

graphen herausgenommene Bildsynchronsignal eines Normtaktgebers. In Bild 6l wird die $1/4$ -Zeilentreppe über die Bildfrequenz aufgelöst. Diese durchlaufende Treppe läßt Nichtlinearitäten besonders gut erkennen.

4. Fernseh-Überwachungsanlagen

Bild 7 zeigt ein zweibuchtiges Meßgestell für die Überwachung von Fernseh-Rundstrahlendern, das den Prüfsignalgeber 3 W 415 als Impulsspannungsquelle enthält. Neben einem die Messungen sehr vereinfachenden Bedienungsfeld sind in diesem Gestell noch folgende Geräte enthalten: Kontroll-oszillograph als Anzeigegerät, ein Differenzmeßgerät zur Messung der Fehlerkurve, und Stromversorgungssteile. Ein Pegelmessgerät für den Fernseh-Trägerfrequenzbereich, der zur Ausmessung des Einseitenbandspektrums des Senders dient, ein Pegelsender zur Modulation des Fernsehsenders über den Prüfsignalgeber mit einem BAS-Signal, das Sinuswellen als B-Signal enthält, ein Linearitätsmeßgerät zur Messung der Linearität des Video-Vorverstärkers und der Modulationsstufe des Fernsehsenders, und ein Fremdspannungsmessgerät zur Messung von Fremdspannungen (Netzbrumm, Ton durch Einstreuung vom Tonsender, Rauschen usw.).

Ähnliche Überwachungsanlagen wurden für Breitband-Richtfunk-Systeme und Koaxial-Systeme gebaut [6].

Die hier kurz beschriebenen vollständigen Meßgestelle und Überwachungsanlagen sind bereits einige Zeit in Verwendung [6]. Sie waren die ersten dieser Art, die im praktischen Fernsehbetrieb eingesetzt wurden. Die Erfahrungen, die man mit ihnen sammeln konnte und die man in Zukunft verwerten wird, dienen dem weiteren schnellen Fortschritt der Fernseh-technik.

Literaturnachweise:

- [1] Bedford, A. V., and Fredendall, G. L.: Transient response of multistage video-frequency amplifiers. Proc. Inst. Radio Eng. 27, S. 277—284 (1939).
- [2] Bedford, A. V., and Fredendall, G. L.: Analysis, synthesis, and evaluation of the transient response of television apparatus. Proc. Inst. Radio Eng. 30, S. 440—457 (1942).

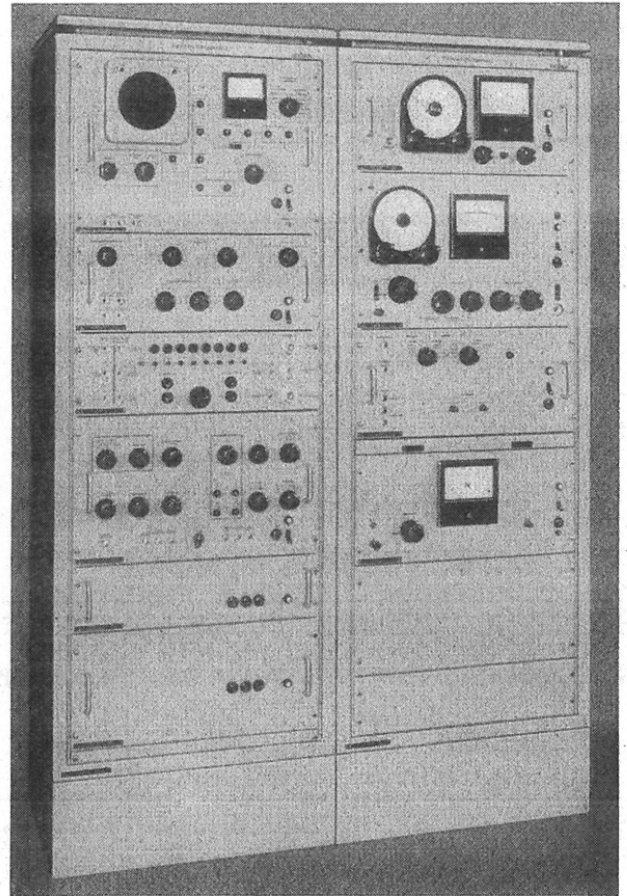


Bild 7. Meßgestell für Fernseh-Rundstrahler

- [3] Müller, J.: Über den Zusammenhang von Einschwingverhalten und Bildgüte bei Fernseh-Übertragungssystemen. FTZ 6, S. 320—324 (1953).
- [4] Ackland-Snow, P. E., and Gledhill, G. A.: A waveform generator and display unit for the testing of a television channel. Proc. Inst. Electr. Eng. Part IIIa (Television) 99, S. 332—337 (1952).
- [5] Macek, O.: Fernsehempfänger-Meßtechnik, Teil 5 ATM V 373-9, S. 205 (1954).
- [6] Kühnemann, K., u. Kopainsky, Meßgeräte für die Fernseh-Übertragungstechnik. Siemens-Z. 29, S. 120—122 (1955).
- [7] Bath, F., u. Kaden, H.: Über die Verzerrungen von Fernsehsignalen infolge von Dämpfungs- und Phasenverzerrungen der Übertragungsleitung. Archiv elektr. Übertr. 8, H. 3, S. 185—198 (1954).

Beiträge der Firma Siemens zur Flugsicherungstechnik und Luftfahrt-Elektronik in den Jahren 1930 bis 1945

Von H. J. Zetzmann

Fortsetzung aus „Frequenz“ Bd. 9 (1955), Heft 10, S. 360

IV. Navigation

1. Peilrahmenantenne mit Eisen

Die Bedeutung einer Rahmenantenne für die Aufgaben der Eigenpeilung an Bord des Flugzeuges und für den Funkkompaß ist bekannt. Damit die Feldstärke in der Umgebung des Rahmens möglichst groß und ungestört ist, bringt man die Antenne auf der Außenhaut des Flugzeuges vorzugsweise auf der Oberseite des Rumpfes an. Dadurch entsteht aber ein herausragender Bauteil, der aerodynamisch unerwünscht ist, weil er bei großen Fluggeschwindigkeiten erheblich hem-

mend wirkt. Eine verkleidete Unterbringung in der Kanzel hat meist eine starke elektrische Beeinträchtigung zur Folge, die nicht ausreichend kompensierbar ist. Bei der Außenanbringung wird außerdem die Antenne selbst mechanisch durch den Fahrtwind sehr stark beansprucht, was ihre Drehung unter den Kräften der Luftströmung erschwert. Auf Anregung der Telefunken GmbH wurde bei Siemens & Halske 1937 ein Peilrahmen mit ferromagnetischem Kern entwickelt.

Die Schärfe des Peilminimums ist von der Effektivhöhe der Rahmenantenne abhängig. Diese ist ihrer-

seits wieder proportional der Fläche und der Windungszahl des Rahmens. Diese beiden Faktoren sind aber auch maßgebend für die Induktivität der Rahmenantenne, die mit Rücksicht auf die Anpassung an das Peilgerät einen bestimmten Wert aufweisen muß. Zur Verkleinerung der Rahmenfläche wurden ferromagnetische Kerne entwickelt, die aus feinstem Eisenpulver bestehen. Die auf gleiche Induktivität bezogene Steigerung der Rahmenspannung betrug etwa 3. Die Rahmenfläche konnte also so weit verkleinert werden, daß in ihr nur eine Spannung von $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Wertes induziert zu werden braucht. Diese Verkleinerung der Antenne liefert als weiteren Vorteil eine wesentliche Verringerung der statischen Komponente. Bild 34 zeigt das Ergebnis der ersten Ent-

Es wurden mit Erfolg auch Eisenrahmen für Kurzwellen- und UKW-Bereiche entwickelt. Da sich auf dem Gebiete der magnetischen Kunststoffe in den letzten Jahren ein großer Fortschritt gezeigt hat, ist

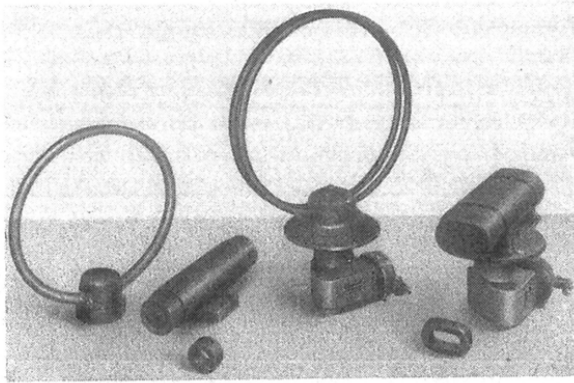


Bild 34. Gegenüberstellung von Luft- und Eisenrahmen für Flugzeuge (PRE III u. IV)

wicklungsphase, das Ausführungsformen von Luft- und Eisenrahmen gegenüberstellt. Die Windungen beim Eisenrahmen waren auf eine Isolierstoffhülse aufgewickelt. Im Inneren der Hülse befand sich der magnetische Pulverkern. Er bestand aus 12 Stück ringförmiger Kernlamellen mit einer Anfangspermeabilität von etwa $55 \mu_0$. Einige Windungen waren auf verstellbaren Isolierstoffteilen aufgewickelt. Durch Verschieben dieser Windungen in axialer Richtung konnte die Induktivität des Rahmens sehr genau auf den vorgesehenen Sollwert abgeglichen werden. Diese Drehrahmen, mit dem Gewichtsverhältnis Luftrahmen zu Eisenrahmen von 1 : 8, waren noch auf der Außenhaut angebracht und wurden durch eine Plexiglashaube abgedeckt. Eine spätere Konstruktion, PRE VI, die flacher und auch leichter geworden war (Gewichtsverhältnis 1 : 4) wurde in eine flache Blechwanne eingebaut, die flächengleich zur Außenhaut angebracht war. Der Wellenbereich dieser Antenne ging von 200 bis 2000 m.

Für die sogenannte „Kurzzeitpeilung“ waren Peilrahmen mit automatischem Nachlauf von Wichtigkeit, die sich sofort auf die Richtung des fernen Senders einstellten. Um eine Drehung des Rahmens zu vermeiden und einen automatischen Nachlauf mit hoher Geschwindigkeit, etwa $200^\circ/\text{sec}$, zu erzielen, wurde ein Kreuzrahmen entwickelt, der mit einem Goniometer zusammenschaltbar war. Bild 35 zeigt einen Kreuzrahmen, Bild 36 die Wanne mit dem Goniometer von unten gesehen. Links unten ist die Einstellung der Kompensation des sogenannten viertelkreisigen Beiwertes angebracht (Funkbeschickung).

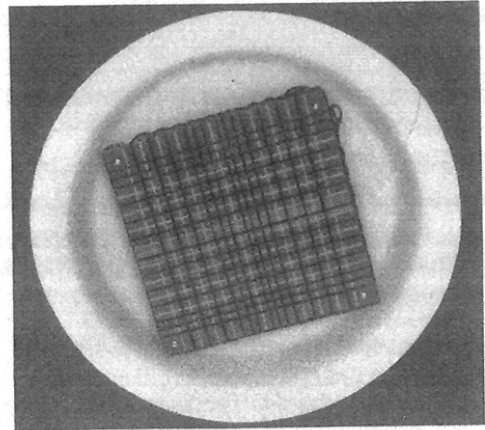


Bild 35. Kreuzrahmen mit Eisen

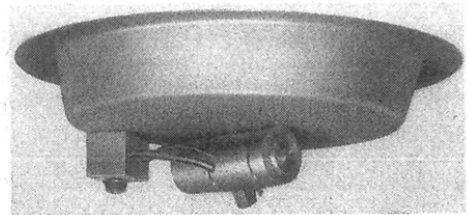


Bild 36. Einbau-Wanne für Kreuzrahmen mit Goniometer

es erstaunlich, daß die damaligen Entwicklungen der Peilrahmenantennen mit Eisen nicht in großem Stile nach dem Kriege fortgesetzt worden sind, um so mehr, als sich die Peilrahmenantenne, die eines der ältesten Grundelemente der Flugsicherung ist, auch heute noch auf jedem modernen Flugzeug behauptet. Bis Kriegsende wurden von Siemens etwa 100 000 Stück von Peilrahmenantennen mit Eisen gefertigt.

2. Bordanzeigegerät für Drehfunkfeuer

In Deutschland lag in den letzten Jahren vor dem Kriege ein Vorschlag für ein Drehfunkfeuersystem (Telefunken) vor, dessen Einsatz bei Kriegsausbruch zunächst zurückgestellt wurde. Für dieses Drehfunkfeuer FuG 120 („Bernhard“) war das Bordanzeigegerät nach dem Prinzip des Siemens-Hell-Schreibers entwickelt worden. Während des Krieges wurde die Einführung des Funkfeuers erneut aufgegriffen und eine verbesserte Anzeigevorrichtung eingeführt (Peilschreiber St. emp. Ib).

Bei diesem Navigationsverfahren arbeitete die Sendantenne des Drehfunkfeuers (Bild 37) als Richtstrahler mit zwei getrennten übereinanderliegenden Strahlerwänden und machte zwei Umdrehungen in der Minute. Das Strahlungsdiagramm der unteren Antenne diente zur Richtungsbestimmung und bildete zwei dicht nebeneinander liegende Keulen, zwischen denen ein scharfes, bis auf Null einziehendes Strahlungsminimum lag. In Richtung dieses Strahlungsminimums strahlte die obere Antenne auf einer zweiten Frequenz ihre maximale Strahlung aus. Die Frequenzen lagen so eng

benachbart, daß sie an Bord des Flugzeuges in einem Kanal des UKW-Empfängers, der genau auf Bandmitte abgestimmt war, empfangen werden konnten.

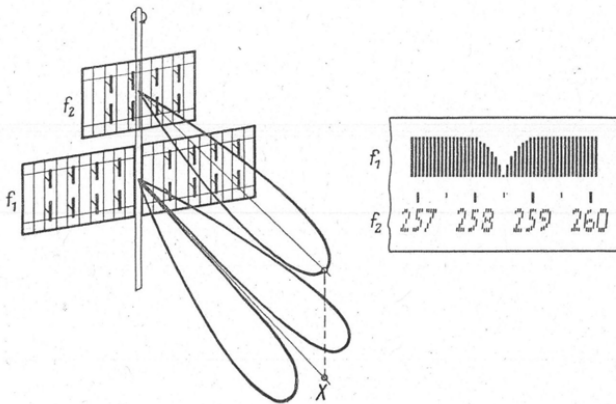


Bild 37. Drehfunkfeuer-Anlage mit einer Schreibvorrichtung nach dem Prinzip Siemens-Hell.

Links: Obere Antenne strahlt die Azimutskala aus, untere Antenne strahlt das Diagramm mit Nullstelle (x) für die Richtungsbestimmung aus

Rechts: Geschriebener Streifen an Bord des Flugzeuges

An den Bordempfänger war über entsprechende Filter ein Schreibgerät angeschlossen, das nach dem Siemens-Hell-Prinzip arbeitete. Die eine gleichgerichtete Frequenz zeichnete, wie die rechte Seite des Bildes 37 erkennen läßt, das gut ablesbare Minimum der Azimutstrahlung (Peilung) auf, während die zweite Frequenz die Azimutskala mit den zugehörigen Gradskalen schrieb, die jeweils der Richtung des Minimums zugeordnet waren. Die Aussendung der Gradskalen wurde zwangsläufig durch die Drehung der Strahlrichtung gesteuert.

Nach dem Prinzip des Siemens-Hell-Schreibers wird das Buchstabenfeld durch senkrechte und waagerechte Unterteilung in helle und dunkle Punkte zerlegt. Die Übertragung wird dadurch ein Bildtelegrafie-Verfahren. Im Schreibgerät betätigen die Impulse einen Magneten, dessen Anker zu einer Schneide ausgebildet ist; über der Schneide bewegt sich die Schreibspindel, die nach dem Start-Stop-Prinzip gedreht wird. Bild 38 zeigt die konstruktive Ausführung eines solchen Schreibers.

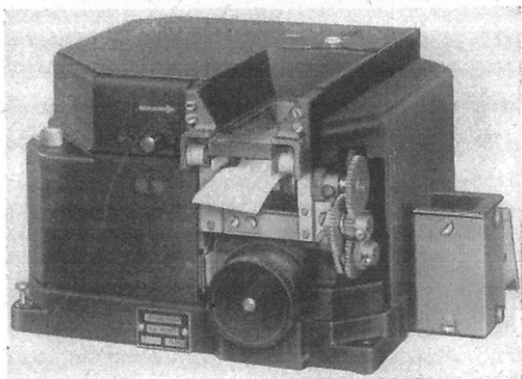


Bild 38. Bordschreibgerät für UKW-Drehfunkfeuer

Das Verfahren arbeitete auf UKW (um 10 m), so daß bei Flughöhen von 5000 m Reichweiten von 400 km mit einer Genauigkeit der Richtungsbestimmung von

kleiner als $0,5^\circ$ möglich waren. Bei Kriegsende waren 2500 dieser Schreibgeräte geliefert und etwa 12 000 in der Fertigung.

Ferner wurde 1944/45 das englische Hyperbel-Navigationsverfahren GEE nachentwickelt, das unter der Bezeichnung FuG 123 („Truhe“) eingeführt werden sollte. Bei Kriegsende standen die ersten Mustergeräte in Erprobung, doch kam das Verfahren selbst nicht mehr zum Einsatz. Gleichzeitig liefen Entwicklung und Bau von Störsendern von etwa 800 kW Leistung, die gegen das GEE-System selbst eingesetzt werden sollten („Feuerzange“).

3. Entfernungsmeßgerät

Eine interessante Anordnung, die ein Vorläufer der heutigen DME-Technik darstellt, ist das Entfernungsmeßgerät D 2002, das in Verbindung mit einem UKW-Peilgerät eine laufende Standortbestimmung vom Boden gestattete. Das Verfahren wurde zur Lenkung von Fernflugzeugen und zur Jägerführung verwendet, wobei man gleichzeitig über die Meßverbindung auch einen Sprechverkehr abwickeln konnte. Bild 39 zeigt das Prinzip der Entfernungsmessung.

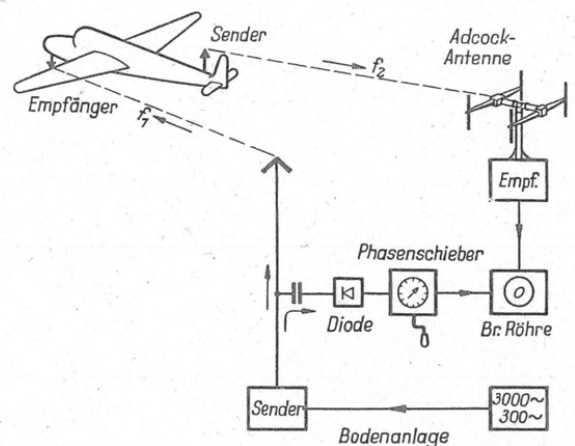


Bild 39. Entfernungsmeßverfahren für Navigationszwecke (Entwicklung Rechlin)

Die Entfernung wurde aus der Laufzeit einer Meßfrequenz gewonnen, die einem Hochfrequenzträger aufmoduliert wurde und so den Weg Boden—Flugzeug—Boden zurücklegte. Die Meßfrequenz, die 3000 bzw. 300 Hz betrug, wurde über zwei Wege an die Ablenkplattenpaare einer Kathodenstrahlröhre geführt, mit der man den Phasenunterschied bestimmte, der sich aus den beiden verschiedenen Wegen der Meßfrequenz ergab. Der erste Weg ging von der Sendeantenne zum Flugzeug, in dem die Empfangsfrequenz mit konstantem Phasenmaß auf einer zweiten Welle wieder ausgestrahlt und vom Bodenempfänger aufgenommen wurde. Dies ist das Prinzip, das man heute als „Transponder“ bezeichnet. Der zweite Weg der Meßfrequenz ging unmittelbar vom Senderausgang über eine Diodenankopplung zur Braun'schen Röhre und lieferte die Vergleichsspannung. In diesem Weg war eine Vorrichtung eingefügt, die eine beliebige Drehung der Phasenlage der Meßfrequenzen gestattete. Dies wurde mit einer Kunstschaltung er-

reicht, in der aus der Einphasen-Meßfrequenz ein Dreiphasensystem gebildet wurde, das man über einen Regeltransformator schickte. Durch mechanische Verdrehung am Regeltransformator konnten die Phasendifferenzen der beiden Spannungen von Weg 1 und Weg 2 auf Null gebracht werden. Dies wurde auf dem Schirm der Braunschen Röhre dadurch angezeigt, daß die vom Kathodenstrahl geschriebene Ellipse in eine gerade Linie überging.

Bild 40 zeigt den Aufbau des vollständigen Meßgestells. Die Messung mit 300 Hz (linke Seite) ergab den Grobbereich von 0 bis 500 km Entfernung. Die Messung mit 3000 Hz (rechte Seite) ergab den Fein-

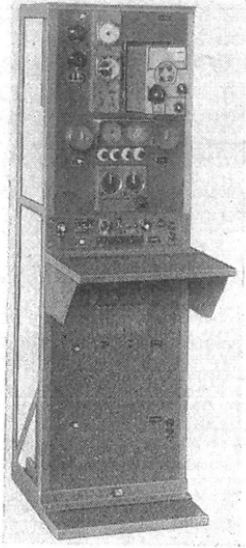


Bild 40. Meßgestell D 2002 für Entfernungsmeßverfahren

bereich von 0 bis 50 km. Die an sich einfache Einstellung der Ellipse ergab eine hohe Meßgenauigkeit. Der Fehler in der Entfernungsmessung lag zwischen 100 und 200 m. Gegen Ende des Krieges wurde aus der vorgeschriebenen Anordnung noch ein Kurzzeitverfahren entwickelt, bei dem die Meßfrequenz nur etwa 0,1 sec lang ausgestrahlt und der rückkehrende Ton in einem Quarzfilter gespeichert wurde, so daß er zur Messung auf einige Sekunden verlängert war. Insgesamt 80 Anlagen des Typs D 2002 sind bis Kriegsende geliefert worden.

4. Kurskoppelgerät

Aus einer zu Kriegsbeginn laufenden Entwicklung einer Standlinien-Koppelnavigationsanlage entstand ein fliegerisch interessantes Gerät, das unter der Bezeichnung „Siemens-Kurskoppler“ bekannt wurde. Das Gerät übernahm selbsttätig die Auswertung der Geschwindigkeit und der Kursanzeige sowie der Windversetzungen bezogen auf eine Standlinie. Dadurch wurde eine ständige Standortbestimmung auch bei Flügen ohne Sicht und mit häufigen Geschwindigkeits- und Kursänderungen möglich. Da das Gerät alle Flugzustände einschließlich Steigen, Kurven usw. erfaßte, war eine wesentlich größere Genauigkeit der Koppelnavigation möglich als bei der üblichen menschlichen Beobachtung und Rechnung.

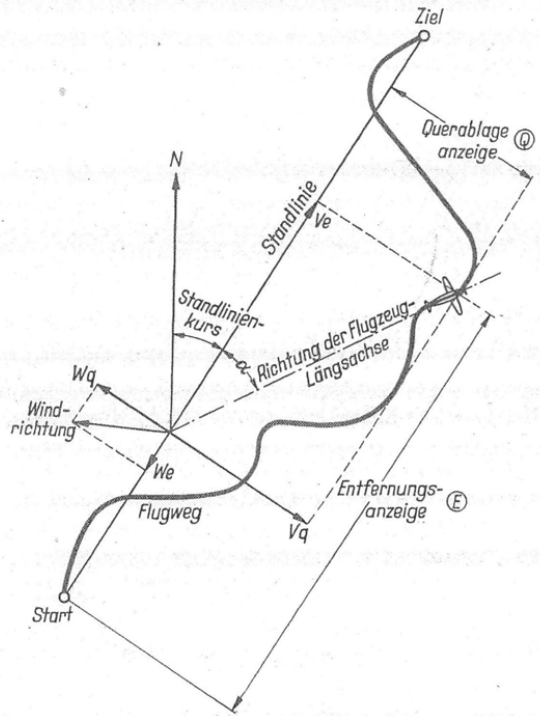


Bild 41. Prinzip des Kurskopplers

Bild 42 zeigt die wesentlichsten Teile der Anlage, die sich durch geringen Gewichts- und Raumaufwand auszeichnete, und zwar:

zwei Anzeigengeräte,

eins für die Entfernung längs der Standlinie und eins für die Querablage zur Standlinie,

ein höhenkompensierter Fahrtgeber,

ein Kursgeber zur Standlinienwahl mit mechanischem Anschluß an den Kurskreisel und

ein Bediengerät.

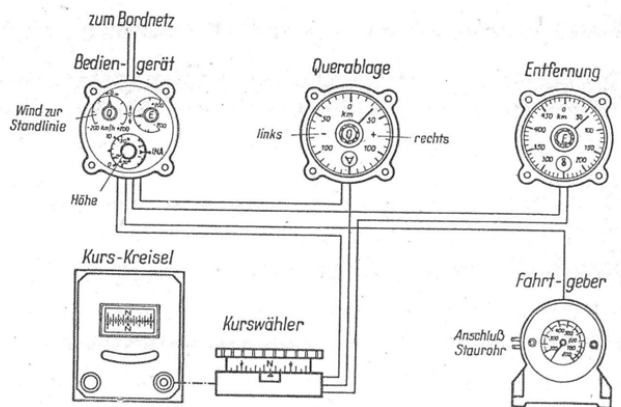


Bild 42. Gerätesatz zum Siemens-Kurskoppler

Die Anordnung arbeitete als elektrischer Zähler, bei dem die Drehzahl zweier Zählermotoren von den Geschwindigkeitskomponenten, die sich in Längs- und Querrichtung ergaben, verändert wurde.

5. Automatische Flugzeugsteuerung

Ein weiteres umfangreiches Arbeitsgebiet aus dem Siemens-Bereich, vornehmlich LGW, war die Entwicklung einer automatischen Dreiachsensteuerung (Autopilot). Die schematische Wirkungsweise zeigt

Bild 43, das die Entwicklungsform K 12-4 darstellt. Über die zu dieser Technik gehörenden Aufgaben und ihre technischen Lösungselemente, z. B. Bolometer, Magnetverstärker, Dämpfungskreisel usw. * soll in

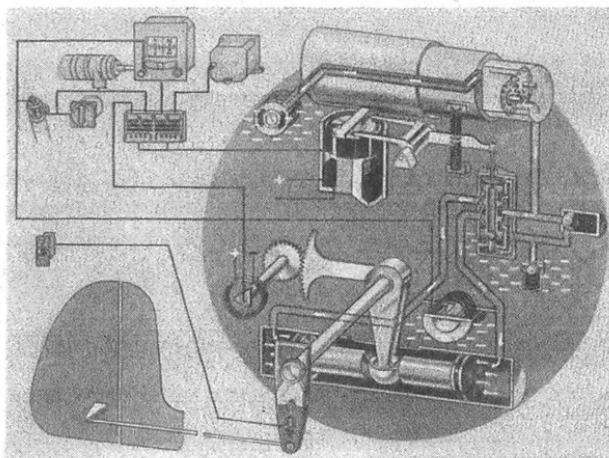


Bild 43. Schematischer Aufbau einer automatischen Flugzeugsteuerung (System Siemens)

einem besonderen Aufsatz berichtet werden. Im Jahre 1939 wurde ein dreimotoriges Flugzeug Ju 52 mit einem Siemens-Autopiloten ausgerüstet. Nach eingehender Flugerprobung flog dieses Flugzeug am 19. Mai 1940 auf dem Flugplatz Peenemünde zum ersten Male völlig unbemannt.

Im Zusammenspiel der funktechnischen und navigatorischen Geräteentwicklung wurde die vollautomatische Flugzeugnavigation in Angriff genommen. Diese Arbeiten lieferten richtungweisende Ergebnisse, von denen einige hervorgehoben seien. Die Grundausrüstung bestand aus einer normalen Siemens-Dreiaachsensteuerung mit einer zusätzlichen Triebwerksteuerung. Für die Übertragung der Fernsteuerkommandos wurden zwei getrennte Wege gewählt. Die Hauptübertragung bestand in einer Programmsteuerung mit störunempfindlicher Start-Stop-Übertragung, während das Höhenruder für Start und Landung über eine zweite Funkverbindung beliebig verstellbar werden konnte. Der nächste Schritt war die Durchführung automatischer Blindlandungen, die zum ersten Male unter der Leitung von Flugkapitän Köster im Jahre 1941 in Berlin-Diepensee mit einer Heinkel 111 ausgeführt wurden. Hierbei bestand die Grundausrüstung ebenfalls aus einer Dreiaachsensteuerung. Für die horizontale Navigation wurde entweder ein Funkkompaß oder ein Leitstrahl-Funkfeuer auf die Kurssteuerung aufgeschaltet. Der automatische Gleitflug mit automatischem Abfangen wurde durch die Kombination eines elektrischen Höhenmessers der Siemens-Bauart FuG 101 mit einem Horizontkreisel gesteuert. Durch diese Kombination wurde es möglich, die Landekurve ohne jeden Stoß in die Landebahn, also tangential, einmünden zu lassen. Diese Dreipunktlandung war für die damaligen Flugzeuge mit Spornrad eine Notwendigkeit.

Bild 44 zeigt die seinerzeit gewählten Regelkurven, bezogen auf den Horizontkreisel. Links ist die Charakteristik für den Reiseflug und für den Landeanflug bis herab zu einer Flughöhe über Grund von 50 m. Beim

Haupteinflugzeichen des Landeverfahrens wurde auf die Regelkennlinie rechts im Bilde umgeschaltet, wobei gleichzeitig die Motoren auf Leerlauf gebracht wurden. Die Ordinatenwerte sind die sich aus der Ab-

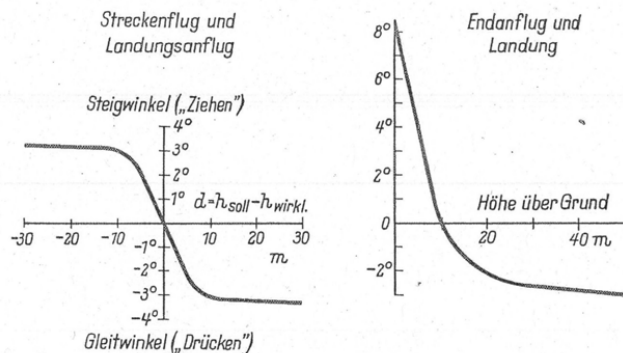


Bild 44. Regelkurven für Streckenflug und Landung; Umschaltung auf Dreiaachsensteuerung für Ju 52

weichung vom Sollwert einstellenden Neigungen um die Querachse, die Abszissenwerte wurden aus der Anzeige des elektrischen Höhenmessers gewonnen. Unterhalb von 10 m Flughöhe wurde das Flugzeug (im gezeigten Beispiel der Regelkurve für eine Ju 52) durch die Umkehr der Steuerwirkung zu einem vorschriftsmäßigen Dreipunktaufsetzen gebracht. Nach diesem System wurden noch viele vollautomatische Landungen mit verschiedenen Flugzeugmustern, oft ohne jegliche Horizontalsicht, ausgeführt⁷⁾.

V. Übertragungsverfahren

1. Leitstand-Technik

Ein weites Gebiet rein nachrichtentechnischer Art war während des Krieges der Ausbau der Gefechtsstände der Luftwaffe.

Die Arbeitsgrundlage solcher Leitstände bildete die Übersichtskarte, die das Luftlagenbild darstellt, das aus den Meßwerten der Radargeräte und den sonstigen Sicht- und Hörmeldungen gewonnen wird. Der Wert des sich schnell ändernden Luftlagebildes ist um so größer, je weniger Zeit zwischen dem Erfassen der Situation und der Darstellung auf dem Kartenbild verlorengeht. Dies erfordert schnell arbeitende Übertragungssysteme. Es entstand ferner das Bedürfnis, das Lagebild der Leitstände auf andere weit entfernt liegende zu übertragen, wofür es drei Möglichkeiten gibt:

1. Übertragung der Einzelmeßwerte,
2. Aufzeichnung des Bildes mit einem Fern-Zeichengerät,
3. Reportagemäßige Übermittlung.

Von den vielen, in den Siemens-Laboratorien untersuchten und zum Teil auch ausgeführten Möglichkeiten sei zum Problem der Übertragung der Radar-meßwerte ein bemerkenswertes System, das den

⁷⁾ In dem Vortrag J. Anast „Über einen automatischen Flug von Neufundland nach England im Jahre 1947 und jüngste Entwicklungen auf dem Gebiet der Steuerelektronik“ auf der Funkortungstagung, Frankfurt/M., 1953 wurde hervorgehoben, daß die amerikanischen Entwicklungsarbeiten auf die Grundgedanken der deutschen Entwicklung während des Krieges zurückgingen. Vgl. auch Bücherei der Funkortung, Band 2, Teil III, S. 49 ff.

Namen „Luxor“ trug, kurz beschrieben. Es arbeitete folgendermaßen: Die aus dem Radargerät erhaltenen Meßwerte der Kugelkoordinaten wurden in rechtwinklige Koordinaten durch einen automatischen Rechner umgerechnet (Askania). Die eigentliche Übertragung der Werte erfolgte nach dem Dual-Impulsverfahren, bei dem jede Koordinate in $2^{10} = 1024$ Punkte, eingeteilt war, so daß sie mit einer Genauigkeit von ein Promille übertragen werden konnte. Die 1024 Punkte wurden durch Grob- und Fein-Stromschrittfolgen voneinander unterschieden, wobei die Stromschrittfolgen aus kurzen Schritten von 20 ms und langen Schritten von 40 ms bestanden. Die Impulse wurden auf der Senderseite von Nockenscheiben, die durch den Rechner angetrieben wurden, abgegriffen und auf der Empfangsseite als Potentiometerwerte wiedergegeben. Die Zeichen konnten über jeden normalen Fernschreibkanal übertragen werden. Bei kurzen Entfernungen arbeitete das System mit Gleichstrom über zwei Adern, bei größeren Entfernungen konnten die Adern auch noch zusätzlich durch Sprache oder Wechselstromtelegraphie ausgenutzt werden. Das Ergebnis der Zielerfassung (eigene und feindliche Flugzeuge) wurde durch Projektion von kleinen Lichtpunkten auf der Übersichtskarte dargestellt. Der Bildpunktwerfer bestand aus einer optischen Anordnung, die nach zwei rechtwinkligen Koordinaten durch eine Nachläufvorrichtung bewegt wurde. Die Steuerwerte wurden von den Potentiometerstellungen des Empfängers geliefert. Die Höhenwerte wurden auf besonderen Leuchttabelleaus angezeigt.

Erwähnenswert ist ferner ein Zeichengerät, das Flugwege aufzuzeichnen gestattete. Eine Glasplatte war mit einer zähflüssigen Deckschicht überzogen, in die ein spitzer Stift den Flugweg einkratzte. Die ausgekratzte Spur wurde mit einem großen Projektor in die senkrechte Übersichtskarte hineinprojiziert und zeigte den Flugweg. Durch das allmähliche Zusammenlaufen der Farbe verschwand die Spur nach einiger Zeit. Bild 45 zeigt das zweite Versuchsmuster eines

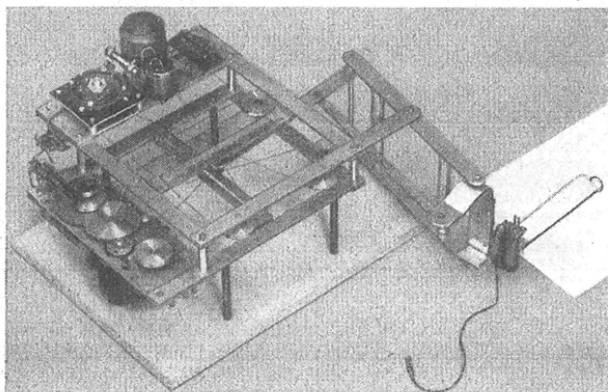


Bild 45. Zwei-Koordinatenschreiber nach dem Pantographen-Prinzip

solchen Zeichengerätes, der als Pantograph gebaut war und, wie das Bild erkennen läßt, in zwei rechtwinkligen Koordinaten gesteuert wurde. Die Einstellgenauigkeit betrug etwa zwei Promille, war also recht gut.

2. Potentialplatten-Pantograph

Als ein anderes Verfahren, das zur Gruppe der fernzeichnenden Geräte gehört, war der sogenannte Potentialplatten-Pantograph entwickelt worden. Bei diesem wurde das zu übertragende Bild auf eine ursprünglich metallbedampfte, in den späteren Ausführungen mit einer sehr dünnen Metallgaze überspannten Glasplatte gezeichnet. An die Platten wird in der X-Richtung ein homogenes Potentialfeld mit einer Frequenz und in der Y-Richtung ein solches mit einer anderen Frequenz gelegt. Jeder Punkt auf der Platte ist durch die Spannungen der beiden Frequenzen gekennzeichnet. Durch den Zeichenstift werden die beiden Potentiale abgetastet und durch einen durch eine Pilotfrequenz gesteuerten Verstärker wertgetreu übertragen. Auf der Empfangsseite wurden die beiden Werte nach Frequenztrennung und Gleichrichtung mit einem nach dem Drehspul-Prinzip arbeitenden Licht-Koordinatenschreiber auf einen fluoreszierenden Schirm als nachleuchtenden Punkt geschrieben. Man konnte ihn auch auf dem Schirm einer Braunschen Röhre darstellen. Um den Lichtpunkt bei dem Projektionsverfahren nicht zu hell werden zu lassen, wurde mit unsichtbarem ultravioletten Licht gearbeitet. Beim Abheben des Zeichenstiftes auf der Senderseite wurde die Strahlung der Lampe auf der Empfangsseite durch eine Blende abgesperrt, so daß man nur die beim Zeichnen entstehenden Bewegungen des Stiftes erhielt.

3. Radar-Schirmbildübertragung

Im Zusammenhang mit dem Ausbau eines Radar-Überwachungsnetzes und besonders mit Panoramalanlagen entstand die Aufgabe, die Schirmbildanzeige fernzuübertragen. Aus der Siemens-Entwicklung gingen bis Ende des Krieges zwei Verfahren der Übertragungstechnik hervor, die zu einem für die damaligen Verhältnisse gut brauchbaren Einsatz gebracht werden konnten. Das erste benutzte Fernseh-Koaxialkabel mit einem Frequenzbereich von 1 bis 4 MHz, wobei durch Modulation mit etwa 3 MHz im Seitenbandverfahren die Impulse fernübertragen wurden. Mit Hilfe eines zweiten Trägers von 1,5 MHz wurde die Synchronisierfrequenz des Strahlumlafes von 200 Hz und die Synchronisierung des Startimpulses von 1000 Hz übertragen. Auf der Empfangsseite wurden die beiden Trägerwellen durch Weichen getrennt, gleichgerichtet und der Schirmbildröhre zugeführt. Diese innerhalb eines halben Jahres entwickelte Technik war sehr gut, sofern koaxiale Kabel zur Verfügung standen. Sie konnte noch dadurch verbessert werden, daß man im Ausgang die Impulsleistung differenzierte und dadurch die Breite und Höhe der Start- und Nah-Echoimpulse verringerte.

Die zweite Technik benutzte vorhandene normale Fernsprech-Kabelleitungen oder neu verlegte symmetrische Kabel, wozu ein vorhandener Trägerfrequenzverstärker schnellstens auf eine Bandbreite von 250 kHz umgebaut wurde (vgl. Bild 14, Gestell links: „Landbriefträger“).

Schwierigkeiten machte der Phasenausgleich. Bei der Übertragung im Sinne einer Bildübertragung wurde an den Zwischenverstärkerstellen eine Art Umtelegraphieverfahren angewandt, das die Bildzeichen reinigte, aber bei mehrfacher Anwendung eine un-

erwünschte Verbreiterung der Impulse zur Folge hatte. Immerhin konnten mit diesem Verfahren bis zu 100 km erfolgreich überbrückt werden. Es wurden auch Versuche gemacht, Freileitungen (Drehkreuz-Achsen) für die Übertragung zu benutzen. Die Phasendrehfehler ließen sich beherrschen, ebenso konnte die erforderliche hohe Symmetrie gegen Erde geschaffen werden, doch stellte sich heraus, daß Hochspannungsleitungen, besonders die auf ihnen betriebenen HF-Telephoniergeräte sowie Brückenkreuzungen Induktionsstörungen mit sich brachten.

4. Kommando-Übertragungsgerät Boden-Bord FuG 135

In den Jahren 1942/43 wurde ein Übertragungsverfahren („UHU“) entwickelt, das Meßwerte oder Kommandos zu einem Flugzeug über eine bestehende Funkverbindung, z. B. UKW-Funksprechverkehr, zusätzlich und unabhängig von diesem zu übertragen gestattet. Bild 46 zeigt den schematischen Aufbau des

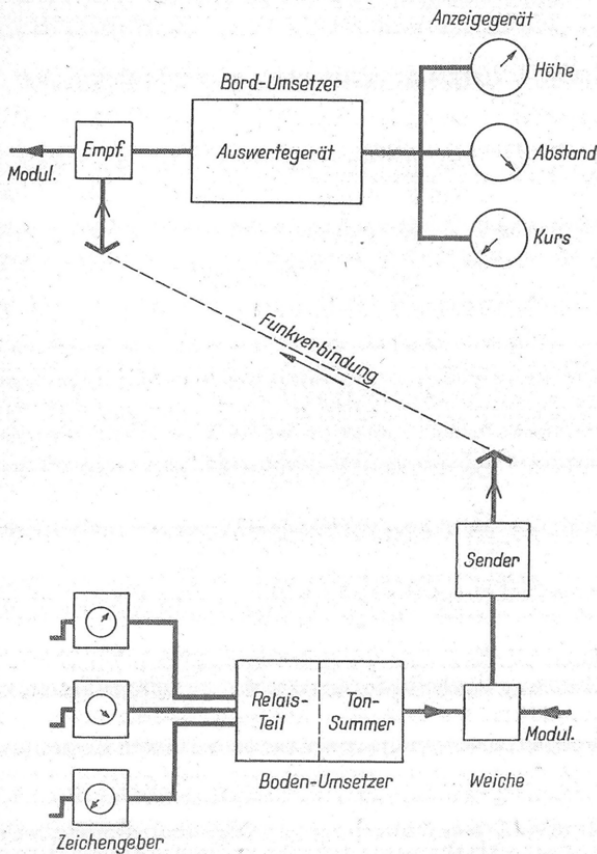


Bild 46. Kommandoanlage Boden-Bord FuG 135

Verfahrens für drei zu übertragende Werte (z. B. Höhe, Abstand und Kurs), die in Form von Telegraphierzeichen gebildet wurden. Jedes Zeichen bestand aus konstanten Stromschritten, wobei jeder Stromschritt aus zwei entgegengesetzten Impulsen sich zusammensetzte. Fiel bei Störungen ein Impuls aus, so wurde das fehlerhafte Zeichen nicht ausgewertet und somit unterdrückt. Die Impulse wurden in die Kombination zweier Tonfrequenzen (4260 Hz und 5340 Hz) umgesetzt. Jeder Übertragungsvorgang dauerte 1 sec, so daß nach 3 sec jede Einzelanzeige an Bord erneuert wurde; hierdurch ergab sich eine sehr große Übertragungssicherheit. Den Geräteaufwand auf der Boden-

station zeigt Bild 47, den auf der Bordseite Bild 48. Die Kursanzeige konnte auf die Kurssteuerung aufgeschaltet werden.



Bild 47. Bodenanlage zum FuG 135 (mit Sender FuG 16)

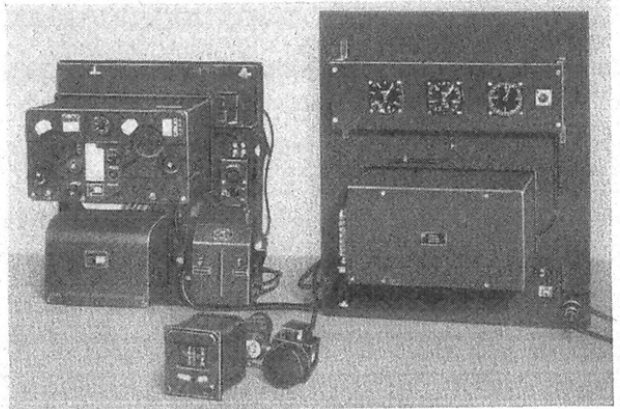


Bild 48. Bordanlage zum FuG 135 in Verbindung mit FuG 16 ZE und Umformersatz

An dieser Stelle mag noch erwähnt werden, daß u. a. auch ein Übertragungssystem Boden-Bord geschaffen wurde, das die im Kapitel IV beschriebene Siemens-Hell-Technik benutzte. Zu diesem Zwecke wurde ein Kommandogerät entwickelt, auf dem die aus einigen Buchstaben oder Zeichen bestehende Nachricht durch „Stöpselung“ kombiniert werden konnte. Diese Nachrichtenkombination wurde alsdann abgetastet, ausgesandt und an Bord des Flugzeuges auf dem Streifen des Siemens-Hell-Schreibers geschrieben.

VI. Meßgeräte und Bauelemente

Aus der Tradition des Hauses Siemens & Halske auf dem Gebiet der elektronischen Meßtechnik und infolge der sich schnell weiterentwickelnden Hoch- und Höchstfrequenztechnik entstand parallel zu den in den vorigen Kapiteln umrissenen Geräten und Verfahren ein Meßgeräteprogramm, das im Jahre 1944 etwa 60 Geräte umfaßte, die speziell auf die luftfahrt-elektronischen Aufgaben ausgerichtet waren und listenmäßig⁸⁾ verkauft wurden. In der Tafel 49 sind auszugsweise Angaben über verschiedene Meßsender,

⁸⁾ Die Meßgeräteleiste des Wernerwerks für Verstärkergeräte wurde noch im Jahre 1944 in Druck gegeben, konnte aber aus kriegsbedingten Gründen nicht mehr erscheinen.

Tafel 49. Auszug aus der Siemens-Meßgeräteliste 1944

1. Prüf- und Meßsender

Gerät	Frequenzbereich	Gerätewerte			Bemerkung
		Frequenz- Unsicherheit	Ausgangsleistung bzw. Spannung	Modul-Frequenz	
Rel send 22c	80 kHz — 28 MHz	1 %	regelbar	200 — 4000 Hz	Frequenzmodulation (Bild 51 rechts) (Bild 50 rechts) mit Magnetron RD 2 Md od. Mh mit Klystron RD 2 Mg
Rel send 37a	60 " — 20 MHz	1 %	5 µV — 50 mV	50 — 6000 Hz	
Rel send 29a	4 " — 20 MHz	1 %	5 µV — 50 mV	50 — 6000 Hz	
Rel send 32a	20 " — 300 MHz	2 %	5 µV — 100 mV	500 Hz	
Rel send 27a	5 " — 300 MHz	0,5 %	0,1 µV — 100 mV	AM 0 — 2,8 MHz	
Rel send 28a	300 " — 700 MHz			FM 50 Hz — 10 kHz	
Rel send 11b	60 " — 20 MHz	0,5 %	2500 mV	30 — 10 000 Hz	
Rel send 25a	10 " — 200 MHz	1 %	1000 mV	50 Hz — 300 kHz	
Rel send 31b	60 " — 260 MHz		1000 mV	500 Hz	
Rel send 34a	250 " — 700 MHz	0 %	250 mV	500 Hz	
Rel send 35a, b, c	1400 " — 5400 MHz		100 µV		
Rel send 39a	8350 " — 9100 MHz				

2. Frequenz-Meßgeräte

Gerät	Frequenzbereich	Meßunsicherheit	Bemerkung
Meßbrücke 10 ⁻³	Rel msbr 18a 30 Hz — 100 kHz	1.10 ⁻³ — 3.10 ⁻³	Bild 52 Bild 50 links Bild 53
Meßgerät 10 ⁻²	Rel mse 146a 20 kHz — 26 MHz	1.10 ⁻²	
Frequenz-Normal 10 ⁻³	Rel mse 161a 20 " — 20 MHz	1.10 ⁻⁵ — 1.10 ⁻⁷	
Meßeinrichtung 10 ⁻⁶	Rel mse 147a 20 " — 20 MHz	1.10 ⁻⁶	
Meßgerät 10 ⁻⁸	Rel mse 170a 85 " — 300 MHz	3.10 ⁻²	
Meßgerät 10 ⁻³	Rel mse 178a 100 " — 300 MHz	2.10 ⁻³	
Meßgerät 10	Rel mse 145a 10 " — 1000 MHz	1.10 ⁻³	
Meßgerät 10 ⁻⁴	Rel mse 154b 150 " — 800 MHz	1.10 ⁻⁴	
Meßgerät 10 ⁻⁴	Rel mse 2032a 3190 " — 3900 MHz	1.10 ⁻⁴	
	Rel mse 2032b 2780 " — 3260 MHz		
	Rel mse 2032c 2470 " — 2830 MHz		

3. Einige sonstige Meßgeräte

Geräte	Frequenzbereich	Sonstige Daten	Bemerkung
Feldstärke-Meßgerät	Rel msv 112a 75 — 170 MHz bzw. 10 — 600 MHz	0 1 V/m Meßunsicherheit 10 %	größte Verstärkung 14 N
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel mse 184 e, f, g, h 60 — 650 MHz	L = 2m bzw. 2,5m Z = 60 bzw. 70 Ohm	mit Rel send 31 Meßwagen mit Topfkreis (Bild 55)
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel msl 69a 600 — 6000 MHz	L = 60 cm	
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel msl 68a 1500 — 6000 MHz	L = 25 cm	auch mit Übergang auf Hohl- leiteranschluß
Anpassungsprüfer	Rel mse 182a 30 — 300 MHz (0 — 600 MHz)	Meßbereich für Fehlanspassung m = 1,0 — 2,0 Welligkeit 0 — 100 %	mit Rel send 31 und Abschluß- widerstand Rel stp 96a, Bild 56
Tiefpaß (Stromreiniger)	Rel mse 62a 50 kHz — 26 MHz	18stufig ^b Durchlaß < 0,3 N ^b Harmon. > 4 N	Bild 61, Pos. 1
Tiefpaß (Stromreiniger)	Rel mse 64a 20 — 320 MHz	8stufig ^b Durchlaß < 0,1 N ^b Harmon. > 2 N	Bild 61, Pos. 2
Hohlrohr-Meßleitung	Rel msl 70a 2500 — 3750 MHz		mit Magnetron-Sender Rel send 35, Bild 59
Anpassungsmeßplatz für Hohlrohrleitungen	2500 — 3750 MHz	direkt zeigend	mit Magnetron-Sender Rel send 35, Bild 60

Frequenzmesser und sonstiges Zubehör gemacht, von denen einige Geräte in den Bildern 50 bis 56 wiedergegeben sind.

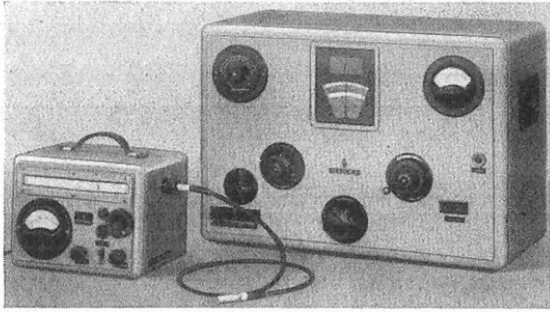


Bild 50

Links: Frequenzmeßgerät Rel mse 178a
Rechts: Meßsender Rel send 25a

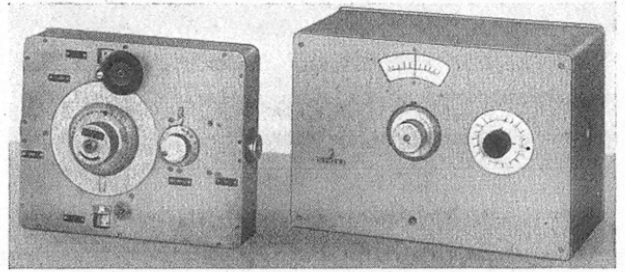


Bild 54. Differentialmeßbrücken für Scheinwiderstandsmessungen im Frequenzbereich 450 bis 750 MHz
Kapazitätsbereich: ± 25 pF mit Toroidkreisnormal
Widerstandsbereich: 100 bis ∞ Ohm
(Für Werkstoff-Untersuchungen elektrisch-schwarzer Körper; 1944/45)

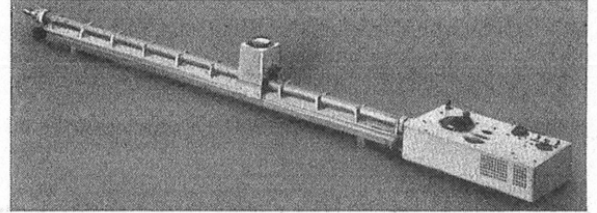


Bild 55. Kabelmeßleitung (koaxial), Rel mse 184 mit Rel send 31

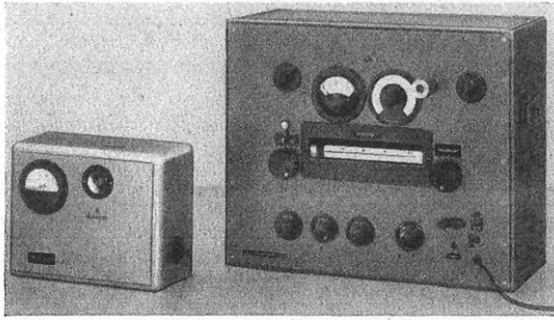


Bild 51

Links: Frequenzmeßgerät Rel mse 154b
Rechts: Prüfsender Rel send 27a

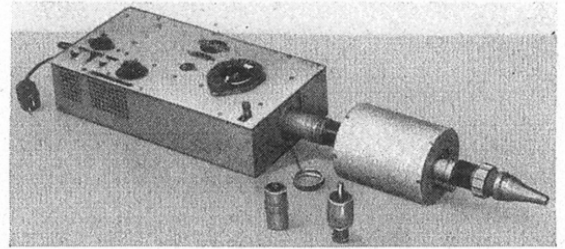


Bild 56. Anpassungsprüfer, 30 bis 600 MHz, Rel mse 182a

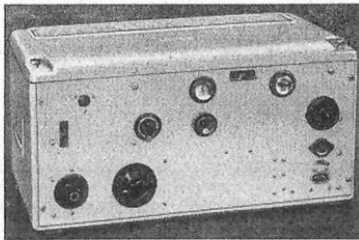


Bild 52. Frequenz-Meßeinrichtung 10^{-6} , Rel mse 147a

Die Bilder 57 bis 60 zeigen Bauelemente und Meßgeräte der Hohlleitertechnik, vornehmlich für den Wellenbereich 8 bis 12 cm, der für die Radar-Entwicklung der letzten Kriegsjahre von großer Bedeutung war. Eine Ausstellungsübersicht aus dem Jahre 1944 von Geräten und Bauteilen ist in den Bildern 61 und 62 gezeigt.

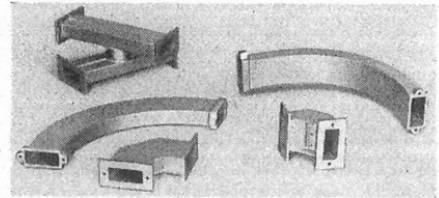


Bild 57. Krümmen und Kniestücke und eine Drehkupplung der Siemens-Hohlleitertechnik 1944

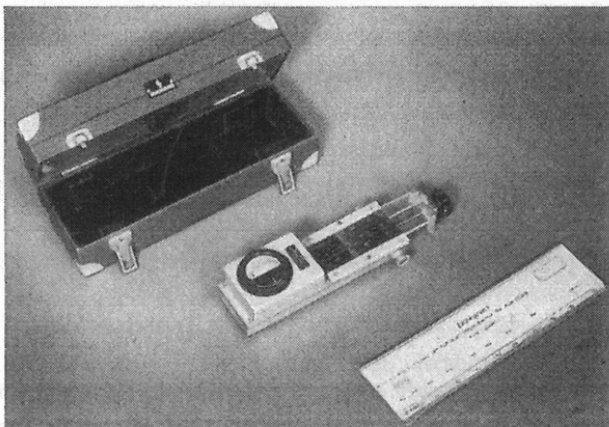


Bild 53. Frequenzmeßgerät 10^{-4} mit Hohlraum-Resonator von 7,6 bis 12,15 cm Wellenlänge, Rel mse 2032

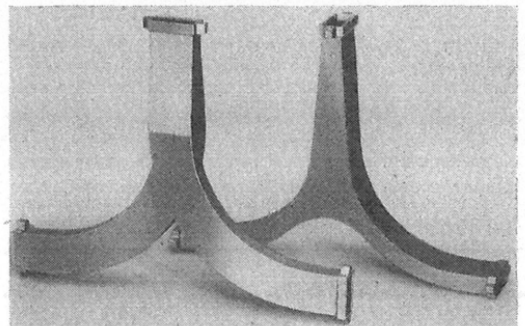


Bild 58. Hohlleiterverzweigung (Hosenrohre 1944)

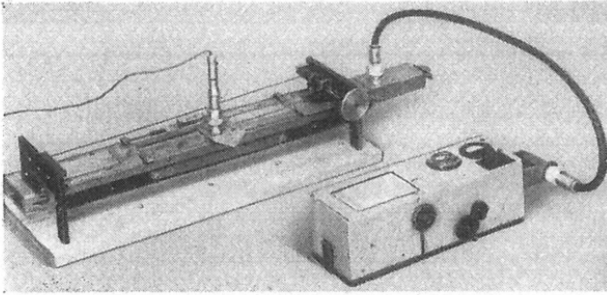


Bild 59. Hohlrohr-Meßleitung zur Welligkeitsmessung mit Magnetronsender Rel send 35

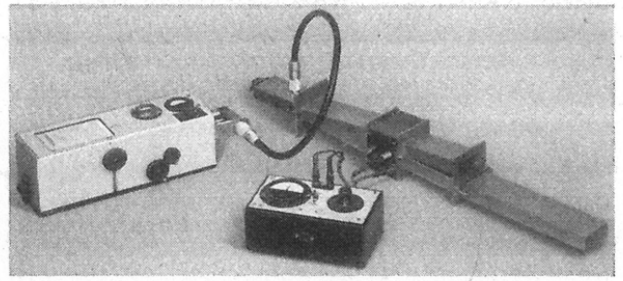


Bild 60. Direkt zeigender Anpassungs-Meßplatz für Hohlrohrleitungen

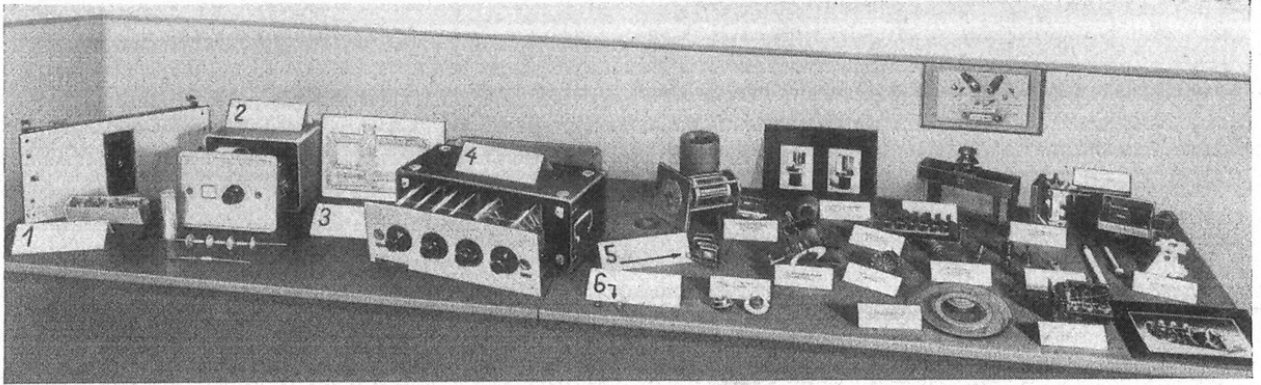


Bild 61. Übersicht über Bauelemente und Meßgeräte der Hoch- und Höchstfrequenztechnik (Siemens 1944)

1. Tiefpaß, Rel mse 62, 50 kHz bis 25 MHz; 2. Tiefpaß, Rel mse 64, 20 bis 320 MHz; 3. Bandfilter, Rel mse 185, 200 bis 800 MHz (Konstruktions-Zeichnung); 4. Eichleitung, Rel mse 63, 0 bis 100 MHz; 5. Anpassungsübertrager Rel tr 79a, 1 bis 300 kHz (rechts vom Schild stehend); 6. Anpassungsübertrager Rel tr 43, 100 kHz bis 20 MHz (vor dem Schild liegend)

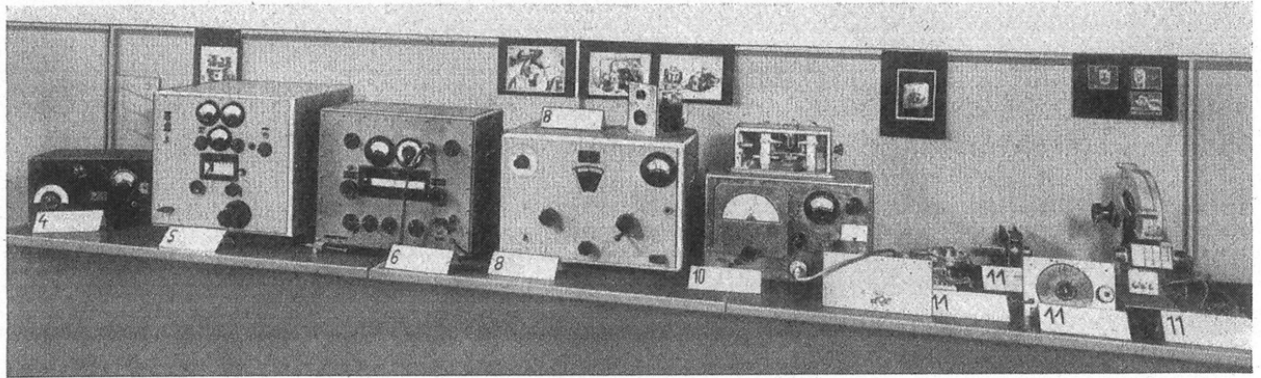


Bild 62. Übersicht über Bauelemente und Meßgeräte der Hoch- und Höchstfrequenztechnik (Siemens 1944)

4. Empfänger-Prüfsender, Rel send 7c, 100 kHz bis 21 MHz; 5. Meßsender, Rel send 11, 60 kHz bis 20 MHz; 6. Prüfsender, Rel send 27a, 5 bis 300 MHz; 8. Meßsender, Rel send 25a, 5 bis 240 MHz, darauf stehend: Schwingstufe mit LG 1; 10. Prüfsender Rel send 28a, 300 bis 700 MHz; 11. Bauteile für Höchstfrequenzsender

Berichtigung

In der Arbeit von M. Kornetzki und H. Burger:

Das Verhalten von Ferritkernen mit rechteckförmiger Magnetisierungsschleife im inhomogenen Magnetfeld und bei Scherung

im Septemberheft 1955 unserer Zeitschrift „Frequenz“ sind leider in der Literaturangabe einige Druckfehler stehen geblieben, die wir zu entschuldigen bitten. Es muß richtig heißen:

[2] Becker, R. u. Döring, W.: Ferromagnetismus. Berlin 1939, S. 176—187.

[3] Becker, R. u. Döring, W.: Siehe (2), S. 25—29, 101—112;

Buchbesprechungen

Elektronische Halbleiter

Spenske, E.:

Eine Einführung in die Physik der Gleichrichter und Transistoren. Springer-Verlag, Berlin 1955. 1. Auflage, 379 Seiten, 184 Bilder, Preis: Ganzleinen DM 34,50

Aus dem heute vorliegenden großen Halbleitergebiet werden, wie schon der Titel sagt, nur diejenigen Halbleiter behandelt, bei denen die Elektronenleitung wesentlich ist. Wenn auch die Gleichrichter und Transistoren im Untertitel ausdrücklich genannt sind, so beschränkt sich der Verfasser doch mehr auf die eigentliche Halbleitung, zumal über Gleichrichter und Transistoren mit dem Halbleiter als Basis in dem angelsächsischen Schrifttum gute Bücher vorliegen.

graphen herausgenommene Bildsynchronsignal eines Normtaktgebers. In Bild 6l wird die $\frac{1}{4}$ -Zeilentreppe über die Bildfrequenz aufgelöst. Diese durchlaufende Treppe läßt Nichtlinearitäten besonders gut erkennen.

4. Fernseh-Überwachungsanlagen

Bild 7 zeigt ein zweibuchtiges Meßgestell für die Überwachung von Fernseh-Rundstrahlendern, das den Prüfsignalgeber 3W 415 als Impulsspannungsquelle enthält. Neben einem die Messungen sehr vereinfachenden Bedienungsfeld sind in diesem Gestell noch folgende Geräte enthalten: Kontrolloszillograph als Anzeigergerät, ein Differenzmeßgerät zur Messung der Fehlerkurve, und Stromversorgungsteile. Ein Pegelmessgerät für den Fernseh-Trägerfrequenzbereich, der zur Ausmessung des Einseitenbandspektrums des Senders dient, ein Pegelsender zur Modulation des Fernsehsenders über den Prüfsignalgeber mit einem BAS-Signal, das Sinuswellen als B-Signal enthält, ein Linearitätsmeßgerät zur Messung der Linearität des Video-Vorverstärkers und der Modulationsstufe des Fernsehsenders, und ein Fremdspannungsmessgerät zur Messung von Fremdspannungen (Netzbrumm, Ton durch Einstreuung vom Tonsender, Rauschen usw.).

Ähnliche Überwachungsanlagen wurden für Breitband-Richtfunk-Systeme und Koaxial-Systeme gebaut [6].

Die hier kurz beschriebenen vollständigen Meßgestelle und Überwachungsanlagen sind bereits einige Zeit in Verwendung [6]. Sie waren die ersten dieser Art, die im praktischen Fernsehbetrieb eingesetzt wurden. Die Erfahrungen, die man mit ihnen sammeln konnte und die man in Zukunft verwerten wird, dienen dem weiteren schnellen Fortschritt der Fernseh-technik.

Literaturnachweise:

- [1] Bedford, A. V., and Fredendall, G. L.: Transient response of multistage video-frequency amplifiers. Proc. Inst. Radio Eng. 27, S. 277—284 (1939).
 [2] Bedford, A. V., and Fredendall, G. L.: Analysis, synthesis, and evaluation of the transient response of television apparatus. Proc. Inst. Radio Eng. 30, S. 440—457 (1942).

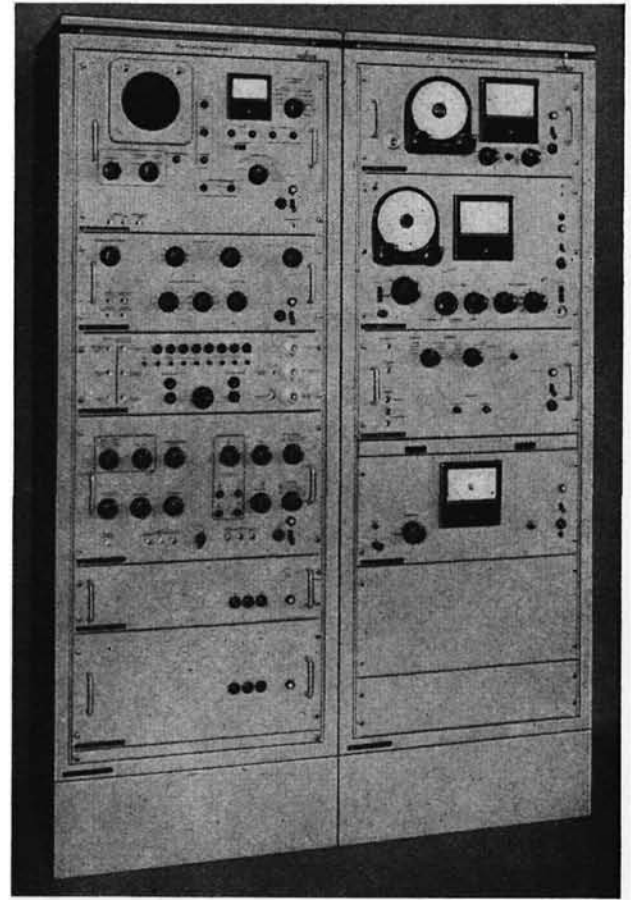


Bild 7. Meßgestell für Fernseh-Rundstrahlender

- [3] Müller, J.: Über den Zusammenhang von Einschwingverhalten und Bildgüte bei Fernseh-Übertragungssystemen. FTZ 6, S. 320—324 (1953).
 [4] Ackland-Snow, P. E., and Gledhill, G. A.: A waveform generator and display unit for the testing of a television channel. Proc. Inst. Electr. Eng. Part IIIa (Television) 99, S. 332—337 (1952).
 [5] Macek, O.: Fernsehempfänger-Meßtechnik, Teil 5 ATM V 373-9, S. 205 (1954).
 [6] Kühnemann, K., u. Kopainsky, Meßgeräte für die Fernseh-Übertragungstechnik. Siemens-Z. 29, S. 120—122 (1955).
 [7] Bath, F., u. Kaden, H.: Über die Verzerrungen von Fernsehsignalen infolge von Dämpfungs- und Phasenverzerrungen der Übertragungsleitung. Archiv elektr. Übertr. 8, H. 3, S. 185—198 (1954).

Beiträge der Firma Siemens zur Flugsicherungstechnik und Luftfahrt-Elektronik in den Jahren 1930 bis 1945

Von H. J. Zetzmann

Fortsetzung aus „Frequenz“ Bd. 9 (1955), Heft 10, S. 360

IV. Navigation

1. Peilrahmenantenne mit Eisen

Die Bedeutung einer Rahmenantenne für die Aufgaben der Eigenpeilung an Bord des Flugzeuges und für den Funkkompaß ist bekannt. Damit die Feldstärke in der Umgebung des Rahmens möglichst groß und ungestört ist, bringt man die Antenne auf der Außenhaut des Flugzeuges vorzugsweise auf der Oberseite des Rumpfes an. Dadurch entsteht aber ein herausragender Bauteil, der aerodynamisch unerwünscht ist, weil er bei großen Fluggeschwindigkeiten erheblich hem-

mend wirkt. Eine verkleidete Unterbringung in der Kanzel hat meist eine starke elektrische Beeinträchtigung zur Folge, die nicht ausreichend kompensierbar ist. Bei der Außenanbringung wird außerdem die Antenne selbst mechanisch durch den Fahrtwind sehr stark beansprucht, was ihre Drehung unter den Kräften der Luftströmung erschwert. Auf Anregung der Telefunken GmbH wurde bei Siemens & Halske 1937 ein Peilrahmen mit ferromagnetischem Kern entwickelt.

Die Schärfe des Peilminimums ist von der Effektivhöhe der Rahmenantenne abhängig. Diese ist ihrer-

seits wieder proportional der Fläche und der Windungszahl des Rahmens. Diese beiden Faktoren sind aber auch maßgebend für die Induktivität der Rahmenantenne, die mit Rücksicht auf die Anpassung an das Peilgerät einen bestimmten Wert aufweisen muß. Zur Verkleinerung der Rahmenfläche wurden ferromagnetische Kerne entwickelt, die aus feinstem Eisenpulver bestehen. Die auf gleiche Induktivität bezogene Steigerung der Rahmenspannung betrug etwa 3. Die Rahmenfläche konnte also so weit verkleinert werden, daß in ihr nur eine Spannung von $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Wertes induziert zu werden braucht. Diese Verkleinerung der Antenne liefert als weiteren Vorteil eine wesentliche Verringerung der statischen Komponente. Bild 34 zeigt das Ergebnis der ersten Ent-

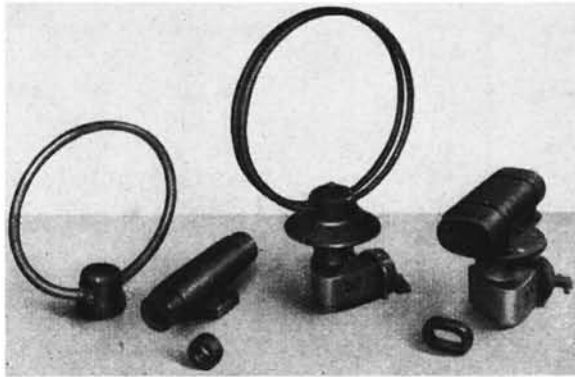


Bild 34. Gegenüberstellung von Luft- und Eisenrahmen für Flugzeuge (PRE III u. IV)

wicklungsphase, das Ausführungsformen von Luft- und Eisenrahmen gegenüberstellt. Die Windungen beim Eisenrahmen waren auf eine Isolierstoffhülse aufgewickelt. Im Inneren der Hülse befand sich der magnetische Pulverkern. Er bestand aus 12 Stück ringförmiger Kernlamellen mit einer Anfangspermeabilität von etwa 55μ . Einige Windungen waren auf verstellbaren Isolierstoffteilen aufgewickelt. Durch Verschieben dieser Windungen in axialer Richtung konnte die Induktivität des Rahmens sehr genau auf den vorgesehenen Sollwert abgeglichen werden. Diese Drehrahmen, mit dem Gewichtsverhältnis Luftrahmen zu Eisenrahmen von 1 : 8, waren noch auf der Außenhaut angebracht und wurden durch eine Plexiglashaube abgedeckt. Eine spätere Konstruktion, PRE VI, die flacher und auch leichter geworden war (Gewichtsverhältnis 1 : 4) wurde in eine flache Blechwanne eingebaut, die flächengleich zur Außenhaut angebracht war. Der Wellenbereich dieser Antenne ging von 200 bis 2000 m.

Für die sogenannte „Kurzzeitpeilung“ waren Peilrahmen mit automatischem Nachlauf von Wichtigkeit, die sich sofort auf die Richtung des fernen Senders einstellten. Um eine Drehung des Rahmens zu vermeiden und einen automatischen Nachlauf mit hoher Geschwindigkeit, etwa $200^\circ/\text{sec}$, zu erzielen, wurde ein Kreuzrahmen entwickelt, der mit einem Goniometer zusammenschaltbar war. Bild 35 zeigt einen Kreuzrahmen, Bild 36 die Wanne mit dem Goniometer von unten gesehen. Links unten ist die Einstellung der Kompensation des sogenannten viertelkreisigen Beiwertes angebracht (Funkbeschickung).

Es wurden mit Erfolg auch Eisenrahmen für Kurzwellen- und UKW-Bereiche entwickelt. Da sich auf dem Gebiete der magnetischen Kunststoffe in den letzten Jahren ein großer Fortschritt gezeigt hat, ist

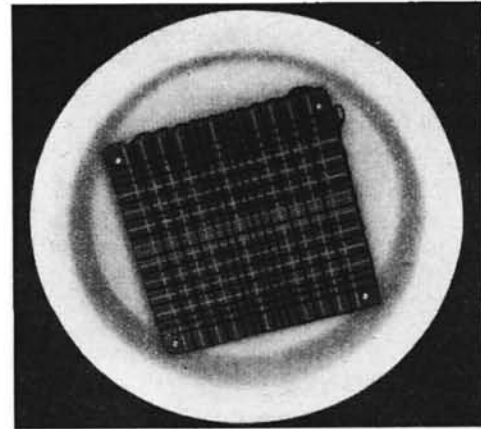


Bild 35. Kreuzrahmen mit Eisen



Bild 36: Einbau-Wanne für Kreuzrahmen mit Goniometer

es erstaunlich, daß die damaligen Entwicklungen der Peilrahmenantennen mit Eisen nicht in großem Stile nach dem Kriege fortgesetzt worden sind, um so mehr, als sich die Peilrahmenantenne, die eines der ältesten Grundelemente der Flugsicherung ist, auch heute noch auf jedem modernen Flugzeug behauptet. Bis Kriegsende wurden von Siemens etwa 100 000 Stück von Peilrahmenantennen mit Eisen gefertigt.

2. Bordanzeigergerät für Drehfunkfeuer

In Deutschland lag in den letzten Jahren vor dem Kriege ein Vorschlag für ein Drehfunkfeuersystem (Telefunken) vor, dessen Einsatz bei Kriegsausbruch zunächst zurückgestellt wurde. Für dieses Drehfunkfeuer FuG 120 („Bernhard“) war das Bordanzeigergerät nach dem Prinzip des Siemens-Hell-Schreibers entwickelt worden. Während des Krieges wurde die Einführung des Funkfeuers erneut aufgegriffen und eine verbesserte Anzeigenvorrichtung eingeführt (Peilschreiber St. empf. Ib).

Bei diesem Navigationsverfahren arbeitete die Sendantenne des Drehfunkfeuers (Bild 37) als Richtstrahler mit zwei getrennten übereinanderliegenden Strahlwänden und machte zwei Umdrehungen in der Minute. Das Strahlungsdiagramm der unteren Antenne diente zur Richtungsbestimmung und bildete zwei dicht nebeneinander liegende Keulen, zwischen denen ein scharfes, bis auf Null einziehendes Strahlungsminimum lag. In Richtung dieses Strahlungsminimums strahlte die obere Antenne auf einer zweiten Frequenz ihre maximale Strahlung aus. Die Frequenzen lagen so eng

benachbart, daß sie an Bord des Flugzeuges in einem Kanal des UKW-Empfängers, der genau auf Bandmitte abgestimmt war, empfangen werden konnten.

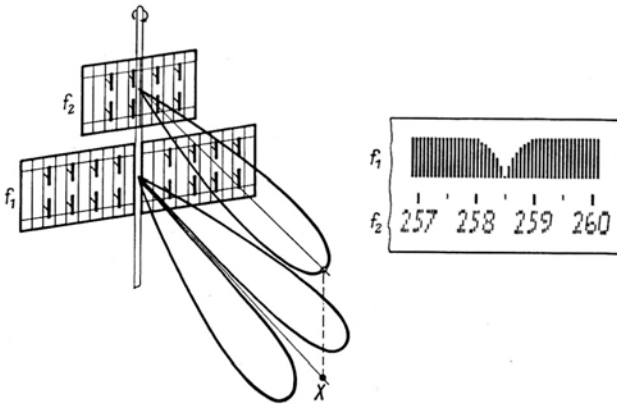


Bild 37. Drehfunkfeuer-Anlage mit einer Schreibvorrichtung nach dem Prinzip Siemens-Hell

Links: Obere Antenne strahlt die Azimutskala aus, untere Antenne strahlt das Diagramm mit Nullstelle (x) für die Richtungsbestimmung aus
Rechts: Geschriebener Streifen an Bord des Flugzeuges

An den Bordempfänger war über entsprechende Filter ein Schreibgerät angeschlossen, das nach dem Siemens-Hell-Prinzip arbeitete. Die eine gleichgerichtete Frequenz zeichnete, wie die rechte Seite des Bildes 37 erkennen läßt, das gut ablesbare Minimum der Azimutstrahlung (Peilung) auf, während die zweite Frequenz die Azimutskala mit den zugehörigen Gradskalen schrieb, die jeweils der Richtung des Minimums zugeordnet waren. Die Aussendung der Gradskalen wurde zwangsläufig durch die Drehung der Strahlrichtung gesteuert.

Nach dem Prinzip des Siemens-Hell-Schreibers wird das Buchstabenfeld durch senkrechte und waagerechte Unterteilung in helle und dunkle Punkte zerlegt. Die Übertragung wird dadurch ein Bildtelegrafie-Verfahren. Im Schreibgerät betätigen die Impulse einen Magneten, dessen Anker zu einer Schneide ausgebildet ist; über der Schneide bewegt sich die Schreibspindel, die nach dem Start-Stop-Prinzip gedreht wird. Bild 38 zeigt die konstruktive Ausführung eines solchen Schreibers.

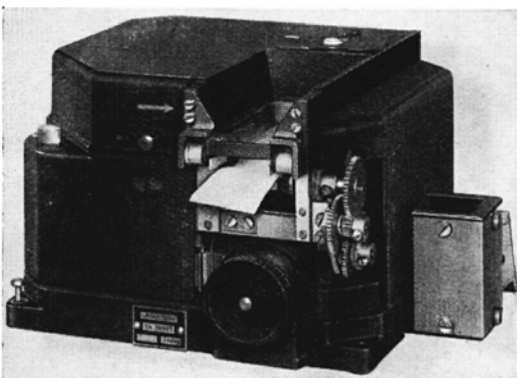


Bild 38. Bordschreibgerät für UKW-Drehfunkfeuer

Das Verfahren arbeitete auf UKW (um 10 m), so daß bei Flughöhen von 5000 m Reichweiten von 400 km mit einer Genauigkeit der Richtungsbestimmung von

kleiner als 0,5° möglich waren. Bei Kriegsende waren 2500 dieser Schreibgeräte geliefert und etwa 12 000 in der Fertigung.

Ferner wurde 1944/45 das englische Hyperbel-Navigationsverfahren GEE nachentwickelt, das unter der Bezeichnung FuG 123 („Truhe“) eingeführt werden sollte. Bei Kriegsende standen die ersten Mustergeräte in Erprobung, doch kam das Verfahren selbst nicht mehr zum Einsatz. Gleichzeitig liefen Entwicklung und Bau von Störsendern von etwa 800 kW Leistung, die gegen das GEE-System selbst eingesetzt werden sollten („Feuerzange“).

3. Entfernungsmeßgerät

Eine interessante Anordnung, die ein Vorläufer der heutigen DME-Technik darstellt; ist das Entfernungsmeßgerät D 2002, das in Verbindung mit einem UKW-Peilgerät eine laufende Standortbestimmung vom Boden gestattete. Das Verfahren wurde zur Lenkung von Fernflugzeugen und zur Jägerführung verwendet, wobei man gleichzeitig über die Meßverbindung auch einen Sprechverkehr abwickeln konnte. Bild 39 zeigt das Prinzip der Entfernungsmessung.

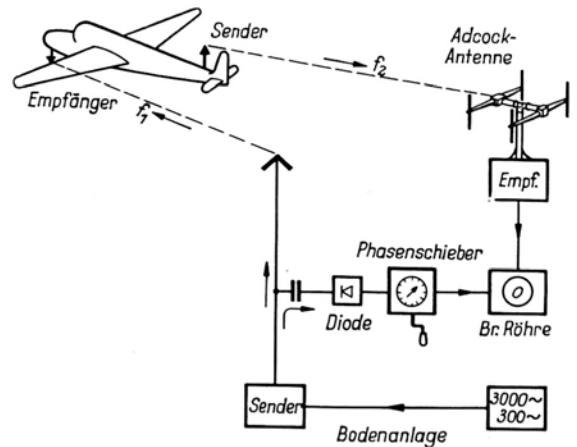


Bild 39. Entfernungsmeßverfahren für Navigationszwecke (Entwicklung Rechlin)

Die Entfernung wurde aus der Laufzeit einer Meßfrequenz gewonnen, die einem Hochfrequenzträger aufmoduliert wurde und so den Weg Boden—Flugzeug—Boden zurücklegte. Die Meßfrequenz, die 3000 bzw. 300 Hz betrug, wurde über zwei Wege an die Ablenkplattenpaare einer Kathodenstrahlröhre geführt, mit der man den Phasenunterschied bestimmte, der sich aus den beiden verschiedenen Wegen der Meßfrequenz ergab. Der erste Weg ging von der Sendeantenne zum Flugzeug, in dem die Empfangsfrequenz mit konstantem Phasenmaß auf einer zweiten Welle wieder ausgestrahlt und vom Bodenempfänger aufgenommen wurde. Dies ist das Prinzip, das man heute als „Transponder“ bezeichnet. Der zweite Weg der Meßfrequenz ging unmittelbar vom Senderausgang über eine Diodenankopplung zur Braunschen Röhre und lieferte die Vergleichsspannung. In diesem Weg war eine Vorrichtung eingefügt, die eine beliebige Drehung der Phasenlage der Meßfrequenzen gestattete. Dies wurde mit einer Kunstschaltung er-

reicht, in der aus der Einphasen-Meßfrequenz ein Dreiphasensystem gebildet wurde, das man über einen Regeltransformator schickte. Durch mechanische Verdrehung am Regeltransformator konnten die Phasendifferenzen der beiden Spannungen von Weg 1 und Weg 2 auf Null gebracht werden. Dies wurde auf dem Schirm der Braunschen Röhre dadurch angezeigt, daß die vom Kathodenstrahl geschriebene Ellipse in eine gerade Linie überging.

Bild 40 zeigt den Aufbau des vollständigen Meßgestells. Die Messung mit 300 Hz (linke Seite) ergab den Grobbereich von 0 bis 500 km Entfernung. Die Messung mit 3000 Hz (rechte Seite) ergab den Fein-

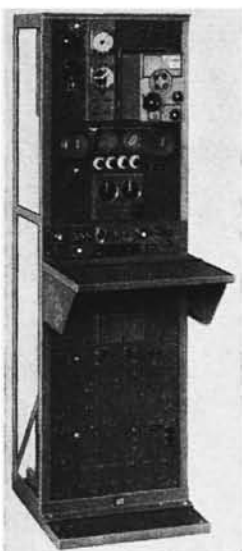


Bild 40. Meßgestell D 2002 für Entfernungsmeßverfahren

bereich von 0 bis 50 km. Die an sich einfache Einstellung der Ellipse ergab eine hohe Meßgenauigkeit. Der Fehler in der Entfernungsmessung lag zwischen 100 und 200 m. Gegen Ende des Krieges wurde aus der vorgeschriebenen Anordnung noch ein Kurzzeitverfahren entwickelt, bei dem die Meßfrequenz nur etwa 0,1 sec lang ausgestrahlt und der rückkehrende Ton in einem Quarzfilter gespeichert wurde, so daß er zur Messung auf einige Sekunden verlängert war. Insgesamt 80 Anlagen des Typs D 2002 sind bis Kriegsende geliefert worden.

4. Kurskoppelgerät

Aus einer zu Kriegsbeginn laufenden Entwicklung einer Standlinien-Koppelnavigationsanlage entstand ein fliegerisch interessantes Gerät, das unter der Bezeichnung „Siemens-Kurskoppler“ bekannt wurde. Das Gerät übernahm selbsttätig die Auswertung der Geschwindigkeit und der Kursanzeige sowie der Windversetzungen bezogen auf eine Standlinie. Dadurch wurde eine ständige Standortbestimmung auch bei Flügen ohne Sicht und mit häufigen Geschwindigkeits- und Kursänderungen möglich. Da das Gerät alle Flugzustände einschließlich Steigen, Kurven usw. erfaßte, war eine wesentlich größere Genauigkeit der Koppelnavigation möglich als bei der üblichen menschlichen Beobachtung und Rechnung.

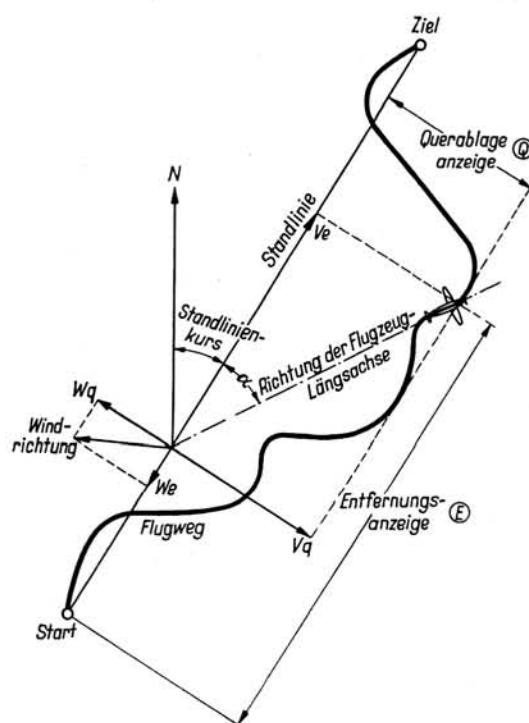


Bild 41. Prinzip des Kurskopplers

Bild 42 zeigt die wesentlichsten Teile der Anlage, die sich durch geringen Gewichts- und Raumaufwand auszeichnete, und zwar:

- zwei Anzeigengeräte,
 - eins für die Entfernung längs der Standlinie und
 - eins für die Querablage zur Standlinie,
- ein höhenkompensierter Fahrtgeber,
- ein Kursgeber zur Standlinienwahl mit mechanischem Anschluß an den Kurskreisel und
- ein Bediengerät.

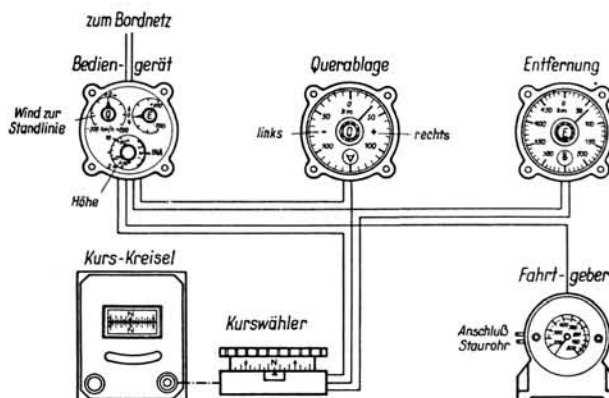


Bild 42. Gerätesatz zum Siemens-Kurskoppler

Die Anordnung arbeitete als elektrischer Zähler, bei dem die Drehzahl zweier Zählermotoren von den Geschwindigkeitskomponenten, die sich in Längs- und Querrichtung ergaben, verändert wurde.

5. Automatische Flugzeugsteuerung

Ein weiteres umfangreiches Arbeitsgebiet aus dem Siemens-Bereich, vornehmlich LGW, war die Entwicklung einer automatischen Dreiaachsensteuerung (Autopilot). Die schematische Wirkungsweise zeigt

Bild 43, das die Entwicklungsform K 12-4 darstellt. Über die zu dieser Technik gehörenden Aufgaben und ihre technischen Lösungselemente, z. B. Bolometer, Magnetverstärker, Dämpfungskreisel usw. soll in

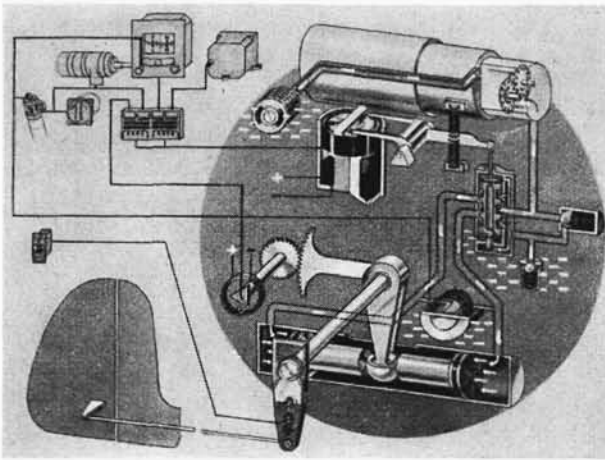


Bild 43. Schematischer Aufbau einer automatischen Flugzeugsteuerung (System Siemens)

einem besonderen Aufsatz berichtet werden. Im Jahre 1939 wurde ein dreimotoriges Flugzeug Ju 52 mit einem Siemens-Autopiloten ausgerüstet. Nach eingehender Flugerprobung flog dieses Flugzeug am 19. Mai 1940 auf dem Flugplatz Peenemünde zum ersten Male völlig unbemannt.

Im Zusammenspiel der funktechnischen und navigatorischen Geräteentwicklung wurde die vollautomatische Flugzeugnavigation in Angriff genommen. Diese Arbeiten lieferten richtungweisende Ergebnisse, von denen einige hervorgehoben seien. Die Grundausrüstung bestand aus einer normalen Siemens-Dreiaachsensteuerung mit einer zusätzlichen Triebwerksteuerung. Für die Übertragung der Fernsteuerkommandos wurden zwei getrennte Wege gewählt. Die Hauptübertragung bestand in einer Programmsteuerung mit störungsempfindlicher Start-Stop-Übertragung, während das Höhenruder für Start und Landung über eine zweite Funkverbindung beliebig verstellbar werden konnte. Der nächste Schritt war die Durchführung automatischer Blindlandungen, die zum ersten Male unter der Leitung von Flugkapitän Köster im Jahre 1941 in Berlin-Diepensee mit einer Heinkel 111 ausgeführt wurden. Hierbei bestand die Grundausrüstung ebenfalls aus einer Dreiaachsensteuerung. Für die horizontale Navigation wurde entweder ein Funkkompaß oder ein Leitstrahl-Funkfeuer auf die Kurssteuerung aufgeschaltet. Der automatische Gleitflug mit automatischem Abfangen wurde durch die Kombination eines elektrischen Höhenmessers der Siemens-Bauart FuG 101 mit einem Horizontkreisel gesteuert. Durch diese Kombination wurde es möglich, die Landekurve ohne jeden Stoß in die Landebahn, also tangential, einmünden zu lassen. Diese Dreipunktlandung war für die damaligen Flugzeuge mit Spornrad eine Notwendigkeit.

Bild 44 zeigt die seinerzeit gewählten Regelkurven, bezogen auf den Horizontkreisel. Links ist die Charakteristik für den Reiseflug und für den Landeanflug bis herab zu einer Flughöhe über Grund von 50 m. Beim

Haupteinflugzeichen des Landeverfahrens wurde auf die Regelkennlinie rechts im Bilde umgeschaltet, wobei gleichzeitig die Motoren auf Leerlauf gebracht wurden. Die Ordinatenwerte sind die sich aus der Ab-

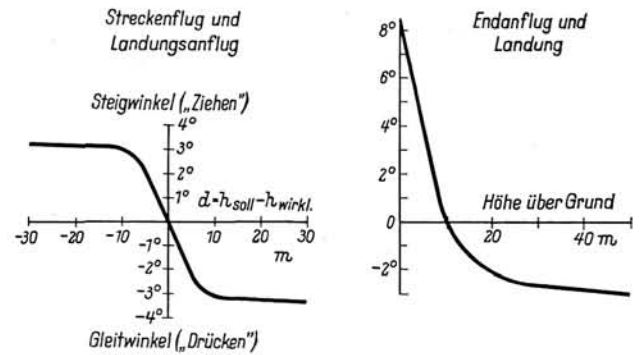


Bild 44. Regelkurven für Streckenflug und Landung; Umschaltung auf Dreiaachsensteuerung für Ju 52

weichung vom Sollwert einstellenden Neigungen um die Querachse, die Abszissenwerte wurden aus der Anzeige des elektrischen Höhenmessers gewonnen. Unterhalb von 10 m Flughöhe wurde das Flugzeug (im gezeigten Beispiel der Regelkurve für eine Ju 52) durch die Umkehr der Steuerwirkung zu einem vorschriftsmäßigen Dreipunktaufsetzen gebracht. Nach diesem System wurden noch viele vollautomatische Landungen mit verschiedenen Flugzeugmustern, oft ohne jegliche Horizontalsicht, ausgeführt⁷⁾.

V. Übertragungsverfahren

1. Leitstand-Technik

Ein weites Gebiet rein nachrichtentechnischer Art war während des Krieges der Ausbau der Gefechtsstände der Luftwaffe.

Die Arbeitsgrundlage solcher Leitstände bildete die Übersichtskarte, die das Luftlagenbild darstellt, das aus den Meßwerten der Radargeräte und den sonstigen Sicht- und Hörmeldungen gewonnen wird. Der Wert des sich schnell ändernden Luftlagebildes ist um so größer, je weniger Zeit zwischen dem Erfassen der Situation und der Darstellung auf dem Kartenbild verlorengeht. Dies erfordert schnell arbeitende Übertragungssysteme. Es entstand ferner das Bedürfnis, das Lagebild der Leitstände auf andere weit entfernt liegende zu übertragen, wofür es drei Möglichkeiten gibt:

1. Übertragung der Einzelmeßwerte,
2. Aufzeichnung des Bildes mit einem Fern-Zeichengerät,
3. Reportagemäßige Übermittlung.

Von den vielen, in den Siemens-Laboratorien untersuchten und zum Teil auch ausgeführten Möglichkeiten sei zum Problem der Übertragung der Radar-meßwerte ein bemerkenswertes System, das den

⁷⁾ In dem Vortrag J. Anast „Über einen automatischen Flug von Neufundland nach England im Jahre 1947 und jüngste Entwicklungen auf dem Gebiet der Steuerautomatik“ auf der Funkortungstagung, Frankfurt/M., 1953 wurde hervorgehoben, daß die amerikanischen Entwicklungsarbeiten auf die Grundgedanken der deutschen Entwicklung während des Krieges zurückgingen. Vgl. auch Bücherei der Funkortung, Band 2, Teil III, S. 49 ff.

Namen „Luxor“ trug, kurz beschrieben. Es arbeitete folgendermaßen: Die aus dem Radargerät erhaltenen Meßwerte der Kugelkoordinaten wurden in rechtwinklige Koordinaten durch einen automatischen Rechner umgerechnet (Askania). Die eigentliche Übertragung der Werte erfolgte nach dem Dual-Impulsverfahren, bei dem jede Koordinate in $2^{10} = 1024$ Punkte, eingeteilt war, so daß sie mit einer Genauigkeit von ein Promille übertragen werden konnte. Die 1024 Punkte wurden durch Grob- und Fein-Stromschrittfolgen voneinander unterschieden, wobei die Stromschrittfolgen aus kurzen Schritten von 20 ms und langen Schritten von 40 ms bestanden. Die Impulse wurden auf der Senderseite von Nockenscheiben, die durch den Rechner angetrieben wurden, abgegriffen und auf der Empfangsseite als Potentiometerwerte wiedergegeben. Die Zeichen konnten über jeden normalen Fernschreibkanal übertragen werden. Bei kurzen Entfernungen arbeitete das System mit Gleichstrom über zwei Adern, bei größeren Entfernungen konnten die Adern auch noch zusätzlich durch Sprache oder Wechselstromtelegraphie ausgenutzt werden. Das Ergebnis der Zielerfassung (eigene und feindliche Flugzeuge) wurde durch Projektion von kleinen Lichtpunkten auf der Übersichtskarte dargestellt. Der Bildpunktwerfer bestand aus einer optischen Anordnung, die nach zwei rechtwinkligen Koordinaten durch eine Nachlaufvorrichtung bewegt wurde. Die Steuerwerte wurden von den Potentiometerstellungen des Empfängers geliefert. Die Höhenwerte wurden auf besonderen Leuchtableaus angezeigt.

Erwähnenswert ist ferner ein Zeichengerät, das Flugwege aufzuzeichnen gestattete. Eine Glasplatte war mit einer zähflüssigen Deckschicht überzogen, in die ein spitzer Stift den Flugweg einkratzte. Die ausgekratzte Spur wurde mit einem großen Projektor in die senkrechte Übersichtskarte hineinprojiziert und zeigte den Flugweg. Durch das allmähliche Zusammenlaufen der Farbe verschwand die Spur nach einiger Zeit. Bild 45 zeigt das zweite Versuchsmuster eines

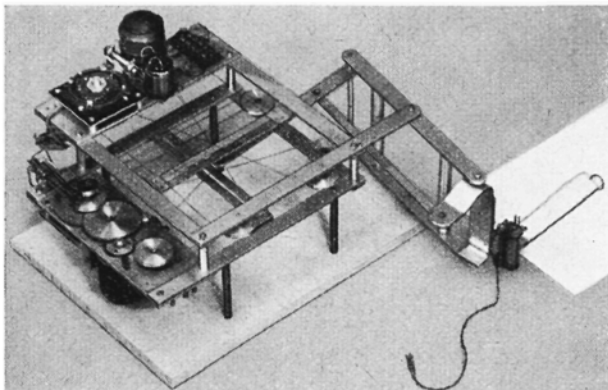


Bild 45. Zwei-Koordinatenschreiber nach dem Pantographen-Prinzip

solchen Zeichengerätes, der als Pantograph gebaut war und, wie das Bild erkennen läßt, in zwei rechtwinkligen Koordinaten gesteuert wurde. Die Einstellgenauigkeit betrug etwa zwei Promille, war also recht gut.

2. Potentialplatten-Pantograph

Als ein anderes Verfahren, das zur Gruppe der fernzeichnenden Geräte gehört, war der sogenannte Potentialplatten-Pantograph entwickelt worden. Bei diesem wurde das zu übertragende Bild auf eine ursprünglich metallbedampfte, in den späteren Ausführungen mit einer sehr dünnen Metallgaze überspannten Glasplatte gezeichnet. An die Platten wird in der X-Richtung ein homogenes Potentialfeld mit einer Frequenz und in der Y-Richtung ein solches mit einer anderen Frequenz gelegt. Jeder Punkt auf der Platte ist durch die Spannungen der beiden Frequenzen gekennzeichnet. Durch den Zeichenstift werden die beiden Potentiale abgetastet und durch einen durch eine Pilotfrequenz gesteuerten Verstärker wertgetreu übertragen. Auf der Empfangsseite wurden die beiden Werte nach Frequenztrennung und Gleichrichtung mit einem nach dem Drehspul-Prinzip arbeitenden Licht-Koordinatenschreiber auf einen fluoreszierenden Schirm als nachleuchtenden Punkt geschrieben. Man konnte ihn auch auf dem Schirm einer Braunschen Röhre darstellen. Um den Lichtpunkt bei dem Projektionsverfahren nicht zu hell werden zu lassen, wurde mit unsichtbarem ultravioletten Licht gearbeitet. Beim Abheben des Zeichenstiftes auf der Senderseite wurde die Strahlung der Lampe auf der Empfangsseite durch eine Blende abgesperrt, so daß man nur die beim Zeichnen entstehenden Bewegungen des Stiftes erhielt.

3. Radar-Schirmbildübertragung

Im Zusammenhang mit dem Ausbau eines Radar-Überwachungsnetzes und besonders mit Panoramalanagen entstand die Aufgabe, die Schirmbildanzeige fernzuübertragen. Aus der Siemens-Entwicklung gingen bis Ende des Krieges zwei Verfahren der Übertragungstechnik hervor, die zu einem für die damaligen Verhältnisse gut brauchbaren Einsatz gebracht werden konnten. Das erste benutzte Fernseh-Koaxialkabel mit einem Frequenzbereich von 1 bis 4 MHz, wobei durch Modulation mit etwa 3 MHz im Zwei-seitenbandverfahren die Impulse fernübertragen wurden. Mit Hilfe eines zweiten Trägers von 1,5 MHz wurde die Synchronisierfrequenz des Strahlumlafes von 200 Hz und die Synchronisierung des Startimpulses von 1000 Hz übertragen. Auf der Empfangsseite wurden die beiden Trägerwellen durch Weichen getrennt, gleichgerichtet und der Schirmbildröhre zugeführt. Diese innerhalb eines halben Jahres entwickelte Technik war sehr gut, sofern koaxiale Kabel zur Verfügung standen. Sie konnte noch dadurch verbessert werden, daß man im Ausgang die Impulsleistung differenzierte und dadurch die Breite und Höhe der Start- und Nah-Echoimpulse verringerte.

Die zweite Technik benutzte vorhandene normale Fernsprechkabelleitungen oder neu verlegte symmetrische Kabel, wozu ein vorhandener Trägerfrequenzverstärker schnellstens auf eine Bandbreite von 250 kHz umgebaut wurde (vgl. Bild 14, Gestell links: „Landbriefträger“).

Schwierigkeiten machte der Phasenausgleich. Bei der Übertragung im Sinne einer Bildübertragung wurde an den Zwischenverstärkerstellen eine Art Umtelegraphieverfahren angewandt, das die Bildzeichen reinigte, aber bei mehrfacher Anwendung eine un-

erwünschte Verbreiterung der Impulse zur Folge hatte. Immerhin konnten mit diesem Verfahren bis zu 100 km erfolgreich überbrückt werden. Es wurden auch Versuche gemacht, Freileitungen (Drehkreuz-Achsen) für die Übertragung zu benutzen. Die Phasendrehfehler ließen sich beherrschen, ebenso konnte die erforderliche hohe Symmetrie gegen Erde geschaffen werden, doch stellte sich heraus, daß Hochspannungsleitungen, besonders die auf ihnen betriebenen HF-Telephoniergeräte sowie Brückenkreuzungen Induktionsstörungen mit sich brachten.

4. Kommando-Übertragungsgerät Boden-Bord FuG 135

In den Jahren 1942/43 wurde ein Übertragungsverfahren („UHU“) entwickelt, das Meßwerte oder Kommandos zu einem Flugzeug über eine bestehende Funkverbindung, z. B. UKW-Funksprechverkehr, zusätzlich und unabhängig von diesem zu übertragen gestattete. Bild 46 zeigt den schematischen Aufbau des

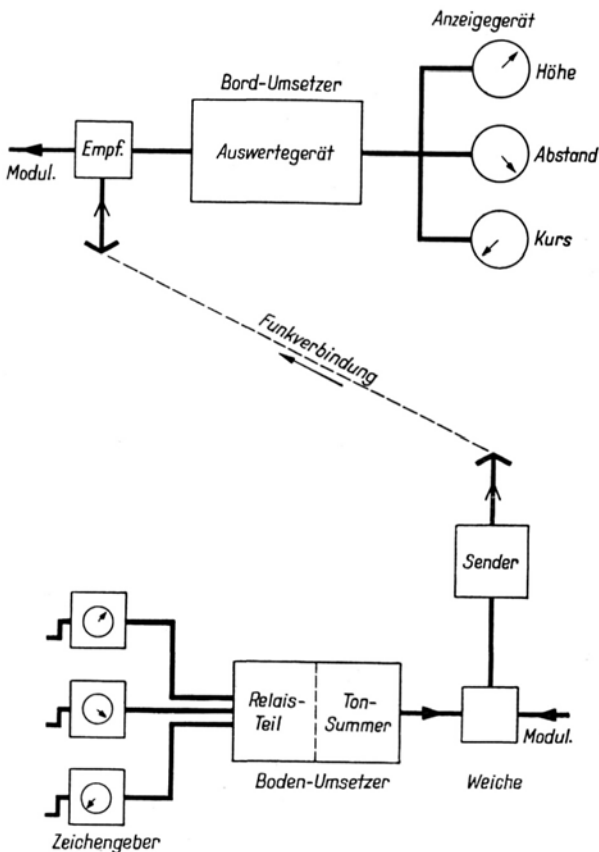


Bild 46. Kommandoanlage Boden-Bord FuG 135

Verfahrens für drei zu übertragende Werte (z. B. Höhe, Abstand und Kurs), die in Form von Telegraphierzeichen gebildet wurden. Jedes Zeichen bestand aus konstanten Stromschritten, wobei jeder Stromschritt aus zwei entgegengesetzten Impulsen sich zusammensetzte. Fiel bei Störungen ein Impuls aus, so wurde das fehlerhafte Zeichen nicht ausgewertet und somit unterdrückt. Die Impulse wurden in die Kombination zweier Tonfrequenzen (4260 Hz und 5340 Hz) umgesetzt. Jeder Übertragungsvorgang dauerte 1 sec, so daß nach 3 sec jede Einzelanzeige an Bord erneuert wurde; hierdurch ergab sich eine sehr große Übertragungssicherheit. Den Geräteaufwand auf der Boden-

station zeigt Bild 47, den auf der Bordseite Bild 48. Die Kursanzeige konnte auf die Kurssteuerung aufgeschaltet werden.

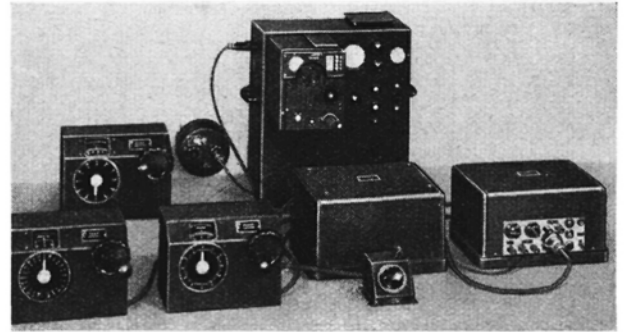


Bild 47. Bodenanlage zum FuG 135 (mit Sender FuG 16)

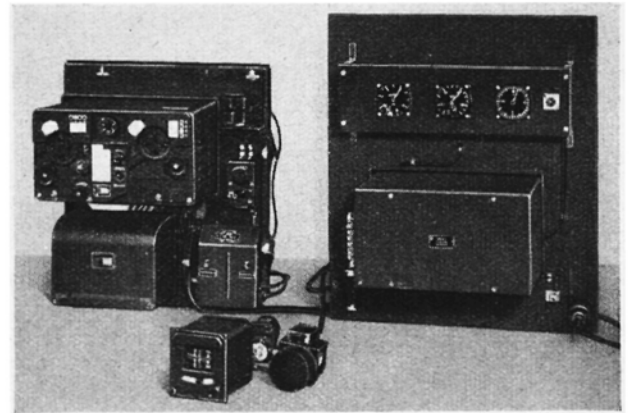


Bild 48. Bordanlage zum FuG 135 in Verbindung mit FuG 16 ZE und Umformersatz

An dieser Stelle mag noch erwähnt werden, daß u. a. auch ein Übertragungssystem Boden-Bord geschaffen wurde, das die im Kapitel IV beschriebene Siemens-Hell-Technik benutzte. Zu diesem Zwecke wurde ein Kommandogerät entwickelt, auf dem die aus einigen Buchstaben oder Zeichen bestehende Nachricht durch „Stöpselung“ kombiniert werden konnte. Diese Nachrichtenkombination wurde alsdann abgetastet, ausgesandt und an Bord des Flugzeuges auf dem Streifen des Siemens-Hell-Schreibers geschrieben.

VI. Meßgeräte und Bauelemente

Aus der Tradition des Hauses Siemens & Halske auf dem Gebiet der elektronischen Meßtechnik und infolge der sich schnell weiterentwickelnden Hoch- und Höchstfrequenztechnik entstand parallel zu den in den vorigen Kapiteln umrissenen Geräten und Verfahren ein Meßgeräteprogramm, das im Jahre 1944 etwa 60 Geräte umfaßte, die speziell auf die luftfahrt-elektronischen Aufgaben ausgerichtet waren und listenmäßig⁸⁾ verkauft wurden. In der Tafel 49 sind auszugsweise Angaben über verschiedene Meßsender,

⁸⁾ Die Meßgeräteleiste des Wernerwerks für Verstärkergeräte wurde noch im Jahre 1944 in Druck gegeben, konnte aber aus kriegsbedingten Gründen nicht mehr erscheinen.

Tafel 49. Auszug aus der Siemens-Meßgeräteleiste 1944

1. Prüf- und Meßsender

Gerät	Frequenzbereich	Gerätewerte			Bemerkung
		Frequenz- Unsicherheit	Ausgangsleistung bzw. Spannung	Modul-Frequenz	
Rel send 22c	80 kHz — 28 MHz	1 %	regelbar	200 — 4000 Hz	Frequenzmodulation (Bild 51 rechts) (Bild 50 rechts) mit Magnetron RD 2 Md od. Mh mit Klystron RD 2 Mg
Rel send 37a	60 „ — 20 MHz	1 %	5 μ V — 50 mV	50 — 6000 Hz	
Rel send 29a	4 „ — 20 MHz	1 %	5 μ V — 50 mV	50 — 6000 Hz	
Rel send 32a	20 „ — 300 MHz	2 %	5 μ V — 100 mV	500 Hz	
Rel send 27a	5 „ — 300 MHz	0,5 %	0,1 μ V — 100 mV	AM 0 — 2,8 MHz	
Rel send 28a	300 „ — 700 MHz			FM 50 Hz — 10 kHz	
Rel send 11b	60 „ — 20 MHz	0,5 %	2500 mV	30 — 10 000 Hz	
Rel send 25a	10 „ — 200 MHz	1 %	1000 mV	50 Hz — 300 kHz	
Rel send 31b	60 „ — 260 MHz		1000 mV	500 Hz	
Rel send 34a	250 „ — 700 MHz	0 %	250 mV	500 Hz	
Rel send 35a, b, c	1400 „ — 5400 MHz		100 mV		
Rel send 39a	8350 „ — 9100 MHz				

2. Frequenz-Meßgeräte

Gerät	Frequenzbereich	Meßunsicherheit	Bemerkung
Meßbrücke 10 ⁻³	Rel msbr 18a 30 Hz — 100 kHz	1.10 ⁻³ — 3.10 ⁻³	Bild 52 Bild 50 links Bild 53
Meßgerät 10 ⁻²	Rel mse 146a 20 kHz — 26 MHz	1.10 ⁻²	
Frequenz-Normal 10 ⁻³	Rel mse 161a 20 „ — 20 MHz	1.10 ⁻⁵ — 1.10 ⁻⁷	
Meßeinrichtung 10 ⁻⁶	Rel mse 147a 20 „ — 20 MHz	1.10 ⁻⁶	
Meßgerät 10 ⁻⁸	Rel mse 170a 85 „ — 300 MHz	3.10 ⁻²	
Meßgerät 10 ⁻³	Rel mse 178a 100 „ — 300 MHz	2.10 ⁻³	
Meßgerät 10	Rel mse 145a 10 „ — 1000 MHz	1.10 ⁻³	
Meßgerät 10 ⁻⁴	Rel mse 154b 150 „ — 800 MHz	1.10 ⁻⁴	
Meßgerät 10 ⁻⁴	Rel mse 2032a 3190 „ — 3900 MHz	1.10 ⁻⁴	
	Rel mse 2032b 2780 „ — 3260 MHz		
	Rel mse 2032c 2470 „ — 2830 MHz		

3. Einige sonstige Meßgeräte

Geräte	Frequenzbereich	Sonstige Daten	Bemerkung
Feldstärke-Meßgerät	Rel msv 112a 75 — 170 MHz bzw. 10 — 600 MHz	0...1 V/m Meßunsicherheit 10 %	größte Verstärkung 14 N
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel mse 184 e, f, g, h 60 — 650 MHz	L = 2m bzw. 2,5m Z = 60 bzw. 70 Ohm	mit Rel send 31 Meßwagen mit Topfkreis (Bild 55)
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel msl 69a 600 — 6000 MHz	L = 60 cm	
Kabelmeßleitung (koaxial)	Rel msl 68a 1500 — 6000 MHz	L = 25 cm	auch mit Übergang auf Hohl- leiteranschluß
Anpassungsprüfer	Rel mse 182a 30 — 300 MHz (0 — 600 MHz)	Meßbereich für Fehlanpassung m = 1,0 — 2,0 Welligkeit 0 — 100 %	mit Rel send 31 und Abschluß- widerstand Rel stp 96a, Bild 56
Tiefpaß (Stromreiniger)	Rel mse 62a 50 kHz — 26 MHz	18stufig ^b Durchlaß < 0,3 N b Harmon. > 4 N	Bild 61, Pos. 1
Tiefpaß (Stromreiniger)	Rel mse 64a 20 — 320 MHz	8stufig ^b Durchlaß < 0,1 N b Harmon. > 2 N	Bild 61, Pos. 2
Hohlrohr-Meßleitung	Rel msl 70a 2500 — 3750 MHz		mit Magnetron-Sender Rel send 35, Bild 59
Anpassungsmeßplatz für Hohlrohrleitungen	2500 — 3750 MHz	direkt zeigend	mit Magnetron-Sender Rel send 35, Bild 60

Frequenzmesser und sonstiges Zubehör gemacht, von denen einige Geräte in den Bildern 50 bis 56 wiedergegeben sind.

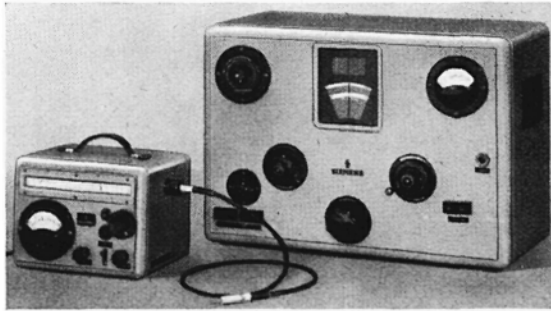


Bild 50

Links: Frequenzmeßgerät Rel mse 178a
Rechts: Meßsender Rel send 25a

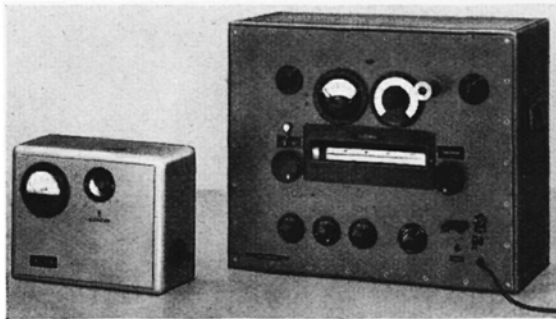


Bild 51

Links: Frequenzmeßgerät Rel mse 154b
Rechts: Prüfsender Rel send 27a

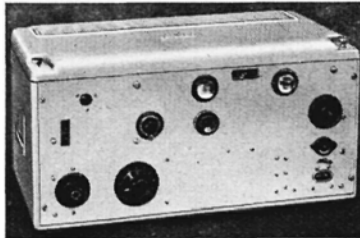
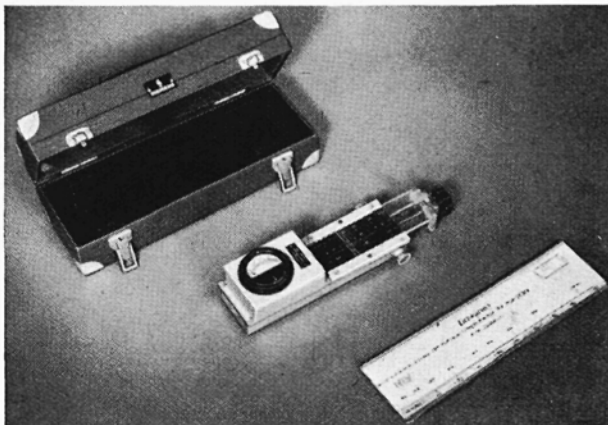
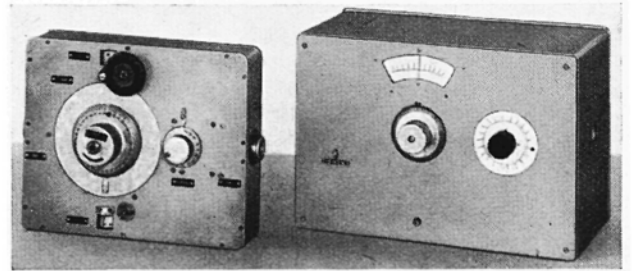
Bild 52. Frequenz-Meßeinrichtung 10^{-6} , Rel mse 147aBild 53. Frequenzmeßgerät 10^{-4} mit Hohlraum-Resonator von 7,6 bis 12,15 cm Wellenlänge, Rel mse 2032

Bild 54. Differentialmeßbrücken für Scheinwiderstandsmessungen im Frequenzbereich 450 bis 750 MHz
Kapazitätsbereich: ± 25 pF mit Toroidkreisnormal
Widerstandsbereich: 100 bis ∞ Ohm
(Für Werkstoff-Untersuchungen elektrisch-schwarzer Körper; 1944/45)

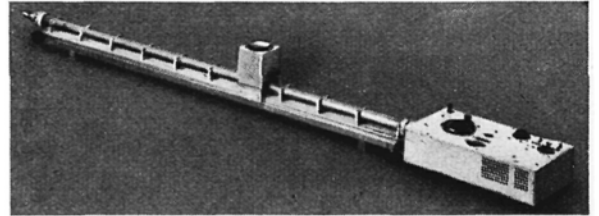


Bild 55. Kabelmeßleitung (koaxial), Rel mse 184 mit Rel send 31

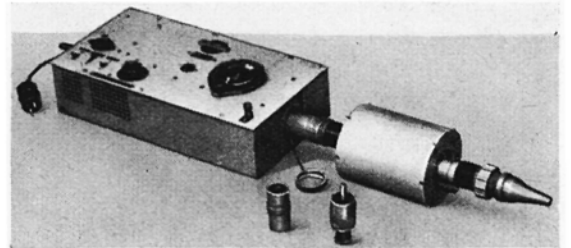


Bild 56. Anpassungsprüfer, 30 bis 600 MHz, Rel mse 182a

Die Bilder 57 bis 60 zeigen Bauelemente und Meßgeräte der Hohlleitertechnik, vornehmlich für den Wellenbereich 8 bis 12 cm, der für die Radar-Entwicklung der letzten Kriegsjahre von großer Bedeutung war. Eine Ausstellungsübersicht aus dem Jahre 1944 von Geräten und Bauteilen ist in den Bildern 61 und 62 gezeigt.

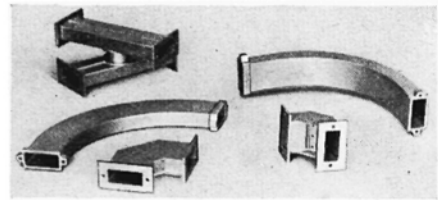


Bild 57. Krümmen und Kniestücke und eine Drehkupplung der Siemens-Hohlleitertechnik 1944

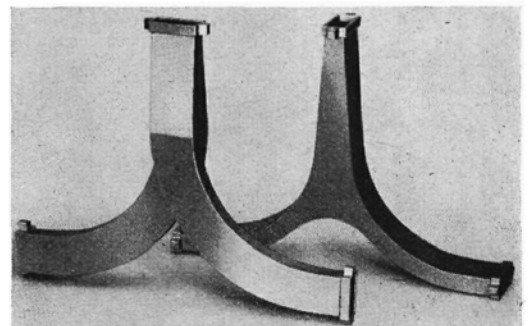


Bild 58. Hohlleiterverzweigung (Hosenrohre 1944)

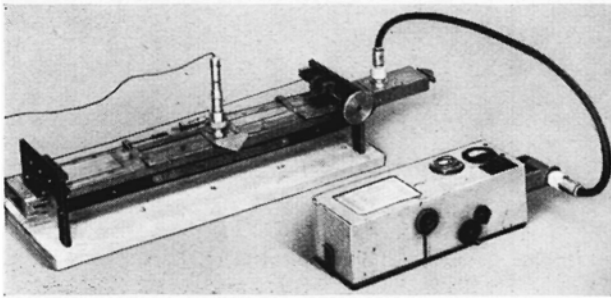


Bild 59. Hohlrohr-Meßleitung zur Welligkeitsmessung mit Magnetronsender Rel send 35

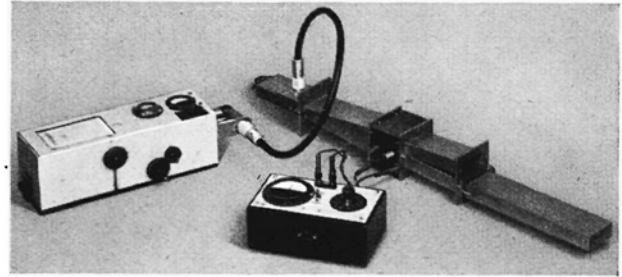


Bild 60. Direkt zeigender Anpassungs-Meßplatz für Hohlrohrleitungen

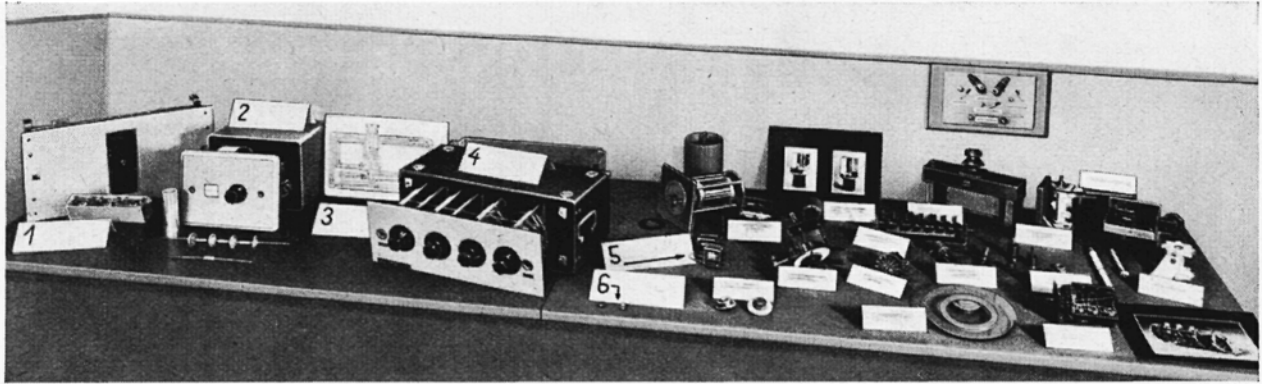


Bild 61. Übersicht über Bauelemente und Meßgeräte der Hoch- und Höchstfrequenztechnik (Siemens 1944)
1. Tiefpaß, Rel mse 62, 50 kHz bis 25 MHz; 2. Tiefpaß, Rel mse 64, 20 bis 320 MHz; 3. Bandfilter, Rel mse 185, 200 bis 800 MHz (Konstruktions-Zeichnung); 4. Elchleitung, Rel mse 63, 0 bis 100 MHz; 5. Anpassungsübertrager Rel tr 79a, 1 bis 300 kHz (rechts vom Schild stehend); 6. Anpassungsübertrager Rel tr 43, 100 kHz bis 20 MHz (vor dem Schild liegend)

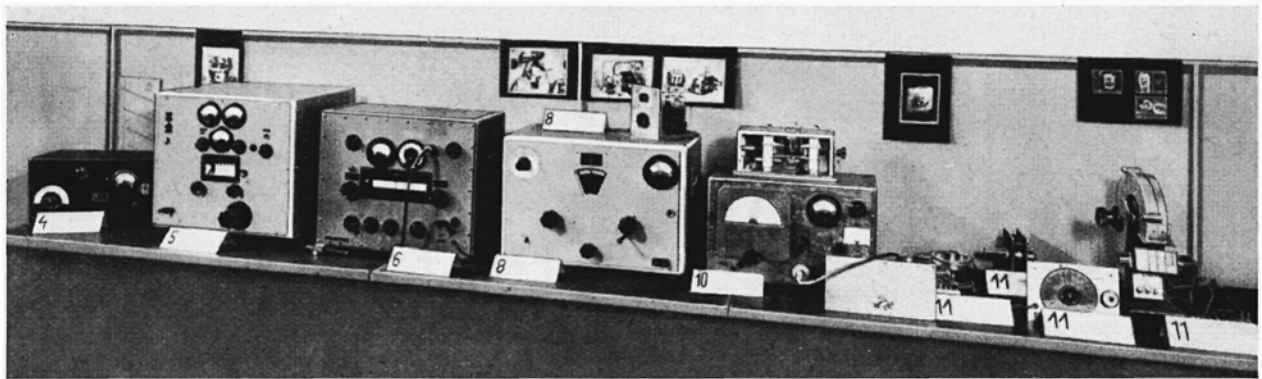


Bild 62. Übersicht über Bauelemente und Meßgeräte der Hoch- und Höchstfrequenztechnik (Siemens 1944)
4. Empfänger-Prüfsender, Rel send 7c, 100 kHz bis 21 MHz; 5. Meßsender, Rel send 11, 60 kHz bis 20 MHz; 6. Prüfsender, Rel send 27a, 5 bis 300 MHz; 8. Meßsender, Rel send 25a, 5 bis 240 MHz, darauf stehend: Schwingstufe mit LG 1; 10. Prüfsender Rel send 28a, 300 bis 700 MHz; 11. Bauteile für Höchstfrequenzsender

Berichtigung

In der Arbeit von M. Kornetzki und H. Burger:

Das Verhalten von Ferritkernen mit rechteckförmiger Magnetisierungsschleife im inhomogenen Magnetfeld und bei Scherung

im Septemberheft 1955 unserer Zeitschrift „Frequenz“ sind leider in der Literaturangabe einige Druckfehler stehen geblieben, die wir zu entschuldigen bitten. Es muß richtig heißen:

- [2] Becker, R. u. Döring, W.: Ferromagnetismus. Berlin 1939, S. 176—187.
[3] Becker, R. u. Döring, W.: Siehe (2). S. 25—29, 101—112;

Buchbesprechungen

Elektronische Halbleiter

Spenske, E.:

Eine Einführung in die Physik der Gleichrichter und Transistoren. Springer-Verlag, Berlin 1955. 1. Auflage, 379 Seiten, 184 Bilder, Preis: Ganzleinen DM 34,50

Aus dem heute vorliegenden großen Halbleitergebiet werden, wie schon der Titel sagt, nur diejenigen Halbleiter behandelt, bei denen die Elektronenleitung wesentlich ist. Wenn auch die Gleichrichter und Transistoren im Untertitel ausdrücklich genannt sind, so beschränkt sich der Verfasser doch mehr auf die eigentliche Halbleitung, zumal über Gleichrichter und Transistoren mit dem Halbleiter als Basis in dem angelsächsischen Schrifttum gute Bücher vorliegen.