



TELEFUNKEN

GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE M.B.H. BERLIN S.W.11

Eine Führung

durch die

Grossfunkstelle Nauen

T E L E F U N K E N
GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE ^{M.B.}_{H.}
BERLIN SW 11 HALLESCHES UFER 12

EINE FÜHRUNG
DURCH DIE
GROSSFUNKSTELLE NAUEN
VON
CARL W. DOETSCH
UND
DR. HORST ROTHE



Veröffentlichung unter Quellenangabe gern gestattet.

INHALT:

1. Einleitung	3
2. Stromversorgung	4
3. Die Maschinensender	6
4. Die Antennen- und Erdanlagen.	9
5. Die Kurzwellen-Sendeanlagen.	13
6. Organisation der Transradio A.-G. für drahtlosen Überseeverkehr	19

Anhang: Technische Erläuterungen

1. Über die Hochfrequenzmaschine und deren Dreh- zahlregelung	21
2. Über Frequenzvervielfachung.	25



1. Einleitung.

Die „Großfunkstelle Nauen“ wurde im Jahre 1906 als eine kleine Versuchsstation der Telefunken-Gesellschaft Berlin errichtet und hatte zur damaligen Zeit eine Antennenleistung von etwa 10 kW, die ihr schon den Beinamen einer „Riesenstation“ eintrug. In ihrer jetzigen Ausdehnung stellt sie ein unter der Leitung des technischen Direktors der Telefunken-Gesellschaft Dr. Graf von Arco stetig und zielbewußt gewachsenes Werk dar, das eine Sonderstellung in den elektrotechnischen Betrieben einnimmt und volkswirtschaftlich in die „Veredlungsbetriebe“ bei den Elektrizitätswerken eingereiht werden müßte. Die Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke Spandau liefern der Großfunkstelle Nauen den Strom, der auf dem Wege über Transformatoren, Hochfrequenzmaschinen, Frequenzwandler usw. gänzlich verändert und veredelt als hochfrequenter Strom in Form von Telegraphierzeichen oder Telephonie in die Welt hinausgesandt wird.

Als man sich im Jahre 1906 entschlossen hatte, eine Versuchsanlage zu schaffen, galt es zuerst die schwierige Frage zu lösen, ein geeignetes Gelände zu finden. Daß dann die Anlage gerade in Nauen errichtet wurde, ist nur einem Zufall zu verdanken und im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß der Fideikommißbesitzer Stoltze aus Neukammer bei Nauen gegen mäßige Pacht das notwendige und auch geeignete Gelände im Havelländischen Luch zur Verfügung stellte. Nach damaliger Meinung war gerade der hohe Grundwasserstand des Nauener Luchs für die Einrichtung einer Funkanlage besonders günstig und so kam also die heute weltbekannte „Großfunkstelle Nauen“ in die Nähe der märkischen Kreisstadt Nauen, die an der Bahnstrecke Berlin-Hamburg liegt und Endstation der Berliner Vorortbahn ist.

Mit dem neuen Stationsgebäude für die Großfunkstelle Nauen hat der bekannte Architekt Geheimrat Muthesius-Berlin*, ein Bauwerk geschaffen, dessen imponierende und würdige architektonische Gliederung und Gestaltung dem Umfang und der Bedeutung der Großfunkstelle Ausdruck gibt und der Eigenart des Betriebes aufs glücklichste angepaßt ist. In den Jahren 1918 bis 1920 entstand so ein Zweckbau von eigenartigem Reiz, neben dem das noch bestehende alte Fachwerkgebäude der ersten Versuchsanlage die Größenverhältnisse von einst und jetzt deutlich erkennen läßt. Eine gewisse Merkwürdigkeit in der Entwicklung von Nauen liegt zweifellos darin, daß in dem alten ersten provisorischen Urgebäude der Großfunkstelle heute wieder die neuesten Einrichtungen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung, die Kurzwellensender mit ihren fast unglaublichen Leistungen, und die Apparate für Bildtelegraphie eingekehrt sind. Auf unserem Gang durch den Betrieb sehen wir, wie fast alle Gebiete der Elektrotechnik, vom Schwachstrom über Starkstrom bis zum Hochfrequenzstrom, den funktechnischen Gedanken dienstbar gemacht wurden, die in der Großfunkstelle Nauen wirksam sind.

Die Großfunkstelle Nauen ist eine fernbediente Sendestelle, d. h. sie dient nur dem Aussenden von Telegrammen, während das Auffangen der von den Gegenstationen ankommenden Nachrichten auf besonderen Empfangsstellen erfolgt, die zum Teil in erheblicher Entfernung von Nauen liegen. Die eigentliche Verarbeitung sowohl der ausgesandten als

*) Verstorben 1927.

auch der ankommenden Telegramme, also die Abfertigung, Weiterleitung, Kontrolle und Abrechnung usw., geschieht dagegen in der „Betriebszentrale“ in Berlin, wo die Zusammenfassung der Sende- und Empfangsbetriebe erfolgt.

Wir gelangen auf das etwa 100 ha große Gelände, das nördlich der Stadt an der Chaussee Nauen—Kremmen liegt, durch ein Eingangstor, an dessen rechter Seite sich die Dienstwohnung des Betriebsleiters befindet und betreten das große Betriebsgebäude vom Haupteingang aus, nachdem wir die hochstrebenden mit Oldenburger Klinkern verblendeten Fassaden in ihrer vollendeten Flächenaufteilung erfaßt und noch einen Blick auf den Hauptgiebel und den dort angebrachten einzigen bildlichen Schmuck geworfen haben, der in symbolischer Darstellung die weltumspannende und völkerverbindende Idee, der das Werk in Nauen dient, wiedergibt.

Im ersten Stockwerk des Vordertraktes (s. Bild 2), nimmt uns ein geräumiger Vortragsaal auf, wo an Modellen sowohl die Gliederung der einzelnen Sender als auch der Aufbau der Antennenanlage in übersichtlicher Form aufgezeigt werden kann. Dieser Saal mit seinen schematischen Erläuterungen und Tabellen, seiner Kinoausrüstung und seinen verschiedenen Modellen, dient auch gewissermaßen als Hörsaal, um hier an der Geburtsstätte und dem Ort der ersten praktischen Anwendung vieler Neuerungen auf drahtlosem Gebiete im innigen Kontakt mit der Lebendigkeit des Betriebes, den vielen Tausenden von Besuchern, die jährlich nach Nauen pilgern, in wirksamster Form die erforderlichen Erläuterungen geben zu können. Dem gleichen Zweck dienen auch die vorliegenden Ausführungen, die gleichzeitig für den Besucher eine Erinnerung an die Besichtigung der Großfunkstelle Nauen sein sollen und geeignet erscheinen, das Verständnis für die Stellung der Großfunkstelle Nauen in der Gesamtorganisation des weltumspannenden drahtlosen Verkehrs zu fördern.

2. Stromversorgung.

Wir wollen dem Stromverlauf auf seinem Wege zu den mannigfaltigsten Betätigungen innerhalb des Werkes, von seinem Eintritt auf das Gelände bis zu seinem Verlassen auf dem Wege über die Antennen, folgen.

Zuerst werfen wir jetzt einen Blick in die zu ebener Erde im Vorderbau des Hauptgebäudes liegenden Hochspannungsschalträume, denen die Energie aus dem in etwa 30 km Entfernung liegenden „Kraftwerk Spandau“ zugeführt wird. Ein eigenes Kraftwerk besitzt die Großfunkstelle, wie bereits eingangs erwähnt, nicht. Der Zuführung dienen 2 Erdkabel, die außerhalb des Antennenbereiches zu einem am Rande des Stationsgeländes errichteten Schaltheus führen, wo der Anschluß an die Freileitung erfolgt, die 50-periodigen Drehstrom mit 15 000 V Spannung heranführt. Diese direkte Fernleitung des Spandauer Werkes ist eigens für die Stromversorgung der Station Nauen errichtet, während eine zweite Freileitung, die von Spandau über die Stadt Nauen an das Schaltheus der Großfunkstelle und von da aus zum Ort Kremmen führt, eine Reserve bildet. Eine weitere Hochspannungsleitung auf der Strecke der direkten Fernleitung Kraftwerk-Großfunkstelle stellt ebenfalls eine Reserveleistung dar, sodaß die Stromversorgung der Großfunkstelle durch 3 voneinander unabhängige Leitungen sichergestellt ist. Der gesamte Anschlußwert ist auf 1250 kVA bemessen.

Auf diese Weise bietet die Stromlieferung durch das Überlandnetz der Brandenburgischen Kreiselektrizitätswerke auf verschiedenen Wegen eine betriebssichere und wirtschaftlichere Ver-

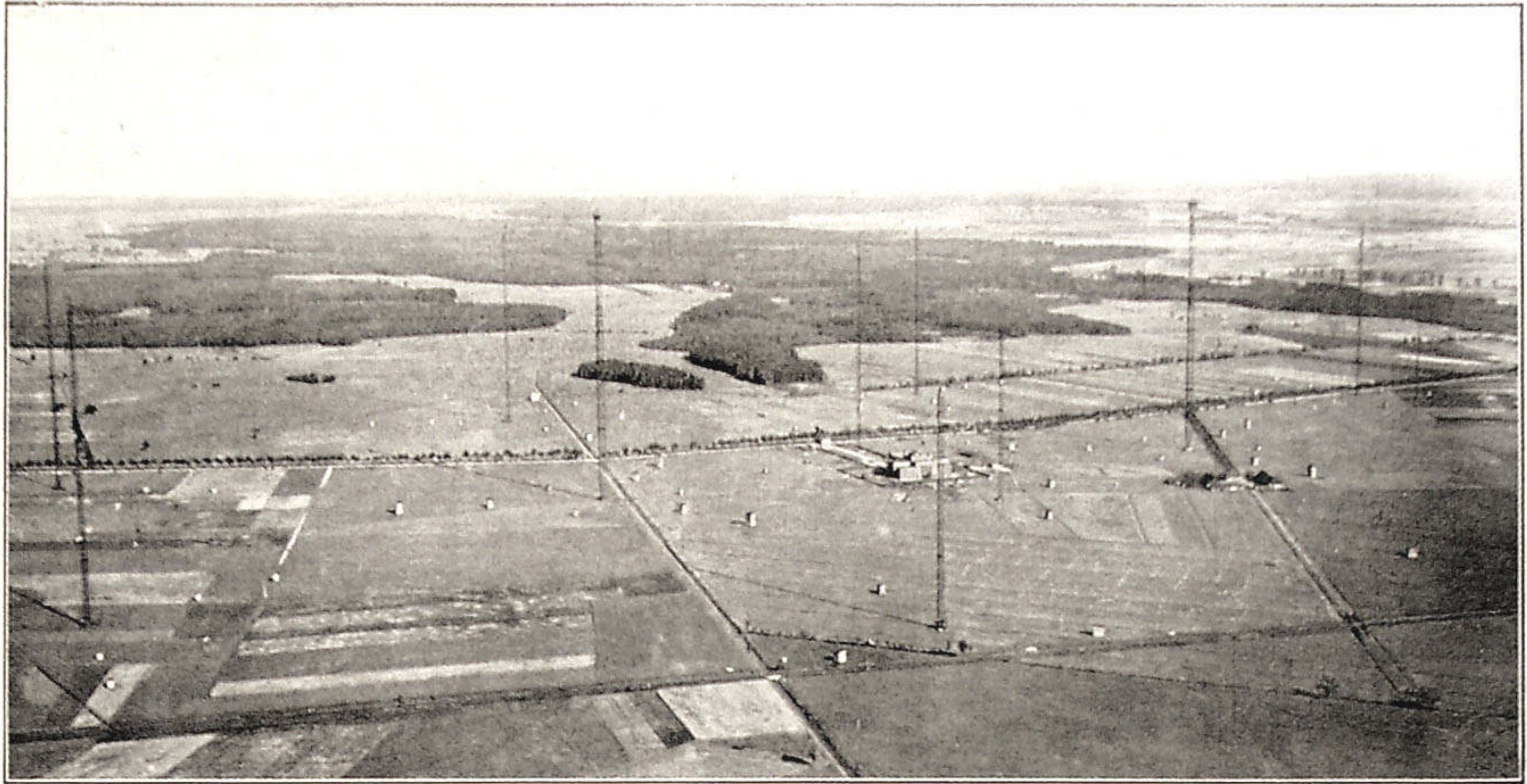


Bild 1. Fliegeraufnahme der Groß-Funkstelle,

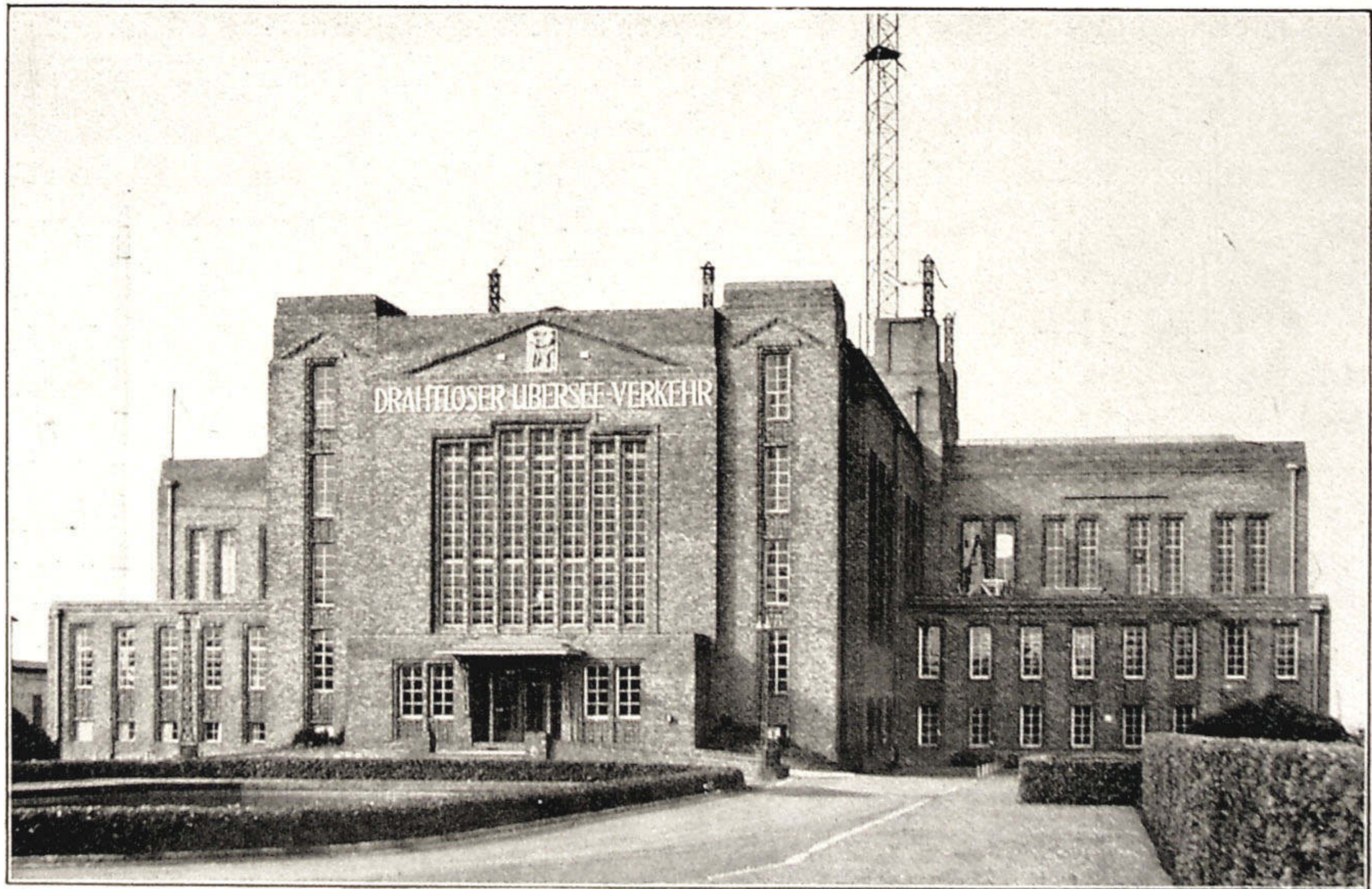


Bild 2. Betriebsgebäude, Vorderansicht.

sorgung als sie durch ein eigenes Kraftwerk, das zudem mit einer vollen Reserve auszurüsten gewesen wäre, hätte erfolgen können.

Die im Betrieb der Großfunkstelle Nauen verbrauchte augenblickliche Höchstentnahme beträgt 1000 kW. In drei Transformatorensätzen von 1500/1000 V, 700 kVA, wovon jeweils einer als Reserve dient, wird die Spannung von 15000 V auf 1000 V umgespannt und den Drehstrommotoren der Hochfrequenzumformer zugeführt. Zum Antrieb der im Betrieb vorhandenen vielen kleineren Motoren zur Beleuchtung usw. findet Drehstrom von 220 V Verwendung. Zu seiner Erzeugung dient ein weiterer Transformator 15000/220 V, 250 kVA. Von einem Schaltpult aus, das auf einem bühnenartigen, in den Maschinensaal hineinragenden Vorbau aufgestellt ist und das alle zur Bedienung der Transformatoren und Großmaschinen notwendigen Schalt-, Kontroll- und Überwachungsorgane enthält, werden durch Druckknopfsteuerungen die Ölswitcher für die Transformatoren und die Maschinenaggregate bedient, wobei rote und grüne Signallampen den jeweiligen Schaltzustand der ganzen Anlage anzeigen.

3. Die Maschinensender.

Aus dem Vortragssaal gelangen wir über die Schaltbühne in den Maschinensaal (Bild 3). Unser Blick fällt zuerst auf die verschiedenen Hochfrequenzumformer, die die einzelnen Sender speisen.

Der vom Transformator kommende Drehstrom von 50 Perioden und 1000 V Spannung wird einem rotierenden Umformer-Aggregat, einem sogenannten Hochfrequenz-Umformer zugeführt. Für die beiden großen Senderanlagen sind 2 Umformer vorhanden (siehe Bild 3). Das Umformer-Aggregat besteht aus einem normalen 600 kVA-Drehstrommotor von 1500 Umdrehungen in der Minute, der mit einer Hochfrequenzmaschine direkt gekuppelt ist. Der Hochfrequenz-Generator (Beschreibung siehe unter Anhang: Technische Erläuterungen, Absatz 1) gibt eine mittlere Leistung von 400 kVA ab, und zwar einen Strom von 1000 A bei 400 V Spannung und 6000 Perioden. Die Lager und der Stator des Hochfrequenz-Generators sind wassergekühlt.

Der Hochfrequenzumformer erzeugt einen Wechselstrom höherer Periodenzahl als er sonst bei der elektrischen Stromversorgung angewandt wird. Beträgt beispielsweise die Frequenz unseres Wechselstromes für Beleuchtung und Kraftversorgung, wie er in der Technik verwandt wird, 50 Perioden, so wird in der Großfunkstelle Nauen zunächst ein Maschinen-Wechselstrom von 6000 Perioden erzeugt, der über einen Spannungstransformator einem Frequenzwandler zugeführt wird, wo er einer weiteren Frequenzsteigerung unterworfen wird.

Außer den beiden großen Maschinensätzen sind noch zwei kleinere von je 150 kVA Leistung zur Speisung der kleineren Sender vorhanden (Bild 3).

Aus den Frequenzwandlern wird die Energie über abgestimmte Kreise, die aus Kondensatoren und Spulen bestehen, einem Luftdrahtgebilde zugeführt. Hierbei ist von besonderer Wichtigkeit, daß das Luftleitergebilde mit den Schwingungskreisen, den sogenannten Senderkreisen, genau elektrisch in Übereinstimmung gebracht ist, oder mit anderen Worten: Die Schwingungskreise müssen sich elektrisch in Resonanz mit dem Luftleitergebilde befinden.

Wir finden auf der Großfunkstelle Nauen 5 verschiedene Maschinensender, die in folgender Tabelle näher charakterisiert sind:

Sender	Wellenlänge	Ampere i. d. Ant.	Arbeitet mit:	Wird betrieben durch:
I	18 km	550—500 ^{*)}	Nordamerika, Ostasien, Java, Presse und Zeitsignaldienst mittags und nachts 1 Uhr	Betriebszentrale Transradio Berlin
II	13 km	500—400 ^{*)}	Nordamerika	
III	4,9 km	70	Spanien, Madrid u. Barcelona	Funkabteilung Haupttelegraphenamts Berlin
VI	6,5 km	70	Rumänien, Bukarest, Oradea-mare	
V	5,6 km	45	Moskau	

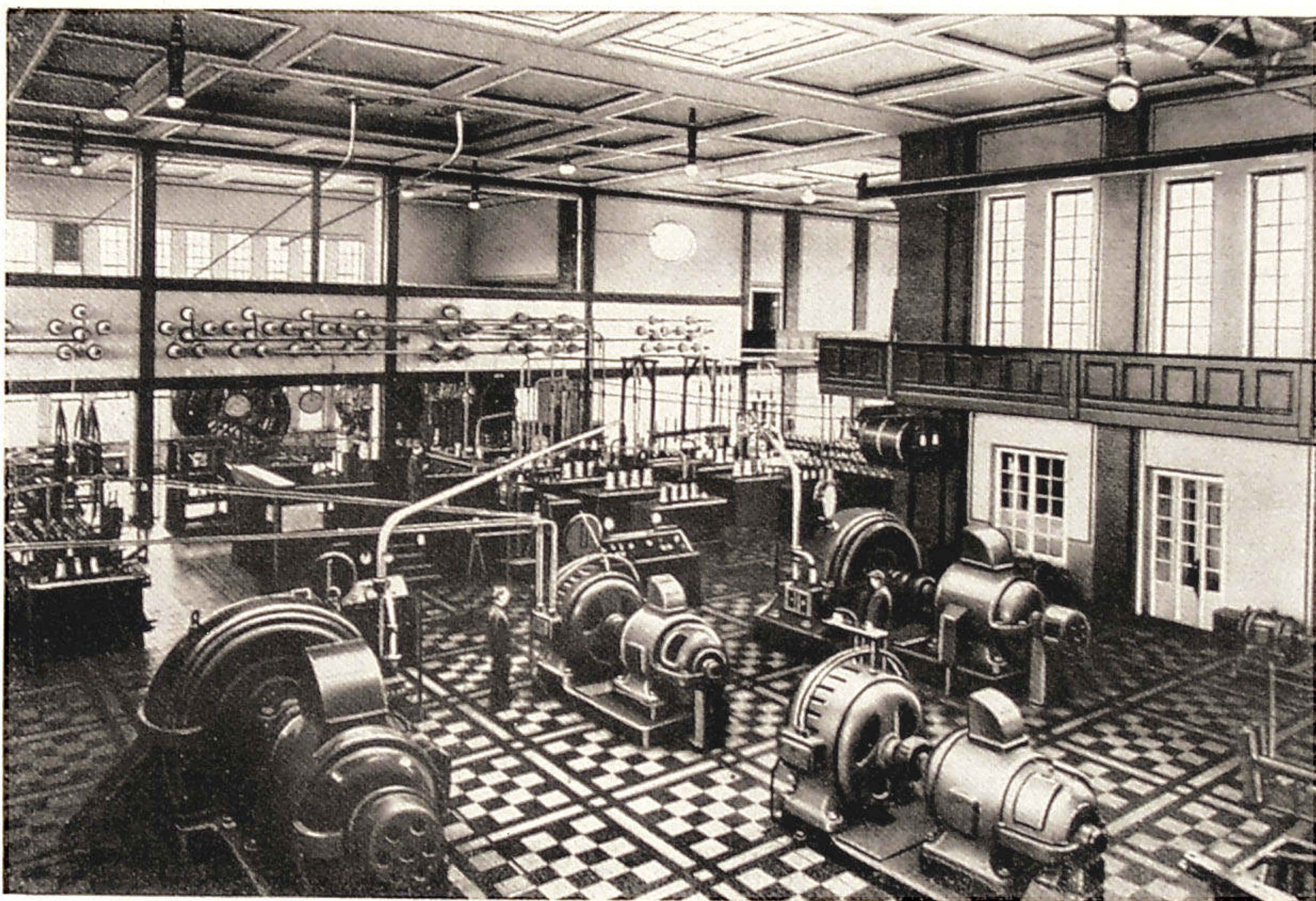


Bild 3. Maschinensaal der Groß-Funkstelle.

Die Sender I und II werden betrieben mit je einem der bereits erwähnten Hochfrequenzumformer von 400 kVA Leistung, während die Sender III, IV und V gemeinsam an einen der kleinen Hochfrequenzumformer von 150 kVA angeschlossen sind. Von den Maschinen führen Leitungen in Form von starken Kupferröhren zu den Sendern. Bei den großen Sendern sind die Zuführungen teilweise isoliert konzentrisch ineinandergeführt, um die sonst vorhandene Selbstinduktion der langen Leitung zu vermeiden. Die Leitungen (Bild 4) führen zunächst zu einem Spannungstransformator t , in dem die Maschinenspannung von etwa 400 V auf etwa 2500 V herauftransformiert wird und von hier in den ruhenden Frequenzwandler f_1 geht. Dieser Wandler gibt im vorliegenden Fall Energie doppelter Frequenz weiter an den Wandler f_2 ,

^{*)} Um Energie zu sparen, wird bei günstigen Übertragsbedingungen mit geringeren Antennenstromstärken gesandt.

der die Frequenz nochmals verdoppelt und schließlich über einen Zwischenkreis, bestehend aus der Spule l und den Kondensatoren c_1 , die Antenne speist. Die Spulen der Frequenzwandler bilden zum größten Teil die Selbstinduktion der Schwingungskreise, während die Kapazität durch die Kondensatoren c_1, c_2, c_3, c_4 gebildet wird. Das Öl der Transformatoren wird durch besondere Ölpumpen zur Kühlung durch die Rohrschlangen des Kühlteiches gedrückt, an dem wir bei Eintritt in das Hauptgebäude vorbeigekommen sind.

An den Seiten der Maschinenhalle stehen die Umformer für die Lieferung von Gleichstrom zur Vormagnetisierung der Frequenzwandler f_1 und f_2 . Unter der Galerie hängen Kupferseildrosselspulen, die einen Eintritt der Hochfrequenz aus den Schwingungskreisen in die Gleichstrommaschinen verhindern. Von hier aus gehen dann die Leitungen zum Antennenschaltraum und von dort weiter zu den Antennen. Ein Schaltbild des Senders II ist in Bild 4 gegeben, während in Bild 3 der gesamte Maschinensaal dargestellt ist.

Sender S II, 13000 m-Welle

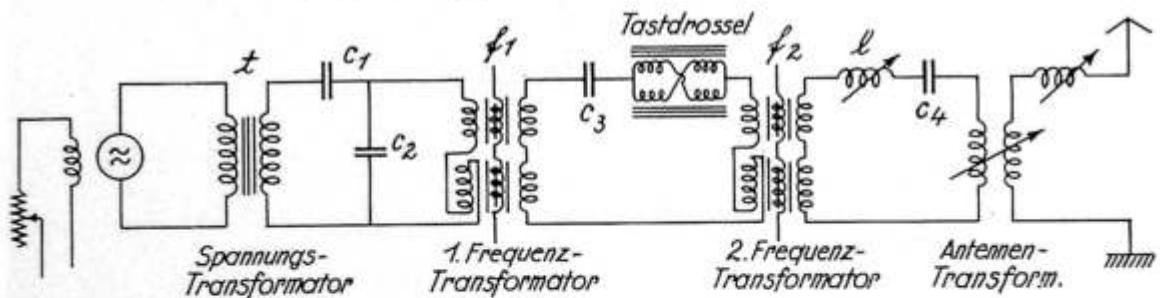


Bild 4.

Zu den interessantesten technischen Fragen, mit denen man auf der Großfunkstelle Nauen in Berührung kommt, gehört zweifellos die Tastung der Sender, da hierbei im schnellsten Morsetempo, beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von 100 Worten in der Minute, die gesamte erzeugte Hochfrequenzleistung des jeweils in Betracht kommenden Senders getastet werden muß. Das eigentliche Tasten wird mit Hilfe einer Tastdrossel vorgenommen. Diese Einrichtung besteht aus einer Eisendrossel, die in einen der Schwingungskreise des Senders eingeschaltet ist (Bild 4). Bei dieser wird durch Ein- und Ausschalten eines Gleichstromes in einer besonderen Magnetisierungswicklung die Drosselwirkung nahezu aufgehoben bzw. wieder in Tätigkeit gesetzt und so der Antennenstrom im gleichen Rhythmus von seinem Maximalwert bis fast zu Null variiert.

Steigen wir nun hinunter, so kommen wir zu ebener Erde zu den Relaiskammern, sehen umfangreiche Anlasser, Regler und Rotorwiderstände für die großen Hochfrequenzumformer, eine Preßluftanlage zum Betriebe der Preßluftrelais und eine Reihe von Ölpumpen, die das Öl sowohl der Frequenzwandlerbehälter als auch dasjenige der Tastdrosseln in stetigem Kreislauf durch das Kühlrohrsystem im Kühlteich drücken.

Bevor wir weiter dem Laufe des Stromes folgen, sehen wir in den vom Maschinensaal aus erreichbaren Räumen, wie die technische Kontrolle der gesamten Anlage vor sich geht. Im Raum rechts hinter dem Schaltpult befinden sich die elektrischen Zähler für den Gesamtverbrauch der Station sowie für den Leistungsverbrauch sämtlicher Maschinen.

Außerdem dienen Registrierinstrumente zum Aufzeichnen der Belastungsverhältnisse und der Verhältnisse im Netz, sodaß an Hand der aufgezeichneten Kurven auch später noch eine Kontrolle des Betriebes möglich ist.

Links hinter dem Schaltpult steht die Uhrenanlage, die sich aus einer Hauptuhr und aus einer Reihe von im Gebäude verteilten Nebenuhren zusammensetzt. Ferner befindet sich im gleichen Raume eine Fernthermometeranlage sowie eine automatische Feuermeldeeinrichtung, die von den verschiedenen Stellen des Gebäudes und des Geländes aus im Falle einer Feuergefahr betätigt werden kann. Eine automatische Fernsprechanlage verbindet sämtliche Räume des Betriebes untereinander.

In dem Betriebs-Kontrollraum sind durch Eisenwände gekapselte Empfangsgeräte so aufgestellt, daß die von jedem Sender erzeugten Zeichen auf ihre Reinheit und Güte mittels Kopfhörer kontrolliert werden können. Außerdem befinden sich in dem Betriebsraume zwei Heberschreiber, von denen einer in die Ferntastleitungen zur Kontrolle der von der Betriebszentrale Berlin ankommenden Telegraphierzeichen geschaltet werden kann, während gleichzeitig der zweite, von den Kontrollempfängern aus über einen Gleichrichter die von den Antennen ausgestrahlten Zeichen registriert. An Hand der aufgezeichneten Kontrollstreifen kann man dann erkennen, ob Tistung und Zeichengebung der einzelnen Anlagen richtig sind. Dem gleichen Zweck dient auch eine Oszillographeneinrichtung, die es gestattet, alle Vorgänge in den Leitungen, Maschinen, Sendern und Antennen photographisch festzuhalten.

Im Betriebs-Kontrollraum arbeitet ein technischer Betriebsbeamter, der dauernd telephonisch mit der Betriebszentrale in Berlin in Verbindung steht und Anweisungen und Anfragen dieser Stelle durch Weitergabe an die Maschinisten erledigt. Außerdem obliegt ihm die Beobachtung der kleinen Telegraphenrelais, die zwischen Betriebszentrale Berlin und den Sendern in Nauen eingeschaltet sind, sowie die Bedienung der vorerwähnten Kontrolleinrichtungen und der Zeitsignalanlage.

Im gleichen Raum sind auch die Uhren für die Auslösung des Zeitsignals, das täglich zweimal, nachts und mittags 1 Uhr, von Nauen mit dem Sender I auf einer Welle von 18 000 m in die Welt hinausgesandt wird, untergebracht. Außerdem wird das Zeitzeichen noch mit einem alten gedämpften Tonfunkensender ausgesandt, der lediglich zu diesem Zweck noch beibehalten wird, und dessen Zeitsignal für die kleineren Seefahrzeuge bestimmt ist. Die Uhren werden von der Hamburger Seewarte gesteuert, die auch die Sendung des Zeitzeichens auslöst.

Jetzt steigen wir über die im Vordertrakt liegende Treppe auf das Dach der Station und gelangen in den genau über der Mitte des Maschinensaals liegenden erhöhten Vierungsaufbau. Hier befindet sich der Antennenschaltraum, wo die einzelnen Sender mit den einzelnen Antennen wahlweise verbunden werden können.

4. Antennen- und Erdanlage.

Vom Dach aus genießen wir einen herrlichen Rundblick auf das gesamte Gelände und verfolgen von hier aus den Zusammenhang zwischen den Sendern und den Antennen. Wir gewahren mächtige Durchführungs-Isolatoren, die die aus dem Maschinensaal kommenden Zuleitungen zu den einzelnen Antennenflächen tragen.

Im Vorführungsraum haben wir uns an den Modellen schon mit der allgemeinen Antennenform und den verschiedenen Antennen vertraut gemacht (Bild 5). Das Gesamt-Antennengebilde wird getragen von eisernen abgespannten Masten. Die Maste selbst sind von der Firma Hein, Lehmann & Co., A.-G., Reinickendorf, konstruiert und erbaut. Diese Firma lieferte für die Telefunken-Gesellschaft mehr als 300 Maste, die an den verschiedensten Punkten der Erde stehen und bisher jeglicher Beanspruchung bei Sturm und Erdbeben getrotzt haben.

Erinnern wir uns einen Augenblick daran, daß die Versuchsanlage Nauen 1906 einen Mast von 100 m Höhe besaß, dessen Konstruktion damals neue Wege im Eisenbau wies, und der das Vorbild für alle späteren abgespannten Gittermaste wurde, so gibt allein schon ein

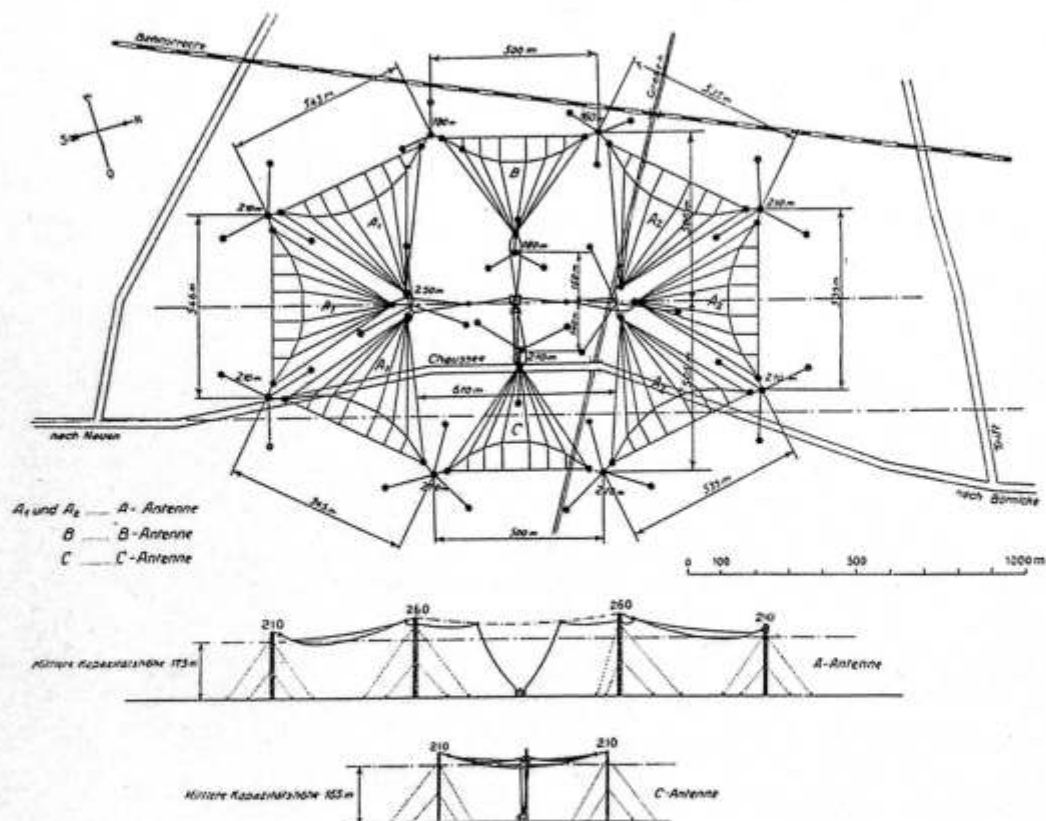


Bild 5. Antennenanlage.

Blick auf die Nauener Mastanlage ein sinnfälliges Bild von den erstaunlichen Fortschritten auf dem heutigen Gebiete der drahtlosen Nachrichtentechnik.

Der eigentliche Körper der Maste besteht aus einer Eisenkonstruktion von dreieckigem Querschnitt, die nach unten in einer Spitze (Bild 6) ausläuft, die auf einem Kugelgelenk ruht. Das Kugelgelenk befindet sich auf einem Verteilungsträger, der auf Porzellankörpern aufliegt, sodaß also der ganze Mastkörper gegen Erde isoliert ist. Der Mastkörper selbst ist nach 3 Seiten durch Abspannungen gehalten. Die Abspannungen bestehen aus parallel geführten Stahldrähten von hoher Festigkeit und wurden bei Montage der Maste an Ort und Stelle angefertigt.

Die Abspannseile sind an besonderen Fundamenten in der Erde verankert. Ein Teil des Gewichtes der Fundamente ist wegen der Höhe des Grundwasserspiegels über der Erde in kleine Aufbauten verlegt, die man auf dem ganzen Gelände angeordnet sieht (Bild 7).

Die Abspannungen sind ebenfalls an beiden Enden isoliert und teilweise durch eingefügte Isolatoren unterteilt. Sie werden durch besondere Spannvorrichtungen straff gehalten und ihr Durchhang nach einem besonderen Verfahren alljährlich auf seine Richtigkeit geprüft.

Die Hauptform des ganzen Antennengebildes ist die eines Ovals, das von vier Zentralmasten und acht Randmasten getragen wird. Zwei der Zentralmaste, die je 300 m nördlich und südlich vom Hauptgebäude stehen, sind 265 m hoch. Ein solcher Mast hat ein Eigengewicht von 350 t, d. h. etwa 1,4 kg pro mm Höhe.

Er drückt infolge des Zuges der Abspannungen bei voller Windbeanspruchung auf sein Fundament mit einem vermehrten Gewicht von 800 t. Der Mast selbst besteht aus zwei Teilen, aus einem stärkeren 150 m hohen unteren Teil mit einem Querschnitt in Form eines

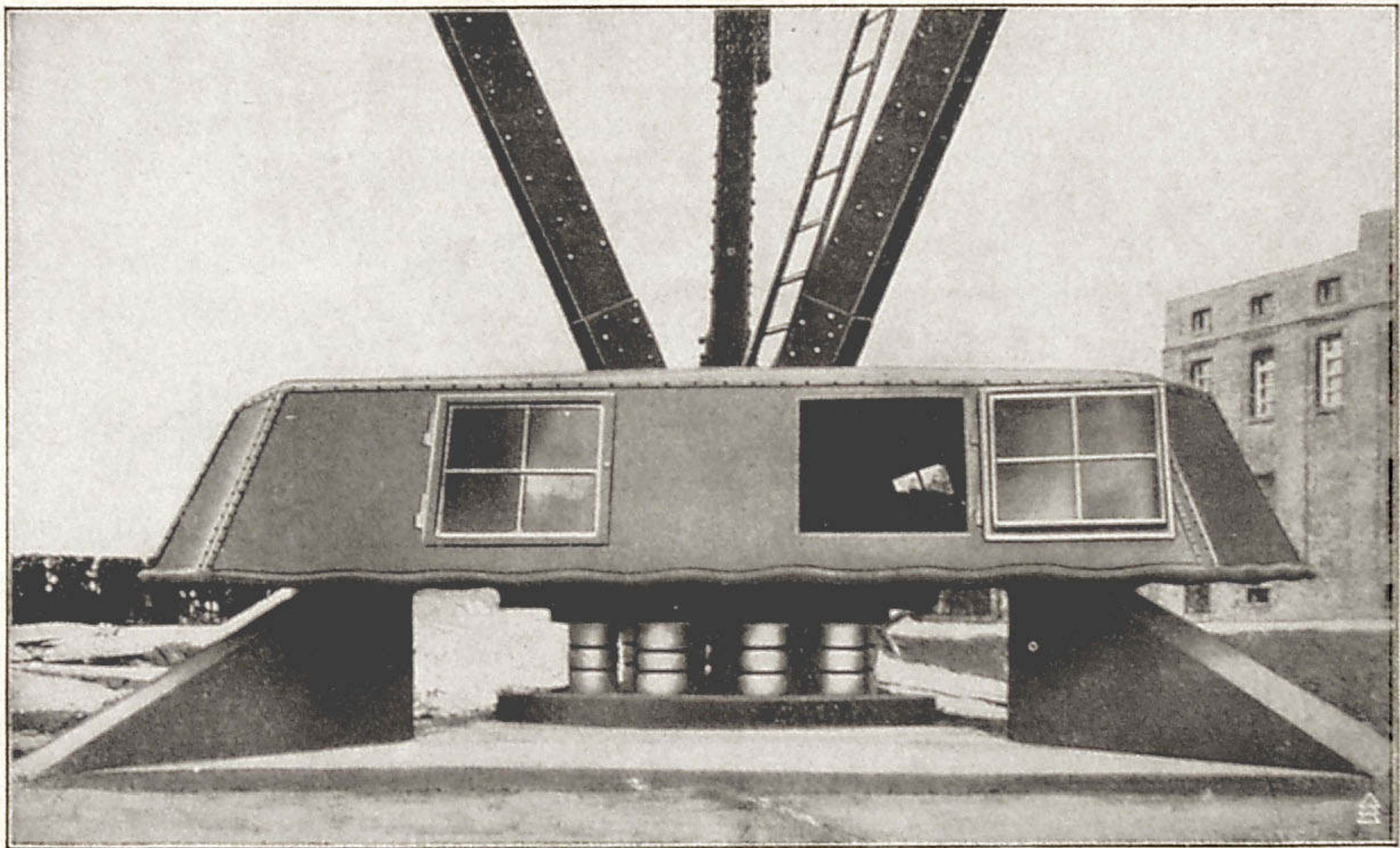


Bild 6. Mastfuß mit Isolation.

gleichseitigen Dreiecks von 6,5 m Seitenlänge und einem 110 m hohen schwächeren oberen Teil, dessen Querschnitt wieder die Form eines gleichseitigen Dreiecks von 4,8 m Seitenlänge besitzt. Der Verteilungsträger, auf dem der ganze Mast steht, ruht auf 24 Säulen von je vier aufeinandergestellten Porzellankörpern. Das Fundament besteht aus Eisenbeton von 6 m quadratischer Seitenlänge und 2 m Tiefe. Das Fundament allein wiegt 160 t. Die beiden Teile des Mastes sind durch Porzellankörper voneinander isoliert und der obere Teil ruht auf dem unteren ebenfalls auf einem Kugelgelenk. Jeder Porzellankörper wird mit einer Last von 255 t mehrere Male hintereinander geprüft und erst dann für die Isolierung bei den Türmen verwandt. Belastet wird jeder Porzellankörper mit 33 t.

Der untere Mastteil wird von besonderen Abspannungen gehalten, die nach drei um 120° versetzten Fundamenten von 450 t Gewicht abgespannt sind. Diese Fundamente stehen

in einem Abstand von 100 m vom Mastfuß. Der obere Teil wird ebenfalls von sechs Abspannungen gehalten, die an drei um 120° versetzten Fundamenten befestigt sind, die 172 m vom Mast abstehen. Ihr Gewicht beträgt 600 t.

Um die Schwingungen dieser langen Abspannungen bei Wind zu verhüten, sind sie durch sogenannte Windabspannungen besonders verspannt. Bei den neueren Masten der Antennenanlage sind diese Windabspannungen in Wegfall gekommen.

Von den beiden anderen Zentralmasten befindet sich der eine Mast von 210 m Höhe vor dem Hauptgebäude, der andere von 150 m hinter dem Gebäude.

Von den Randmasten sind sechs 210 m hoch mit einem Gewicht von etwa 130 t, zwei je 150 m hoch; diese Bauwerke sind im Gegensatz zu den großen unterteilten Masten aus einem Stück hergestellt.

Die Hauptantennen bestehen außer der B- und C-Antenne (Bild 5) aus starken Bronzeseilen, die so angeordnet sind, daß jedes Feld ein gleichseitiges Dreieck bildet. An den Masten sind die Antennenfelder für hohe Spannungen isoliert befestigt. Die dem Senderhaus zunächst



Bild 7. Abspannfundament mit Isolation.

liegende Ecke jedes Feldes ist durch eine isoliert aufgehängte Zuleitung in dem Antennenschaltraum mit dem Sender verbunden. Das Antennenmaterial der B- und C-Antenne besteht aus Aluminiumseil. Dieses Seil wurde gewählt, um bei der Größe und der hier angewandten Spannung größere Verluste durch Corona-Effekt zu vermeiden.

Die beiden stark umränderten Hälften zusammen bilden die große Antenne A (rote Schnüre des Modells). Auf diese Antenne arbeitet der Sender SI mit 18 km Wellenlänge. Die beiden schwach umränderten Segmente bilden zusammen die Antennen B und C; auf diese arbeitet der Sender S II mit Welle 13 km.

Zwischen den Masten sind noch die kleinen T-Antennen angebracht, die dem Europaverkehr dienen.

Die Antennensegmente sind an den Mastspitzen durch einen Isolator für hohe Spannung an einem Stahlseil befestigt; das Stahlseil wird durch eine am Mast befestigte Gegengewichts-

anordnung gespannt. Bei stärkerem Sturm oder Rauhreif kann das Gegengewicht nachlaufen, sodaß in den Seilen eines jeden Segmentes immer nur die zulässigen Spannungen herrschen; auch kann auf diese Weise jedes Segment leicht herabgelassen werden.

Als ungefähres Maß für die Reichweite einer Senderanlage ist der Begriff „Meterampere“ eingeführt worden. Er stellt das Produkt aus der wirksamen Höhe einer Antenne und dem zur Antenne fließenden Strom dar. In der folgenden Tabelle sind in einer Zusammenstellung die mit den einzelnen Sendern erzielten Wellen und „Meterampere“ angeführt, desgleichen die Kapazitäten der in Frage kommenden Antennen.

Sender	Antennenbezeichnung	Welle in km	Antennenkapazität in cm	Spannungen in der Antenne in kV	Wirksame Höhe in m	Antennenstrom in A	Meterampere in MA.
S I	A ₁ + A ₂	18	50 000	86	170	500	85 000
S II	B + C	13	26 000	95	140	400	56 000
S III	D ₂	4,9	4 100	40	160	70	11 200
S IV	D + F	6,5	7 600	28,5	150	70	10 500
S V	E	5,6	3 500	34,5	145	45	6 500

Jeder Sender schickt seine Energie seinerseits über das Antennen-Variometer und die Verlängerungsspulen der Antenne, andererseits der Erde zu. Die Antenne stellt einen Kondensator dar, dessen eine Belegung das Antennengebilde, dessen andere Belegung die Erde ist. Um den in die Erde fließenden Strom, der ja dem Antennenstrom gleich ist, möglichst verlustlos der unter der Antenne liegenden Fläche zuzuführen, ist in Nauen eine sogenannte metallisierte Erde angewandt worden.

Wie wir auch schon an dem im Vortragssaal stehenden Modell gesehen haben, teilt sich die vom Sender zur Erdanlage führende Zuleitung beim Austritt aus dem Betriebsgebäude in eine Anzahl radial auseinanderlaufender Drähte, die über Holzmasten ins Gelände unter die Antennen führen. Dort enden sie an etwas niedrigeren Masten, von denen sternförmig Drähte zu den Erdpflocken führen. An jedem Pflock entlang führt der Draht in die Erde, wo er mit dem unterirdisch verlegten Erdnetz verbunden ist.

Durch diese Anordnung werden die von den Antennenflächen durch die Erde zum Erdungspunkt der Sender zusammenfließenden Ströme auf einen Weg geführt, der den geringsten Verlustwiderstand bietet; dadurch werden die Erdverluste vermindert und der Wirkungsgrad der Anlage verbessert.

5. Die Kurzwellen-Sendeanlagen

Auf der Großfunkstelle Nauen wurden die ersten Kurzwellensender im Jahre 1924 in Betrieb genommen. Seitdem sind sowohl an den Sendern selbst, wie auch an den Antennenanlagen so bedeutende Verbesserungen erzielt worden, daß die Kurzwellen in immer steigendem Maße für den Überseeverkehr an Bedeutung gewinnen. Die Entwicklung ist verständlich, wenn man die Größe der für die Kurz- und die Langwellenanlagen erforderlichen

Betriebsmittel miteinander vergleicht, wozu ja in Nauen die beste Gelegenheit besteht. Zur Zeit sind auf der Großfunkstelle 7 Kurzwellensender im Betrieb, die sämtlich von Telefunken erbaut wurden, und die vor allem den gesamten drahtlosen Telegraphie- und Telephonieverkehr mit Südamerika vermitteln. Außerdem werden mit ihnen Verkehrslinien nach Nordamerika, Mexiko, Japan, China, Siam betrieben.

Eine Kurzwellen-Sendeanlage setzt sich im wesentlichen aus drei Teilen zusammen:

dem eigentlichen **K u r z w e l l e n s e n d e r** mit Gleichrichter- und Maschinenanlage, in dem die Hochfrequenzenergie erzeugt und getastet bzw. moduliert wird; dem **A n t e n n e n s y s t e m**, das die Hochfrequenzenergie in den Raum ausstrahlt, und dem **E n e r g i e l e i t u n g s s y s t e m**, das als Verbindungsglied die Hochfrequenzenergie vom Sender zu dem oftmals weitab gelegenen Antennensystem leitet.

Bei den Sendern liegt die hauptsächlichste Schwierigkeit in der genügenden Konstanthaltung der Frequenz; denn um einen guten Überlagerungsempfang zu ermöglichen und Störungen zwischen benachbarten Sendern zu vermeiden, darf die Frequenz, die bei 15 m Wellenlänge $2 \cdot 10^7$ Hertz beträgt nur um wenige Perioden schwanken. Um diese außerordentlich hohen Anforderungen zu erfüllen, werden von Telefunken für den Kurzwellenverkehr

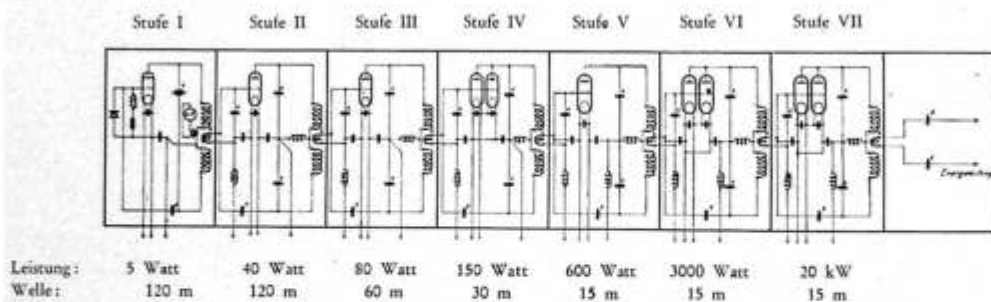


Bild 8.

nur kristallgesteuerte Röhrensender verwendet, bei denen entsprechend dem prinzipiellen Schaltschema Bild 8 eine Anfangsleistung von 5 Watt durch einen mit Hilfe piezoelektrischer Quarzkristalle erregten Röhrensender geliefert und in 6 Verstärkerstufen bis auf etwa 15—25 kW Hochfrequenzleistung verstärkt wird. Die Frequenz eines solchen kristallgesteuerten Senders besitzt über lange Zeiträume eine Konstanz, die selbst den schärfsten praktischen Anforderungen gerecht wird. Da sich die Quarzresonatoren mit genügender Sicherheit nur mit Eigenwellen bis herab zu etwa 100 m herstellen lassen, muß allerdings in einzelnen Verstärkerstufen auch noch eine Frequenzvervielfachung vorgenommen werden.

Bild 9 zeigt eine Außenansicht des einige 100 m vom Hauptgebäude entfernt liegenden Kurzwellenhauses II, in dem 2 ganz moderne Kurzwellensender untergebracht sind, und Bild 10 die Innenansicht des Senderraumes mit diesen beiden Sendern. Jede der einzelnen Verstärkerstufen ist zur Abschirmung äußerer Einflüsse in ein Metallgehäuse eingebaut. Die Endstufe besitzt zwei parallelgeschaltete, wassergekühlte Röhren für je 20 kW, die mit 10000 V Anodenspannung betrieben werden. Diese hohe Gleichspannung wird mit Hilfe wassergekühlter Gleichrichterröhren, die ungefähr dieselben Dimensionen wie die wassergekühlten Senderöhren besitzen, in einer Sechsstufen-Schaltung aus dem normalen Netz-Drehstrom erzeugt. Bild 11 zeigt einen Blick in den Maschinen- und Gleichrichterraum



Bild 9.

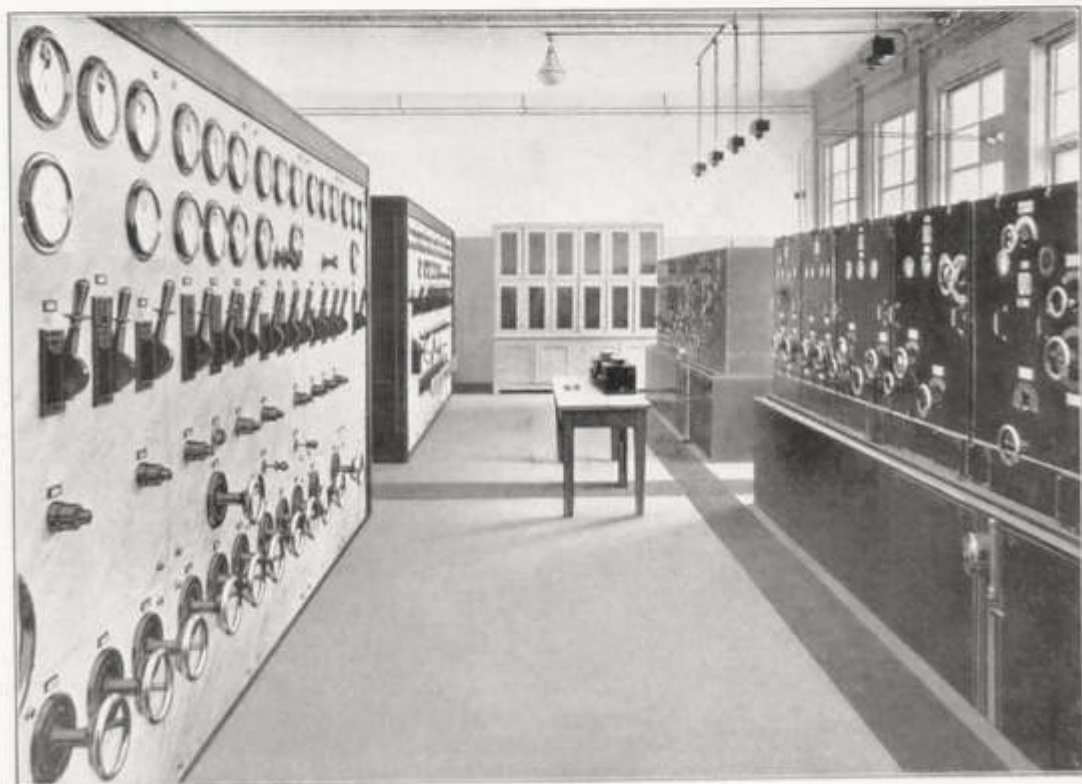


Bild 10.

des Kurzwellenhauses II. Im Vordergrund stehen die Hochspannungsmaschinen, welche die Gleichspannung (1500 V und 3000 V) für die einzelnen Verstärkerstufen liefern; im Hintergrund sind die Gleichrichterröhren (je 6 für die beiden Sender) aufgestellt, denen ebenso wie den Senderöhren das Anodenkühlwasser über große Schlauchtrommeln zu- und abgeleitet wird. Die Regulierung und Inbetriebnahme sämtlicher Maschinen erfolgt von einer Schalttafel aus, die auf Bild 10 sichtbar unmittelbar neben dem Sender aufgestellt ist und eine dauernde Überwachung des Senders wie auch der Maschinen ermöglicht.

Für den Überseeverkehr haben sich als besonders günstig die Wellenlängen zwischen 14 und 30 m herausgestellt, wobei mit den Wellen unter 20 m ein Verkehr während der Zeiten

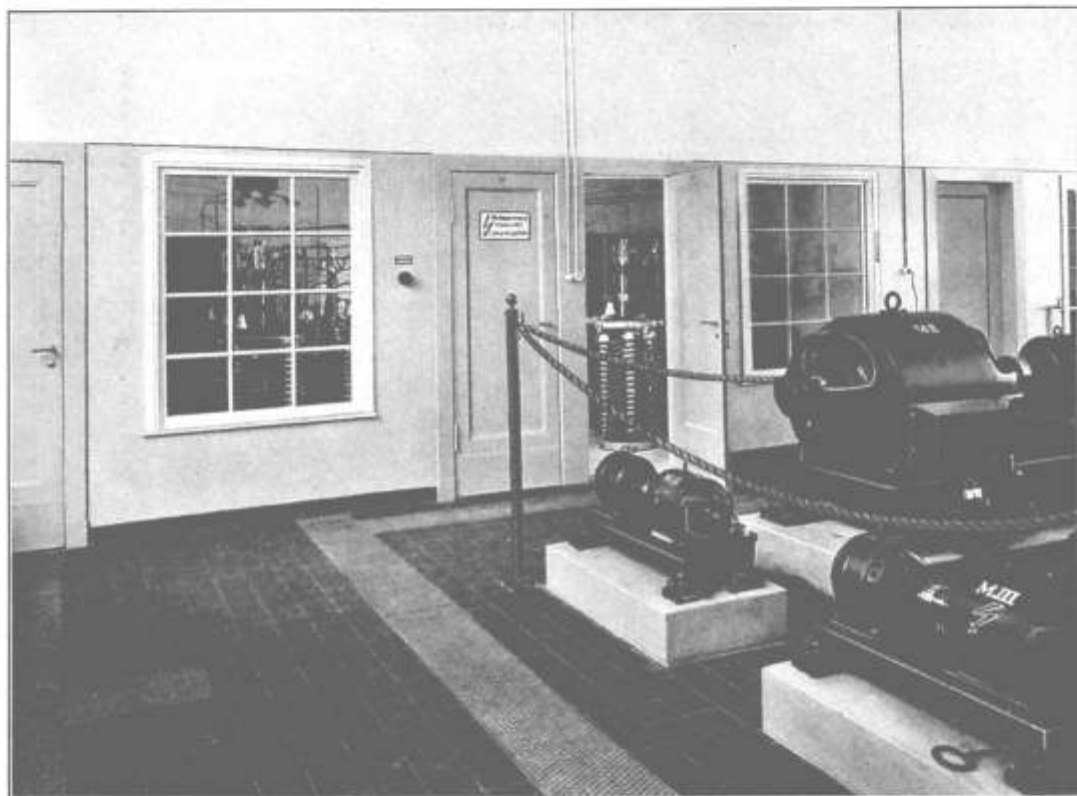


Bild 11.

möglich ist, in denen sich der größere Teil der zu überbrückenden Strecke im Tageslicht befindet (Tageswellen), während die längeren Wellen ausgesprochene Nachtwellen sind und eine Verbindung nur während der Zeiten der Dunkelheit bzw. Dämmerung ermöglichen. Um eine möglichste Ausnutzung der Sendeanlagen zu erreichen, sind daher alle neueren Sender so gebaut, daß sie einen Wechsel der Wellenlänge zwischen 14 und 30 m in kurzer Zeit ermöglichen und entsprechend mit Tag- oder Nachtwellen arbeiten können.

Die Tastung bzw. Modulation der Sender erfolgt im Gitterkreis der vorletzten Stufe mit Hilfe eines besonderen Tast- und Modulationsgerätes, das durch Umlegen eines Schalters einen schnellen Übergang vom Telegraphie- zum Telephoniebetrieb ermöglicht. Der Telegraphiebetrieb kann dabei unmoduliert oder auch mit verschiedenen, wahlweise einschaltbaren Tonfrequenzen moduliert erfolgen.

Je nach den Betriebsverbindungen, die ein Kurzwellensender herstellen soll, werden einfache Antennendrähte oder auch komplizierte Strahlwerfer zur Ausstrahlung der Hochfrequenzenergie verwendet. Für Sender, die mit mehreren in verschiedenen Richtungen gelegenen Gegenstationen verkehren oder wenigstens von mehreren Stationen gleichzeitig gehört werden sollen, werden Antennen verwendet, die aus einem einzelnen eine halbe Wellenlänge langen Dipol bestehen, der in vertikaler oder horizontaler Lage ungefähr eine Wellenlänge vom Erdboden entfernt aufgehängt ist. Die Energiezuführung erfolgt durch eine nichtstrahlende Doppeldrahtleitung.

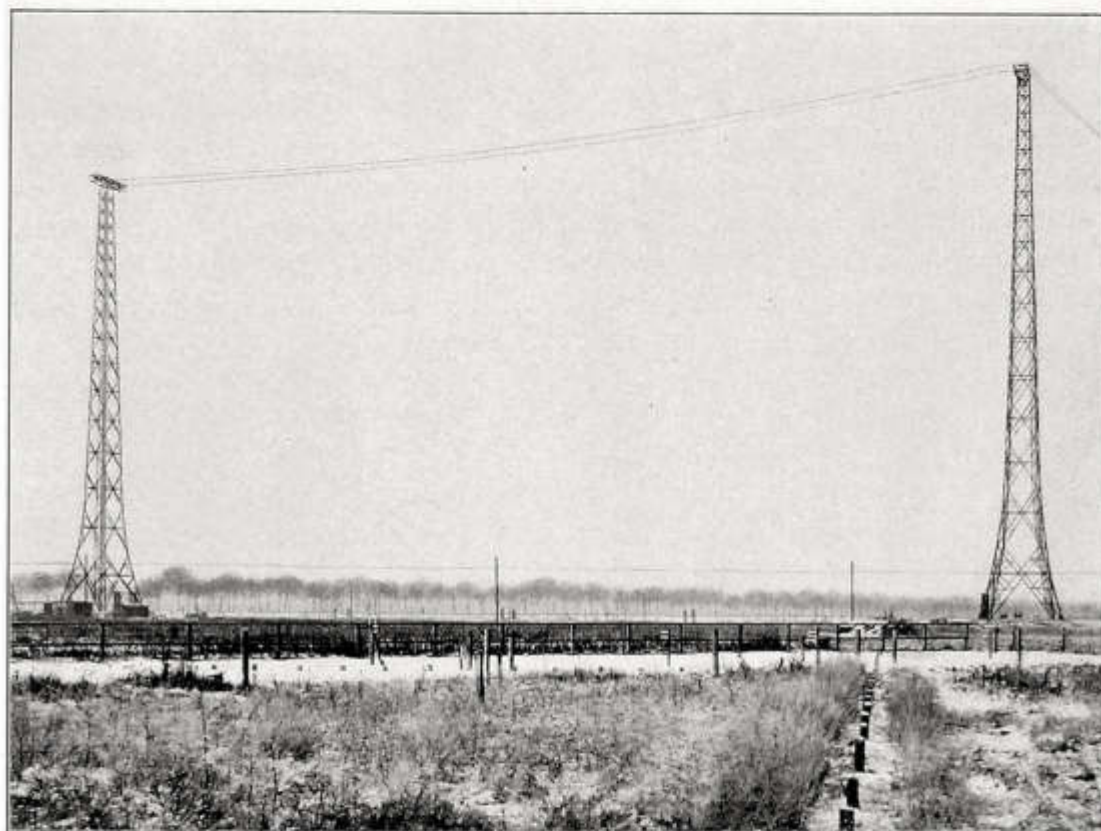


Bild 12.

Einer der Hauptvorteile der Kurzwellen gegenüber den Langwellen besteht jedoch darin, daß es mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich ist, gerichtete Antennensysteme zu bauen, welche die Hochfrequenzenergie nur in einer bestimmten Richtung ausstrahlen. Für alle Kurzwellensender, die vorzugsweise nur mit einer bestimmten Gegenstation verkehren, werden daher Richtantennensysteme verwendet, die am Empfangsort mit der gleichen Strahlungsleistung eine vielfach größere Feldstärke als ein einfacher Dipol erzeugen und eine wesentlich leistungsfähigere Verbindung ermöglichen. Im Prinzip bestehen alle praktisch verwendeten Richtantennensysteme aus einer größeren Zahl von Dipolen, die horizontal oder vertikal in Abständen von je $\frac{1}{2}$ Wellenlänge neben- oder übereinander in einer Fläche angeordnet sind und durch besondere Speiseleitungen alle gleichphasig erregt werden. Eine solche mit gleichphasigen Dipolen besetzte Fläche strahlt hauptsächlich nur

in den zu ihr senkrechten Richtungen, und zwar ist die Bündelung der Strahlung um so schärfer, je mehr Dipole verwendet werden, d. h. je größer die strahlende Fläche gemacht wird. Von Telefunken ist in den letzten Jahren ein Strahlwerfersystem entwickelt worden, das entsprechend Bild 13 aus horizontalen Dipolen besteht, die nebeneinander und in mehreren Lagen übereinander angeordnet an freistehenden Türmen befestigt sind. (Bild 9 und 12.) Bei genügender Dipolzahl faßt dieses System die Energie sowohl in der Horizontal- wie in der Vertikalebene zu einem scharfen Strahl zusammen, der unter einem flachen Winkel von der Erdoberfläche fortgeht. Die Speisung der einzelnen Dipole erfolgt durch vertikale Doppeldrahtleitungen, die auf dem Erdboden zusammengefaßt und zum Sender geführt werden.

Da eine solche Fläche aus Dipolen sowohl nach vorn wie nach hinten mit gleicher Intensität strahlt, wird hinter den eigentlichen Antennendrähten in $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Abstand noch ein völlig gleichgebautes Reflektorsystem aufgehängt, das bei geeigneter Abstimmung die nach hinten gehende Strahlung bis auf einen geringen unschädlichen Betrag unterdrückt. Diese Unterdrückung der rückwärtigen Strahlung wird vor allem zur Vermeidung von Doppelzeichen und erst in zweiter Linie zwecks besserer Ausnutzung der Sendeenergie vorgenommen. Denn unter gewissen atmosphärischen Bedingungen können die elektromagnetischen Wellen in beiden entgegengesetzten Richtungen um die Erdkugel herum zum Empfangsort gelangen,

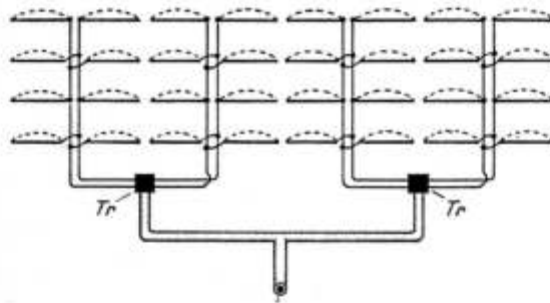


Bild 13.

wo sie im allgemeinen mit gewissen Zeitdifferenzen ankommen und ein Aufnehmen der Telegraphiezeichen besonders bei Schnellbetrieb außerordentlich erschweren.

Da die im Verhältnis zur Wellenlänge räumlich ziemlich großen Strahlwerfersysteme immer mindestens mehrere Wellenlängen vom Sendehaus entfernt stehen, muß die Zuführung der Hochfrequenzenergie durch eine möglichst verlustfreie, nicht strahlende Energieleitung erfolgen. Für den praktischen Betrieb haben sich konzentrische Rohrleitungen aus Kupfer bewährt, wobei das äußere Rohr geerdet ist und das innere, Hochfrequenzpotential führende Rohr völlig gegen äußere Einflüsse abschirmt. Nur für kürzere Zuleitungen und für die Speiseleitungen zu den einzelnen Dipolen der Strahlwerfer werden Doppeldrahtleitungen verwendet.

Um noch eine weitere Anzahl von Verkehrslinien mit kurzen Wellen in Betrieb nehmen zu können, werden im Laufe der nächsten Jahre noch mehrere solche am Rande des Stationsgeländes nach verschiedenen Richtungen gelegene Senderhäuser mit je 2 bis 4 Sendern erbaut werden.

6. Organisation der Transradio A.-G. für drahtlosen Überseeverkehr.

Wie bereits bemerkt, dient die Großfunkstelle Nauen nur dem Aussenden von Telegrammen. Sie wurde in allen Teilen von der Telefunken-Gesellschaft erbaut und gehört einer Tochtergesellschaft dieser Gesellschaft, nämlich der Transradio A.-G. für drahtlosen Überseeverkehr, Berlin. Der Sitz der Geschäftsleitung ist im Telefunkenhause, Berlin SW 11, Hallesches Ufer 12. Außer der Sendestelle Nauen betreibt diese Gesellschaft noch pachtweise die Großfunkstelle Eilvese in Neustadt am Rübenberge, die der Eilvese G. m. b. H. gehört.

Die Empfangsanlagen dieser Gesellschaft für den drahtlosen Empfang von Fernstationen befinden sich in Geltow, 30 km südlich von Nauen, bei Potsdam gelegen, und in Westerland auf der Insel Sylt. Die Anlage in Westerland dient hauptsächlich dem Empfang von Südamerika, während Geltow in erster Linie für den Verkehr mit Nordamerika und den Stationen der übrigen Welt eingesetzt wird.

Der Betrieb, d. h. die zentrale Handhabung der Sende- und Empfangsstellen erfolgt von der Betriebszentrale der Transradio A.-G. in der Oranienburger Straße aus, die im Hause des Postfuhramtes untergebracht ist, in nächster Nähe des Haupt-Telegraphenamtes in Berlin. Dieser Betriebszentrale werden alle für die drahtlose Beförderung nach Übersee bestimmten Telegramme, die beim Haupt-Telegraphenamt einlaufen, durch Rohrpost zugeleitet. Die Telegramme werden hier durch automatisch betätigte Locher auf Lochstreifen nach dem Morsealphabet übertragen. Diese Lochstreifen laufen später durch automatische Maschinengeber, deren Tastströme auf Kabellinien nach der Großfunkstelle Nauen bzw. Eilvese geleitet werden. So werden von hier aus im Morsetempo die einzelnen Sender betätigt, die die Zeichen hinaussenden.

Der Empfang der von den fernen Stationen gesandten Telegramme erfolgt mittels der Empfangseinrichtungen der Empfangsanlage in Geltow, jedoch werden die aufgenommenen Zeichen hier nicht in die endgültigen Telegramme umgesetzt, vielmehr diese Zeichen verstärkt auf pupinisierten Leitungen den Betriebszentralen zugeleitet. Dort werden die Zeichen mittels hochempfindlicher Recorder auf Papierstreifen aufgezeichnet und durch Telegraphenbeamte mit der Schreibmaschine auf die entsprechenden Telegrammvordrucke niedergeschrieben.

Die in Westerland aufgefangenen Zeichen werden dort in gleicher Weise mittels Recorder aufgenommen und im Gegensatz zu Geltow sofort mit Schreibmaschine niedergeschrieben. Die Telegramme werden daraufhin mit Hughes-Apparaten an die Betriebszentrale in Berlin zur Verteilung und weiteren Behandlung durchgegeben. Von der Betriebszentrale Berlin gehen alle Telegramme alsdann, soweit sie nicht durch Fernsprecher bestimmten großen Kunden, wie Banken, Handelshäusern usw., unmittelbar zugesprochen werden, durch Rohrpost an das Haupt-Telegraphenamt Berlin zur Bestellung an die Empfänger in Berlin oder im Reich und den Hinterländern.

Die für die Hansastädte bestimmten Telegramme werden von der Betriebszentrale Berlin durch Transradio-Personal mittels Creed-Typendrucker nach Hamburg befördert, wo die Transradio A.-G. eine Zweig-Betriebszentrale im Telegraphenamt unterhält. Durch Weitergabe an das Telegraphenamt gelangen die Telegramme an die Empfänger. Telegramme aus den Hansastädten, die via Transradio nach Übersee gehen sollen, laufen dieser Betriebszentrale zu. Die Telegramme werden mittels Stanzapparaten in Lochstreifen umgesetzt und

durch einen sogenannten Maschinengeber in die Betriebszentrale Berlin gegeben. Aus der Creedstreifen-Apparatur kommt der entsprechende Stanzstreifen heraus. Dieser wird dann dem Maschinengeber einer der Überseelinien zugeführt, sodaß das Telegramm sofort hinausgesandt wird.

Nach Maßgabe ihrer Bestimmung haben die Großfunkstellen Nauen und Eilvese also nur technisches Bedienungspersonal, das Sorge dafür trägt, daß auf Anfordern der Betriebszentralen Berlin und Hamburg stets betriebsbereite Sender zur Verfügung gestellt werden können. Ähnlich wickelt sich auch der Betrieb auf den Empfangsstellen ab, wo dem Bedienungspersonal lediglich die Einstellung der Empfänger und alle damit in Zusammenhang stehenden technischen Arbeiten obliegen.

Sobald Sende- und Empfangsstellen der Betriebszentrale Berlin betriebsklar gemeldet sind, kann der Verkehr mit den Großstationen aufgenommen werden und die in der Betriebszentrale sitzenden Telegraphisten können jetzt, ähnlich wie beim gewöhnlichen Kabeltelegraphendienst, jedoch in mancher Beziehung einfacher, wahlweise über die Sende- und Empfangsmittel verfügen. Auf den Linien wird im Duplex-Verkehr gearbeitet, also zu gleicher Zeit gesandt und empfangen.

Wenn nach einem Wort von Gladstone der Erfindung der menschlichen Sprache und der Buchdruckerkunst alle diejenigen Bestrebungen würdig zur Seite gestellt werden können, die den Zweck haben, Zeit und Raum zu überbrücken, so haben wir in der drahtlosen Nachrichtentechnik wohl die ureigenste Bestätigung dieses Gedankens. Damit ist gleichzeitig auch die Bedeutung der Großfunkstelle Nauen im internationalen Nachrichtenverkehr umrissen, deren Werden eng verknüpft ist mit der Weltgeltung des Namens „Telefunken“ und deren Bau und Betrieb vorbildlich gewesen sind für die Gestaltung fast aller anderen Großfunkstellen des Erdballes.

ANHANG:

Technische Erläuterungen

1. Über die Hochfrequenzmaschine und deren Drehzahlregelung.

Die beiden großen Überseesender der Station Nauen erhalten ihre Energie von zwei Hochfrequenzmaschinen von je 400 kVA Dauerleistung und einer um etwa 50% höheren Strichleistung im Telegraphierbetrieb. Die eine dieser Maschinen, die jetzt auf den Sender für die 18 km Welle arbeitet, wurde vor 10 Jahren in Betrieb genommen und läuft seit dieser Zeit fast ununterbrochen täglich 24 Stunden.

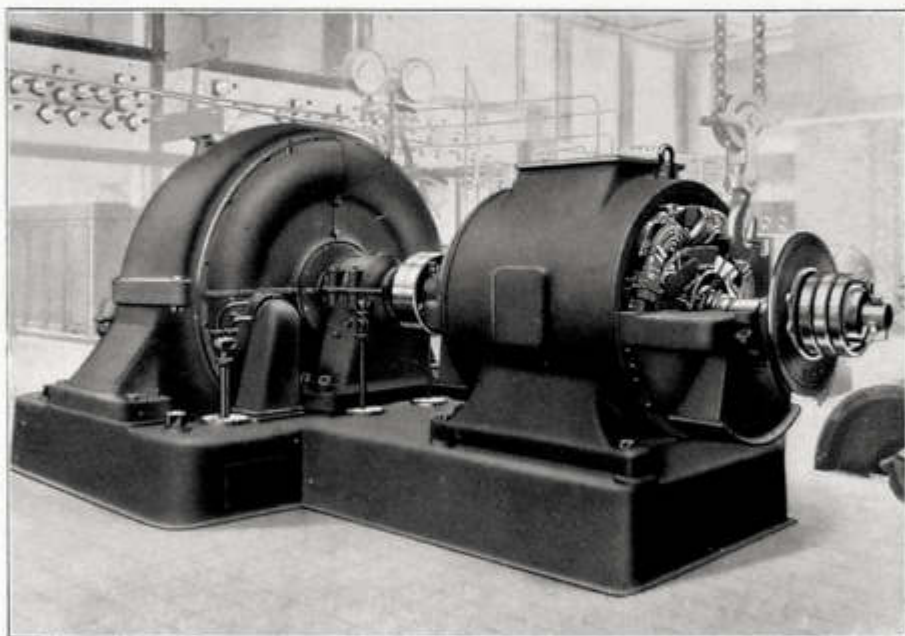


Bild 14. Hochfrequenzumformer, 400 kVA.

Die Hochfrequenzmaschine, System Telefunken, gehört dem sogenannten Gleichpol-Induktortyp an und ist durch ihren einfachen soliden Bau und ihre verhältnismäßig geringen Verluste gekennzeichnet (s. Bild 14).

Bild 15 Fig. 1 zeigt einen Vertikalschnitt. Fig. 2 einen Teil der Ständer- und Läuferzahnung. Bild 16 die Anordnung der Wechselstromwicklungen W_1 und W_2 in den Ständernuten. Die Gleichstromerregewicklung E treibt den magnetischen Fluß durch den Ständer S und Läufer L hindurch, wie dies durch die strichpunktierte Linie angedeutet ist. In den

Ständernuten ist die Wechselstromwicklung wellenförmig angeordnet. Bei der Drehung des Läufers kommt jeder Ständerzahn abwechselnd gegenüber einem Läuferzahn oder einer Läufernut zu stehen. Die dadurch in den Ständerzähnen entstehenden Flußschwankungen induzieren in den Wicklungsteilen, die diese Zähne umfassen, entsprechende Wechselspannungen, die sich in allen Teilen summieren. Die Wechselstromwicklung ist in je 4 Quadranten der beiden Zahn-

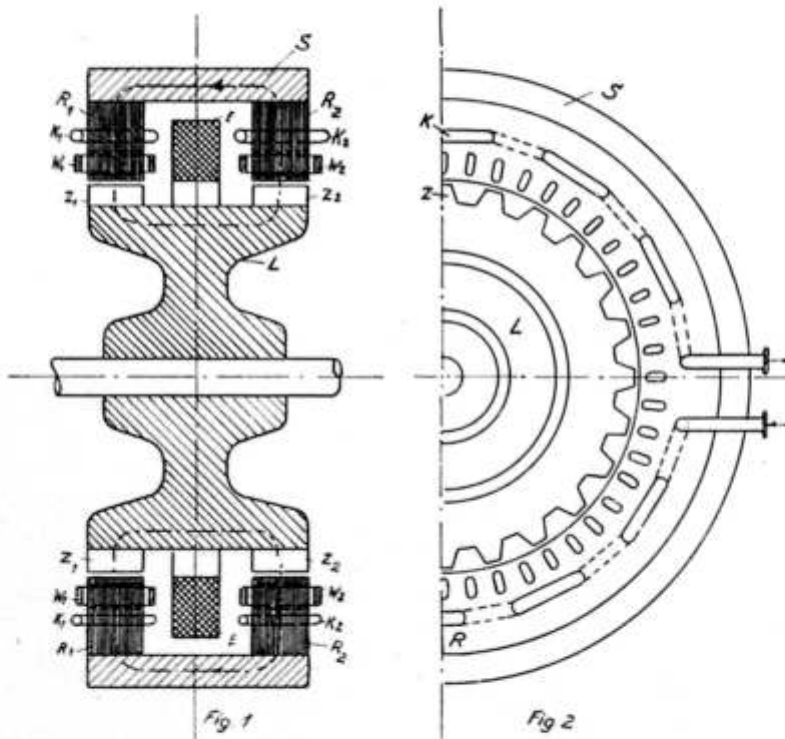


Bild 15. Hochfrequenzmaschine, 400 kVA. Vertikalschnitt.

ringe R_1 und R_2 des Ständers durchlaufend angebracht und diese 8 Abteilungen können nach Wunsch in Reihe, parallel oder reihenparallel geschaltet werden.

Sehr wichtig ist die Zahnung der Maschine; sie muß derartig ausgeführt sein, daß eine Zahnteilung des Läufers zwei Zahnteilungen des Ständers entspricht (der Läufer hat auf jeder

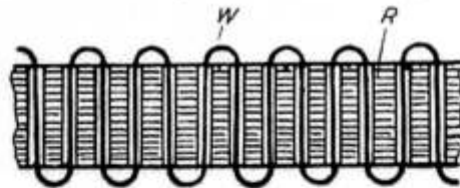


Bild 16. Hochfrequenzmaschine, 400 kVA. Anordnung der Wicklung.

Seite je 240 Zähne, der Ständer je 480). Wenn ein Ständerzahn einem Läuferzahn gegenübersteht und also einen maximalen Fluß führt, befindet sich der nächste Ständerzahn einer Läufernut gegenüber und wird von einem minimalen Fluß durchflossen. Für die übrigen Teile der Maschine kompensieren sich diese entgegengesetzten Fluß-Schwankungen, sodaß dort das Gesamtfeld konstant bleibt. Somit treten die durch Feldänderungen hervorgebrachten Eisenverluste nur in den Ständerzähnen und den unmittelbar daran anschließenden Ständer-

blechen auf. Dies ist insofern von Bedeutung, als es gerade die Eisenverluste sind, die bei Hochfrequenzmaschinen einen weitaus beträchtlichen Teil der Gesamtverluste darstellen, den Wirkungsgrad herunterdrücken und die Leistung begrenzen.

Man braucht daher nur die Zahnringe R_1 und R_2 aus dünnen Blechen zusammenzubauen. Die übrigen Teile aber, sowohl das Gehäusejoch S als auch der Läufer L , können massiv ausgeführt werden. Dies vereinfacht und verbilligt die Konstruktion und bedingt ihre mechanische Zuverlässigkeit. Der Läufer besteht aus Stahlguß mit eingefrästen Zähnen, wiegt etwa 7 t und hat etwa 1,65 m Durchmesser; seine Umfangs-Geschwindigkeit beträgt bei 1500 Umdrehungen pro Minute etwa 130 m/Sek., was eine ganz unbedenkliche mechanische Beanspruchung ergibt. Die Frequenz beträgt bei 240 Läuferzähnen und 1500 Umdr./Min. 6000 Hertz. Der komplette Umformersatz wiegt 27 t.

Zur Abführung der im Ständer erzeugten Wärme dient eine Wasserkühlung, die aus den in den Zahnringen verlegten Rohrschlangen K_1 und K_2 besteht. Die Erwärmung der Maschine übersteigt nicht 35° Übertemperatur bei dauernder Vollbelastung.

Mit Bezug auf das langjährige einwandfreie Arbeiten der Maschine sei auf die enorme Betriebssicherheit derselben hingewiesen, durch die der modernen Großfunkstelle eigentlich erst der Charakter eines Starkstrom-Umformerwerkes aufgeprägt wird.

Eine derartige Betriebssicherheit konnte nur durch die oben geschilderte, überaus einfache und solide Konstruktion erreicht werden. Ihre charakteristischen Merkmale und Vorzüge, auf die hier nochmals kurz zusammenfassend hingewiesen werde, sind:

1. Die Maschine besitzt keine bewegten Wicklungen; sowohl die Hochfrequenz- als auch die Erregerwicklung liegen im Stator.
2. Da, wie bereits hervorgehoben wurde, im Rotor nur unwesentliche Eisenverluste auftreten, so kann dieser in einfacher Weise als massiver Drehkörper ausgeführt werden. Aus dem gleichen Grunde erübrigt sich eine besondere Kühlung des Rotors.
3. Die Lagerung der Rotorwelle und die Schmierung derselben sind so einfach wie bei den normalen elektrischen Motoren und Generatoren. Es werden die allgemein gebräuchlichen Ringschmierlager verwandt.

Die moderne drahtlose Fernmeldetechnik hat mit ihrer immer dichter werdenden Wellenskala und ihren selektiven Empfangs-Apparaturen für eine betriebsmäßige Anwendung eine außerordentliche Konstanz der Wellenlängen zur unerläßlichen Voraussetzung. Die zulässigen Schwankungen liegen dabei in der Größenordnung von Bruchteilen eines Promille, wodurch an Einrichtungen zur Tourenregulierung von Sendermaschinen ganz besonders hohe Anforderungen gestellt werden. Die Aufgabe ist wesentlich erschwert dadurch, daß die Belastung der Maschine beim Telegraphieren stoßweise zwischen sehr weiten Grenzen schwankt. Während eines Zeichens läuft die Maschine unter Vollast, häufig sogar unter Überlast, während einer Pause ist dagegen nahezu Leerlauf vorhanden. Es muß also eine Einrichtung geschaffen werden, die die Umdrehungszahl der Hochfrequenzmaschine mit einer Genauigkeit von mindestens 0,2 pro Mille reguliert. (Bild 17, Prinzipschaltung). Daher müssen erstens Schwankungen der Frequenz und Spannung des zugeführten Drehstromes und zweitens auch die Änderung der Belastung der ganzen Hochfrequenzmaschine durch die stete Änderung der Last beim Telegraphieren ausgeglichen werden. Der Ausgleich der Lastschwankungen erfolgt dadurch, daß man mittels der Taste des Telegraphisten Widerstände im Telegraphiertempo steuert; dies kann aber

natürlich niemals genügen, die geforderte Konstanz der Wellenlänge zu erhalten, da durch einen solchen reinen Lastausgleich Drehzahlschwankungen, die durch Veränderungen der Netzverhältnisse hervorgerufen werden, nicht erfaßt werden können. Diese Schwankungen zu unterdrücken, ist die Aufgabe des Indikators und der durch ihn gesteuerten Widerstandsgruppen. Die Wirkungsweise des nach dem Rieggerschen Erfindungsgedanken entwickelten Indikators ist kurz folgende:

Sendet man durch eine eisenlose Selbstinduktionsspule Strom von der Maschinenfrequenz und koppelt man diese Spule mit der Spule eines geschlossenen Schwingungskreises, der elektrisch auf die Sollfrequenz abgestimmt ist, so ändert sich bei Änderung der Periodenzahl

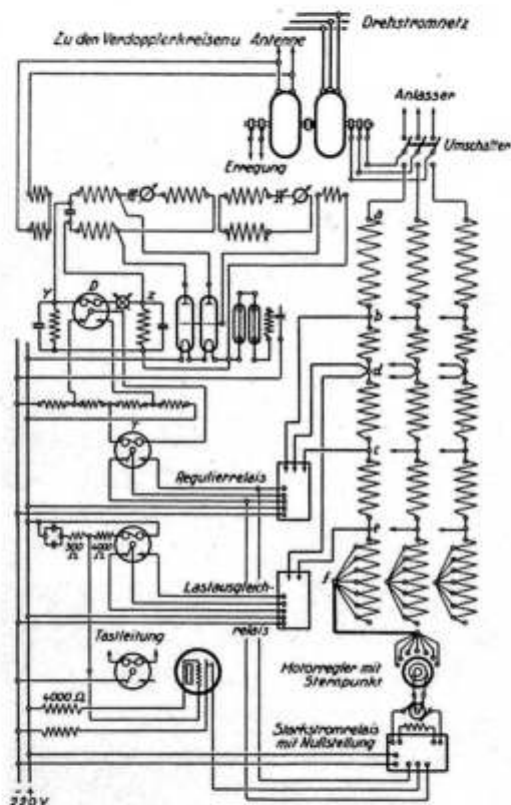


Bild 17. Drehzahlregelung. Schaltbild.

des Maschinenstromes in dem Schwingungskreis die Phase, d. h. der Zeitunterschied, den Spannungs- und Stromverlauf in diesem Kreise hat. Dieser Unterschied der Phasen ist schon sehr groß, wenn die Verschiedenheit der Frequenz des Hochfrequenz-Maschinenstromes und der Eigenfrequenz des Schwingungskreises außerordentlich gering ist. Man kann also, wenn durch irgendeine Ursache in unserem besonderen Falle die von dem Hochfrequenzumformer erzeugte Frequenz sich um sehr kleine Bruchteile ändert, durch Ausnutzung des im Schwingungskreis auftretenden „Phasensprunges“ durch geeignete Mittel auf die Umdrehungszahl des Antriebsmotors wirken, damit die Abweichung in der Periodenzahl des Hochfrequenzumformers und des damit abgestimmten Schwingungskreises ausgeglichen wird.

Durch eine Brückenschaltung wird mit Hilfe von Röhren erreicht, daß bei jeder Unter- bzw. Überschreitung der Sollfrequenz ein hochempfindliches Relais anspricht; durch dieses

Relais werden in dem Rotor des Antriebsmotors mit Hilfe besonderer, mit Preßluft betriebener Relais für hohe Leistung Widerstände eingeschaltet. Die Widerstände für diese Regulierung und die Relaisanordnung befinden sich in dem Untergeschoß des Hauptgebäudes, während die eigentlichen Regulierpulte im Maschinensaal bei den Maschinen Aufstellung gefunden haben.

Durch diese Einrichtung ist es also möglich, die Umdrehungszahl der Hochfrequenzmaschine trotz den dauernden starken Belastungsschwankungen genügend konstant zu halten. Natürlich gehören noch weitere technische Einrichtungen dazu, um die genannte Konstanz zu erreichen, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann; es sei aber in diesem Zusammenhang auf den Aufsatz: „Die Konstanthaltung der Wellenlängen von Maschinensender-Stationen für drahtlose Telegraphie“ nach der Methode von Siemens & Halske/Telefunken in der Telefunkenzeitung Nr. 40/4, Seite 29, verwiesen.



Bild 18. Frequenzwandler mit Tank. Ansicht.

2. Über Frequenzvervielfachung.

Das Telefunken-Maschinensender-System unterscheidet sich von den bekannten anderen Maschinensender-Systemen dadurch, daß es ruhende Frequenzwandler besitzt, die außerhalb der Maschinen in eisernen Behältern mit Ölkühlung, gleich den normalen Transformatoren, untergebracht sind (s. Bild 18).

An Hand von Bild 19 soll die Wirkungsweise der Frequenzwandler erläutert werden. Es seien I und II zwei ringförmige Eisenkörper, die aus einzelnen dünnen Eisenblechen

zusammengesetzt sind, damit bei den hohen Schwingungszahlen keine zu großen Wirbelstromverluste bei der Magnetisierung auftreten. Durch die Spule s_1 und s_2 wird der Wechselstrom von z. B. 6000 Perioden geleitet. Weiter befindet sich auf dem Kern I und II eine besondere

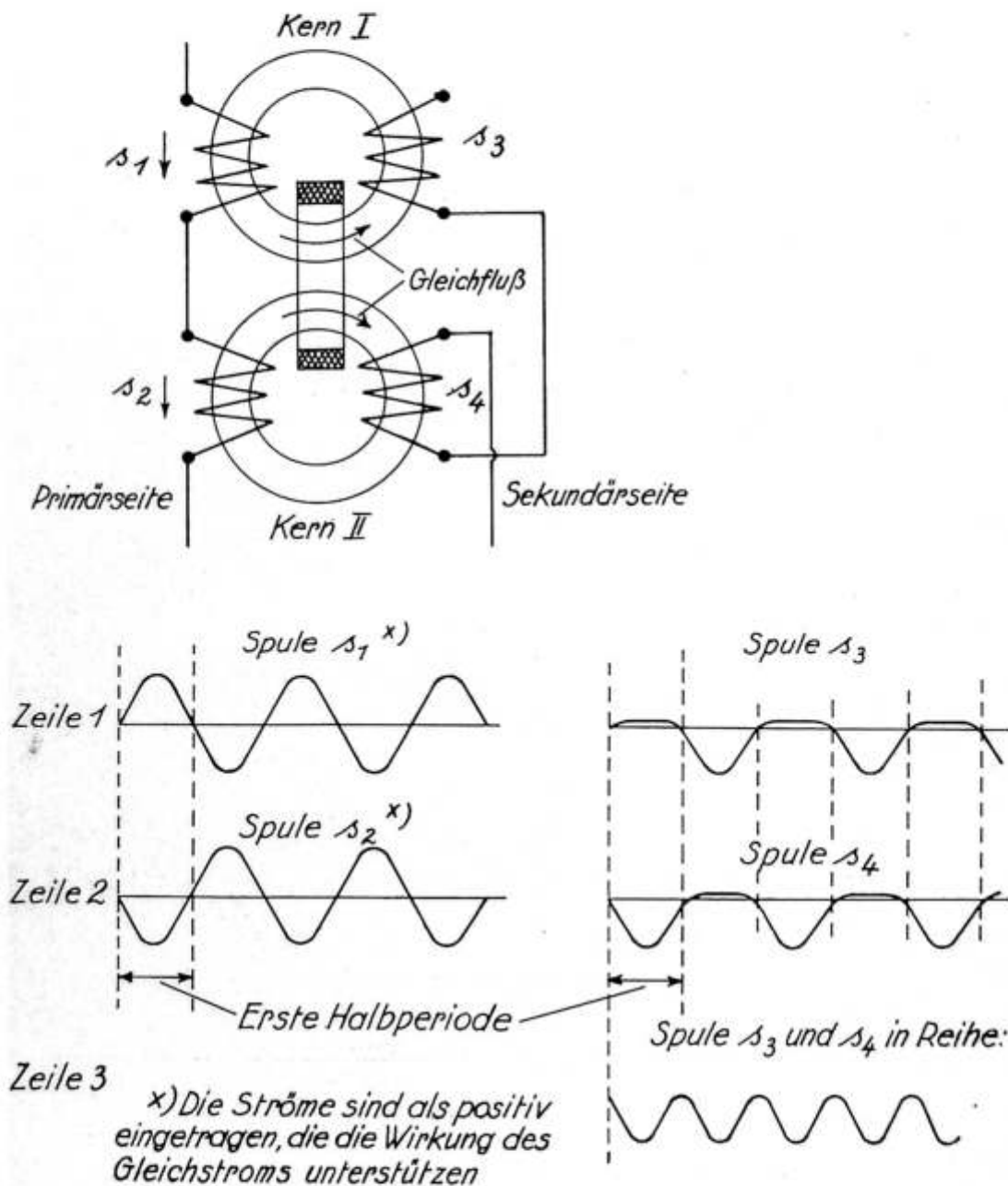


Bild 19. Wirkungsweise des Frequenzwandlers.

gemeinsame Wicklung, die durch eine Gleichstromquelle gespeist wird und die in dem Kern I und II einen magnetischen Kraftfluß erzeugt, wie er durch die eingezeichneten Pfeile dargestellt ist. Außerdem sind auf den Kern die sekundären Wicklungen s_3 und s_4 aufgebracht.

Betrachten wir die Vorgänge, die sich in den Spulen s_3 und s_4 abwickeln, wenn in die Spule s_1 zunächst die erste Halbperiode des Wechselstromes (s. Bild 19 Zeile 1) geschickt wird.

Der Stromverlauf in der Spule s_1 in diesem Moment ist durch einen Pfeil angegeben und die Richtung des Stromes soll nun so sein, daß sie in dem Eisenkern denselben magnetischen Kraftfluß hervorruft, wie er durch die Gleichstrommagnetisierung erzeugt wird und durch einen Pfeil angedeutet ist. Die Gleichstrommagnetisierung ist so stark, daß das Eisen voll gesättigt ist. Das hat zur Folge, daß jede zusätzliche Magnetisierung, wie sie durch die zugeführte erste Halbperiode des Wechselstromes in der Spule s_1 eintreten müßte, ohne Wirkung ist. Demzufolge tritt auch in der sekundären Wicklung s_2 keine Wirkung auf. Sie bleibt also nahezu stromlos. Anders aber ist zu gleicher Zeit der Vorgang in dem Kern II. Die Spule s_2 ist so gewickelt, daß der in ihr fließende Strom in dem Eisenkern eine dem Gleichstrom entgegengesetzt wirkende magnetische Kraft ausübt. Er schwächt also zunächst den Fluß dieses Kernes und ruft dadurch in der Spule s_1 einen Strom hervor nach der einen Richtung (siehe Zeile 2). Da der zugeführte Wechselstrom aber wieder auf Null zurückgeht, steigt der Magnetisierungsfluß in dem Eisenkern durch die Gleichstrommagnetisierung wieder an, und es entsteht ein zweiter Stromstoß in der Spule s_1 nach der anderen Richtung. Es fließt also während der ersten Halbperiode des zugeführten Wechselstromes in dem Kreis s_3 und s_4 ein Wechselstrom von der doppelten Periodenzahl (siehe Zeile 3). In der zweiten Halbperiode des Wechselstromes spielt sich derselbe Vorgang in der Spule s_3 ab, sodaß zeitlich aneinandergesetzt in dem Kreis s_3 , s_4 ein Wechselstrom nach Bild 19, Zeile 3, fließt, der also die doppelte Schwingungszahl hat wie der zugeführte Wechselstrom.

Wir erhalten also mit Hilfe des statischen Frequenzwandlers eine Verdopplung des zugeführten Wechselstromes von 6000 Perioden auf 12 000 Perioden. Führt man diesen Wechselstrom durch einen weiteren derartigen Frequenzwandler, so entsteht eine Schwingung von 24 000 Perioden. Das ist eine Frequenz, mit der in Nauen einer der großen Sender arbeitet, und die einer Wellenlänge von 12 500 Metern entspricht.

Um noch größere Schwingungszahlen zu bekommen, kann man das vorher geschilderte Verfahren wiederholen, allerdings wird der Wirkungsgrad dabei immer geringer.

Nach einem anderen Verfahren kann eine Vervielfachung der Schwingungszahl des eingeführten Wechselstromes in einem solchen ruhenden Transformator auch ohne besondere Gleichstromwicklung erfolgen. Überhaupt läßt sich im ruhenden Frequenzwandler jede beliebige gerad- oder ungeradzahlige Vervielfachung mit oder ohne Vormagnetisierung erzielen. Welche der zahlreichen Möglichkeiten in jedem einzelnen Fall gewählt wird, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Aus dem entsprechend gesättigten Transformator kann man die gewünschte Frequenz dadurch herausholen, daß man ihn auf einen richtig abgestimmten Kreis arbeiten läßt.

So arbeitet z. B. der Sender S I in Nauen nach dem Verfahren der Verdreifachung ohne Gleichstrom-Vormagnetisierung. Man führt hier dem Frequenzwandler 6000 Perioden zu; im angeschlossenen, auf 18 000 Perioden abgestimmten Schwingungskreis fließt dann ein Strom von dreifacher Grundfrequenz, der einer Wellenlänge von 16 700 m entspricht. Dieser Strom wird mittels des Antennentransformators auf den auf die gleiche Frequenz abgestimmten Antennenkreis übertragen und schließlich durch den Luftleiter ausgestrahlt.