

## **Der Längstwellensender GOLIATH bei CALBE an der Milde von 1941 bis 1945**

### **Zusammenfassung**

Der Längstwellensender GOLIATH wurde im Frühjahr des Jahres 1943 für die deutsche Kriegsmarine in Dienst gestellt und in Betrieb genommen. Im Urstromtal der Elbe bei Calbe an der Milde, 14 km nördlich von Gardelegen liegt das Gelände dieser Großfunkstelle. Die Leistung dieses Senders von einem Megawatt, die in die Antennen eingespeist wurde, war für diese Zeit ungewöhnlich hoch. Der Wirkungsgrad der Antennenanlage lag zwischen 47% bei 15 kHz und 90% bei 60 kHz. Der GOLIATH hatte damit eine größere Leistung und einen besseren Wirkungsgrad als jeder andere Längstwellensender der damaligen Zeit.

### **1. Vorgeschichte der Entstehung**

Die bisherige deutsche Sendestelle für Längstwellen, die Funkstation NAUEN, westlich von Berlin gelegen, war im Laufe der Jahre durch die wachsende Anzahl neu aufgestellter Sender und Antennen, besonders für die Kurzwellendienste, zu klein geworden. Aus verschiedenen Gründen, nicht zuletzt wegen der beabsichtigten großflächigen Ausdehnung der damaligen Reichshauptstadt Berlin, war eine Erweiterung des Geländes dieser Funksendestelle, die für einen weiteren Längstwellensender ein Gelände mit der Fläche von etwa drei Quadratkilometern benötigt hätte, nicht möglich. Ein Umbau der Antenne und der Ersatz der in Betrieb befindlichen drei Maschinensender, durch einen neuen und leistungsstarken Röhrensender hätte eine längere Betriebsunterbrechung der Sendungen auf der Längstwelle und Beeinträchtigungen des Kurzwellenbetriebes bedeutet.

### **2. Allgemeines**

In den Jahren 1941 bis 1943 wurde im Auftrage der Kriegsmarine in der Altmark, nordöstlich der Stadt Calbe an der Milde, seit 1952 als Kalbe/Milde bezeichnet, ein Längstwellensender errichtet. Im Frühjahr des Jahres 1943 erfolgte die Inbetriebnahme nach einer Bauzeit von nur 27 Monaten. Er war der einzige im Bereich von 15 bis 60 kHz durch- und abstimmbare, aber auch der leistungsstärkste Sender des zu diesem Zeitpunkt aus sieben Längstwellensendern bestehenden Netzes zur Führung der deutschen Unterseeboote während des Zweiten Weltkrieges. Er hatte eine Hochfrequenz-Leistung von 1000 kW. Alle bis dahin bekannten Funkstationen dieser Art wurden von seiner Sende- und Strahlungsleistung um ein Mehrfaches übertroffen. Aus diesem Grunde und wegen des für diesen Zweck erforderlichen hohen Aufwandes wurde er GOLIATH genannt. Die Technik des Senders und die Konstruktion der Antennenanlage war eine Entwicklung der Firma C.Lorenz AG in Berlin-Tempelhof. Unter der Leitung von Dr.-Ing. Fritz Gutzmann wurde der GOLIATH entwickelt, gebaut, montiert und in Betrieb gesetzt. Leiter dieser Sendestelle war der Marine-Funkamtman Karl Wrackmeyer, als dessen Mitarbeiter waren Portepée-Unteroffiziere und weitere Beamte der Kriegsmarine, aber auch zivile Kräfte eingesetzt.

Mit Hilfe dieses Senders stellte man die Funkverbindungen zu den deutschen Kriegsschiffen und Unterseebooten her, die in fernen Weltmeeren operierten, aber auch zu den festen Funkstellen der damals mit dem Deutschen Reich verbündeten Staaten. Im Gegensatz zu den Kurzwellen, die in ihrer Ausbreitung stark von den Tages- und Jahreszeiten abhängig sind, waren mit diesem Längstwellensender sichere, zuverlässige und weltumspannende Funkverbindungen möglich.

Der GOLIATH arbeitete im Frequenzbereich von 15 bis 60 kHz, das entspricht den Wellenlängen von 20 bis 5 km, wobei die Hauptbetriebswelle des Senders 18.130 m war, analog der Frequenz von 16,55 kHz. Der Hauptzweck des Senders war damals die Ausstrahlung handgetaster Morsezeichen zur Übermittlung von Nachrichten an getauchte Unterseeboote, aber gleichzeitig wurde gefordert, daß dieser Sender in der Lage sei bei eventuellen Ausfällen den Dienst aller anderen Längstwellensender im Frequenzbereich von 15 bis 60 kHz zu übernehmen, da er auch deren Versorgungsgebiete vollständig erfaßte und abdeckte. Obwohl er vorwiegend für den Tastfunk oder die Morsetelegraphie vorgesehen war, konnte der Sender auf den Frequenzen über 30 kHz mit dem Hellschreiber (Faksimile), einer damals gebräuchlichen besonderen Art des Funkfernsehreibers, betrieben werden. Oberhalb von 45 kHz war Sprechfunk oder Telefonie, wenn auch mit eingeschränkter Sprachqualität möglich.

Er war sehr schnell abstimmbar für jede Frequenz in seinem Frequenzbereich. Motorische Steuerungen wurden im großen Umfang eingesetzt. Daher stellte dieser Sender einen beträchtlichen Fortschritt dar, nicht allein nur wegen der hohen abgestrahlten Leistung und des hohen Wirkungsgrades, sondern auch hinsichtlich der Flexibilität des Betriebes.

Bei einer maximal abgestrahlten Leistung des Senders von 900 kW, war die Antennenkreisleistung 1000 kW, das entspricht einem Antennenwirkungsgrad von 90% bei 60 kHz, während bei der längsten Welle von 20 km (15 kHz) noch ein Wirkungsgrad von 47% erreicht wurde.

Um diese Leistungen sicher zu beherrschen und die notwendige Effektivität zu erreichen, war die Konstruktion der Antenne das Hauptproblem beim Bau des Senders. Sie sollte einen hohen Wirkungsgrad besitzen, also eine maximale Leistung bei möglichst wenig Verlusten abstrahlen. Das erforderte eine besondere Lösung, die sich grundlegend von den bisher üblichen Antennenkonstruktionen unterschied. Es wurde das Konzept der mehrfach abgestimmten Antenne gewählt, wie es in den Grundzügen von E.F.W. Alexanderson bereits in den Anfangsjahren der Funktechnik vorgeschlagen worden war. Jedoch war bis dahin diese Art einer Sendeantenne noch nicht für einen über ein derartig breites Frequenzband kontinuierlich abstimmbaren Längstwellensender realisiert worden, denn die bisher verwendeten Maschinensender ließen sich in ihrer Sendefrequenz nur in relativ engen Grenzen variieren. Beim GOLIATH wurden für die Steuerung und Fernbedienung der vier Antennenabstimmmittel weitgehend fernbediente Motorantriebe (Servos) verwendet.

### 3. Technische Daten

Der Sender war für die folgenden Betriebsarten geeignet:

- Morse-Telegraphie im Bereich von 15 ... 60 kHz
- Hellschreiber-Betrieb (Faksimile) von 30 ... 60 kHz
- Sprechfunk mit geringer Sprachqualität von 45 ... 60 kHz.

Für den Sprechfunkbetrieb arbeitete der Sender linear bei reduzierter Leistung.

Der Endverstärker hatte eine Ausgangsleistung vom 1000 kW, jedoch war es erforderlich, bedingt durch eine Spannungsbegrenzung an der Antennendurchführung, die Leistung für Frequenzen unter 19 kHz zu reduzieren. Die abgestrahlte Leistung lag zwischen 300 kW bei

15 kHz und 900 kW bei den höheren Frequenzen und der Wirkungsgrad der Antenne zwischen 45% und 90%.

Der Sender wurde gesteuert und überwacht von einem zentralen Bedien- und Steuerpult. Es war möglich mit zwei Mann in weniger als fünf Minuten den Sender auf eine andere Frequenz abzustimmen. Bei kaltem Sender dauerte es 25 Minuten, bedingt durch die notwendige Vorheizzeit der Quecksilber-Dampf-Gleichrichter, bis die Geräte die volle Betriebsbereitschaft erreichten.

Zwölf quartzgesteuerte Frequenzen konnten mit einer Frequenzkonstanz von  $1 \times 10^{-6}$  eingestellt werden. Ein durchstimmbarer Steueroszillator, dessen Frequenzkonstanz eine Größenordnung kleiner war, war außerdem im Steuersender vorhanden.

Die beim Betrieb des Senders abgestrahlten Oberwellen waren extrem niedrig. Für die zweite harmonische Oberwelle wurden  $1 \times 10^{-8}$  Watt und für die dritte harmonische Oberwelle  $1 \times 10^{-9}$  Watt gemessen. Diese niedrigen Werte wurden durch Oberwellenfilter erreicht, die der Senderendstufe nachgeschaltet waren.

Im normalen Betrieb wurde die Sendestelle aus dem öffentlichen Energieversorgungsnetz mit Strom versorgt. Außerdem waren Haupt- und Reserve-Dieselmotoren vorhanden, die über eine Kraftstoffreserve für drei Wochen verfügten. Diese Maschinen waren mit einer Fernsteuerung für das Anlassen und die Synchronisation ausgerüstet. Für alle Geräte waren umfassende Sicherheitseinrichtungen, miteinander verbundene Schutzschaltungen und Warnsignale vorhanden. Mit einem Monitorempfänger, der an die letzte Stufe des Sendeverstärkers angeschlossen war, konnten die gesendeten Signale kontrolliert und überwacht werden.

#### **4. Beschreibung der Sendeanlage**

Der Steuersender, der in zwei Frequenzbereiche unterteilt war, verfügte über zwölf quartzgesteuerte Frequenzen und einen durchstimmbaren Steueroszillator zur wechselweisen Ansteuerung des Treiberstufensenders. Der Modulationspegel wurde der Treiberstufe zugeführt und linear verstärkt auf 600 Watt. Darauf folgte ein dreistufiger Sendeverstärker, dessen erste und zweite Stufe linear waren als Gegentaktverstärker Klasse B. Die dritte und letzte Stufe wurde für die Morsetelegraphie in Anoden-C- oder für den Hellschreiber- und Telefonie-Betrieb in Anoden-B-Modulation geschaltet. Nach der Endstufe passierte die Leistung ein dreistufiges Tiefpass-Filter, um die Abstrahlung der harmonischen Oberwellen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Dieses Filter war an eine Übertragungsleitung mit einer Impedanz von 19,6 Ohm angeschlossen, die von drei parallel geschalteten 60-Ohm-Koaxialkabeln gebildet wurde. Diese Leitung konnte entweder an eine künstliche Antenne, die zum Testen des Senders seine volle Ausgangsleistung aufnehmen konnte, oder an eine Antennen-Anpaßschaltung geschaltet werden, um die Antenne zur Erzielung einer größeren Bandbreite zu bedämpfen. Die Leistungsverstärker, die Oberwellenfilter und das Antennen-Anpaßgerät wurden mit einem Schalter in vier Bereichen geschaltet.

Der Sender wurde nur induktiv abgestimmt, dazu erfolgte der Antrieb aller Variometer motorisch ferngesteuert. Alle Abstimmungssteuerungen und deren Kontroll- und Überwachungsorgane waren zentral im Betriebsleitplatz zusammengefaßt. Für den Gefahren- bzw. Störfall war die Möglichkeit der handbedienten Schaltung und Abstimmung des Senders vorgesehen.

Die Antenne entsprach ihrem Prinzip nach dem Typ einer mehrfach abgestimmten Alexanderson-Antenne in einer bis dahin nicht angewendeten Ausführung. Sie bestand aus drei sechseckigen Dachkapazitäten, die an insgesamt 18 Masten aufgehängt waren. Jedes Sechseck hatte einen strahlungsgekoppelten Mittelmast, der etwas höher als die äußeren Maste war

und isoliert aufgestellt gegen Erde abgestimmt wurde. Die Antennenspeise-Leitung bestand aus sechs Drähten in Form eines Fächers, von denen je zwei von dem Turm des Antennen-Abstimmittels im Sendergebäude zu den inneren Seiten der Sechsecke führten. Das Erdnetz bestand aus vier Sektionen von je 204 radialen Leitern, je eine für jedes Sechseck und eine für den dreieckigen Mittelpunkt. Sie waren an den gemeinsamen Seiten verbunden und erstreckten sich über eine Länge, die der Höhe der Maste entsprach.

## 5. Das Gelände

Der Grundriß des Geländes der Sendestelle hatte annähernd die Form eines gleichseitigen Dreiecks, jede Seite mit einer Länge von etwa 2,4 km und einer Fläche von etwa 2,63 Quadratkilometer oder 263 Hektar. Es war fast völlig eben und gleichförmig in der Fläche und von Gräben durchzogen und lag in der Meereshöhe von 29 m über N.N.. Straßen und Wege, die besonders angelegt und gebaut wurden, führte zu dem Sendergebäude und den drei Antennen-Abstimmittelhäusern.

Durch die Lage im eiszeitlichen Urstromtal der Elbe, das in diesem Bereich von den Gewässern der Milde durchflossen wird, ist die Feuchtigkeit des Erdbodens relativ hoch und dessen elektrische Leitfähigkeit gut geeignet für den Errichtung einer Sendestelle für Längswellen. Trotzdem hat sumpfiges Land nicht immer eine konstant hohe Leitfähigkeit, seine elektrischen Eigenschaften sind abhängig von dem Wassergehalt nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in den tieferen Schichten des Erdbodens. Nach längerer Trockenheit wird die Erdoberfläche trocken und damit sehr verlustbehaftet. Um die elektrische Leitfähigkeit des Geländes weiter zu reduzieren und in einen ständigen definierten Zustand zu versetzen, wurde ein umfangreiches Erdnetz verlegt.

## 6. Die Antenne

Bei jedem Längswellensender erfordert aus physikalischen Gründen die Antennenanlage ein sehr großes Gelände, das meist den Umfang von mehreren Quadratkilometern hat. Demzufolge muß der größte Teil der Gesamtkosten der Anlage für die Antennenanlage aufgewendet werden. Der für die Antenne erforderliche Aufwand ist notwendig und maßgebend für die Effektivität des gesamten Senders, um so einen möglichst hohen Wirkungsgrad und eine hohe abgestrahlte Leistung zu gewährleisten. Die Aufgabe der Konstrukteure und Entwickler des GOLIATH war es, gegenüber früheren Anlagen dieser Art, die Bedingungen und Forderungen zu erfüllen eine Senderleistung von 1000 kW über einen Frequenzbereich von 15 bis 60 kHz auf die Antenne zu bringen. Das erzielte Ergebnis war so gut, daß nicht nur die Antenne über den gesamten Bereich angepaßt werden konnte, sie erreichte auch den vierfachen Wirkungsgrad bisheriger Antennen.

Die Entwicklung begann mit der Prüfung bereits existierender Antennen. Die T-Antenne mit einer einzelnen Zuführung und einer langen Dachkapazität, die von einer Reihe von parallel aufgestellten Masten getragen wird, erwies sich als wenig effektiv. Damit konnte nur ein Wirkungsgrad von etwa 10 Prozent erreicht werden. Eine ähnliche asymmetrische Antennen-Konstruktion, wie die des Längswellensenders NAUEN bei Berlin, schied wegen des geforderten großen Frequenzbereiches bei den ersten Überlegungen für den GOLIATH aus. Eine Antenne dieses Typs, deren Resonanz unter der oberen Grenzfrequenz von 60 kHz lag, war für die volle Leistung bei den tiefen Frequenzen nicht betriebsfähig und hatte eine sehr geringe Bandbreite. Abgesehen davon waren die für diese Antennenkonstruktion erforderlichen Maste doppelt so hoch wie die bisher üblichen. Außerdem hatte die Längswellenantenne in NAUEN einen Erdverlustwiderstand vom 1 Ohm.

Es war zu erwarten, daß die aus diesen Überlegungen resultierende mehrfach abgestimmte Alexanderson-Antenne für den GOLIATH einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben würde als eine einfache, einzeln gespeiste Antenne bei einem Gelände von geringer Bodenleitfähigkeit.

## 7. Die Konstruktion der GOLIATH-Antenne

Die Entwicklung der GOLIATH-Antenne wurde durch die folgenden Forderungen und Voraussetzungen bestimmt und beeinflusst:

Als Grundform für die Dachkapazität der Antenne wurde das Dreieck gewählt, denn mit dieser geometrischen Form war es möglich die Drähte gleichmäßig und mit wenig Durchhang zu spannen. Daraus ergab sich eine große effektive Höhe und eine gleichmäßige Verteilung der Kapazität zwischen den Drähten. Die Dreiecke wurden zu einem Sechseck zusammengefaßt, in dessen Mitte ein gegen Erde isolierter Mast als Zuleitung aufgestellt war. Die mechanischen Bedingungen der notwendigen Festigkeit und die Materialeigenschaften legten die Länge der Kanten der Dreiecke auf 400 m fest. Um eine möglichst große effektive Höhe der Antenne zu erreichen, war der mittlere Mast als Zuleitung höher als die äußeren Maste. Dieser Rohrmast war 204 m hoch und erreichte zum Vergleich  $2/3$  der Höhe des Eiffelturms in Paris, gegenüber einer Höhe von 170 m der äußeren Gittermasten, und war isoliert gegen Erde aufgestellt. Die äußeren Maste und ihre Pardunen waren geerdet und hatten keine unmittelbare hochfrequenztechnische Funktion.

Eine einzelne Sechseck-Antenne von mittlerer Höhe und deshalb mit einem begrenzten Strahlungswiderstand, war für die geforderte hohe Sendeleistung, die mit extrem hohen Strömen verbunden ist, nicht geeignet. Es waren deshalb drei sechseckige Dachkapazitäten erforderlich, die symmetrisch zueinander angeordnet waren. Diese Antenne nach dem Prinzip von Alexanderson wurde, vom Mittelpunkt des inneren Dreiecks ausgehend, nach drei Seiten gespeist, das vereinfachte die Anordnung der Zuleitungen. Diese Speiseleitungen waren symmetrisch angeordnet, dadurch wurde eine gleichmäßige Stromverteilung erreicht. Das Ergebnis war eine Antenne mit einer statischen Kapazität von 115.000 pF. Für das Dreieck im Zentrum war keine Dachkapazität vorgesehen.

Für die inneren Strahlen der Dachkapazität der Antenne wurden jeweils sechs Stahl-Aluminium-Hohlseile mit einem Durchmesser von 25 mm verwendet. Die Randseile hatten einen Durchmesser von 36 mm. Diese Hohlseile waren mit speziellen Endverschlüssen versehen, die eine Bewegung des Seils in der vertikalen und horizontalen Achse ermöglichten. Eine elektrolytisch verzinkte Kupferlitze stellte die elektrischen Verbindungen her. Die Koronaringe waren aus Aluminiumrohren hergestellt, das gegen Korrosion eloxiert war.

Die äußeren Maste, 170 m hoch, waren Stahl-Gittermaste, in drei Ebenen dreifach abgespannt in Winkeln von 120 Grad. Die mittleren Maste waren Rohrmaste aus feuerverzinktem Stahl als Niederführungen. Die Fußpunkt-Isolatoren dieser Maste waren aus Porzellan gefertigt und bestanden aus zwei Teilen zum kapazitiven Potentialabbau. Sie waren spannungsfest für 300 kV<sub>eff</sub> bei Regenwetter. Die Abspannungen oder Pardunen der Maste waren durch ausfallsichere Gurtband-Isolatoren an der Spitze und an den Mastenden sowie in der Nähe des Erdbodens unterteilt.

## 8. Die Antennen-Abstimmittel

Die Konstruktion der Antennen-Abstimmungspulen war von besonderer Art. Die Antenne wurde durch eine Spannung von 200 kV<sub>eff</sub> bei einem Strom von 2500 A gespeist. Der hochfrequente Strom verteilte sich in 700 A für jeden Mittelmast und 400 A für den zentralen

Einspeisepunkt. Um die Antenne über den ganzen Frequenzbereich abzustimmen waren für die abgestimmten Mittelmasten 1-73 Induktivitätsänderungen erforderlich und 1-113 für die Einspeisung des Senders. Bei diesem Verfahren der induktiven Abstimmung wurde eine Tauchspule in die vertikal montierte Antennen-Abstimmspule hineingelassen und verringerte deren Induktivität. Die Tauchspule bestand aus mehreren, getrennten Kurzschlußwindungen aus Hochfrequenzlitze. Die getrennten Kurzschlußwindungen teilten die Spannung über der Isolation und ermöglichte einen Luftspalt zwischen der Antennen-Abstimmspule und der Tauchspule von 10 cm. In der Praxis zeigt es sich, daß die erste Windung, die in die Spule eintauchte, zehnmal mehr Strom erhielt als die anderen Windungen. Dieser Effekt wurde durch eine Anpassung des Anfangs-Durchmessers der Tauchspule beseitigt.

Die Antennen-Abstimmspulen für die Mastabstimmung hatte eine Wicklung aus  $7 \times 50 \text{ mm}^2$  Hochfrequenzlitze, bei einer Höhe der Spule von 5 m und einem Durchmesser von 3,50 m. Die Tauchspule, mit einem Durchmesser von 3,2 m, hatte ein Gewicht von 5000 kg und trug 42 getrennte Windungen vom  $5 \times 50 \text{ mm}^2$  Hochfrequenzlitze. Die Spulen waren senkrecht auf dem Boden der Abstimmittelhäuser aufgestellt. Hubmotore senkten oder hoben die Tauchspule in der Abstimmspule. Der Hauptmotor bewegte die Tauchspule über ein Getriebe, eine elektrische Bremse hielt die Last fest. Ein stufenförmiger Antrieb, bestehend aus einem weiteren Motor und einem Untersetzungsgetriebe konnte in Serie mit dem Hauptmotor durch einen Magnetkupplung geschaltet werden. Für den Notfall war ein Handantrieb vorgesehen. Die Positionen der Abstimmspulen wurden über Leitungen und Drehmelder (Servomotoren) fernübertragen auf das Bedien- und Überwachungspult des Senders. Durch die Benutzung der Feinabstimmung konnte die Abstimmspule auf 0,1 mm genau eingestellt werden.

Die Räume in denen die Antennen-Abstimmittel aufgestellt waren, hatten eine lückenlose elektrische Abschirmung, die aus Aluminiumblechen bestand. Beim Betrieb des Senders wurde aber festgestellt, daß die Verluste in dieser Abschirmung die Verluste in der Spule übertrafen. Diese Verluste betrugen etwa 50 kW und die dadurch entstehende Wärme wurde durch eine Kühlung der Luft abgeführt. Um den Raum in einem gleichmäßig klimatisierten Zustand zu halten, wurde die Belüftung und Heizung durch einen Thermostaten und ein Hygrometer überwacht und gesteuert. Um die Wirbelstromverluste zu vermindern, war am Ende der Spule, an der Hochspannung anlag, ein axial geschlitzter Aluminiumschirm angebracht. Dadurch wurde auch die Gefahr von Spannungsüberschlägen verringert. Die Abstimmspule der Sender-Einspeisung war annähernd gleich, aber kleiner ( $5 \times 35 \text{ mm}^2$  Litzenkabel). Durch die Anordnung des Senders und der Antennenzuleitungen wurde die Spule von unten durch einen hydraulischen Antrieb abgestimmt.

Bei der ersten Inbetriebnahme des Sender zeigte es sich, daß der gesamte Frequenzbereich nicht von dem Antennenabstimmittel abgedeckt werden konnte, deshalb wurden Serien-Kondensatoren verwendet, dadurch wurde es notwendig vier Frequenzbereiche zu schalten. Das Schalten der Kondensatoren erfolgte mit Messerschaltern.

Als Durchführungsisolatoren für die Antennenzuleitung wurden dicke Spiegelglasscheiben verwendet, deren Oberflächen besonders vergütet waren, an denen besondere Potentialringen angeordnet waren. Die Spannung von 200 kV wurde in zwei Stufen von 100 kV durch eine zylindrische Ringelektrode, die im Innern des Abstimmittelhauses montiert war, gegen das Erdpotential abgebaut. An der Außenseite des Hauses war eine zusätzliche Abschirmung angebracht, die auch als Regenschutz diente. Teilweise ereigneten sich Störungen durch Spannungsüberschläge, die bei schlechtem Wetter auftraten. Bei niedrigen Frequenzen bis zu 19 kHz mußte die Senderleistung wegen hoher Blindströme an der Antennendurchführung reduziert werden.

## 9. Das Erdnetz

Jeder der drei sechseckigen Teile der Antenne sowie der Mittelpunkt der Anlage mit dem Betriebsgebäude und den Antennenzuleitungen hatte ein radiales Erdnetz von je 204 Leitern von 20 mm x 2 mm dicken feuerverzinkten Eisenbändern, die in Längen von 300 m geliefert wurden. Sie wurden im Gelände zu leitenden Bändern von bis zu 900 Meter Länge zusammenschweißt, dabei wurden die Verbindungsstellen an Ort und Stelle mit einem tragbaren Zinkbad feuerverzinkt. Für die Kreuzungen von Straßen, Wegen und Gräben wurde stärkeres Material von 30 mm x 2 mm verwendet. Diese Verbindungen erfolgten mit Klemmen, die mit Bitumen vergossen wurden. Ton- oder Keramikrohre waren zur Aufnahme der Erdnetzleiter unter den Straßen und Wegen verlegt. Ein Spezialpflug, der von zwei 75-PS-Traktoren gezogen wurde, trug auf einer Kabeltrommel das Stahlband, schnitt eine Furche von 40 cm Tiefe und 10 cm Breite in den Erdboden, verlegte den Leiter und schob den gezogenen Graben in den gleichen Arbeitsgang wieder zu.

Das Erdnetz erstreckte sich außerhalb des Antennensystems bis zur Umzäunung der Sendestelle und war leitend mit dieser verbunden. Bei den Antennen-Abstimmittelhäusern wurden die Bänder des Erdnetzes durch die Wand geführt und mit den Abschirmungen der Spulen verbunden. Eine breite Erdungsplatte war unter der horizontalen Antenneneinspeisung zum Fundament des Fußpunktes des jeweiligen Rohrmastes verlegt. Um das Sendergebäude war ein breiter Leiter außerhalb des Gebäudes verlegt, der mit starken Bändern mit dem Aluminiumschirm unter dem Sender und der Abschirmung des Antennen-Abstimmittel-Raumes verbunden war.

Ursprünglich war beabsichtigt Kupfer für das Erdnetz und die Abschirmungen der Räume zu verwenden, aber dieses Material war nicht verfügbar, seine Verwendung war wegen des Materialmangels während des Krieges für diese Zwecke verboten. Man nahm an, daß die feuerverzinkten Eisenbänder wahrscheinlich in dem aggressiven Erdboden, der die Korrosion förderte, nicht mehr als fünf Jahre überdauern würden, dann sollte ein neues Erdnetz verlegt werden.

Die Fundamente aller Hilfsmaschinen und der sonstigen haustechnischen Einrichtungen sowie Rohre und Kabel waren zum Potentialausgleich mit dem Erdnetz leitend verbunden. Die in den Bauten verwendeten Moniereisen wurden sorgfältig und elektrisch leitend miteinander verbunden und ebenfalls an das Erdnetz angeschlossen.

Der gemessene Widerstand des Erdnetzes war sehr gering, er bewegte sich zwischen 30 m $\Omega$  und 65 m $\Omega$  und hatte den geringsten Wert bei 25 kHz von 30 m $\Omega$ .

Die Fundamente der Antennenmasten und die Pardunenfundamente sowie die Maste der Randbefeuerng waren ebenfalls leitend mit dem Erdnetz verbunden.

## 10. Der Steuersender

Der Steuersender bestand aus einem quartzesteuerten und einem freischwingenden Oszillator. Zwölf quartzesteuerte Frequenzen konnten geschaltet werden. Deren Frequenzkonstanz war bei normalen Temperaturänderungen  $1 \times 10^{-6}$ , und die des Steueroszillators  $1,35 \times 10^{-5}$ , bei einer Einstellgenauigkeit von  $5 \times 10^{-5}$  für den gesamten Frequenzbereich. Diese steuerten einen 4-stufigen Treiberverstärker, dessen erste und vierte Stufe im Gleichlauf abgestimmt wurden, während die zweite und dritte Stufe über einen Breitband-Übertrager mit Eisenkern gekoppelt waren. Die Abstimmung der ersten und vierten Stufe erfolgte mit Variometern. Mit dem Stator des Variometers der vierten Stufe erfolgte die Feinabstimmung. Der Treiberverstärker umfaßte den vollen Frequenzbereich in zwei Stufen von 15 bis 30 kHz und 30 bis 60 kHz.

Die Telegrafie- oder Morsetastung erfolgte in der ersten Stufe mit Hilfe eines sehr schnellen Relais. Die Modulation mit Tonfrequenz geschah als Gittermodulation in der vierten Stufe des Sendersenders. Der Treiberverstärker erzeugte eine Ausgangsleistung von 600 W.

## **11. Der Sendeverstärker oder Hauptsender**

Die Leistungsverstärkung des Senders erfolgte in drei Stufen. Die erste Stufe erhielt die Ausgangsleistung von 600 W des Treiberverstärkers und verstärkte diese auf 5 bis 10 kW, die zweite Stufe erhöhte auf 60 bis 90 kW und die dritte Stufe erzeugte die maximale Ausgangsleistung von 1000 kW. Die ersten beiden Stufen arbeiteten als Linearverstärker in der Betriebsart Anoden-B-Modulation um die Modulationsverzerrungen möglichst gering zu halten. Die letzte Stufe konnte für Telegrafie als C-Verstärker und für Telefonie mit verminderter Leistung als B-Verstärker geschaltet werden.

In den Stufen 1 und 2 waren Reserve-Röhren vorhanden. Die erste Stufe hatte eine einzelne Röhre mit einer parallelgeschalteten Reserveröhre (2 x RS 217, Anodenverlustleistung 12 kW), die zweite Stufe verfügte über vier Röhren in Parallel-Gegentaktschaltung und weitere zwei Röhren als Reserve (6 x RS 250, Anodenverlustleistung 12 kW). Die dritte Stufe war mit sechs Röhren vom Typ RS 301, Anodenverlustleistung 200 kW, in Parallel-Gegentaktschaltung bestückt und konnte, ohne die Ausgangsleistung zu reduzieren, mit nur vier Röhren arbeiten, obgleich normalerweise sechs Röhren in Betrieb waren. Die Reserveröhren wurden ebenfalls geheizt, damit eine schnelle Inbetriebnahme möglich war. Alle Röhren der Leistungsverstärker waren wassergekühlt und benötigten eine Anodenspannung von 12 kV.

Die Quecksilberdampf-Gleichrichter-Röhren brauchten eine Vorheizzeit von 25 Minuten bis zur Herstellung der vollen Betriebsfähigkeit. Um eine sofortige Betriebsbereitschaft zu gewährleisten, waren sie und die Heizfäden der Hochleistungsrohren normalerweise immer in Betrieb. Diese Thyatronröhren hatten einen 6-Phasen-Anschluß und benötigten nominal 13 kV und 22 A. Das Potential der Heizfäden der Gleichrichterröhren wurde automatisch gesteuert und überwacht. Die Reserve-Gleichrichter waren ständig geheizt. Ein Hochgeschwindigkeits-Relais schaltete innerhalb von 8 bis 10 ms die Gleichrichter im Falle einer Überlastung ab. Diese Überwachungsschaltungen waren ausgelegt für fünf Rückschaltversuche, bevor die endgültige Abschaltung erfolgte.

Alle Hochleistungs-Senderrohren hatten eine stabilisierte Heizstromversorgung mit Wechselspannung. Die Heizfäden waren mit ihrem Mittelpunkt geerdet und die Drähte verdreht um die Streufelder zu vermindern. In der Stufe 3 hatte jede Röhre einen eigenen, getrennten Heiztransformator, der direkt unter ihr angebracht war. Die vorhergehenden Stufen wurden alle von einem Transformator versorgt.

Die Röhren der letzten Stufe - TELEFUNKEN RS 301 -, die eine Anodenverlustleistung von jeweils 200 kW hatten, stellten eine beachtlicher technische Leistung dar. Zusammen mit dem Kühltopf hatte diese Röhre, bei einer Länge von 1,90 m, ein Gewicht von 90 kg und konnte nur mit einem besonders konstruierten Wagen transportiert werden, der mit einem Kran zum Einsetzen der Röhre ausgerüstet war. Die Tantal-Kathoden dieser Röhren waren für eine extrem lange Lebensdauer ausgelegt.

Die Schaltung des Senders war ziemlich kompliziert. Für die Gitter- und Anodenkreise waren Sperrkreise aus Induktivitäten und Kapazitäten vorhanden und Entkopplungskondensatoren zwischen Anode und Gitter der Röhren. Kondensatoren mit großer Kapazität waren für die Heizleitungen vorgesehen, die Gegentakt-Stufen waren neutralisiert. Besondere Kondensatoren waren für jedes Paar Röhren vorgesehen, sie wurden eingeschaltet wenn die Röhren in



Gebrauch genommen wurden. Der Wechsel des Frequenzbereichs, der Sender hatte vier schaltbare Bereiche, wurde durch das Schalten von Kondensatoren und Induktivitäten ausgeführt. Die kontinuierlich regelbaren Abstimmeelemente waren Variometer, deren beide Hälften des Stators und des Rotors parallel geschaltet waren. Widerstände waren in den Anodenkreisen eingebaut, um im Falle eines Funkenüberschlags die Ströme in dem Schaltkreis zu begrenzen. Alle Gitterzuleitungen hatten eine möglichst geringe Induktivität, es wurden dafür Platten und Streifenleitungen verwendet. Die einzelnen Stufen waren untereinander abgeschirmt. Der Sender war in der normalen halboffenen Rundfunk-Sender-Bauweise der damaligen Zeit ausgeführt. Dicke Glasplatten waren an der Bedienungsseite angebracht sowie Schutzvorrichtungen für die frei stehenden Teile der Anlage.

Die Gleichrichter für die Gittervorspannung hatten eine extrem niedrige Impedanz. Das Einstellen und Abgleichen der Endstufe für den Betrieb mit Anoden-C-Modulation wurde sehr einfach vorgenommen durch die Einschaltung eines Serienwiderstandes in die Gitter-Zuleitung. Wenn mit Morse-Telegrafie gesendet wurde, wurde die Gittervorspannung der letzten Stufe am Ende eines jeden Elementes durch ein Relais geschaltet, dadurch entstand eine positive Gitterspannung und erzeugte Gleichspannungsverluste an der Anode, d.h. die Senderröhren der letzten Stufe des Senders wirkten in den Pausen der Morsezeichen als Ballastwiderstände. Auf diese Weise entstanden beim Hochtasten des Senders 1000 kW Verlustleistung, das reduzierte die Lastschwankungen des Stromversorgungsnetzes beim Tasten des Senders auf 500 kW. Andernfalls wären Rückwirkungen auf das öffentliche Netz der Energieversorgung nicht zu vermeiden gewesen und die Spannungsschwankungen hätten in den umliegenden Ortschaften ein Flackern der Glühlampen in Rhythmus der gesendeten Morsezeichen erzeugt.

Das auch bei diesem Sender angewandte phasenreine „Lorenz“-Abstimmverfahren erfolgte mit Hilfe der Methode der Abstimmung durch einen Phasenvergleich, dadurch erhält man einen sehr scharfen und eindeutigen Nullpunkt. Dieses Verfahren ist unter der Bezeichnung phasenreine Abstimmung bekannt geworden. Ein Anzeigeinstrument für den Gegentaktstrom war in der Stufe 2 vorgesehen für den Wechsel vom einseitigen zum Gegentakt-Betrieb, dieses wiederum arbeitete als phasensensitives Instrument zur Anzeige der Anteile, die auf den beiden Seiten des Gegentaktverstärkers in Phase waren.

Alle Spulen und Variometer waren mit Hochfrequenzlitze gewickelt. Die Anoden-Kondensatoren wurden von der italienischen Firma Ducatti geliefert. Alle Hochfrequenz-Kondensatoren waren Keramik-Kondensatoren, die aus einzelnen Einheiten von 5.000 nF für die erforderliche Kapazität und die benötigte Spannung aufgebaut waren. Diese Kondensatoren waren kleiner und spannungsfester als Glimmer-Kondensatoren. Verwendet wurden von Hescho 40-kVA-Einheiten, deren dielektrischer Verlustfaktor  $\text{tg } \delta = 628 \times 10^{-4}$  betrug, und 80-kVA-Einheiten von Sternag mit einem dielektrischen Verlustfaktor  $\text{tg } \delta = 1,5 \text{ bis } 3 \times 10^{-4}$ . Zur Aussiebung der Oberwellen wurde die Ausgangsleistung der letzten Stufe des Senders einem dreigliedrigen Filter zugeführt, das in vier Frequenzbereichen zu schalten war. Die Spulen des Filters waren als Toroidspulen ausgeführt, um die Streufelder zu vermindern und einen möglichst engen Aufbau zu erzielen. An den Ausgang des Filters waren drei parallelgeschaltete 60-Ohm-Hochleistungs-Koaxialkabel angeschlossen, das ergab eine Impedanz von 19,6 Ohm für die Leitung vom Sender zum Antennenanpaßgerät. In diese Speiseleitung war ein Wattmeter als Leistungsmesser und ein Reflektometer eingebaut.

## 12. Die künstliche Antenne

Mit Hilfe eines Schalters konnte der Sender auf eine künstliche Antenne geschaltet werden, die die gesamte Leistung des Senders aufnehmen konnte und die es ermöglichte, durch Messung der Menge des durchfließenden Wassers und der Temperatur, die Bestimmung der Ausgangsleistung des Senders durch kalorimetrische Berechnungen vorzunehmen. Der Wasserwiderstand dieser künstliche Antenne, der aus vier parallelen Gruppen bestand, jede Gruppe bestand aus vier wassergekühlten Drahtwiderständen, wurde pro Sekunde von fünf Litern destilliertem Wasser durchflossen. Neben der Verwendung als künstliche Antenne für Test- und Meßzwecke, war es auch möglich die künstliche Antenne als Dämpfungswiderstand einzuschalten um die Bandbreite der Antenne zu vergrößern. Für diesen Zweck wurde sie parallel zu einem veränderbaren Kondensator in die Zuleitung zum Antennenabstimmittel geschaltet. Die Antennenabstimmittel bestanden aus schaltbaren Kondensatoren- und Spulen-Einheiten mit Variometern.

## 13. Das Kühlsystem

Die Leistungsröhren des Senders wurden mit Wasser gekühlt, dazu benutzte das Kühlsystem destilliertes Wasser für den primären Kühlkreislauf, der mit einem zweiten Kühlkreislauf in einem Gegenstrom-Kühlkreislauf mit Oberflächen-Wärmetauschern mit normalem Gebrauchswasser gekühlt wurde. Dessen erwärmtes Wasser wurde in einem Kühlturm, der neben dem Betriebsgebäude stand, mit Hilfe eines Gebläse abgekühlt. Der primäre Kreislauf mit destilliertem Wasser benötigte 100.000 Liter pro Stunde und der Sekundärkreislauf mit normalem Wasser 150.000 Liter pro Stunde. Die Pumpen für das destillierte und das normale Kühlwasser waren gekuppelt und wurden von einem gemeinsamen Elektromotor angetrieben. Um Ausfälle zu überbrücken war ein Reserve-Pumpensatz vorhanden.

Das Gebläse des Kühlturmes, das zwei 5,2-kW-Gebläsemotoren enthielt, war für die Abführung einer Wärmemenge, die 1400 kW entsprach, ausgelegt. Ein gleicher Kühlturm war für die Rückkühlung des Kühlwassers der Dieselmotoren vorhanden. Das normale Gebrauchswasser wurde aus zwei Tiefbrunnen gewonnen, die eine Kapazität von 15 Kubikmeter pro Stunde hatten. Dieses Wasser wurde filtriert und chemisch enthärtet. Destilliertes Wasser konnte täglich in einer Menge von 1200 Litern erzeugt werden. Die Überwachung der Kühlung der Röhren erfolgte im Bedien- und Steuerpult durch Wassermesser, Druck- und Wasserflussschalter und Relais sowie Thermometer mit Fernanzeige.

Um im Falle eines Stromausfalles oder einer Notabschaltung die Anoden der Röhren des Endverstärkers noch 15 Minuten lang zu kühlen, war ein besonderer Sammelntank für das rückgekühlte destillierte Wasser vorhanden.

## 14. Die Stromversorgung

Die primäre Stromversorgung der Sendestelle erfolgte aus dem öffentlichen Netz über zwei getrennte 15-kV-Kabel und Leistungsschalter mit einer Leistungsaufnahme von 2.500 kVA. Die Hochspannungsversorgung erfolgte über einen Transformator direkt aus der Hochspannungsleitung. Der Diesel-Generator erzeugte 380 V, dreiphasig, die durch große Aluminium-Stromschienen von dem Dieselhaus zur Schaltstelle geführt wurden. Das Hoch- und Niederspannungsnetz war durch doppelte Transformatoren verbunden. Das Diesellaggregat hatte eine Leistung von konstant 1.800 kW, ausreichend für einen Betrieb des Senders mit voller Leistung. Der Treibstoffvorrat reichte aus für drei Wochen ununterbrochenen Betrieb. Weiterhin war ein 110-kW-Diesel-Generator vorhanden, um die für den Betrieb der Anlage

notwendigen Geräte zu betreiben, wenn der Sender nicht in Betrieb war. Der Dieselmotor wurde mit Druckluft angelassen. Dafür waren drei Vorratsbehälter vorhanden, die von einem zweistufigen, wassergekühlten Kompressor aufgeladen wurden. Der Dieselmotor wurde automatisch angelassen bei Ausfall der Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz und wurde vom Bedien- und Überwachungspult ferngesteuert synchronisiert. Die beim Tasten des Senders auftretenden Belastungsschwankungen von 500 kW konnten ohne Schwierigkeiten von dem Diesellaggregat aufgenommen werden.

## **15. Der Betrieb des Längstwellensenders GOLIATH**

Zur Führung der Unterseeboote wurde der Sender von der Befehlsstelle des Befehlshabers der U-Boote, zuletzt aus Bernau bei Berlin („Koralle“), ferngetastet. Eine Fernbedienung oder Fernschaltung war damals nicht möglich.

Die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Senders GOLIATH soll für den damaligen Stand der Technik sehr hoch gewesen sein. Durch zwei Mann konnte der Sender innerhalb von fünf Minuten auf jede Frequenz des zur Verfügung stehenden Bereiches abgestimmt werden. Die tägliche Betriebszeit soll zwanzig Stunden betragen haben für einen Zeitraum von sechs Tagen, danach mußte der Sender für einen Tag abgeschaltet werden, um die erforderlichen Wartungs- und Erhaltungsarbeiten durchzuführen. Aus Funksprüchen, die von Blentchly Park entziffert wurden, geht aber hervor, daß der Sender oft gestört war, besonders durch Ausfälle in der Stromversorgung.

Als Kosten für die gesamten Anlage, einschließlich aller technischen Einrichtungen, der Gebäude und des Geländes, werden etwa 15 Millionen Reichsmark angegeben.

## **16. Die Reichweite des GOLIATH**

Von den deutschen Unterseebooten liegen aus den letzten Jahren des Zweiten Weltkrieges Unterlagen über Empfangsbeobachtungen des GOLIATH vor. Diese Ergebnisse wurden den Angaben zufolge mit dem Peilrahmen, also einer Rahmenantenne und dem Peilempfänger gewonnen, wobei auch orientierende Peilungen unter Wasser vorgenommen werden konnten. Diese Empfangsergebnisse wurden beim Tastfunkbetrieb (Morse) mit Lautstärken 2 bis 3, der damals fünfstufigen Lautstärkeskala, und mit dem in das Empfangsmaximum gedrehten Peilrahmen erreicht. Das soll einer Feldstärke von 2 bis 5  $\mu\text{V}/\text{m}$  entsprochen haben. Als Empfänger diente der seit 1938 bei der Marine eingesetzte TELEFUNKEN Peil-Überlagerungsempfänger T 3 PL L<sub>ä</sub> 38 mit der dazugehörigen ausfahrbaren Rahmenantenne, der eine wesentliche Verbesserung gegenüber den bis dahin benutzten sogenannten Geradeaus-Empfängern darstellte. Für den Empfang und die Peilung der Längstwellen stand der Bereich von 15 bis 33 kHz zur Verfügung. Diese Beschränkung des zu empfangenden Frequenzbandes für die Längstwellen war offensichtlich ein Ergebnis der Überlegung, daß die Funkwellen mit zunehmender Frequenz weniger tief in das Seewasser eindringen. In der Gerätebeschreibung<sup>1</sup> wird für den Funkempfang, bei einer Feldstärke von 10  $\mu\text{V}/\text{m}$  über Wasser, eine maximale Wassersäule über dem Peilrahmen von 17 m für 30 kHz und 25 m für 15 kHz angegeben. Die Rahmenantenne war damals, wegen ihrer Richtwirkung und der Notwendigkeit des Ausfahrens mit Druckluft bis etwa einen Meter über die Oberkante des Brückenschanzkleides des Unterseebootes, ein etwas schwierig zu handhabendes Gerät. Die späteren

<sup>1</sup> Beschreibung der Drehrahmen-U-Boot-Peilanlage 280 S mit Peilrahmen-Anlage Spez.1000 N IX und Peil-Überlagerungsempfänger T3 PL L<sub>ä</sub> 38  
TELEFUNKEN Berlin-Zehlendorf FN/Lit.-Nr.1404, Ausgabe 5910 IIF.

U-Boote mit hoher Unterwassergeschwindigkeit unterlagen beim Längstwellenempfang einer taktischen Bindung, da auch die neue, ölhydraulisch auszufahrende Rahmenantenne bei Unterwassergeschwindigkeiten von mehr als acht Knoten in starke Schwingungen geriet. Neue Antennen waren in der Entwicklung, jedoch kamen sie nicht mehr zum Einsatz.<sup>2</sup> Materialien, wie Ferrite, die heute für die Längstwellen-Empfangsantennen verwendet werden, waren damals technisch noch nicht verfügbar.

Seegebiet	Entfernung von Calbe an der Milde		Temperatur °C	Salzgehalt ‰	Tiefe der Empfangsantenne unter Wasser
	Gesamt	davon über Land			
Nordsee bis Peterhead-Stavanger südl. Nordsee	1000 km 400 km	300 km 300 km	5 - 15	34,5	15 bis 25 m
Nordatlantik Westküste-England	1200 km	400 km	5 - 20	37	8 bis 26 m
Biskaya	1200 km	800 km	10 - 20	35,5	
St.-Lorenz-Golf	5200 km	700 km	0 - 15	31	
New York	7000 km	1400 km	15 - 25	35	
Mittelatlantik Westlich	3000 km	1000 km	20 - 28	35	8 bis 20 m
Karibisches Meer	7600 km	1200 km	25 - 27	37	
Mittelmeer Östlich	2300 km	800 km	15 - 25	37	13 bis 18m
Westlich	2300 km	700 km	13 - 25	35	
Eismeer Barents-See	2300 km	1300 km	0 - 10	34	13 bis 18 m
Südatlantik 400 sm südl. Kapstadt	9800 km	8200 km	10 - 15	35	8 bis 12 m
Indischer Ozean Golf von Aden	5800 km	5000 km	25 - 29	36	8 bis 12 m
Straße von Malakka	8300 km	7400 km	28	30	

Tabelle der Empfangstiefe des Längstwellensenders GOLIATH bei Calbe an der Milde.  
(Auswertung des Beobachtungsmaterials von 200 Unterseebooten.)

Ohne Angabe der Sendefrequenz, vermutlich für die Hauptbetriebsfrequenz  $f = 16,55$  kHz.  
Die abgestrahlte Leistung des Senders war bei dieser Frequenz etwa 410 kW,  
bei einer der Antenne zugeführten Leistung von etwa 780 kW.

Nach: Schulze-Herringen, E.; Heinecke, F.; Gerth: Meilensteine der Funktechnik,  
in: Festschrift der C. Lorenz AG, Stuttgart 1955, S. 69-72  
und nach

Dr. Pietzner: Bericht über Längstwellen sowie einer persönlichen Mitteilung an den Verfasser.

Weil die Tauchtiefe eines Unterseebootes bezogen auf die Unterkante des Kiels angegeben wird, so sind für die „Empfangstauchtiefe“ zu den angegebenen Werten für die „Tiefe der Empfangsantenne unter Wasser“ noch etwa 11 m (U-Boot Typ VII) zu addieren. Demzufolge wäre der Empfang des Längstwellensenders GOLIATH überall mindestens bei Fahrt „auf

<sup>2</sup> Entwicklungsübersicht des Nachrichten- und Ortungswesens der Kriegsmarine. Stand vom 15. März 1945.  
Anlage zu B.Nr. WFM 320/45 GKdos/BA-MA TR/108/50 246

Sehrohrtiefe“, das entspricht einer Tauchtiefe von 14,5 m, des U-Bootes möglich gewesen. Die Betriebsart war Tastfunk oder Morsetelegraphie bei eben noch aufnehmbarer Lautstärke. Auch für kommerzielle Aufgaben soll der GOLIATH eingesetzt worden sein, so mit einer ständigen und absoluten Übertragungssicherheit für die Verbindung Berlin-Tokio, anstelle der oft durch das Nordlicht und durch andere ionosphärische Einflüsse gestörten Kurzwellenverbindung dieses Verkehrskreises.

Als Fernmeldeverbindungen des getauchten Bootes waren nur der Längstwellenempfang und ein gewisses Peilen ohne Seitenbestimmung möglich. Es liefen aber Untersuchungen, um etwaigen physikalischen und technischen Lösungsmöglichkeiten auf die Spur zu kommen. Entwicklungen und Planungen von Funkbojen, Schleppantennen, Geräten, die mit extrem langen Wellen arbeiten sollten, um Fernmeldeverbindungen der U-Boote untereinander herzustellen, liefen und erledigten sich durch das Kriegsende von selbst. Die Ergebnisse dieser vorzeitig beendeten Arbeiten und Untersuchungen wurden später von den Siegermächten ausgewertet und in vielen Fällen realisiert.

Als maximale Tauchtiefe für den Längstwellen-Empfang nahm man 20 bis 22 Meter bei stärksten Längstwellensendern und guten Empfangsbedingungen an. Im Nordatlantik wurde mit einem Funkempfang bis etwa 18 bis 20 m Tauchtiefe gerechnet. Da auch bei diesem Tauchzustand der Peilrahmen für den Längstwellenempfang ausgefahren werden mußte, galten die gleichen Bedingungen wie beim schnorchelnden Boot, es war also eine Verminderung der Geschwindigkeit in der Unterwasserfahrt notwendig, die dadurch entstehende taktische Bindung des U-Bootes mußte notgedrungen toleriert werden. Außerdem erzeugte der ausgefahrene Peilrahmen bei höheren Fahrtstufen Geräusche im Wasser, durch die die gegnerische Ortung aufmerksam wurde.

## 17. Das Ende des GOLIATH

Kurz vor Kriegsende wurden wegen der heranrückenden amerikanischen Truppen Teile des Senders zerstört. Variometerwicklungen wurden zerschnitten, Meßinstrumente ausgebaut, der Steuersender mit den Stufen 1 bis 4 nachhaltig gelähmt und vor allen Dingen in dem Hauptsender die Röhren RS 301 der Endstufe unbrauchbar gemacht. Das Personal der Sendestelle wurde in den ersten Apriltagen des Jahres 1945 in die Gegend von Heide in Holstein kommandiert und soll dort den mobilen Längstwellensender FELIX für die Führung der Unterseeboote betrieben haben. Am 11. April 1945 besetzten amerikanische Truppen das Gelände des GOLIATH und nutzten es als Kriegsgefangenenlager, wahrscheinlich wegen der vorhandenen hohen Umzäunung. Nach Berichten von Beteiligten sollen auf dem freien Feld zwischen den Antennenmasten bis zu 85.000 Mann kampiert und gehungert haben. Nach wenigen Wochen wurden die Amerikaner durch eine britische Einheit abgelöst. Ende Juni 1945 rückte die sowjetischen Truppen der Roten Armee in die Altmark ein. Die sowjetische Besatzungsmacht ließ den Sender und die Antenne von den Firmen C. Lorenz AG. und Hein Lehmann & Co. reparieren, setzte die Anlage noch einmal in Betrieb und demontierte unter Aufsicht von Offizieren und Spezialisten der sowjetischen Marine den gesamten GOLIATH. In viele Kisten verpackt wurde das Material in die Sowjetunion abtransportiert und dort wieder aufgebaut. Während amerikanische Quellen die Nähe von Nishni Nowgorod, östlich von Moskau bei 56,2°N, 44°O, als neuen Standort nennen, behaupten andere es sei die Gegend um Charkow. Jedenfalls soll der wiederaufgebaute GOLIATH aber nie wieder seine hohe Leistung und den früheren Wirkungsgrad erreicht haben.

Nach neuesten Informationen war Ende April 1947 die Demontage des besten und leistungsstärksten Längstwellensenders der Kriegsmarine beendet. Danach wurden von den

Sowjets alle Gebäude des GOLIATH gesprengt und das Gelände später wieder landwirtschaftlich genutzt. Reste des Erdnetzes sollen später von den Bauern mit Traktoren aus dem Erdboden gezogen worden sein, weil die Stahlbänder das Pflügen erheblich behinderten. Obwohl inzwischen auf den Trümmern der Gebäude des GOLIATH Bäume gewachsen sind, kann man heute noch ganz deutlich die Lage und meist auch den Grundriß der ehemaligen Bauten erkennen. Nur ein Fundament eines 170-m-Gittermastes (Mast Nr. 8) blieb nahezu unbeschädigt erhalten. Anscheinend wurde es bei den Sprengungen übersehen oder auch vergessen. Der Kultur- und Heimatverein Johann Friedrich Danneil e.V. in Kalbe/Milde hat diesen Rest gesichert und wird ihn als Denkmal zur Erinnerung an diesen Meilenstein der Funktechnik erhalten.

## **Quellen und Literatur:**

Erbe, H.: Der stärkste Längstwellensender der Welt. In: Fernmelde-Praxis 1962

Giessler, H.: Der Marine-Nachrichten- und -Ortungsdienst. 1971, München

Herold, K.: Probleme der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Fernmeldemittel zur Führung von Unterseebooten. Truppenpaxis 1963, S.640...643 und 726...728

Klawitter, G. und Herold, K.: Langwellen- und Längstwellenfunk  
1993, Meckenheim, 2.Aufl., Siebel Verlag

Niewerth, H.: Die Marine-Funkstation „GOLIATH“ in Kalbe (Milde) in: 1. Heft des Kalbenser Kultur- und Heimatvereins Johann Friedrich Danneil e.V. 1992, Kalbe (Milde)

Schulze-Herringen, E.; Heinecke, E.; Gerth, F.: Meilensteine der Großsendertechnik  
1955, Stuttgart: in 75 Jahre Lorenz, Festschrift der C.Lorenz AG.

Thode, B.: Zur Inbetriebnahme des stärksten Längstwellensenders der Welt für die Führung der Polaris-U-Boote. In: Fernmelde-Impulse 3/1962

Watt, A.D.: VLF-Radio-Engineering. 1967 Oxford, Pergamon Pr.

Persönliche Mitteilungen an den Verfasser durch die Herren

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| - Breither / Lahnau    | - Wrackmeyer / Kalbe       |
| - Gutzmann / Pinneberg | - Dr. Kloepfer / Pforzheim |
| - Wrackmeyer / Hamburg | - Dr. Dietsch SEL / Berlin |

# Technische Daten des Längstwellensenders GOLIATH

## Funksender

Frequenzbereich:	15 bis 60 kHz ( $\lambda = 20.000$ bis $5.000$ m)		
unterteilt in:	Steuersender (2 Bereiche):	15 - 30 kHz und	30 - 60 kHz
	Steuersender:	12 Quarzfrequenzen, schaltbar	
		Frequenzkonstanz: $1 \times 10^{-6}$	
		Durchstimmbarer Oszillator	
		Frequenzkonstanz: $1,35 \times 10^{-5}$	
		Einstellgenauigkeit: $5 \times 10^{-5}$	
	Sendeverstärker (4 Bereiche):	15,0 - 21,2 kHz	21,2 - 30,0 kHz
		30,0 - 42,0 kHz	42,4 - 60,0 kHz
	Ausgangsleistung:		
	Treiberverstärker:	600 W	
	Sendeverstärker:	Stufe 1:	5 - 10 kW
		Stufe 2:	60 - 90 kW
		Stufe 3:	max. 1000 kW
Betriebsarten:	A1 (A1A) Telegrafie (Tastfunk) (15 - 60 kHz), Hart- und Weichtastung, über 30 kHz: A4 (A3E) Faksimile/Hellschreiber (30 - 60 kHz) A3 (A3C) Telefonie mit Sprachqualität (45 - 60 kHz)		
Tastung:	Telegraphie (Morse) in der ersten Stufe des Steuersenders durch schnelles Relais. Modulation mit Hochfrequenz als Gittermodulation in der Stufe 4 des Steuersenders.		
Bauweise des:	Halboffen, Bedienungsseite		
Sendeverstärkers:	mit dicken Glasplatten geschützt.		
Oberwellen:	Zweite Harmonische:	$1 \times 10^{-8}$ Watt	
	Dritte Harmonische:	$1 \times 10^{-9}$ Watt	

## Röhren

Treiberstufe:	RL 12 T 15	Anodenverlustleistung	15 W
	RL 12 P 35	Anodenverlustleistung	30 W
	RS 384	Anodenverlustleistung	450 W
Leistungsstufe:	2 x RS 217	Anodenverlustleistung	12 kW
	6 x RS 250	Anodenverlustleistung	12 kW
	6 x RS 301	Anodenverlustleistung	200 kW

Anodenspannung der Röhren der Leistungsstufe:	12 kV
Transformator Röhrenheizung Stufe 1 und 2:	17,5 V / 250 A
6 Transformatoren Röhrenheizung Stufe 3:	15 V / 1.500 A

## Antenne und Erdnetz

Gittermaste:	15 geerdete Stahl-Gitter-Maste von 170 m Höhe, Querschnitt: gleichschenkliges Dreieck, 3 m Kantenlänge, dreifach abgespannt im Winkel von 120°.
Rohrmaste:	3 isolierte Rohr-Maste über Abstimmspulen mit dem Erdnetz verbunden, Höhe 203 m und 1,70 m Ø, dreifach abgespannt im Winkel von 120°
Antennendach:	Stahl-Aluminium-Hohlseile, Innere Seile 25 mm Ø, Randseile 36 mm Ø
Antennen-Einspeisung:	Stahl-Aluminium-Hohlseile 36 mm Ø, zwei für jede Seite des Dreiecks über dem Sendergebäude
Gesamtlänge der montierten Antennenseile:	etwa 50 km
Fußpunktisolator der Rohrmaste:	Porzellan, 2-teilig zum Potentialabbau, spannungsfest für 300 kV bei Regenwetter
Abstimmspule für Mastabstimmung:	Höhe 5 m, Durchmesser 3,5 m, Wicklung 7x50 mm <sup>2</sup> Ø Hochfrequenzlitze
Tauchspule:	Durchmesser 3,2 m, 42 getrennte Kurzschlußwindungen 5x50 mm <sup>2</sup> Ø Hochfrequenzlitze
Antennenkreis-Leistung:	maximal 1.000 kW
Gesamtwirkungsgrad:	bis zu 50%
Strahlungsleistung:	maximal 900 kW
Antennenwirkungsgrad:	maximal 90 % bei 60 kHz, bei der längsten Welle (15 kHz) noch 47 %
Statische Gesamtkapazität der Antenne:	115.000 pF
Gesamtscheinleistung der Antennen-Abstimmspulen:	500.000 kVA
Gesamtstromstärke:	2.500 A
Verluste pro Antennen-Abstimmittel-Haus:	etwa 50 kW



Betriebsspannung:	maximal 200 kV <sub>eff</sub>	
Strom in der Antennen-Einspeisung:	400 A	
Strom in jedem Mittelmast (Rohrmast):	700 A	
Strahlungswiderstand der Antenne:	von 15 kHz bis 60 kHz	75 mΩ 1150 mΩ
Bandbreite der Antenne (- 3 dB):	15 kHz	30 Hz
	20 kHz	63 Hz
	30 kHz	250 Hz
	60 kHz	1230 Hz.

## Erdnetz

Material des Erdnetzes:	Verzinktes Bandeisen 20x2 mm bzw. 30x2 mm	
Gesamtlänge des verlegten Erdnetzes:	etwa 350 km nach C.Lorenz (rund 470 km nach anderen Quellen)	
Verlegetiefe:	etwa 20 bis 30 cm	
Widerstand des Erdnetzes:	bei 15 kHz	45 mΩ
	bei 20 kHz	32 mΩ
	bei 25 kHz	30 mΩ
	bei 30 kHz	32 mΩ
	bei 40 kHz	40 mΩ
	bei 50 kHz	52 mΩ
	bei 60 kHz	65 mΩ
Gesamtstrahlungswiderstand:	bei 15 kHz	80 mΩ
	bei 30 kHz	300 mΩ
	bei 50 kHz	850 mΩ

## Energieversorgung

Aus dem öffentlichen Stromversorgungs-Netz:	Durch zwei 15-kV-Kabel, 3-Phasen, 50 Hz, auf getrennten Wegen verlegt
Leistungsaufnahme:	maximal 2500 A (380/220 V)
Netzersatzanlage:	Dieselmotor 2.110 PS <sub>e</sub> (1.800 kVA) 380 V, dreiphasig
Hauptdieselmotor:	G 6Z 52/70 2.110 PS <sub>e</sub> Notstromaggregat 150 PS <sub>e</sub> (110 kW)
Kraftstoffvorrat:	120 Kubikmeter Dieselmotor, ausreichend für 3 Wochen ununterbrochenen Betrieb

## **Kühlanlage**

Kühlwasser:	
Primärer Kreislauf:	100 m <sup>3</sup> /h Destilliertes Wasser
Sekundärer Kreislauf:	150 m <sup>3</sup> /h Normales Wasser in Trinkwasserqualität
Destillierapparat:	1,2 m <sup>3</sup> / Tag
Wasserversorgung:	Zwei Tiefbrunnen auf dem Gelände, mit einer Kapazität von 15 m <sup>3</sup> /h.

## **Gelände**

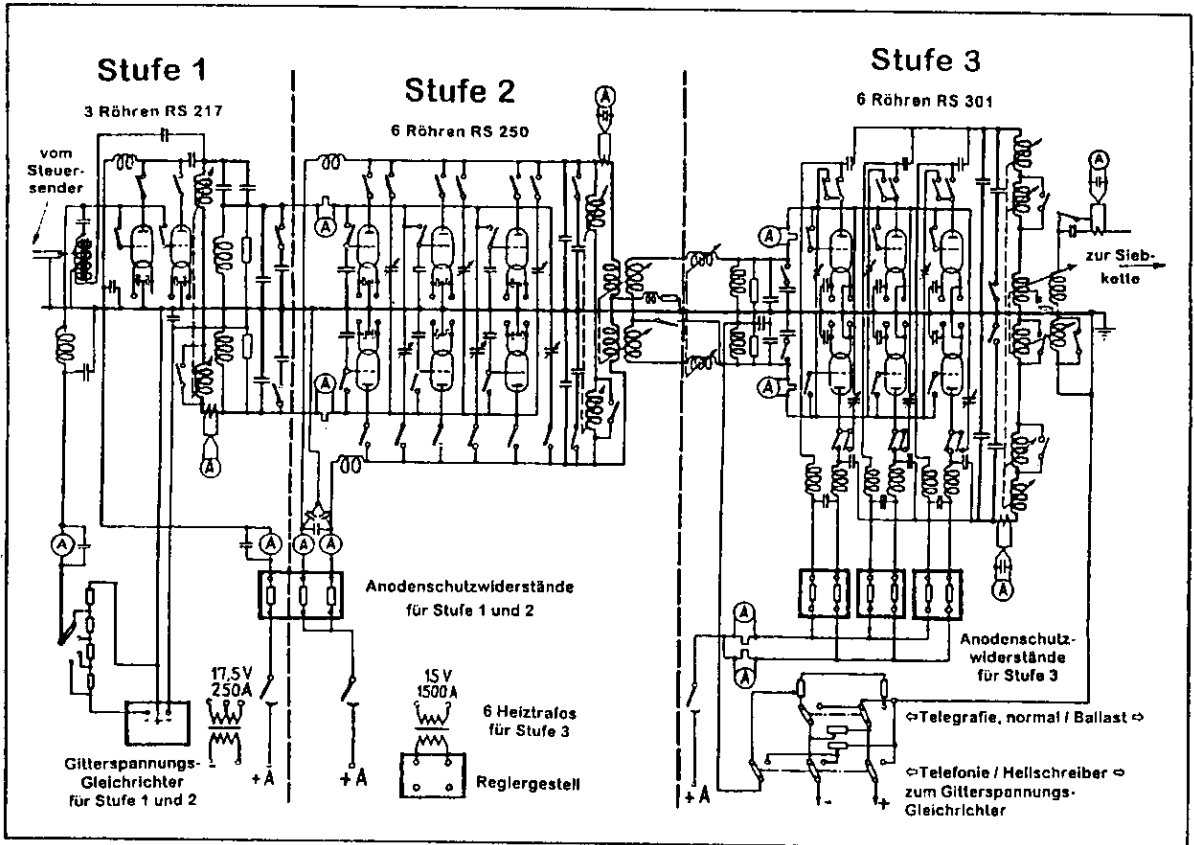
Größe:	etwa 263 ha bzw. 2,63 km <sup>2</sup>
Art:	Weide- und Ackerland, 29 m über N.N., nahezu eben.

## **Kosten der Anlage:**

Antennenanlage:	ca. 5,0 Mio. RM
Senderanlage:	ca. 4,2 Mio. RM
Stromversorgung einschl.	
Dieselaggregate:	ca. 2,2 Mio. RM
Gebäude und Gelände:	ca. 3,5 Mio. RM
Gesamtkosten:	ca. 15,0 Mio. RM

Zusammengestellt von Klaus Herold, Wilhelmshaven (230396)

# Längstwellensender GOLIATH



**Abb. 44: Prinzipschaltbild für die Senderstufen 1 bis 3**

Nach C.Lorenz AG / St 519 374 und D 2138

# Längswellensender GOLIATH

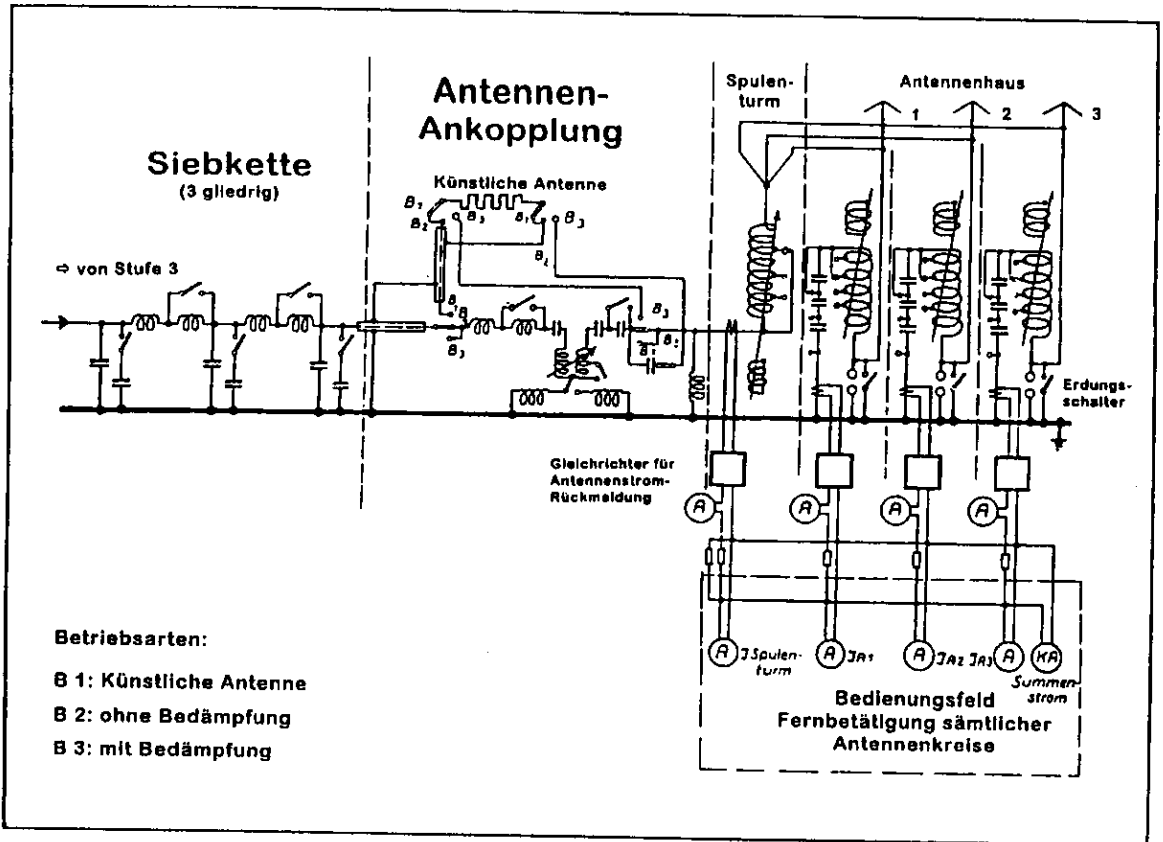


Abb. 45:

**Prinzipschaltbild für die Siebkette  
und die Antennenkreise**

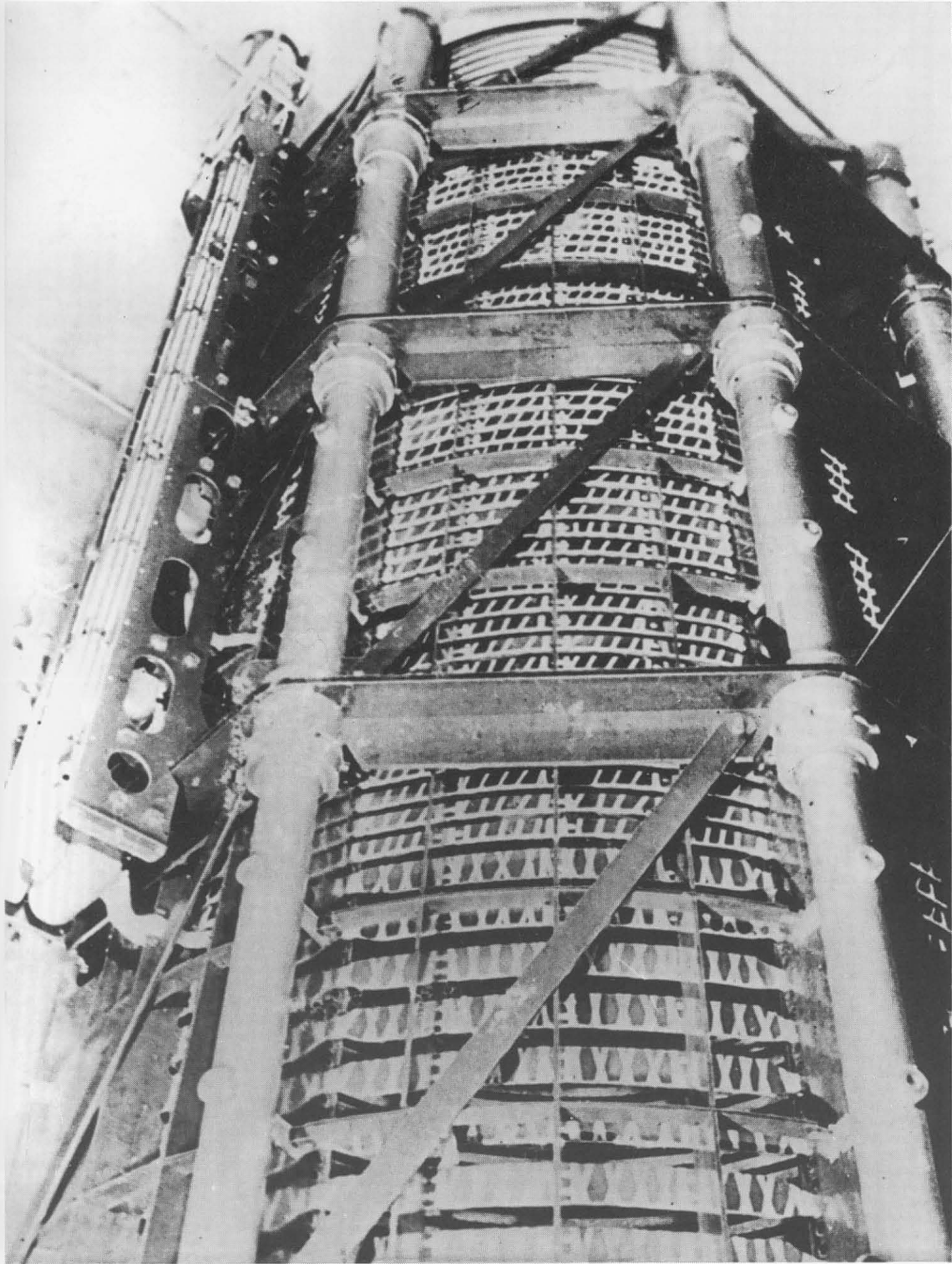


Bild 23: Antennenabstimmspule im Antennenhaus mit Bereichs-  
schalter (Von unten gesehen)

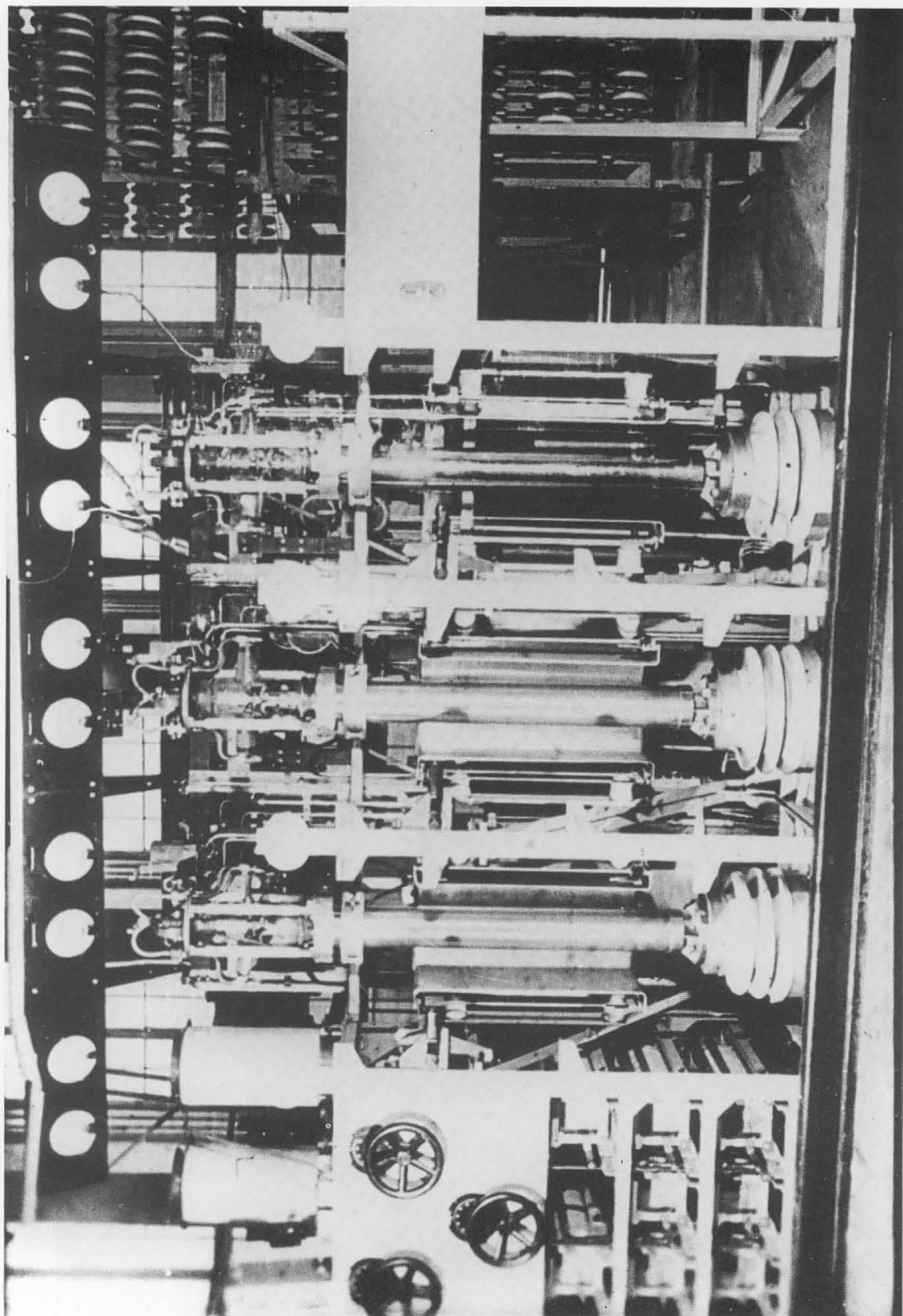
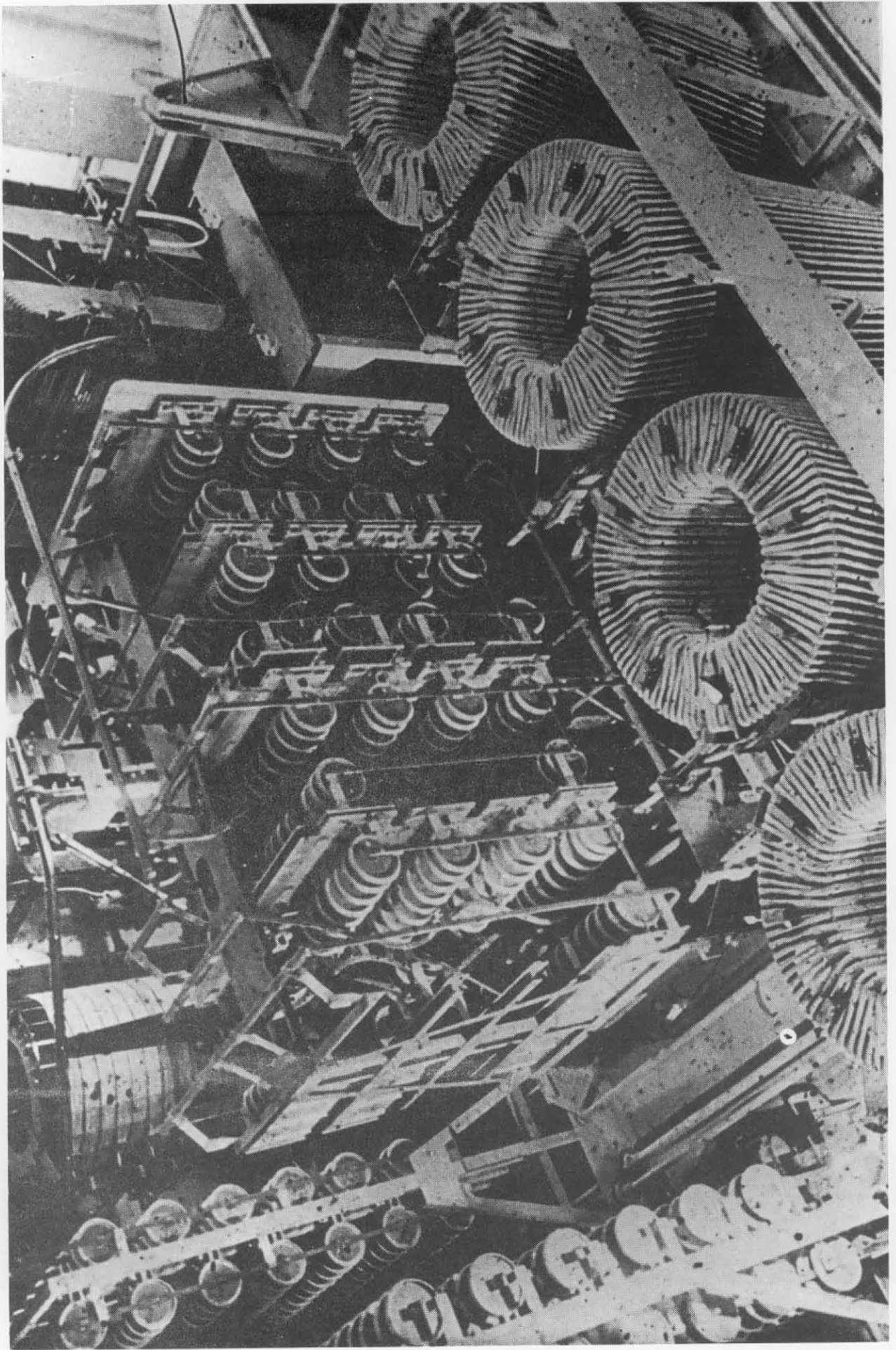


Bild 26: Röhren RS 301 der Hauptsenderstufe 3 (Röhrenstufe 3)



**Bild 27:** *Siebkreis zwischen Hauptsender und Antennenabstimmung. Vorn Siebkreissspulen als Toroidspulen ausgeführt.*