruppenverteiler und der Ebenen über den HV

die Geräte die für sie bestimmten Codesignale auch unter ungünstigen Bedingungen noch auswerten, andererseits aber Fehlanrufe bei Einwirkung aller in der Praxis vorkommenden Störsignale sicher vermieden werden. So muß eine sichere Signal-

auswertung z. B. noch bei einer Eingangs-EMK von  $0,5 \text{ } \mu\text{V}$  erfolgen; eine Folge kurzer Impulse (Impulsdauer  $< 1 \text{ ns}$ , Impulsfolgefrequenz  $30 \dots 300 \text{ Hz}$ ) darf dagegen selbst bei einem Pegel von  $70 \text{ dB}$  über  $1 \text{ } \mu\text{V}/\text{MHz}$  keine Rufauslösung hervorrufen.

Da die Empfänger im gesamten CEPT-Gebiet eingesetzt werden können, ist ein relativ weiter Temperaturbereich vorgesehen worden. In einem Bereich von  $-20^\circ \text{ C} \dots +50^\circ \text{ C}$  muß der Empfänger (sofern in der Vorschrift nichts anderes angegeben ist) die Forderungen erfüllen und bei Temperaturen von  $-30^\circ \text{ C} \dots +70^\circ \text{ C}$  dürfen keine bleibenden Schäden am Gerät auftreten.

Damit die Rufempfänger bei einem Defekt leicht ausgetauscht werden können, müssen die Decoder mit geringem Aufwand auf jede der vorkommenden Codenummern eingestellt werden können. Diese Forderung kann durch Anwendung eines einzigen umschaltbaren Auswertekreises verwirklicht werden, der so arbeitet, daß der Decoder im Ruhezustand auf die erste Frequenz des von ihm auszuwertenden Codesignals eingestellt ist, und der sich nach Auswertung dieser Frequenz auf die zweite Frequenz seines Codesignals umschaltet usw. Die Einstellung der Codenummer kann dabei z. B. durch Einlöten von Drahtbrücken erfolgen.

Um den Schaltaufwand beim Auswertekreis kleinzuhalten, werden vorzugsweise einkreisige LC-Filter, deren Induktivität umgeschaltet wird, verwendet. Um trotz der geringen Gütefaktoren derartiger Kreise die Ruffrequenzen, die nur um  $8,5 \%$  voneinander entfernt liegen, eindeutig auswerten zu können, werden Amplitudenbegrenzer vor die Filter geschaltet, die sich so auswirken, als ob von einer gewissen Filterdämpfung ab die Flankensteilheit der Filter unendlich groß würde. Der Punkt, an dem die hohe Flankensteilheit einsetzt, läßt sich dadurch beeinflussen, daß das Verhältnis zwischen der zum Ansprechen der Decoder erforderlichen NF-Amplitude (Schwellwert) und der Spannung, auf die der Amplitudenbegrenzer die Signale begrenzt, verändert wird. Bild 200 zeigt Ansprechkurven solcher einkrei-

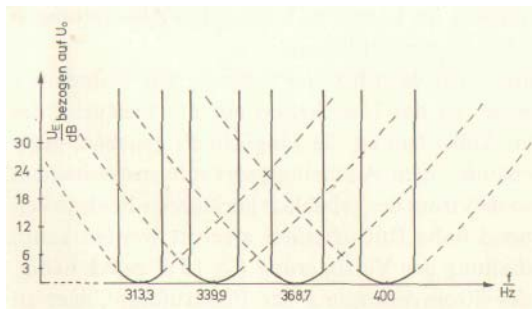


Bild 200. Ansprechkurven einkreisiger Filter

siger Filter, bei denen die Amplituden (mit einem idealen Begrenzer) auf Werte begrenzt werden, die  $3 \text{ dB}$  über den Schwellwerten liegen. Sofern ein Empfänger mehrere Codesignale auswerten soll, wird ihm eine entsprechende Anzahl Codenummern zugeteilt, die sich jedoch nur in ihrer letzten Stelle voneinander unter-



scheiden dürfen, damit der Aufwand im Decoder klein bleiben kann. Auf diese Weise können von einem Decoder bis zu zehn Codesignale ausgewertet werden; in der Bundesrepublik Deutschland wird die Anzahl Codes je Teilnehmer jedoch aus verschiedenen Gründen auf maximal vier begrenzt. Bei der Decodierung kann man wie in Bild 201 angegeben vorgehen, d. h. die in diesem Falle stets gleichen ersten

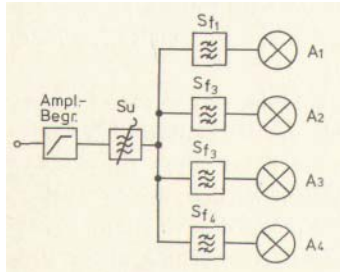


Bild 201. Funkrufempfänger, Decodierung

fünf Signalelemente des Codesignals würden von dem umschaltbaren Selektionskreis  $S_u$  und das letzte Signalelement von einem der festen Selektionskreise  $S_f$  ausgewertet werden. Bei  $A_{\pm 1-4}$  handelt es sich um optische Anzeigeeorgane. Gegenüber der vorstehend angegebenen Anordnung wäre eine Vereinfachung noch dadurch möglich, daß bei einem der vier Codesignale auch das sechste Signalelement von  $S_u$  ausgewertet wird.

Um erkennen zu können, ob sich der Empfänger in einem Gebiet ausreichender Empfangsfeldstärke befindet oder nicht, ist eine entsprechende Prüfungsmöglichkeit vorgeschrieben worden. Wenn die Eingangs-EMK für mehr als 15 s unter  $0,5 \text{ } \mu\text{V}$  absinkt, muß ein intermittierendes akustisches Signal abgegeben werden. Eine zusätzliche optische Anzeige ist freigestellt. Die Verzögerung von 15 s ist erforderlich, damit beim Einsatz des Empfängers im Fahrzeug kurzzeitige Abschattungen nicht zu betrieblich störenden Signalauslösungen führen.

Die beschriebene Einrichtung kann auch dazu benutzt werden, den Teilnehmer beim Verlassen eines Funkrufbereiches an das Umschalten auf die Frequenz des benachbarten Bereiches zu erinnern. Außerdem ist die Möglichkeit gegeben, beim Benutzen des Gerätes in einem Gebäude einen Aufstellungsort mit ausreichenden Empfangsbedingungen zu suchen, so daß trotz der erheblich geringeren Feldstärken im allgemeinen noch eine ausreichend hohe Rufsicherheit erreicht werden kann. Für diesen Betriebsfall ist die Abschaltung der Verzögerung ( $J > 15 \text{ s}$ ) zweckmäßig.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Stromversorgung der Funkrufempfänger zu widmen. Hier sind eine Reihe von Varianten möglich. Während des Einsatzes im Fahrzeug ist eine Versorgung des Gerätes von der Fahrzeugbatterie selbstverständlich die beste Lösung. Für den tragbaren Einsatz muß das Gerät mit Batterien betrieben werden. Werden aufladbare Batterien verwendet, so können sie während des Fahrzeugeinsatzes von der Fahrzeugbatterie aufgeladen werden. Die Batteriekapazität sollte so bemessen sein, daß die Geräte mindestens eine Nacht lang

arbeiten können. Größere Betriebsdauern wären zwar zweckmäßig, sind aber durch die Abmessungen der Batterien begrenzt.

#### **2.4.6. Ausblick**

Das starke Anwachsen der Zahl der Geräte des beweglichen Landfunkdienstes hat die DBF angesichts der Tatsache, daß für diesen Dienst nur ein begrenztes Frequenzspektrum verfügbar ist, vor eine schwierige Aufgabe gestellt. Da Funkrufnetze gegenüber Sprechfunknetzen eine wesentlich größere Teilnehmerkapazität besitzen, hofft man, mit der Einführung des EFuRD u. a. auch eine Entlastung der Sprechfunknetze des öffentlichen beweglichen Landfunkdienstes und in einem gewissen Umfang auch des nichtöffentlichen beweglichen Landfunkdienstes zu erreichen. Sofern die drei Funkverkehrsbereiche des EFuRD nicht ausreichen, den Bedarf zu decken, können noch vier weitere Frequenzen dazu verwendet werden, Funkrufnetze mit kleineren Funkrufbereichen aufzubauen. Derartige Lokalnetze sind zusammen mit den dafür vorgesehenen Frequenzen 87,290, 87,315, 87,440 und 87,465 MHz ebenfalls in der bereits erwähnten CEPT-Empfehlung T/R 4 angegeben. Ihre Errichtung in großen Städten könnte zu einer wesentlichen Entlastung des internationalen Netzes beitragen. Über ihre Einführung kann jedoch erst entschieden werden, wenn die Teilnehmer-Entwicklung im Netz des EFuRD, der im Frühjahr 1974 eröffnet wurde, zu übersehen ist.