

Leitstrahl-Verfahren

Erste Versuche

Vierkurs-Funkfeuer

Im Gegensatz zu den Funkfeuersendern, die einen Zielflug von allen Seiten erlauben und den Drehfunkfeuern (s. S. 119), die ihre Information nach allen Richtungen senden, dienen die Leitstrahlsender zur Kennzeichnung ganz bestimmter Marschwege (Luftstraßen) auf Strecke bzw. für den Anflug auf den Flughafen in der genauen Richtung der Landebahn.

Ein »Leitstrahl« (genauer: eine Leitebene) kann erzeugt werden durch zwei versetzte Antennendiagramme, die im Punkt-Strich-Rhythmus abwechselnd abgestrahlt werden; in der Zone gleicher Feldstärke ergänzen sich die Signale zu einem Dauerton = Leitstrahl. Links und rechts davon sind (vorwiegend) Punkte oder Striche zu hören. Neben dieser sehr einfachen Punkt/Strich-E/T-Tastung wurden auch solche mit komplementären Morsezeichen (A/N = ·-/-·) oder mit unterschiedlichen Modulationstönen usw. angewendet. Der Leitstrahl kann, falls erforderlich, (nahezu) einseitig abgestrahlt werden, was eine spürbare Erhöhung der Reichweite ergibt, oder zweiseitig für den Platzanflug von der einen oder anderen Seite, je nach Windverhältnissen. Durch Anordnung gekreuzter Antennensysteme können auch vier Richtungen (d.h. eine Kreuzung von gegf. geknickten Luftstraßen) gekennzeichnet werden = Vierkurs-Funkfeuer.

O. Scheller (C. Lorenz A. G.) erhielt bereits im Jahre 1907 ein Patent für ein Funkfeuer mit zwei gekreuzten Leitstrahlen. Es sah auf sich rechtwinklig kreuzenden Grundlinien je ein vertikales, gegenphasig gespeistes Strahlerpaar vor (wie es Adcock im Jahre 1919 für Peilzwecke vorschlug). Bei abwechselnder Tastung mit den komplementären Buchstaben A/N ergaben sich zwei Zonen, in denen der Buchstabe A und zwei weitere Zonen, in denen der Buchstabe N gehört wurde. In den Überlappungsbereichen ergänzten sich die Buchstaben zu Dauerstrichzonen = Leitstrahlen. Scheller gab in einem weiteren Patent außerdem eine drehbare Spulenordnung (= Sendegoniometer) an, mit deren Hilfe die Leitstrahlen in jede beliebige Richtung gedreht werden konnten. Die Kaiserliche Marine unternahm vor 1914 Versuche für Vierkurs-Funkfeuer nach Scheller, verwendete jedoch anscheinend gekreuzte Rahmen als Antennen. Ebenfalls um diese Zeit unternahm auch Prof. Kiebitz (zunächst noch ohne Kenntnis der Schellerschen Paten-

te) Versuche mit zwei gekreuzten Horizontaldipolen. Die sich ergebenden Diagramme erwiesen sich jedoch schon bei geringeren Erhebungswinkeln als praktisch nicht brauchbar. Erst 1928 wurden die Schellerschen Ideen wieder aufgegriffen.

Funklande-Versuchsanlage

Funklandegeräte sollen dem Flugzeugführer bei schlechtem Wetter einen eindeutigen und hindernisfreien Weg zur Landebahn zeigen. Dazu werden mindestens folgende Informationen benötigt:

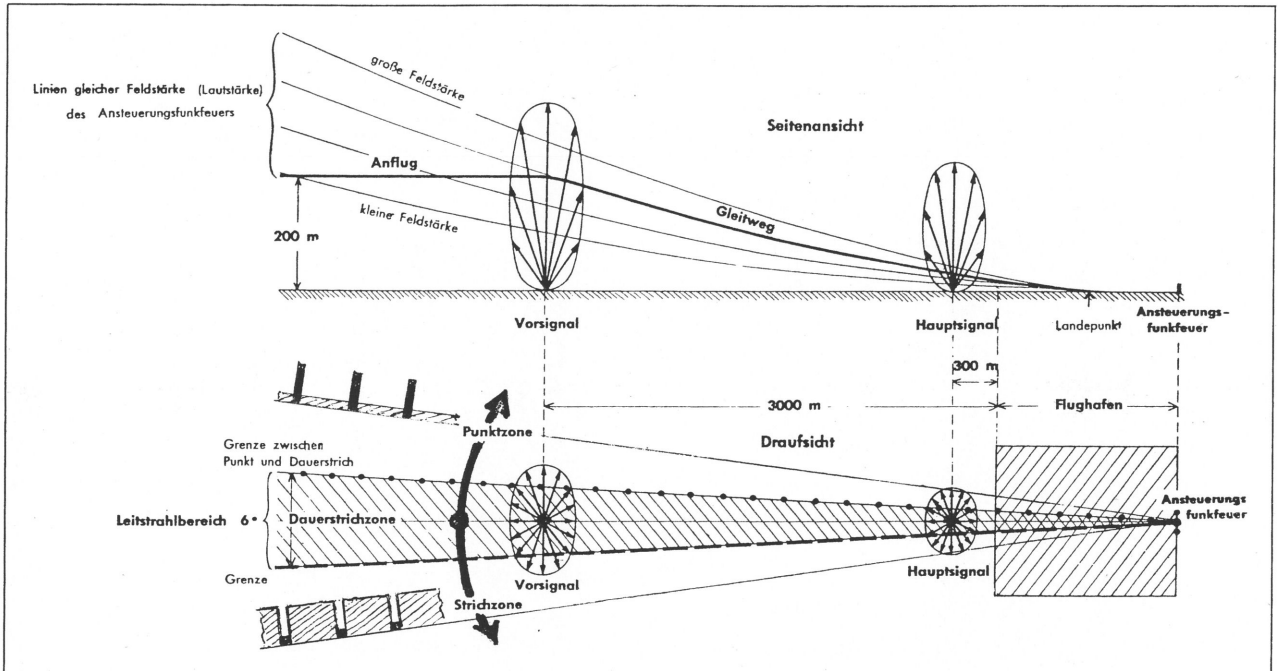
- Abweichungen (links/rechts) von der Sollrichtung durch einen Leitstrahl,
- Abweichungen (hoch/tief) vom vertikalen Sollgleitwinkel durch einen sog. »Gleitweg«,
- zwei (oder mehr) festgelegte Entfernungsangaben zum Aufsetzpunkt durch Vor- und Haupt-Einflugzeichen.

Die DVL (*Gloekner*) baute 1931, angeregt durch entsprechende amerikanische Versuche, in Berlin einen *Gleitwegsender* mit Richtantenne auf 64 MHz auf. An Bord des Versuchsflugzeuges Fw »Bussard« war ein Gleitwegempfangsgerät installiert, bestehend aus horizontalem Empfangsdipol mit Detektor, Verstärker und Anzeigegerät für die Feldstärke. Bei Erreichen eines bestimmten Feldstärkewertes, der einer festgelegten Entfernung zum Aufsetzpunkt entsprach, sollte das Flugzeug unter Einhaltung dieses Feldstärkewertes absteigen und sich so in einer Abfangkurve dem Boden nähern. Wegen zu großen Einflusses der wetterabhängigen Bodenleitfähigkeit auf die gemessene Feldstärke wurden die Versuche abgebrochen.

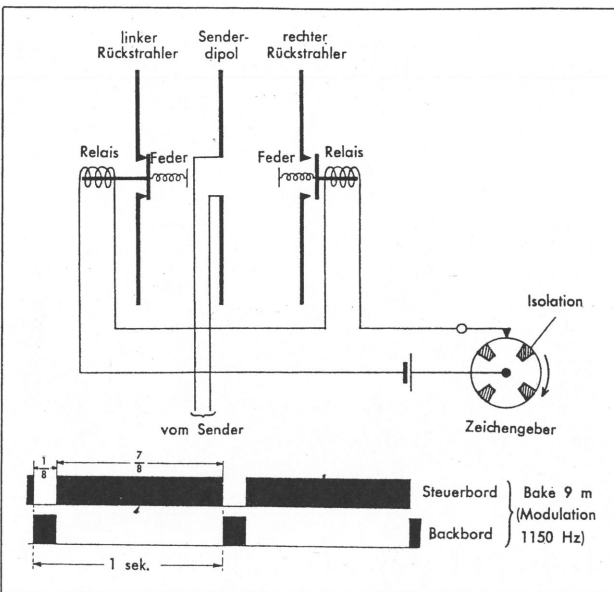
Funklandeanlagen vor 1945

Die Bodenanlage

Die Firma C. Lorenz AG (*Dr. E. Kramar*) begann in den Jahren 1932/33 mit der Entwicklung einer UKW-Landeleitstrahlanlage. Am Ende der Landebahn stand der Leitstrahlsender, damals Ansteuerungsfunkfeuer (AFF) genannt. Sein 500 W-Sender war einstellbar für Frequenzen zwischen 30,0 und 33,3 MHz und war mit einem Dauerton



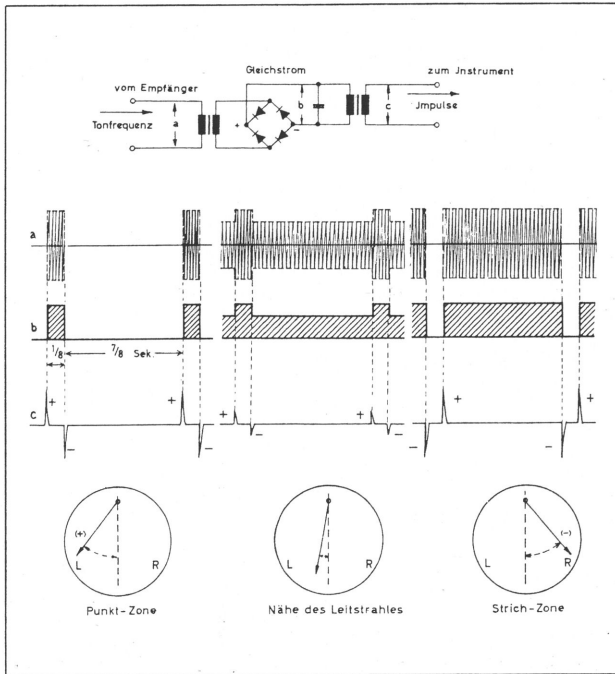
Seitenansicht und Draufsicht auf die Sender einer Funklandeanlage und ihre Diagramme. System Lorenz 1933.



1 150 Hz moduliert. Er speiste einen vertikalen Sendedipol. In $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Abstand links und rechts davon befand sich je ein Reflektordipol, dessen Mitte durch einen Relaiskontakt unterbrochen und damit wirkungslos gemacht werden konnte. Durch abwechselndes Öffnen bzw. Schließen der Relais im Rhythmus der Morsezeichen E (= Punkt) bzw. T (= Strich) ergaben sich nacheinander zwei Anten-

◀ Leitstrahlerzeugung bei der Funklandeanlage: Antenne mit Punkt/Strich-Tastung der Reflektoren.

nendiagramme, die sich teilweise überlappten und so eine vertikale Leitebene bildeten (im Sprachgebrauch damals »Leitstrahl« genannt). Der Flugzeugführer suchte zum Platzanflug in 200 m Höhe über Grund diesen Leitstrahl auf, dessen Öffnungswinkel etwa $\pm 3^\circ$ entsprach. Auf diesem hörte er einen Dauerton, bei Abweichungen nach links immer deutlicher eine Punkt-Tastung, nach rechts eine Strich-Tastung. Gleichzeitig erfolgte eine Anzeige auf einem Instrument (als sog. »Zuckanzeige«, s. S. 99). Ein weiterer horizontal angeordneter Zeiger diente zur Anzeige der Feldstärke des Leitstrahlsenders als grobe Anzeige der Entfernung. Bei Überflug des 3 km vor der Landebahn aufgestellten Vor-Einflugzeichensenders (VEZ), der auf 38,0 MHz mit 5 Watt Leistung fächerförmig nach oben strahlte, wurde ein langsam getasteter tiefer Ton (700 Hz) hörbar, wobei auch eine Glühlampe im Anzeigegerät aufleuchtete. Hier mußte nun der Sinkflug unter Beibehaltung der Feldstärkenanzeige des horizontalen Zeigers eingeleitet werden. Der Überflug des 300 m vor der Landebahn aufgestellten Haupt-Einflugzeichensenders (HEZ, ebenfalls 5 W Leistung auf 38,0 MHz) wurde als schnellgetasteter hoher Ton (1700 Hz) und abermaliges Aufleuchten der Glühlampe kenntlich gemacht. Eine gewisse Bodensicht



Zielfluganzeige bei den Funklandegeräten: Die tonfrequenten Signale a) werden zuerst in Gleichstromsignale b) und dann in Impulse c) umgewandelt.

war beim Landeanflug trotzdem noch erforderlich, da ja noch keine echte Führung in der Vertikalebene = Gleitweg vorgesehen war.

Bordanlagen

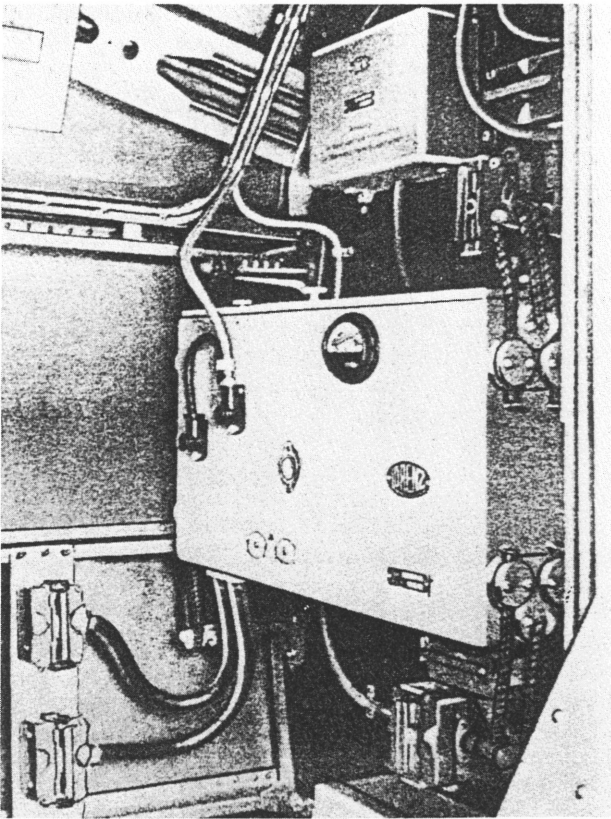
Als zugehörige Bordanlage, ursprünglich »Funk-Blindlandegerät« (= FuBl), später realistischer Funklandegerät genannt, wurde bei der DLH zunächst der Typ *EB 1* von Lorenz (*Dr. E. Kramar, Dr. Johannsen*) eingeführt. Es bestand aus einem Zweikreis-5-Röhrenempfänger für den Leitstrahl mit Stabantenne, einem separaten Audion mit Dipolantenne auf der Rumpfunterseite für den Empfang der beiden Einflugzeichensender, einem Batteriekasten, einem Bediengerät und ein bis zwei Anzeigeeinstrumenten. Bereits ein Jahr später wurde diese mit sechs Batterieröhren bestückte Anlage ersetzt durch die Anlage *EB 2*, deren Doppelpfänger BSE g (mit sechs Röhren NF 2, ähnlich der CF 7), von einem Umformer gespeist wurde.

An Bord war die Zielfluganzeige infolge der Punkt/Strich-Tastung einfach zu erzeugen: Die tonfrequente Empfängerausgangsspannung wurde an eine Gleichrichterbrücke geleitet. Auf dem Leitstrahl ergänzten sich die entstehenden Gleichstromzeichen für Punkt (Strom

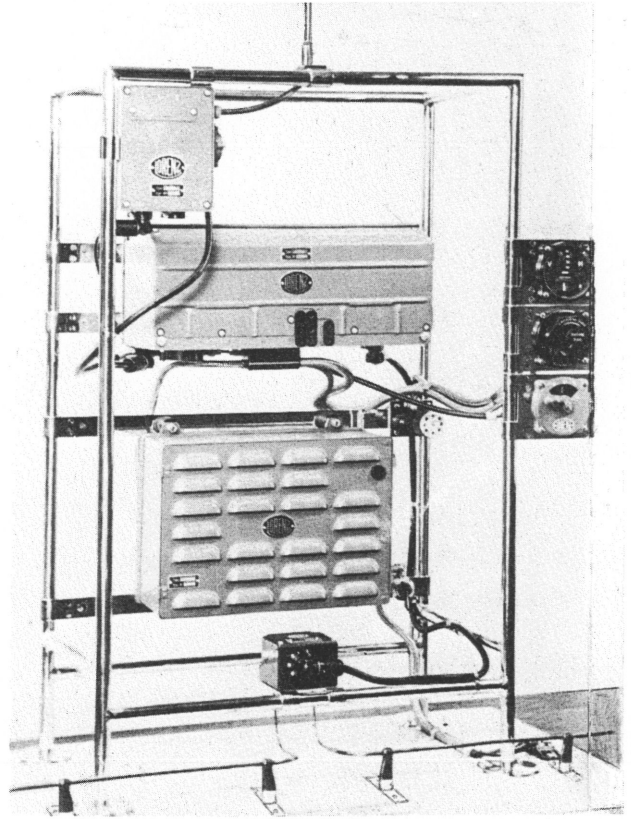
von $\frac{1}{8}$ Sekunde Dauer) und für Strich (von $\frac{7}{8}$ Sekunden Dauer) zu einem Dauersignal. Überwog bei einer Flugzeugposition seitlich des Leitstrahls die Punkt-Tastung, so stieg der Gleichstrom für $\frac{1}{8}$ Sekunde auf einen höheren Wert. Nach Differenzierung in einem Transformator entstand so am Anfang des Morsesepunktes ein positiver, am Ende des Punktes ein negativer Impuls. Darauf folgte eine »Pause« von $\frac{7}{8}$ Sekunden. Auf der anderen Seite des Leitstrahles war der Strom für den Punkt schwächer als der für den Strich, so daß nach der Differenzierung zuerst ein negativer und dann erst ein positiver Impuls entstand. Das Zielfluginstrument war nun so konstruiert, daß ein positiver Impuls den vertikalen Zeiger kurzzeitig nach links, ein negativer aber nach rechts ausschlagen ließ. Durch besondere Formgebung des Magnetringes wurde erreicht, daß der Zeiger in ausgelenktem Zustand jeweils auf den zweiten, in $\frac{1}{8}$ Sekunde Abstand folgenden Impuls nicht ansprach. Man erreichte so eine einwandfreie Zuordnung der »Zuckanzeige« nach links bei Punkt- und nach rechts bei Strich-Tastung, wobei die Ausschläge bei Annäherung an den Leitstrahl immer kleiner wurden.

In den Jahren 1934/35 entwickelte auch die Firma Telefunken GmbH eine Landeleitstrahlanlage nach den gleichen Spezifikationen, desgl. für die Flugzeuge eine Funklandanlage *119 N = Stat. 278 F*. Der zugehörige Doppelpfänger E 408 N2/36 (bestückt mit 6 Röhren NF 2) wurde mit Umformer betrieben. Diese ebenfalls bei der DLH eingeführte Anlage wurde auch bei der Luftwaffe in kleiner Serie in Wetterflugzeugen Fw 58 als Anlage *FuBl I(T)* eingesetzt. Sie wies gegenüber dem Typ 119 N wieder Kabelschwänze am Gerät auf. Eine Weiterentwicklung mit Wehrmächtsröhren RV 12 P 2000 war der *E 455 F2/41*, der anscheinend nur in Mustern 1941 zur DLH gelangte.

Die Firma C. Lorenz AG entwickelte ab 1937 nach Spezifikationen der Luftwaffe ein Funklandegerät *FuBl I* (später FuBl 1 geschrieben) mit der Werksbezeichnung *EB 3*, das wieder zwei getrennte Empfänger, den EBI 1 (Zweikreis mit $2 \times$ NF 2 für 2 einstellbare Frequenzen im Bereich 30,0–33,3 MHz der Leitstrahlsender) und den EBI 2 (Audion mit $5 \times$ NF 2 für den Empfang der Einflugzeichensender auf 38,0 MHz und vier Verstärkerstufen für die Anzeige) aufwies. Mit diesem Gerät, das in seiner Bauweise mit Kabelschwänzen zu jener Zeit bereits etwas veraltet war, wurden bis 1941 alle mehrmotorigen Flugzeuge der Luftwaffe ausgerüstet. Für den EBI 1 wurde eine Stabantenne benutzt, die meist im Kunststoffmast für die FuG III- oder FuG 10-Antenne untergebracht war, wobei eine Weiche im Anpaßgerät es ermöglichte, den Stab gleichzeitig als Hilfsantenne für den Peiler PeilG V zu verwenden. Für den EBI 2 war längs unter dem Rumpf eine Dipolantenne vorgesehen, (die jedoch oft durch Steinschlag beim Rollen beschädigt wurde). Das Anzeigegerät AFN 1 war auf FuBl I oder das PeilG V umschaltbar, ebenso der Umformer U 8.

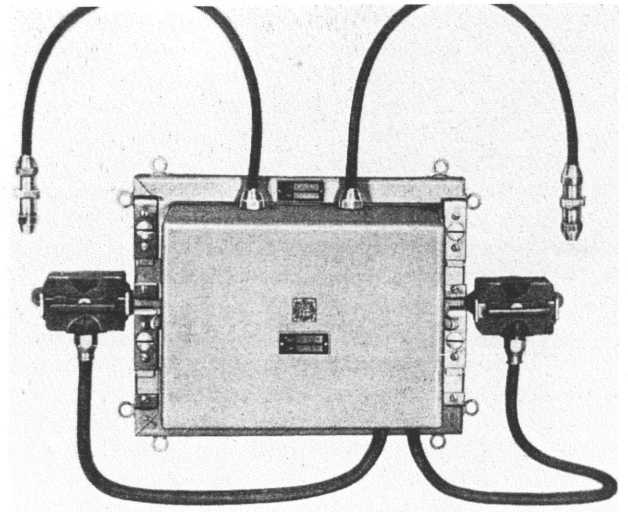
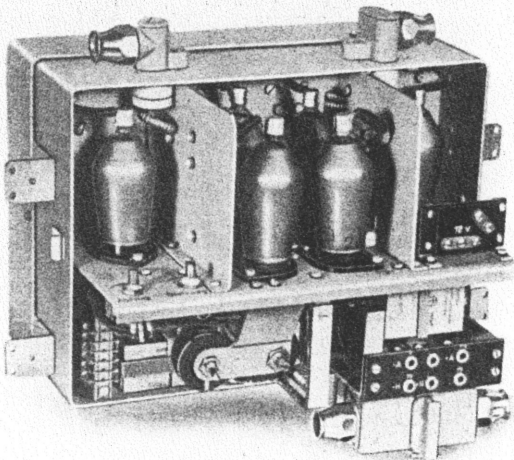


Erstes UKW-Funklandegerät »EB 1« von Lorenz 1933 mit Bakenempfänger, Einflugzeichen-Empfänger und Filter.

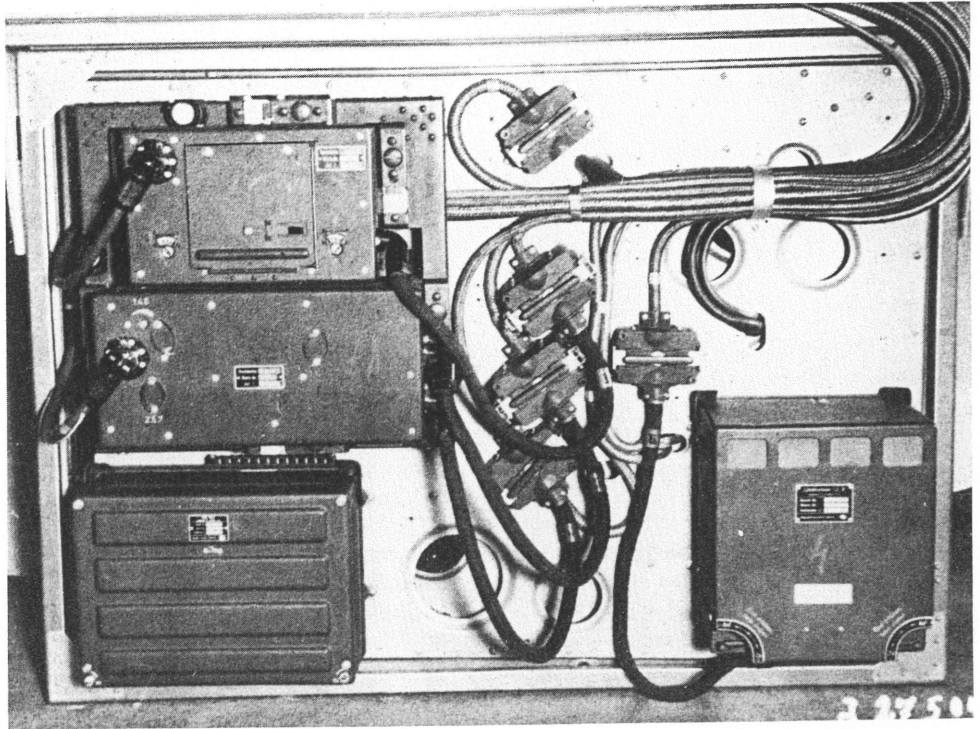


Zweites UKW-Funklandegerät »EB 2« von Lorenz 1935 mit Doppelpfänger. Umformer, Fernbedienung und Antennen (Stab und Dipol).

Doppelpfänger der UKW-Landeanlage »Stat. 119 N = FuBI I/T« von Telefunken 1935.



Funklandeanlage »FuBl I« von Lorenz 1938: Bakenempfänger EBl 1 (oben), EFZ-Empfänger mit Auswerteteil EBl 2 (mitte) und Umformer U 8 (rechts). (Links unten EiV-Verstärker = RG 10 des FuG 10, Gerätetafelrückseite in Ju 290).



Weitere Bodenanlagen

Die Firma Lorenz griff in den Jahren 1937/38 nochmals die Entwicklung von Gleitwegsendern für die vertikale Führung des Flugzeugs auf. Der erste (patentierete) Vorschlag von Dr. Kramar sah zwei übereinander angeordnete Antennen vor, die wechselweise getastet werden sollten. Durch Spiegelung am Erdboden können so zwei Vertikaldiagramme erzeugt werden, deren Schnitt eine unter dem gewünschten Winkel (ca. 3°) ansteigende Leitebene darstellt. Dieser, damals nicht in die Praxis umgesetzte Vorschlag wurde 1940 nochmals in den USA erfunden und eingeführt als Teil des Instrumenten-Landesystems (Instrument Landing System ILS). Der zweite Vorschlag wurde auf dem Flughafen Leipzig erprobt: Es wurde seitlich der Landebahn von einem 100 W-UKW-Sender auf 35,8 MHz ein horizontales Doppeldiagramm abgestrahlt, das in der vertikalen Leitebene einen gradlinigen Gleitweg mit konstanter Feldstärke ergab. Die Arbeiten wurden bei Kriegsbeginn abgebrochen.

Im Jahre 1938 wurde übrigens südlich München ein UKW-Landeleitstrahlsender in Ost-West-Richtung aufgebaut, der als sog. »Alpen-Funkfeuer« mit seiner Punktzone das Flachland, mit der Strichzone die gebirgige Gegend kennzeichnete. In Berlin wurde ein auf 80 W verstärkter Einflugzeichensender mit großer Antenne als »UKW-Wartfunkfeuer« errichtet.

Von der Fa. Lorenz wurden in den Jahren 1937/39 auch auf den wichtigsten Flughäfen des Auslandes UKW-Landeanlagen installiert. Außerdem wurden z.B. in Australien UKW-Landeleitstrahlsender auf hohen Türmen zur Kennzeichnung der Luftstraßen aufgestellt, auf denen das Funklandegerät an Bord etwaige Ablagen sofort angab. An Stellen, wo geknickte Leitstrahlen erforderlich waren, konnte man durch geeignete Phasenverschiebung in den getasteten Reflektoren auch Leitstrahlen vor und hinter der Antenne erzeugen, die einen stumpfen Winkel zueinander bildeten. Der Kriegsausbruch verhinderte eine weitere Verbreitung des deutschen Verfahrens im Ausland.

Nachzutragen bleibt noch, daß die UKW-Landeanlagen, wenn das Gelände es zuließ, den Anflug aus zwei Richtungen (z.B. 90° und 270°) erlaubten, wobei natürlich dann bei einer Richtung die Punkt- und Strichsignale vertauscht waren bzw. am Instrument statt der »Situations-« oder »Ablagefehleranzeige« eine »Kommandoanzeige« (nach links/rechts steuern!) erfolgte. Bei beiderseitiger Nutzung des Leitstrahles mußten auch auf beiden Seiten Vor- und Haupteinflugzeichen aufgestellt werden. Bei einer Strahlungsleistung des Leitstrahlsenders von 500 W war für ein in 200 m Höhe fliegendes Flugzeug eine Reichweite von 30 km zu erwarten.

Automatische Bordanlagen

Im Jahre 1941 entwickelte die Fa. Siemens-LGW (*P. E. Köster*) eine automatische Bordnavigations- und Blindlandeanlage = »BL-Anlage«. Sie umfaßte folgende (auch einzeln einsetzbare) Teile:

Dreirudersteuerung DK 12,

Kursteil, bestehend aus

Peilzusatz zum Peilgerät PeilG V,

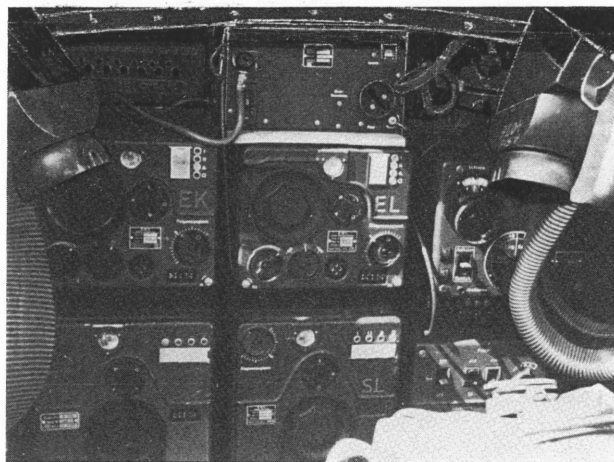
Bakenzusatz zum Funklandegerät FuBI I,

Höhenteil für Funkhöhenmesser FuG 101.

Diese erweiterbare Anlage erlaubte u. a. eine automatische Peilung, Zielflug, automatisches Kreisen um ein Funkfeuer usw. Ein Landebakenanflug geschah auf folgende Weise: Das Flugzeug flog den Platz mit Kursteil, d. h. mit automatischer Seitensteuerung und ausgeschaltetem Höhenteil, in 150 m Höhe an. Bei Überfliegen des Voreinflugzeichens wurde der Höhenteil eingeschaltet, worauf das Flugzeug automatisch auf 50 m Flughöhe ging und diese weiterhin einhielt. Beim Überfliegen des Haupteinflugzeichens nahm der Flugzeugführer das Gas weg. Von da an erfolgte die Landung bis zum Ausrollen selbsttätig. Nach erfolgreicher Erprobung im Sommer 1941 in verschiedenen Flugzeugmustern mußten die Arbeiten »zurückgestellt« werden.

Verbesserte Bordgeräte (FuBI 2, FuG 125)

Ab Mai 1940 waren für die Kampfflugzeuge im Westen zur Kennzeichnung von An- und Rückmarschwegen und zur Markierung des Zieles durch einen kreuzenden Leitstrahl von Telefunken (*Lohmann*) entwickelte UKW-Leitstrahlanlagen »Knickebein« (s. hierzu weiter unten) eingesetzt worden, die im Bereich der Funklandeanlage FuBI I (30,0–33,3 MHz) arbeiteten. Da der EBI 1 als Zweikreiser für die neue Anwendung zu unempfindlich war (Reichweite ca. 200 km in 6500 m Flughöhe) und außerdem nur für 2 Frequenzen voreinstellbar war, die bald vom Gegner gestört wurden, mußte er durch ein empfindlicheres Gerät ersetzt werden. Die Firma Lorenz (*Dr. Kloepfer*) entwickelte daher aus mechanischen Bausteinen des FuG 17 einen Siebenröhren-Überlagerungsempfänger *EBI 3 H* (H = handbedient, mit sieben Röhren RV 12 P 2000). Er konnte auf 34 Frequenzkanäle (im Bereich 30,0–33,4 MHz) abgestimmt werden und erlaubte nun in 6500 m Höhe Reichweiten zwischen 500 und 600 km gegen »Knickebein«-Anlagen. Der neue Empfänger konnte im Rahmen seines Vorgängers eingehängt werden und war zur Erleichterung der Umrüstung noch mit einem Kabelschwanz versehen. Wenn dieser Ort vom Funker nicht direkt erreichbar war, wurde der EBI 3 einfach auf einen FuG 10-Empfänger gesetzt und mit einem Riemen festgeschnallt. Die verbesserte, nun aus EBI 3 und EBI 2 bestehende Anlage bekam die Bezeichnung *FuBI 2 H*. Später entstand noch eine elek-



Funkerplatz in Ju 88 mit »FuG 10, PeilG V und FuBI 2 H«, wobei der Empfänger EBI 3 H auf dem Langwellenempfänger mit einer Schlaufe befestigt ist.

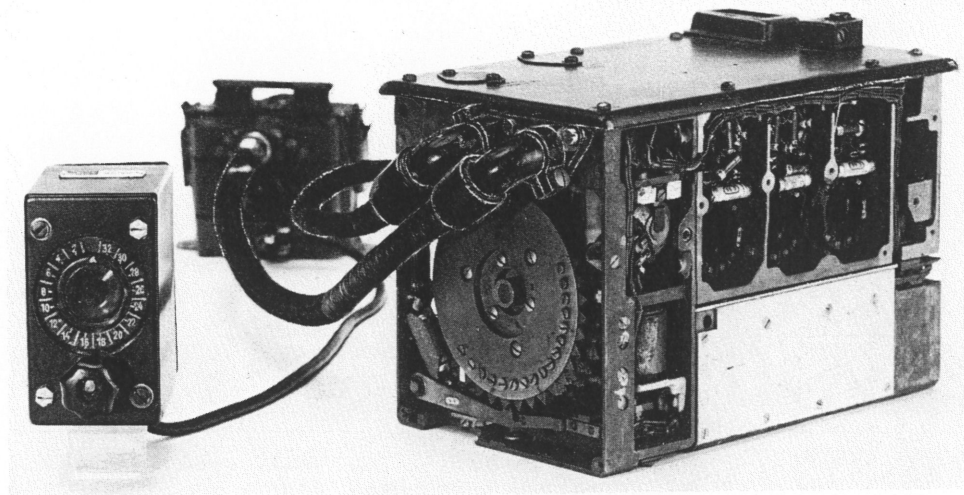
trisch fernbediente Version des neuen Empfängers, der EBI 3 F. Er konnte nun an beliebiger Stelle im Flugzeug eingebaut werden. Ein kleines Fernbediengerät erlaubte die Fernwahl von 33 Kanälen durch Betätigung des Schrittschaltwerkes auf der Abstimmungsachse des Empfängers. Eine Rückmeldung zeigte den eingestellten Kanal an. Diese Anlage hieß nun *FuBI 2 F*. Eine Version *FuBI 2 G* besaß eine zusätzliche Feinabstimmung, ging aber anscheinend nicht in Serie.

Bei neu angelieferten Flugzeugen war die Dipolantenne auf der Rumpfunterseite durch eine eingebaute Rumpfanregungsschleife ersetzt, die kaum mehr durch Steinschlag bei Start und Landung beschädigt werden konnte. Als Zielfluginstrument wurde nun allgemein das kleinere AFN 2 verwendet, das auch auf das Peilgerät und das UKW-Zielfluggerät umschaltbar war.

Die Firma Lorenz entwickelte außerdem noch ein sehr kompaktes Funklandegerät *EB 4 = FuBI 3* in FuG 10-Technik. Aus nachschubtechnischen Gründen konnte sich jedoch die Luftwaffe nicht zu dessen Einführung entschließen, um die laufende Produktion für FuBI 2 und das nachfolgend genannte Gerät nicht zu stören. Vom Gerät FuBI 3 sind außer Hinweisen in Listen keine Unterlagen oder Geräte erhalten geblieben.

Im Zusammenhang mit der weiter unten besprochenen Entwicklung des UKW-Sprechdrehfunkfeuers »Hermes« entstand bei der Firma Lorenz (*Dr. Kramar*) ein UKW-Funkfeuerempfangsgerät *FuG 125 »Hermine«*. Es bestand aus einem Empfänger EBI 3 F mit Fernbediengerät FBG 2, einem kleinen Verstärker V 3 a (ersatzweise V 3 oder ZV 3) und einem kleinen Lautstärkereger. Als Antenne wurde einfach die Empfangsantenne des FuG 16 ZY in Parallelschaltung benutzt. Dieses für einsitzige Schlechtwet-

Fernbedienter Empfänger
EBI 3F der Anlage »FuBl
2F« mit Fernbediengerät
FBG 2 für Kanalwahl und
Rückmeldung.



terjäger vorgesehene Gerät wurde noch ergänzt durch einen Zuckanzeigezusatz ZuG 125 (als Ersatz für die Ausgangsschaltung des hier fehlenden EBI 2), so daß es auch als »entfeinertes« Funklandegerät benutzbar war. Am 14. Sept. 1944 wurden bei der Staßfurter-Rundfunk-GmbH noch 18000 Empfänger EBI 3 F für das FuG 125 bestellt. Die Dringlichkeit der übrigen Geräte (V 3 a, ZuG 125 usw.) war jedoch zu niedrig eingestuft, so daß in den letzten Kriegsmonaten kaum viel mehr als ein Dutzend Me 109, Fw190, Ta 152 und Do 335, desgleichen etwa 15 Me 262 mit eingebautem FuG 125 zur Truppe kamen.

Eine Gerätekombination FuG 16 ZY + FuG 125 bot folgende Möglichkeiten:

FuG 16 ZY	Sendung und Empfang im Gegenprechverkehr + E-Messung
38,5–42,3 MHz	Empfang von Drehfunkfeuern im FuG 16-Bereich Instrumentenzielflug auf Bodenstelle oder anderes Flugzeug
FuG 125	Empfang von Drehfunkfeuern im FuBl 2/ FuG 125-Bereich
30,0–33,3 MHz	Empfang von Reportage- (= Luftlage-) Meldungen Instrumentenzielflug auf Leitstrahl von UKW-Leitstrahlanlagen Instrumentenzielflug und Landung mit UKW-Landanlagen

Jäger-Landeverfahren

Im »Jägernotprogramm«, das Ende 1944 aufgestellt wurde, war das FuBl 2 nur noch bei dem Nachtjäger Ju 88 vorge-

sehen, da bei den übrigen Flugzeugen (Ar 234, Do 335, Me 109, Me 262 und Ta 152) der EBI 3 bei der dort vorgesehenen Funknavigationsanlage FuG 125 enthalten war. Dies bedeutete, daß bei der Mehrzahl der Flugzeuge der EBI 2 zum Empfang der Einflugzeichen fehlen würde. Um trotzdem beim UKW-Landeverfahren wenigstens eine akustische Anzeige beim Überfliegen von Vor- und Haupteinflugzeichen zu haben, wurden diese in ihrer Frequenz von 38,0 MHz auf den Bereich des UKW-Leitstrahlsenders (30,0–33,3 MHz) umgebaut. Sie konnten dann auf der gleichen Frequenz wie der jeweilige Leitstrahlsender ihre Kennung abstrahlen.

Im Verlauf des Überganges zu sog. »Jäger-Landeverfahren« wurde außerdem der Leitstrahlsender (AFF) gegenüber bisher bis zu 40 km entfernt hinter der Landebahn aufgestellt. Außerdem wurden die auf der gleichen Frequenz wie das AFF strahlenden Einflugzeichensender VEZ und HEZ von 3 km auf 20 km und von 750 m auf 3 km vom Platzrand verlegt. Der Pilot konnte so den Platzanflug bei Schlechtwetterbedingungen bereits über den Wolken beginnen und die Wolken in geradem Flug (ohne Blindflugkurve) durchstoßen. Durch die neue Lage der Einflugzeichensender blieb auch mehr Zeit für Höhenkorrekturen. Dies ermöglichte auch jungen, oft nur notdürftig ausgebildeten Jägerpiloten eine weniger riskante Schlechtwetterlandung.

Auswerte- und Aufschaltgeräte

Zusammen mit der Entwicklung der Flugregler entstanden auch verschiedene Verfahren für die Aufschaltung von Funksignalen, insbesondere von Leitstrahlen auf den Flugregler, die somit eine Art Fernlenkung darstellten. Dazu benötigte man an Bord sog. »Auswertegeräte« (Beispiele