

## 4. Die Funkausrüstung der U-Boote

### 4.1 Konstruktionsmerkmale

Wenden wir uns nun der Funkausrüstung der U-Boote zu. Es verdient festgehalten zu werden, daß die eingesetzten Geräte eine Reihe von Konstruktionsmerkmalen aufwiesen, die für militärische Funkgeräte auf deutscher Seite typisch waren.<sup>1</sup>

Werfen wir einen Blick zurück auf die dreißiger Jahre, in denen die Nachrichtenübermittlung auf drahtlosem Weg einen enormen Aufschwung nahm. Zu Beginn dieser Periode, d.h. nach 1930, wurden bei mehreren Herstellern, u.a. bei der Lorenz AG, neue Konstruktionsprinzipien entwickelt, deren Ziel eine möglichst rationelle Produktionsweise war [65, S.92 ff.]. Diese Entwicklungen sollten das Gesicht der deutschen Funkgeräte bis zum Jahr 1945 prägen.

Während das Chassis von elektronischen Geräten bis zum Ende des Röhren-Zeitalters, also bis in die sechziger Jahre, normalerweise aus gestanztem Stahl- oder Aluminiumblech bestand, ging man in Deutschland hier wie auf anderen Gebieten eigene Wege. Die neue Technik bestand aus der Anfertigung einer äußerst komplizierten Konstruktion aus Leichtmetall-Spritzguß in Kammerbauweise, die so beschaffen war, daß in ihrem Innern fast das gesamte Gerät untergebracht werden konnte.<sup>2</sup> Das verwendete Material, Elektron genannt, war eine Legierung aus Magnesium und Aluminium. Eng verbunden mit dieser Entwicklung war u.a. die Firma Mahle. Mit dieser nicht gerade billigen Bauweise erreichte man eine große mechanische Festigkeit, und diese war in jenen Tagen, denkt man an die Frequenzstabilität, für Sender und Empfänger von großer Bedeutung. Weitere Vorteile dieser Bauweise waren, daß störende Kopplungseffekte zwischen den einzelnen Stufen vermindert, wenn nicht überhaupt ausgeschaltet wurden, und schließlich, daß die Effekte von Veränderungen der Betriebstemperatur klein gehalten werden konnten.

Eine zweite bedeutende Entwicklung fand auf einem anderen Gebiet statt. Im Herbst 1932 kamen die Freunde Dr. Rohde und Dr. Schwarz in Kontakt mit Obering. Handrek von der Firma Hescho (Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft). Diese Firma hatte neue keramische Materialien mit für die damalige Zeit geringen Hochfrequenz-Verlusten entwickelt, konnte aber deren Eigenschaften nicht mit eindeutigen Meßergebnissen belegen. Denn Untersuchungen an identischem Material im Inland wie im Ausland kamen, was die dielektrischen Eigenschaften angeht, immer wieder zu unterschiedlichen Ergebnissen. Schließlich wandte sich Hescho an die Universität Jena mit der Anfrage, ob man nicht dort eine Methode

<sup>1</sup> Eine Übersicht über die wichtigsten Konstruktionsmerkmale deutscher Funkgeräte seit 1920 findet sich in [64, S.76-82].

<sup>2</sup> Das gilt natürlich im wesentlichen für die im Auftrag der Wehrmacht gefertigten Geräte. Im allgemeinen kann man sagen, daß militärische gegenüber vergleichbaren zivilen Geräten 7- bis 10mal teurer sind. Das ist auch heute bei den nach militärischen Spezifikationen ("Mil-Spec") hergestellten Geräten so.

entwickeln könnte, die eindeutige Meßergebnisse liefern würde. Daraus entstand kurz danach die Firma Physikalisch-Technisches Entwicklungslabor Dr. Rohde & Dr. Schwarz, die noch heute als Rohde & Schwarz weltbekannt ist [66]. An der Entwicklung der neuartigen Materialien hatte der Chemiker Rahn von der Firma Hescho entscheidenden Anteil. Werfen wir nun einen Blick auf die praktischen Auswirkungen dieser beiden Innovationen.

Die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises, der normalerweise aus einer Induktivität (Spule) und einer Kapazität (Kondensator) besteht, wird in folgender Weise durch seine Komponenten bestimmt

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

wobei  $f$  die Frequenz oder Schwingungszahl,  $L$  die Selbstinduktion der Spule und  $C$  die Kapazität des (variablen) Kondensators ist;  $2\pi f = \omega$  (Kreisfrequenz).

Daraus folgt, daß die Frequenz im wesentlichen durch die Wurzel des Produkts aus  $L$  und  $C$  bestimmt wird. Eine Spule besteht meistens aus einem rohrförmigen Spulenkörper, um den Draht gewickelt ist. Wird nun die Spule erwärmt, dann wird sich sowohl der Körper wie auch der Draht ausdehnen und die Selbstinduktion vergrößern ( $L$  größer). Soll die Frequenz konstant bleiben, muß die Kapazität im gleichen Maß verringert werden ( $C$  kleiner).

Bis zum Anfang der dreißiger Jahre konnte man diese Vorgänge nicht beherrschen. Erst durch die Arbeiten der Firma Hescho wurde es möglich, Schaltungen zu entwickeln, die in einem Schwingkreis die Zunahme der Induktion durch eine Abnahme des Faktors  $C$  kompensieren. Die gefundene Lösung basierte u.a. auf der Beherrschung der positiven und der negativen Dielektrika von Kondensatoren. Das war keine leichte Aufgabe, und sie verlangte die Lösung von Problemen, die heute noch Schwierigkeiten bereiten.

Ein keramischer Kondensator wird, wie der Name schon sagt, aus einem gebrannten Material hergestellt. Der Brennvorgang hat negative Auswirkungen auf die Molekularspannung der Masse. Diese Spannung kann sich stoßartig, und sei es nur geringfügig, entladen und damit den Wert - die Kapazität - verändern. Das wiederum zieht, wie aus der Formel hervorgeht, einen Frequenzsprung nach sich. Hescho überwand diese Eigenschaften durch eine präzise Beherrschung der inneren Spannungen des Materials sowie durch besondere Versilberungstechniken. Selbst ein Unternehmen wie Philips kaufte noch bis zum Ende der dreißiger Jahre Grundstoffe und keramische Materialien (unbearbeitetes keramisches Rohr) bei der Firma Hescho, da es Philips Jahre gekostet hätte, die entsprechenden Verfahren zur Produktionsreife zu entwickeln [67]. Außerhalb Deutschlands verwendete man beim Bau von Kondensatoren in der Vorkriegszeit vorwiegend Glimmer - ein strategisches Material, das zum großen Teil eingeführt werden mußte.

Aber auch im Aufbau von Spulen, die bis dahin ausschließlich mit Kupferdraht bewickelt waren, erzielte Hescho einen technologischen Durchbruch. Was lag näher, als bei Spulen für höhere Frequenzen den Draht, der oft nur in einer Lage auf dem Spulenkörper aufgebracht wird, in Rillen auf der Oberfläche des Spulenkörpers zu verlegen? An die Stelle von Draht wurde in die Vertiefungen Kupfer aufgedampft, das dann später noch versilbert wurde.

In einer Publikation von 1943 ist zu lesen, daß damit der Einfluß von Temperaturschwankungen um den Faktor 200 reduziert wurde, wodurch sich der Q-Wert ebenfalls deutlich erhöhte [68, S.109/110].<sup>3</sup>

Die in einer Spule entstehenden Verluste werden durch verschiedene Einflüsse vergrößert, wie etwa durch den sogenannten "skin effect"<sup>4</sup> und die Eigenkapazitäten der Wicklungen untereinander. Auf einen einfachen Nenner gebracht: Die Verluste werden mit der Länge der Wicklung größer. Auch hier fand man eine Lösung in dem durch Hans Vogt entwickelten "HF-Eisenpulver" [69, S.133 ff.]. Spulenkern aus diesem unscheinbar aussehenden Material - Eisenpulver- oder Massekerne genannt - zeichnen sich durch eine große Permeabilität ( $\mu$ ) aus, wodurch die Verluste in einer Spule niedrig gehalten werden können. Die Deutschen - und die Deutschen allein - setzten solche Spulen fast überall dort ein, wo das möglich war.<sup>5</sup> Noch lange nach dem Zweiten Weltkrieg verwendete man in den angelsächsischen Ländern vornehmlich Luftspulen, während man in Deutschland mit großem Erfolg Spulen mit Kernen aus Eisenpulver gebrauchte.

Das ist sicher auch die Hauptursache dafür, daß nur die Deutschen imstande waren, gute variable Quarzfilter zu bauen, wie sie in einer Reihe von Wehrmachtsempfängern wie "Main", "Köln" und Mw.E.c zu finden sind.<sup>6</sup> Durch diese Filter konnte der Empfang deutlich verbessert werden. Generell kann man sagen, daß die Eigenschaften deutscher Empfänger, von wenigen Ausnahmen abgesehen, durch alliiertes Gerät nicht übertroffen wurden. Bis Mitte 1943 konnten für die Wehrmacht gebaute KW-Geräte jeden Vergleich mit alliierterem Material glanzvoll bestehen [1],[70, S.39].<sup>7</sup>

3 Der Qualitätsfaktor Q ist ein Maß für die Güte von Spulen und Kondensatoren und von daraus aufgebauten Kreisen. Das Q eines Kondensators ist das Verhältnis von Reaktanz (Blindwiderstand) zum Verlustwiderstand. Der Q-Faktor einer aufgedampften Spule kann leicht 250-500 erreichen.

4 Allgemein gilt, daß flache Leiter bessere HF-Eigenschaften besitzen. Mit zunehmender Frequenz bewegt sich der Wechselstrom mehr und mehr in einer äußeren Metallschicht fort, die bei sehr hohen Frequenzen nur einige  $\mu\text{m}$  dick sein kann. Im Deutschen spricht man bei diesem Effekt von "Verdrängung".

5 Die topfförmigen Spulenkörper jener Tage ähneln im Aussehen den nach dem Zweiten Weltkrieg bekanntgewordenen "Topfkernen" aus Ferroxcube, einem von Philips Ende der vierziger Jahre entwickelten Material.

6 Quarzfilter waren auf alliierter Seite zwar bekannt, aber man beherrschte dort die Technik nicht so weit, daß man die Bandbreite bei gleichbleibend symmetrischem Kurvenverlauf zwischen 200 Hz und 10 kHz variabel machen konnte, wie das beim "Köln" der Fall war. Alliierte Empfänger, wie der HRO besaßen die Möglichkeit einer Verschiebung zwischen den Spitzen von Parallel- und Serien-resonanz ("phasing").

7 Auch die Entwicklung besonderer Röhren für militärische Zwecke, der sogenannten Wehrmachtströhren - man denke nur an die RV 12 P 2000 - , spielte eine wichtige Rolle im Sender- und Empfängerbau auf deutscher Seite. Da bei der typischen Funkausrüstung der U-Boote größtenteils auf "zivile" Röhren zurückgegriffen wurde, wird hier nicht näher auf diesen Aspekt eingegangen.

Der Leser wird sich nun fragen, warum diese Einzelheiten zur Sprache kommen. Der Grund liegt darin, daß durch die beschriebenen Entwicklungen - Spritzgußbauweise, neuartige keramische Techniken, Verwendung von Eisenpulver - eine so große Frequenzstabilität erreicht wurde, daß man auf Quarze weitgehend verzichten konnte. Die Wirtschaft des Dritten Reichs war von Anfang an auf den Fall des Kriegs ausgerichtet. Wirtschaftliche Autarkie war das Gebot der Stunde; der von Hermann Göring ins Leben gerufene Vierjahresplan sollte Deutschland von der Einfuhr von Lebensmitteln und industriellen Rohstoffen nach Möglichkeit unabhängig machen (vgl. etwa [19, S.111 ff.]). Der Welthandel jener Tage bestand vorwiegend aus verkappten Tauschgeschäften, und Devisen wurden nur zum Kauf wichtigster Güter freigegeben.

Damals schien es ausgemacht, daß Frequenzstabilität im Sende- und Empfangsbetrieb nur mit Quarzen gewährleistet werden kann.<sup>8</sup> Der Rohstoff kam in Europa kaum und dann nicht in hinreichender Qualität vor, so daß man auf Lieferungen aus Brasilien angewiesen war. Während Deutschland auf diesem Gebiet jetzt nahezu unabhängig war, benötigten die Alliierten ganze Schiffsladungen für ihre militärischen Zwecke, und man kann sich gut vorstellen, wie folgenschwer es war, als die Deutschen 1942/43 einen amerikanischen Frachter mit Quarzmaterial torpedierten.

Bei einem Bedarf von einem Quarz je Frequenz wurden für jedes Gerät Dutzende von Quarzen benötigt, und man kann annehmen, daß insgesamt viele Millionen Stück produziert worden sind.<sup>9</sup> Wie gefährlich die Abhängigkeit von Quarzen sein konnte, zeigt eine Begebenheit. In der Schlacht um Arnheim 1944 (Operation "Market Garden") erlitten die Briten schwere Verluste unter anderem dadurch, daß sie Quarze für die falschen Frequenzen mit sich führten und andere im Sendebetrieb ausfielen [73],[74].

Halten wir also fest, daß die Deutschen durch verschiedene Innovationen fast unabhängig von Quarzkristallen waren.<sup>10</sup> Auf alliierter Seite ging man erst später im Verlauf des Kriegs dazu über, variable Senderoszillatoren<sup>11</sup> zu bauen, um das Handikap der Abhängigkeit von diesem strategischen Rohstoff zu beseitigen.

8 Das gilt in gewissem Sinn auch heute noch, denn selbst bei einem modernen Phase-Locked-Loop-Synthesizer (PLL) werden alle Frequenzen von einem Quarz abgeleitet.

9 Man beziffert die in den USA zwischen 1941 und 1945 produzierten Quarze auf etwa 30 Mio. [71]. Dagegen soll Deutschland von 1940 bis 1945 nur etwa 0,9 Mio. Stück hergestellt haben [72]. Ein nicht geringer Teil davon dürfte für Quarzfilter bestimmt gewesen sein.

10 Jeder Sender wurde lediglich mit einem Eichquarz ausgestattet. Man ging davon aus, daß die Abstimmkala auf der gesamten Länge "stimmte", wenn an der Eichmarke Übereinstimmung zwischen Eichfrequenz und angezeigter Frequenz bestand. Meistens waren die Eichmarken am oberen Skalenende (höchste Frequenz) eines Bereichs angebracht, weil dort eventuelle Abweichungen am besten sichtbar waren.

11 englisch: variable frequency oscillator (VFO)

## 4.2 Die Geräte

Die zwei wichtigsten Produzenten von Sendern und Empfängern waren Telefunken<sup>12</sup> und die Lorenz AG<sup>13</sup>. Nach meiner Ansicht kamen von Telefunken die meisten "High-Tech"-Produkte, aber diese waren durch ihre Konstruktion auch viel aufwendiger als die des Konkurrenten Lorenz. Dort waren die Entwicklungen deutlich von der amerikanischen Produktionsphilosophie beeinflusst, d.h. sie entsprachen dem aktuellen Stand der Technik, unter Verzicht auf den "Einbau" von technischen Raffinessen und überflüssigen Verfeinerungen. Das ergab sehr robuste und solide Geräte, die allerdings im Vergleich zu den Telefunken-Geräten weniger frequenzstabil waren.

Dagegen ging man bei Telefunken oftmals bis an die Grenze des technisch Möglichen. Das führte später bei der Serienproduktion gelegentlich zu Problemen und damit zu Schwierigkeiten, die vereinbarten Abnahmedaten einzuhalten. Solche Probleme wurden dann mit der Einführung entfeinerter Versionen, der sogenannten Sparausführungen, aus dem Weg geräumt. Diese sind übrigens an einem an die Typenbezeichnung angehängten Buchstaben kenntlich. Die erste Ausführung hieß meistens xyz a, die zweite xyz b usw. So bestanden etwa von dem Sender T 200 FK 39 die Versionen 39, 39a, 39b und 39c [75].<sup>14</sup>

Die Funkausrüstung der U-Boote zeigte gewisse Unterschiede je nach Bootstyp, Operationsgebiet und vor allem Einsatzjahr. Wir beschränken uns hier auf einige wichtige Geräte, die zur Standardausrüstung gehörten.

Der am häufigsten eingesetzte Kurzwellensender war der S 406 S2/36. Es handelt sich um einen solide aufgebauten dreistufigen Sender mit einer äußerst stabilen Steuerstufe, mit der man die Sendefrequenz sehr genau einstellen konnte. Die Unempfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen war für die damalige Zeit außergewöhnlich gut:

12 Telefunken wurde 1903 gegründet von AEG (50%) und Siemens & Halske, später Siemens genannt (50%). Die Arbeitsteilung war so geregelt, daß sich Telefunken mit drahtlosen und Siemens & Halske mit drahtgebundenen Verbindungen befaßte. Das ging so weit, daß nur Siemens & Halske Weitverkehrsröhren (Poströhren) fertigen durfte. 1941 verkaufte Siemens & Halske seinen Telefunken-Anteil an die AEG (es handelte sich eigentlich um einen Tausch) und war jetzt frei, in den sehr lukrativen Markt für drahtlose Erzeugnisse einzusteigen.

13 Die C. Lorenz AG in Berlin-Tempelhof ging 1930 in den Besitz der amerikanischen Firma ITT über und wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in Standard Electric Lorenz (SEL) umbenannt, obwohl die Bezeichnung "Lorenz" weiter in Gebrauch blieb.

14 Die Gerätebezeichnungen der Kriegsmarine sind im allgemeinen leicht zu interpretieren. Unter den Herstellern stand Ha für Hagenuk, Lo für Lorenz und T für Telefunken. Bei Sendern gab die Zahl die Leistung an, L bedeutete Langwelle (100-600 kHz), K Kurzwelle (1,5 bis etwa 8 MHz), F oder FK Fernkurzwelle (≈3-25 MHz). Bei Empfängern stand die Zahl für die Anzahl der abgestimmten Kreise, L und K wieder für Lang- bzw. Kurzwelle, gefolgt vom Jahr der Einführung. - Wie zu sehen ist, weicht die Einteilung des Frequenzspektrums durch die Kriegsmarine von der heute gebräuchlichen ab.

Die Abweichung der Sendefrequenz betrug pro Kelvin ( $=^{\circ}\text{C}$ ) nur 8 ppm. Das wurde u.a. dadurch erreicht, daß die frequenzbestimmenden Teile ganz aus keramischem Material hergestellt waren.

Durch diese Eigenschaften war es unter anderem erst möglich, das Kurzsignalverfahren Kurier, das höchste Anforderungen an Stabilität und Frequenzgenauigkeit stellte, in Verbindung mit normalen U-Boot-Sendern einzusetzen.<sup>15</sup>

Am Beispiel des S 406 läßt sich übrigens gut veranschaulichen, was die Unabhängigkeit von Quarzen bedeutete: Bei einem nutzbaren Frequenzbereich von 3,75 bis 15 MHz und einem Kanalabstand von 10 kHz ergeben sich  $15\text{ MHz} - 3,75\text{ MHz} = 11,25\text{ MHz}$  geteilt durch 10 kHz = 1.125 Kanäle/Sendefrequenzen. Das bedeutet nichts anderes, als daß man bei Ausnutzung aller Möglichkeiten pro Sender 1.125 Quarze benötigt hätte!

Von diesem Sender gab es später noch die Version S 406 S3/40. Der Unterschied zwischen den beiden Ausführungen war offenbar der, daß beim 2/36 Tür und Frontplatte aus Aluminiumguß bestanden, während beim 3/40 diese Teile in Blech ausgeführt waren [76]. Dieser Sender ist in Bild 7 vorn oben erkennbar.

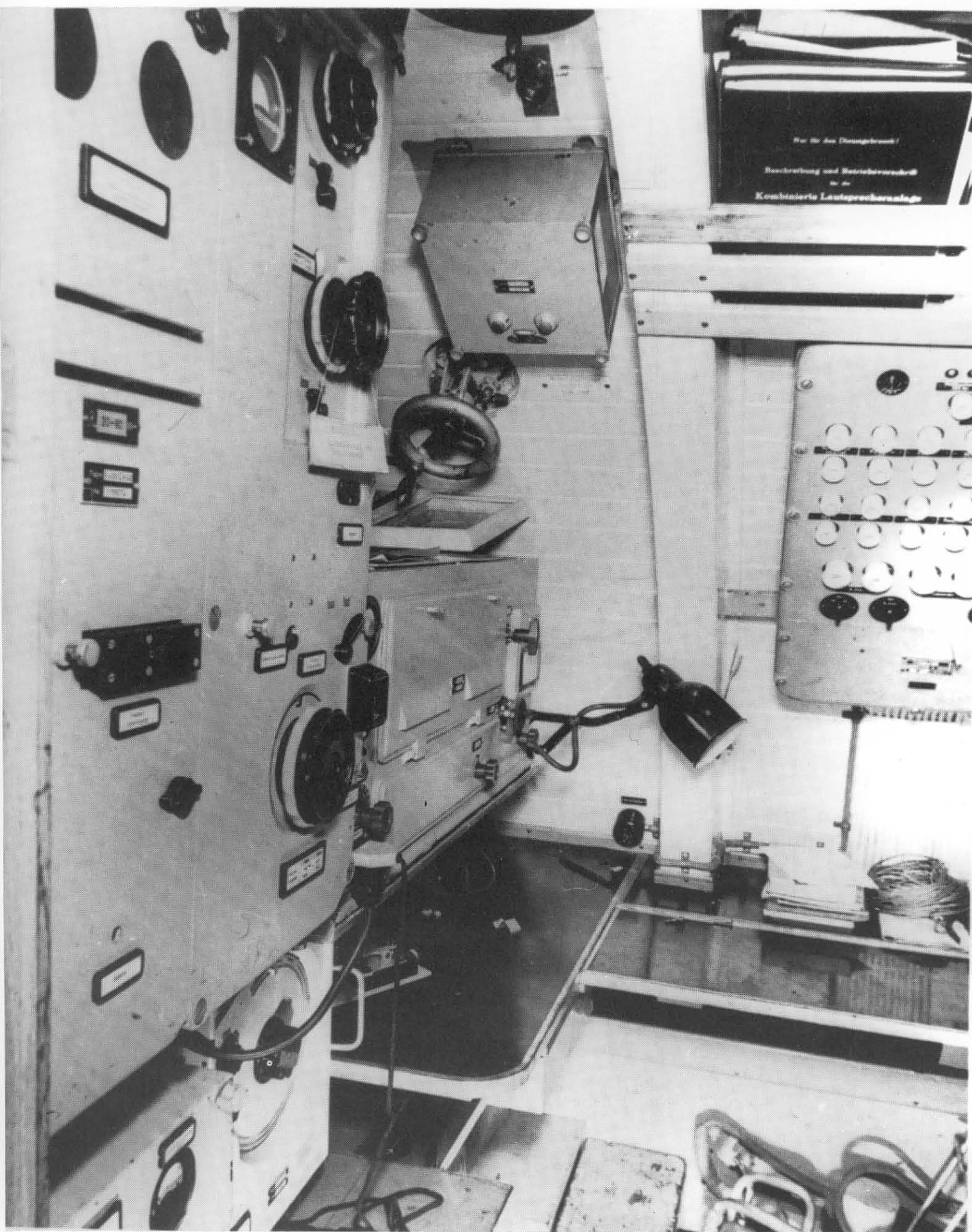
Nachfolger war der Ehrenmal-Sender T 200 FK 39 von Telefunken,<sup>16</sup> eine außergewöhnliche Konstruktion, die alles andere auf diesem Gebiet hinter sich läßt. Wenn man bedenkt, daß das Gerät 1939 bei der Marine eingeführt wurde, dann muß die Entwicklung schon aus den Jahren 1936/37 stammen, was bemerkenswert ist. Bild 8 zeigt eine Gesamtansicht des T 200 FK 39. Der Sender war modular aufgebaut und bestand aus einem Rahmengestell, in das die einzelnen Bauteile eingeschoben waren. Die ebenfalls als Einschub ausgebildete Steuerstufe ist zwischen den Bauteilen K (hier geöffnet) und F (hier herausgezogen) angeordnet.

Bild 9 zeigt die Steuerstufe im Detail. Im Mittelteil der Gegentakt-Oszillator mit Kugelvariometer, auf dem man den Kurzschlußring und die Frequenzlinearisierung erkennt. Die Komponenten des Oszillators sind umgeben von einem Gehäuse von ungefähr turmförmigen Querschnitt, das in einem Stück aus einer keramischen Masse gegossen und auf dessen Innenseite zur Abschirmung eine (sehr) dicke Kupferschicht aufgebrannt war. Der Deckel des Gehäuses auf der dem Betrachter zugekehrten Seite ist abgenommen. In dem links neben diesem Gehäuse stehend angebrachten schwarzen Kasten ist das Mikrofilm-Projektionssystem untergebracht. Dieses bestand aus einer gläsernen Scheibe, auf der in einer Fotoschicht die Frequenzeinteilung (in kHz) aufgebracht war. Die eingestellte Frequenz wurde auf eine an der Vorderseite (im Bild rechts) angebrachte Mattscheibe projiziert und war dort genau ablesbar.<sup>17</sup> Beides - Kugelvariometer und Projektionssystem - war auf einer Achse angeordnet, so daß

15 Vgl. hierzu die Beiträge an anderer Stelle in dieser Schrift.

16 Ehrenmal-Sender wurden strenggenommen nur von Lorenz gebaut. Bei der Marine wurden auch gewisse Geräte von Telefunken so bezeichnet, da beide Fabrikate in ihrem Aufbau an das Marine-Ehrenmal in Laboe erinnerten. Auf der in Bild 8 sichtbaren Seitenwand des Senders ist der Umriß des Marine-Ehrenmals in der Tat deutlich zu erkennen.

17 Diese Mattscheibe ist in Bild 8 im rechten oberen Teil der eingeschobenen Steuerstufe als horizontaler weißer Strich erkennbar.



Für die Art. Dienstbesatzung!  
Beschreibung und Betriebsvorschrift  
für die  
Kombinierte Lautsprecheranlage

Bild 7: Geräte im Funkraum von U 889



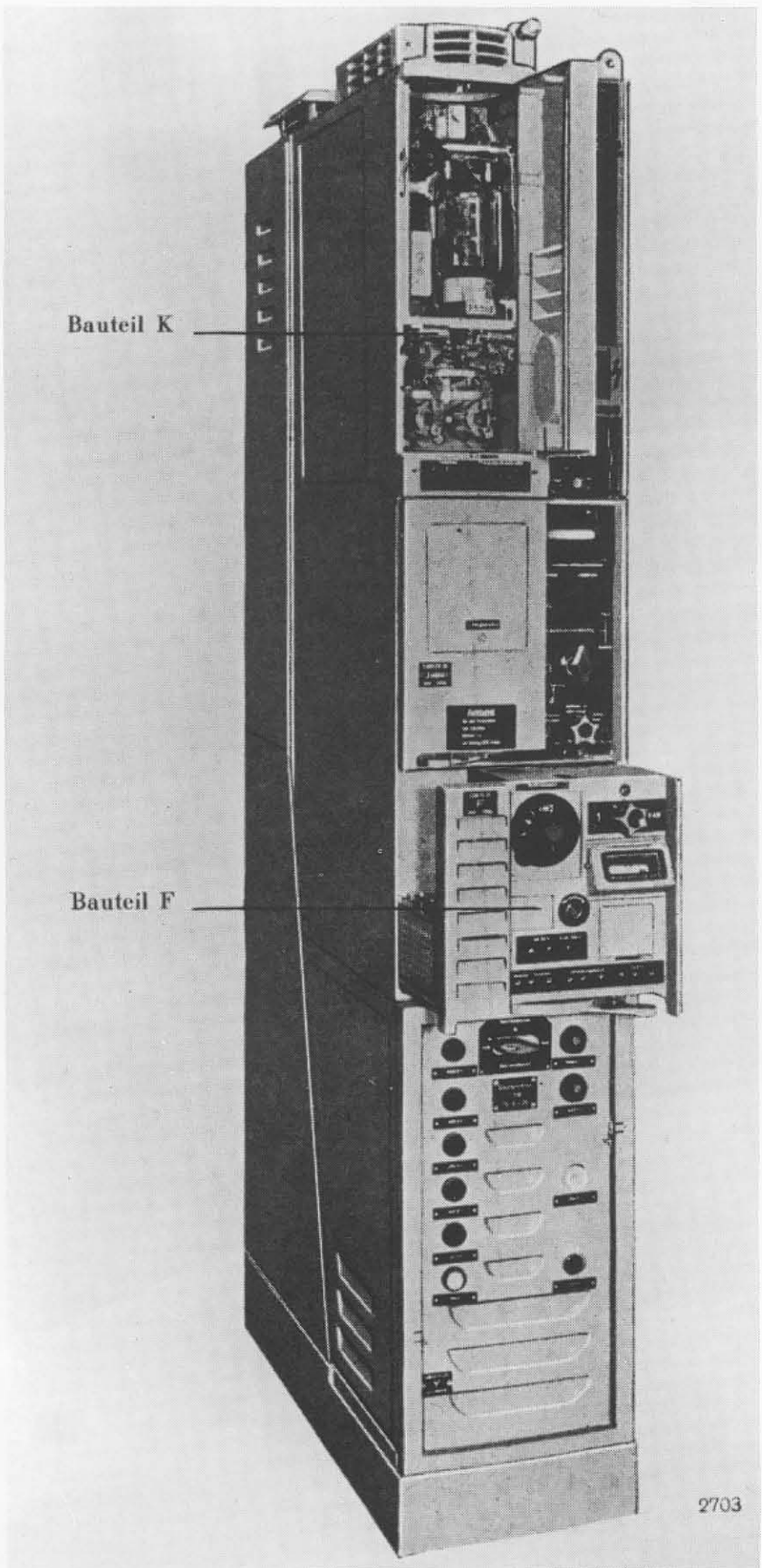


Bild 8: Der Sender T 200 FK 39 - Vorderansicht



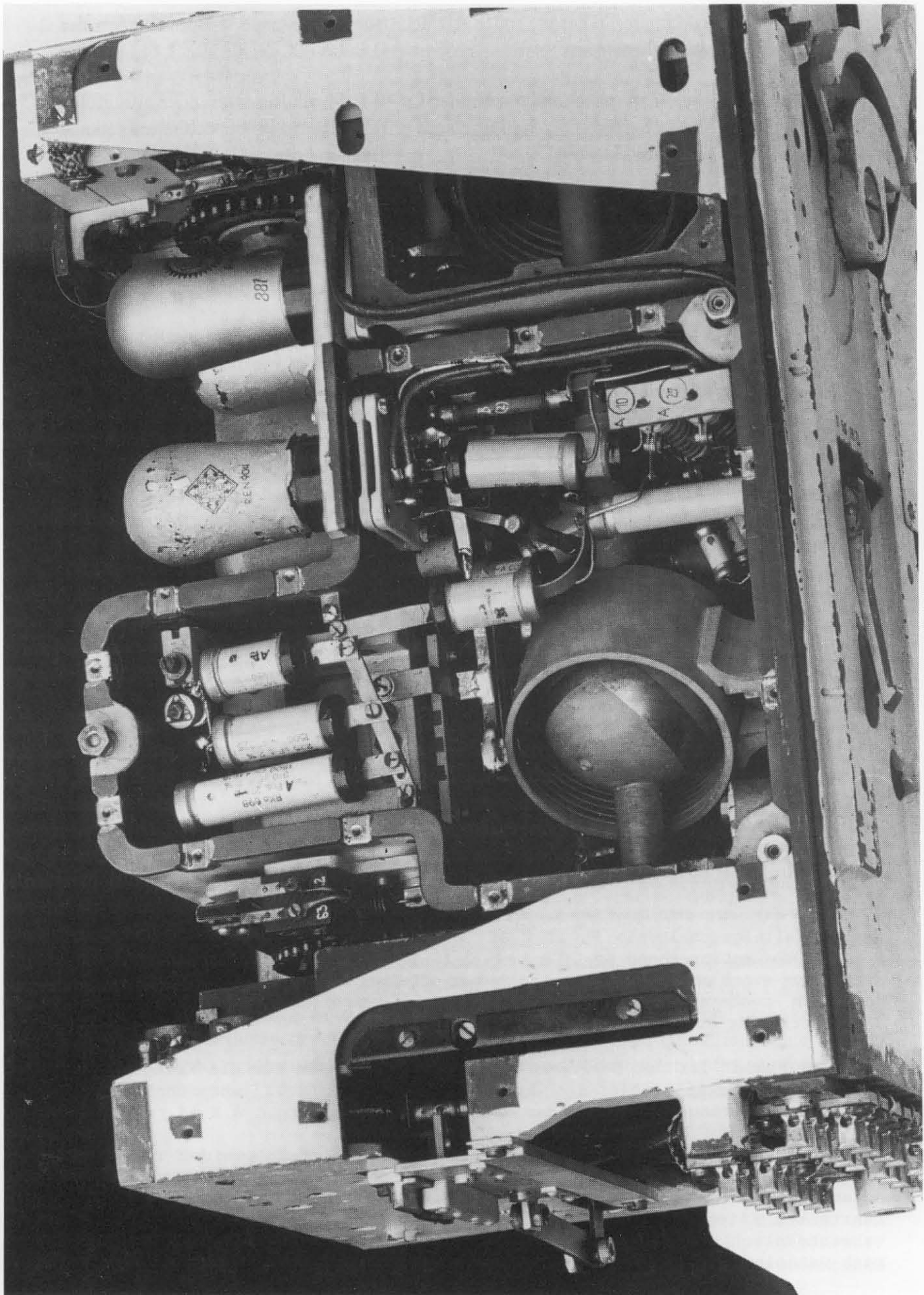


Bild 9: Der Sender T 200 FK 39 - Steuerstufe

kein "Spiel" entstehen konnte.<sup>18</sup> Dieser Sender war denn auch der einzige U-Boot-Sender, der ohne zugehörige Eichabelle auskam.

Zu erwähnen wäre noch, daß manchmal ein Sender Lo 40 K 39 als Reservesender mitgeführt wurde.<sup>19</sup> Dieser befand sich dann nicht im Funkraum selbst, sondern im benachbarten Horchraum, wie auf U 431 [53] und U 618 [77].

Zur Ergänzung noch einige Angaben über die an Bord eingesetzten Empfänger. Leider existieren nur wenige Aufnahmen von Funkräumen mit der Ausrüstung an Geräten. Deswegen findet man in der Literatur zumeist nur Skizzen der Funkräume der einzelnen U-Boot-Typen, aus denen die (vermutliche) Ausrüstung zu ersehen ist.

Es wird gewiß viele Leser verwundern, daß der am meisten eingesetzte (Stations-)Empfänger der veraltete E 437 S war [78], der noch mit Stiftröhren bestückt war und dessen Entwurf bestimmt auf das Ende der zwanziger Jahre zurückgeht. Er ist auf Bild 7 hinten über der Tischplatte zu sehen. Später standen dann viel leistungsfähigere Geräte wie die Empfänger "Main" bzw. "Köln" zur Verfügung.<sup>20</sup> Mit diesen scheint die neue Generation von U-Booten der Typen XXI und XXIII ausgerüstet worden zu sein, die erst kurz vor Kriegsende in Dienst gestellt wurden, und auf die wir aus diesem Grund nicht näher eingehen wollen.<sup>21</sup>

Hinweise darauf, daß sich an Bord auch ein Allwellenempfänger E 381 S befand, wegen seines Aussehens "Brotkasten" genannt, sind häufig zu finden. Daß aber ein H2L/7 von Philips als Reserveempfänger diente, wie etwa auf U 868, ist wohl nur wenigen Eingeweihten bekannt. Übrigens sind diese beiden Empfänger gut miteinander zu vergleichen; beide hatten eine ähnliche Auslegung, und bei beiden fehlte eine direkte Frequenzablesung, so daß man zur Abstimmung Eich Tabellen heranziehen mußte.

Bild 7 zeigt den Funkraum von U 889, eines Boots vom Typ IX C. Diese Aufnahme ist bei Kriegsende nach der Übergabe des Boots an die Alliierten gemacht worden. Sie zeigt mithin den Stand der Funkausrüstung im Mai 1945. Auf dem Bild sind folgende Geräte zu erkennen:

18 Dieses Projektionssystem wurde auch bei anderen Geräten von Telefunken wie "Köln", "Main" und AS 60 verwendet.

19 ein zweistufiger Sender mit einer RL 12 P 35 in der Steuerstufe und zwei parallelgeschalteten RL 12 P 35 in der Leistungsstufe, Frequenzbereich 5-16,67 MHz entsprechend 60-18 m bzw. 3-16,67 MHz entsprechend 100-18 m. Die Mitführung eines solchen Reservesenders war offenbar keine überflüssige Maßnahme, denn nach Angabe eines Funkers mußte er einmal tatsächlich in Aktion treten, als der Hauptsender ausgefallen war [53].

20 "Main" ist der Deckname für den T 9 K 39, ein für die Kriegsmarine entwickeltes Gerät. "Köln" ist der Deckname für den E 52, ursprünglich ein Luftwaffen-Empfänger, der bei der Marine die Bezeichnung T 8 K 44 trug.

21 [79] dokumentiert den Einsatz des "Köln" auf Booten des Typs XXI. Daneben gibt es nur einen zuverlässigen und nachprüfbaren Hinweis auf die Ausstattung konventioneller Typen mit diesem Empfänger: U 234, ein X-B-Boot, führte bei Kriegsende einen "Köln", Ln 21000-6, mit sich. Es handelte sich wahrscheinlich um eine Sonderausstattung im Hinblick auf die geplante Fahrt nach Ostasien.

vorn oben der KW-Sender S 406 S3/40 (200 W, 3,75-15 MHz), darunter der LW-Sender Spez. 2113 I S (150 W, 300-600 kHz) sowie über der Tischplatte der Sechskreis-Empfänger E 437 S (1,5-25 MHz).

Einen Einblick in die Ausrüstung eines anderen Boots zur gleichen Zeit gibt die Aufstellung in Anhang H [80]. Dort sind die an Bord von U 234, einem Boot vom Typ X B, mitgeführten Geräte aufgelistet. Dieses Boot war bei Kriegsende auf der Fahrt nach Japan und kapitulierte am 14.5.1945. Interessant ist, daß zur Ausrüstung sowohl veraltete Geräte wie moderne Funkmeßanlagen gehörten.

\*

Soweit ein vereinfachter Abriß der damaligen Sachlage aus dem Blickwinkel des U-Boot-Funkdiensts und seines Umfelds. Jetzt wollen wir uns der Gegenseite zuwenden und untersuchen, wie die Alliierten mit den Mitteln der elektronischen Kriegführung gegen die U-Boote vorgegangen sind.

Denn wenn die "Schlacht im Atlantik" für die Deutschen verlorengegangen ist, dann durch das Zusammenwirken der Aktion Ultra, deren Anteil an der deutschen Niederlage nicht hoch genug veranschlagt werden kann,<sup>22</sup> mit dem Einsatz modernster elektronischer Mittel auf alliierter Seite, von Radar- und Peilgeräten, denen die U-Boote nichts entgegenzusetzen hatten. Als die Verluste im Mai 1943 mit 42 Booten [22, S.214] ein untragbares Maß erreichten, sah sich der B.d.U. gezwungen, seine Boote aus den Operationsräumen im Atlantik abzuziehen.

Obwohl die Verluste durch Radargeräte zahlenmäßig noch höher waren, war auch der Einsatz der neuartigen Huff-Duff-Peiler für die Deutschen sehr verlustreich. Setzte ein U-Boot in der Nähe eines damit ausgerüsteten Schiffs einen Funkpruch ab, konnte es unmittelbar eingeeilt und Abwehrmaßnahmen eingeleitet werden, die für das Boot oft genug tödlich waren.

Nach Mai 1943 waren für den B.d.U. größere Operationen wie der früher so erfolgreiche Einsatz ganzer U-Boot-Rudel gegen Geleitzüge nicht mehr möglich; es wurden nurmehr Operationen im kleinen Stil durchgeführt. Die Alliierten beherrschten den gesamten Luftraum vom Äquator bis zu den Polarregionen, und ein Einsatz von U-Booten in der traditionellen Weise war so gut wie ausgeschlossen.

Die Deutschen setzten ihre ganze Hoffnung auf die neue Generation von U-Booten der Typen XXI und XXIII. Bis zu deren Einsatz - es sind erst kurz vor Kriegsende eine Handvoll von XXIIIer Booten frontreif geworden - wurden als Übergangslösung mehr und mehr konventionelle Boote mit dem sogenannten Schnorchel ausgerüstet, der es gestattete, auch unter Wasser mit Dieselantrieb zu fahren. Es handelte sich um einen aufzurichtenden Luftmast, über den bei Unterwasserfahrt die Luftzufuhr erfolgte und gleichzeitig die Abgase herausgeführt wurden.<sup>23</sup>

22 "The breaking of naval Enigma was arguably the most important single factor in the defeat of the U-boats in 1943" [51, S.493].

23 Es handelt sich um eine niederländische Erfindung, die von den Deutschen in ihrer praktischen Ausführung verändert wurde. Ein Problem war, wenn der Schnorchelkopf bei Seegang "unterschnitt". Dann schloß automatisch

Um die Reflexion von Radarwellen am Schnorchelkopf zu verringern, wurde der Kopf mit einem Ortungsschutz aus neuentwickelten Tarnschichten bekleidet, dem sogenannten "Sumpf". Dadurch wurden etwa 90% der Radarwellen absorbiert, d.h. die Reichweite der Radargeräte deutlich verringert. Ein so ausgerüstetes Boot konnte jetzt längere Zeit unentdeckt unter Wasser marschieren, wie die Erfahrungsberichte ehemaliger U-Boot-Fahrer bestätigen.<sup>24</sup> Auf den Ausgang des Kriegs hatten diese Maßnahmen keinen Einfluß.

das Schwimmerventil, und die Diesel mußten ihren enormen Luftbedarf aus dem Bootsinnern decken, was zu einem plötzlichen Druckabfall führte. Umgekehrt konnte bei einer Fehlbedienung der Anlage leicht Abgasqualm ins Boot gelangen. Beide Zustände waren in hohem Maß gesundheitsschädlich, und in diesen Fällen wurde dann, wie Fritz Deters berichtet, schon einmal eine Sonderration Milch an die Besatzung ausgegeben.

24 Verschiedene Boote, darunter U 978, waren Ende 1944/Anfang 1945 wochenlang in See, ohne vom Gegner entdeckt zu werden. Eins wurde dann nur im äußersten Notfall getan, nämlich Funken!