

# Der Längstwellensender SAQ in Grimeton (Schweden) ein einzigartiges Denkmal und Weltkulturerbe

... .- --.-

# Gliederung

1. Stand der Sendetechnik um 1920
2. E. F. W. Alexanderson, der Konstrukteur des Alternators
3. Standortwahl sowie politischer und historischer Kontext
4. SAQ im Laufe der Geschichte
5. Der Alexanderson Sender
6. Die Empfangstechnik früher und heute
7. Das geplante weltweite Alternatornetz

# Stand der Sendetechnik um 1920

- Funkensender
- Lichtbogensender
- Maschinensender

Gearbeitet wurde zunächst auf Längst- und Langwelle (bis 50 kHz nur CW möglich, ab 50 kHz Sprechfunk mit eingeschränkter Sprachqualität)

# Maschinensender

sind speziell konstruierte Wechselstromgeneratoren mit:

- höherer Polpaarzahl
- höherer Drehzahl
- Grundfrequenz maximal einige 10 kHz

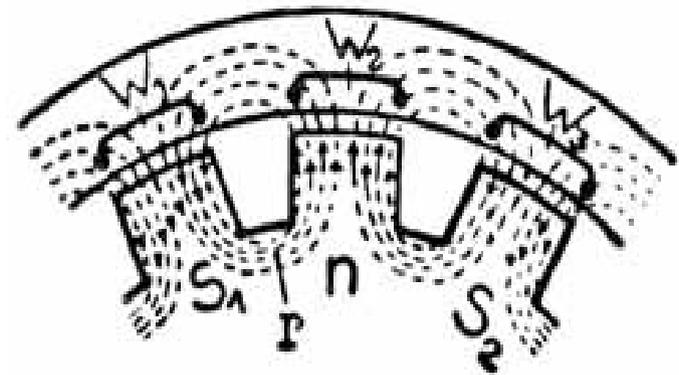
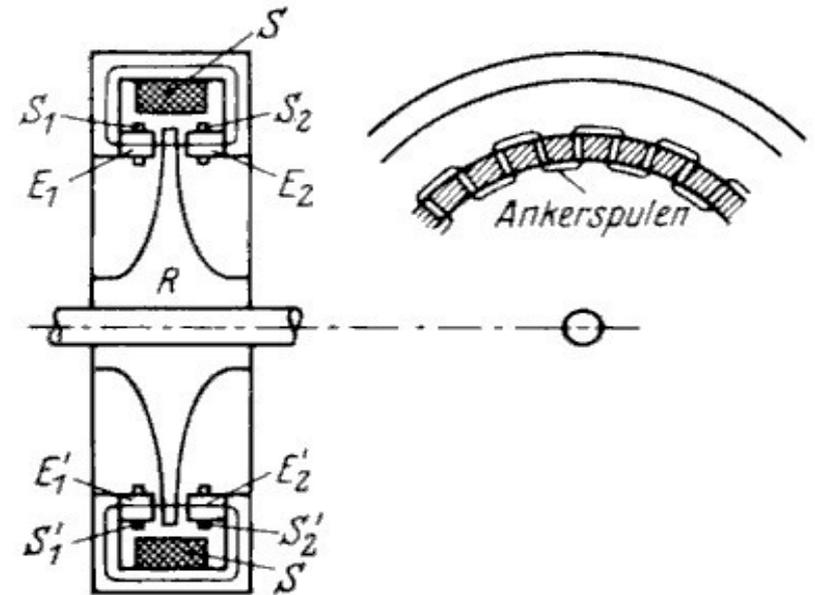
Man unterscheidet zwei Bauformen:

- Wechsepolmaschinen
- Gleichpolmaschinen (hier Alexanderson Alternator)

# Gleichpolmaschinen

Der Rotor besteht aus Eisen, ist unbewickelt und hat die Form eines Zahnrades

Der Stator trägt die gleichstromgespeiste Erregerwicklung und die Induktionswicklungen



# Ernst Frederik Werner Alexanderson

- geb. 25.01.1878 Uppsala
- bis 1900 Studium in Stockholm und Berlin
- 1901 Auswanderung USA und Arbeit bei General Electric
- 1904 Auftrag von Fessenden zum Bau eines starken Maschinensenders
- 1906 Fertigstellung des ersten Alexanderson Alternators
- 1924 erste Fax Übertragung über Atlantik
- 1928 Drehspiegelprojektor für 2 m große Fernsehbilder
- Berater für GE und RCA
- 344 Patente, das letzte 1973 (94 Jahre)
- gest. 14.05.1975 in Scenectady (USA)



# Warum Grimeton?

## Sozialer Aspekt

- 1815 – 1850 große soziale Probleme in Schweden (90% Landbevölkerung)
- Bevölkerungswachstum, Missernten, Verkleinerung der Höfe führten zu Landflucht)
- ab 1860 Auswanderungswelle in Richtung USA
- ca 1,2 Mio Auswanderer d. i. bezogen auf die Einwohnerzahl die höchste Auswanderungsrate in Europa
- Auswanderer hielten Kontakt in die alte Heimat aufrecht (Kommunikationsbedarf)



Auswandererdenkmal in Karlshamn

# Warum Grimeton?

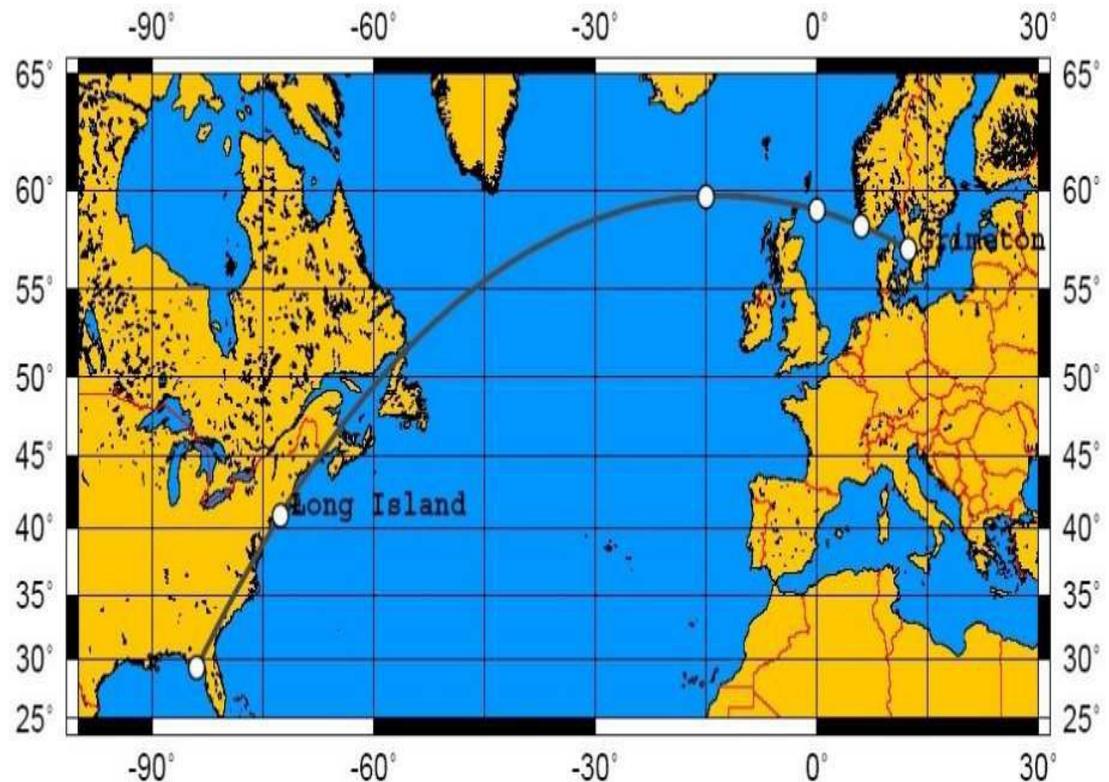
## Politischer Aspekt

- das neutrale Schweden war im 1. Weltkrieg isoliert, Kabel- und Postverbindungen waren unterbrochen bzw. erschwert, dies sollte künftig verhindert werden
- Funk verblieb als einzige Kommunikationsmöglichkeit nach außen und musste daher ausgebaut werden

# Standortwahl

## Anforderungen

- gute Bodenleitfähigkeit
- frei in Richtung Westen entlang des Großkreises nach New York über Salzwasser
- außerhalb der Geschützreichweite damaliger Kriegsschiffe

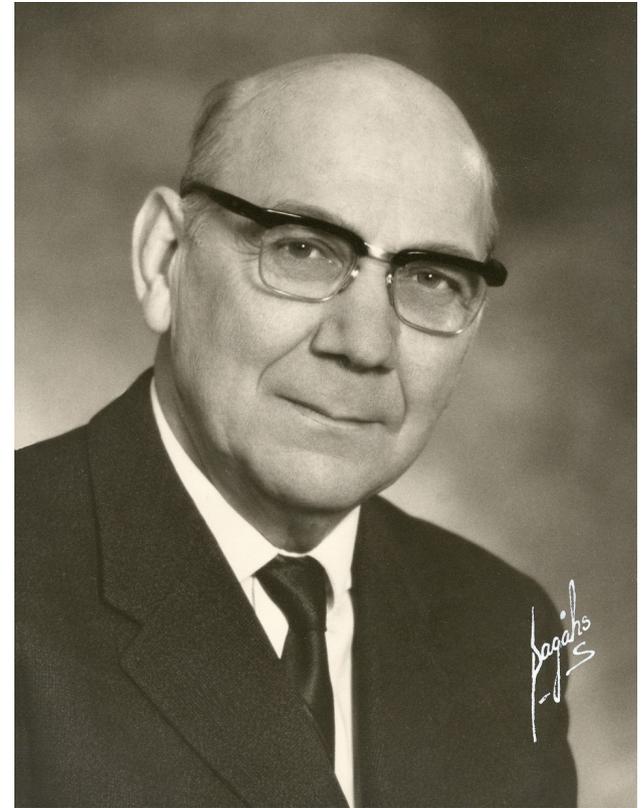


# Entwicklung bis 1939

- 1920 Bewilligung von 4,85 Mio Kronen durch den schwedischen Reichstag (die tatsächlichen Baukosten betrugen nur 4,3 Mio. Kronen einschl. Arbeitersiedlung und Empfangsstation in Kungsbacka)
- November 1922 Baubeginn (Antenne, Senderhaus mit zwei Alternatoren und Wohnhäuser für die Mitarbeiter und ihre Familien)
- 01.12.1924 Station betriebsbereit Rufzeichen SAQ
- 02.07.1925 (Alexandersondagen) offizielle Eröffnung in Anwesenheit des schwedischen Königs und des Konstrukteurs als Teil eines weltweiten Alternatornetzes

# Die Stationsleiter

- 1924 bis 1929 R. L. af Jochnick
- 1929 bis 1969 Hans Palmqvist,  
siehe Bild (1899 – 1986)  
er hat die Arbeit 40 Jahre lang  
wesentlich geprägt
- 1969 bis 1975 Hilding Kvennerfeldt
- 1975 bis 1999 Bengt Dågas  
Er war unter dem Namen  
„Mr. Grimeton“ bekannt



# Grimeton im 2. Weltkrieg *(beredskapstiden)*

- Mit der Besetzung Dänemarks und Norwegens im April 1940 war Schweden wieder von kriegführenden Mächten umgeben und von der Welt abgeschnitten
- SAQ war eine der wenigen Kommunikationsmöglichkeiten mit dem Ausland, die beiden Alternatoren liefen wechselseitig praktisch im Dauerbetrieb
- Es wurden zusätzlich Kurzwellensender mit entsprechenden Antennen installiert (teilweise getarnt)
- Maßnahmen zur Geheimhaltung, Tarnung und zum Luftschutz wurden ergriffen

# Entwicklung nach 1945

- Nutzung der Antennenanlage durch die schwedische Marine zur U-Boot Kommunikation
- 1995 sollte die letzte Sendung von SAQ in den Äther gehen
- 1996 von der Provinz Halland als nationales Kulturdenkmal gelistet
- Am 01.01.2000 und 05.09.2001 Besuche der Station durch den schwedischen König und Sendung von Grußbotschaften
- Am 02.07.2005 zum UNESCO Welterbe erklärt

# Grimeton heute

- 1996 Gründung eines Fördervereins Föreningen Alexander (Grimetons Veteranradio Vänner)
- 2006 neues Besuchergebäude eröffnet
- Die Zeitschrift „Alternator“ ist als pdf im Internet lesbar (schwedisch)
- regelmäßige Sendungen zum Alexandersontag, und am 24.12. seit kurzem auch am 24.10. (Gründung der UNO), bitte unbedingt Homepage beachten
- Vielfältige Aktivitäten, Zusammenarbeit mit Schulen, dem örtlichen Heimatverein, Kultureinrichtungen, Alex-Lab, u.a.m
- Informationen im Internet und auf Facebook (Suchbegriff „Grimeton“ verwenden)

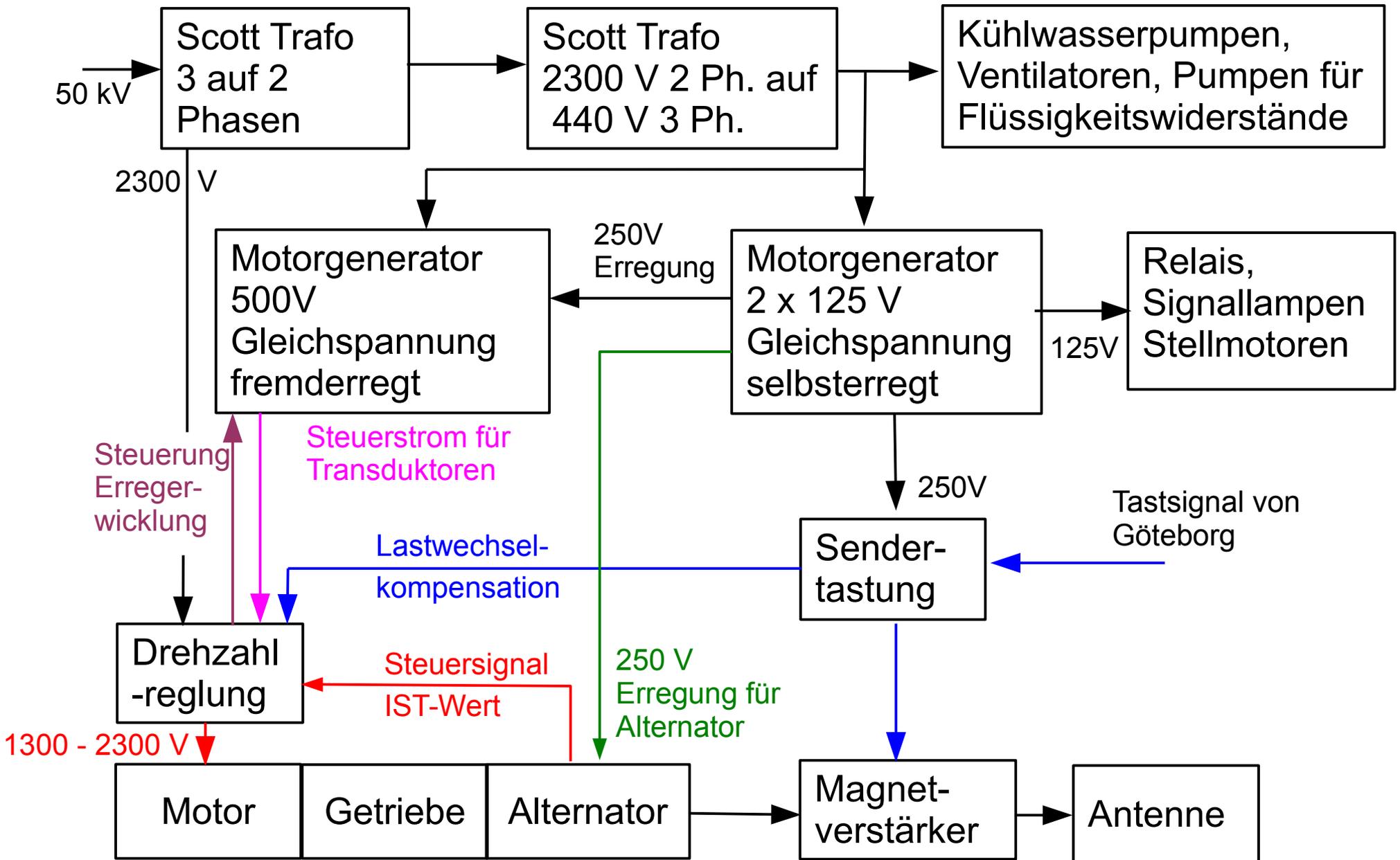


# Der Alexanderson Sender

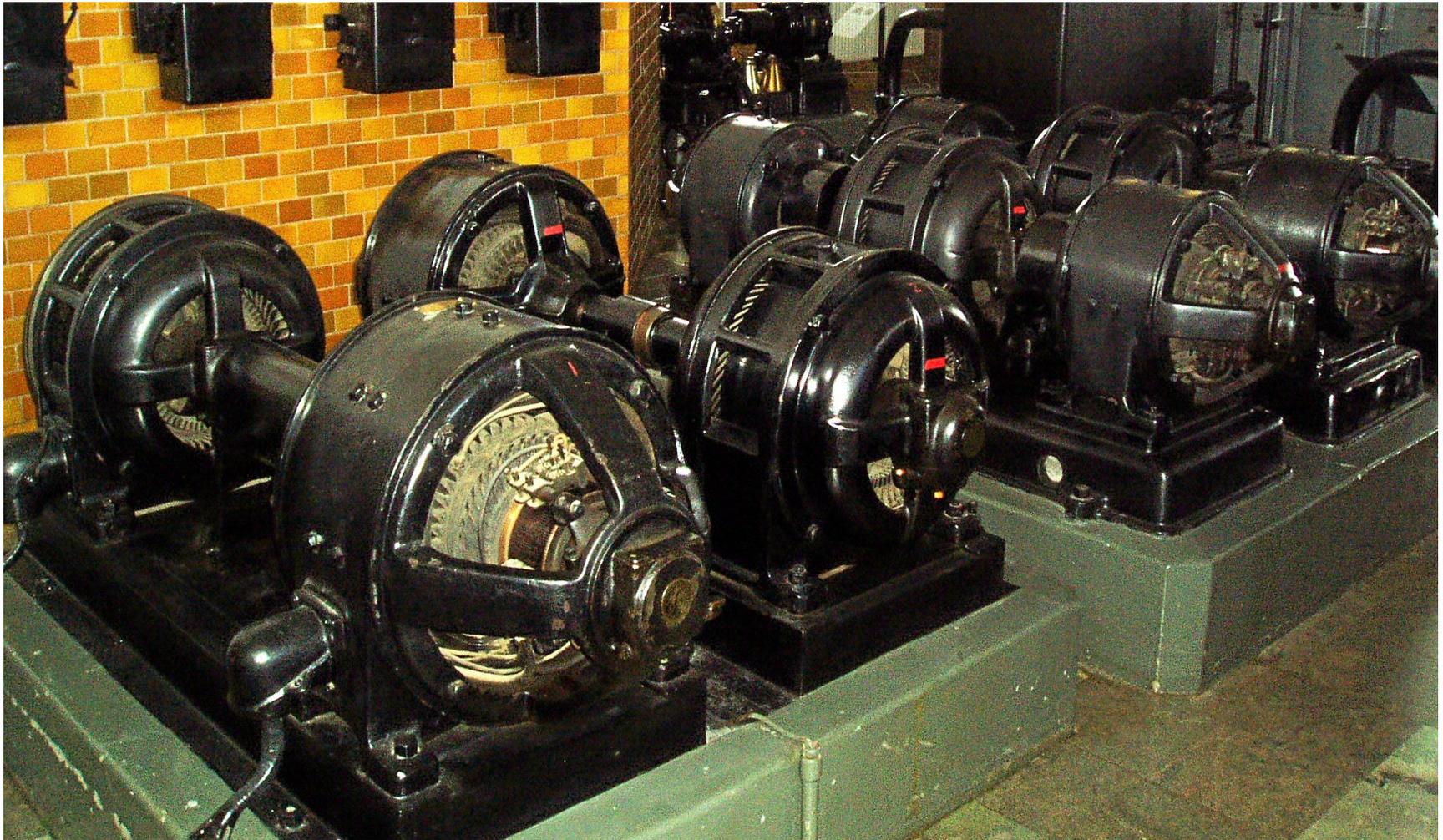
## Bestandteile:

- Hochfrequenzmaschine (Alternator)
- Antriebsmotor mit Drehzahlreglung
- Modulationseinrichtung (Tastdrossel, Magnetverstärker)
- Multipelantenne
- Hilfsmaschinen und -einrichtungen (Öl- und Kühlwasserpumpen, Motorgeneratoren, Flüssigkeitswiderstände, Schalter, Relais Meßgeräte usw.)

# Blockschaltbild der Station



# Hilfsgeneratoren



500 V

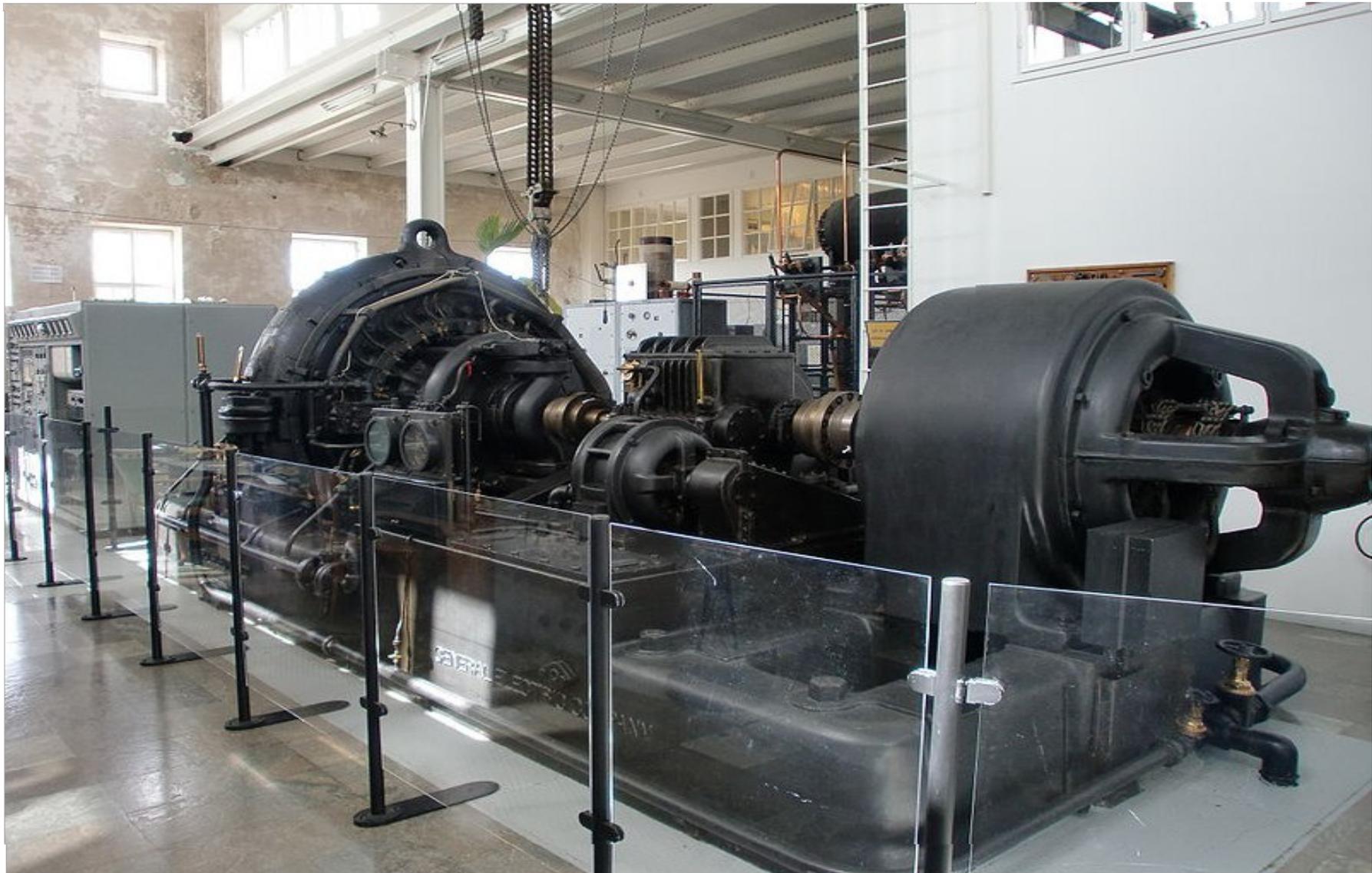
125/250 V

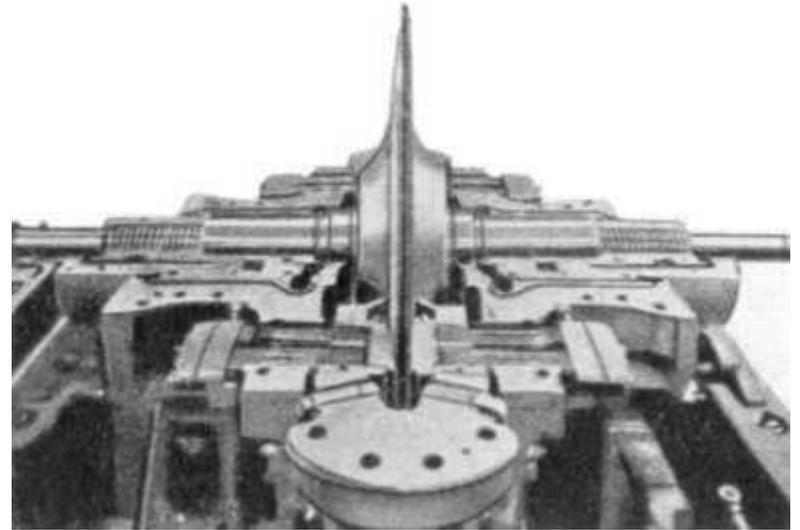
doppelt vorhanden da früher 2 Alternatoren

# Alternator

- Antrieb durch Asynchronmotor (2kV) Stator zweiphasig, Rotor dreiphasig mit Schleifring und Flüssigkeitswiderstand im Rotorkreis
- Getriebe (Übersetzung ca 1:3)
- Rotor: Stahlscheibe 1,8m Durchmesser, 7,5 cm dick mit 488 Nuten (Zwischenräume mit Messing gefüllt) läuft mit 35,245 Umdrehungen pro Sekunde
- Stator enthält die Erregerwicklung (125 V DC) und 64 Induktionswicklungen (HF-Erzeugung je 100V, 30A)
- Luftspalt Rotor Stator je 0,4 mm!
- Das Lager ist temperaturkompensiert, um die Längenausdehnung zu kompensieren (Betriebstemperatur 90° C)

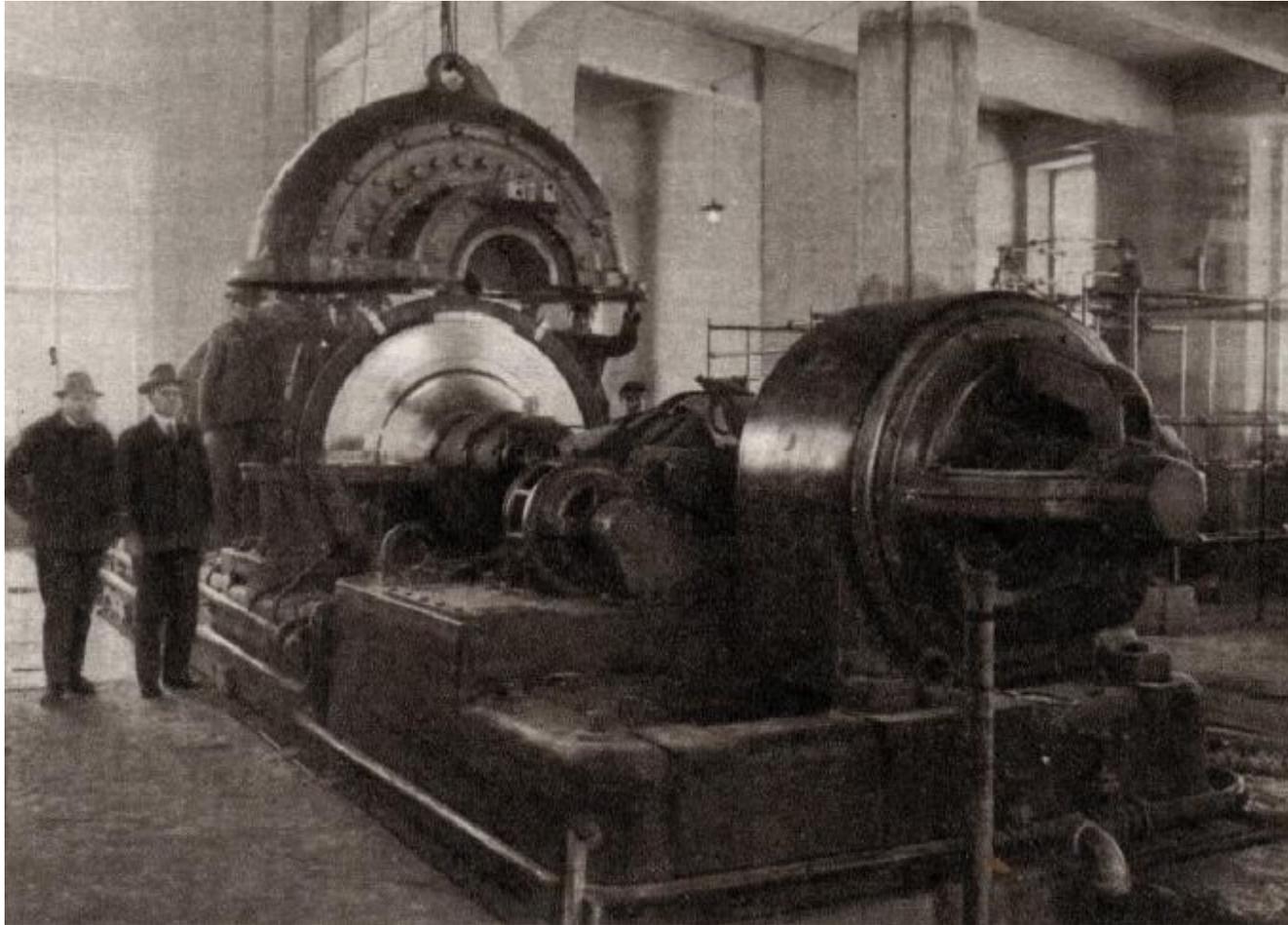
# Alternator, Getriebe und Antriebsmotor





(oben)  
Rotor im teilmontierten Zustand

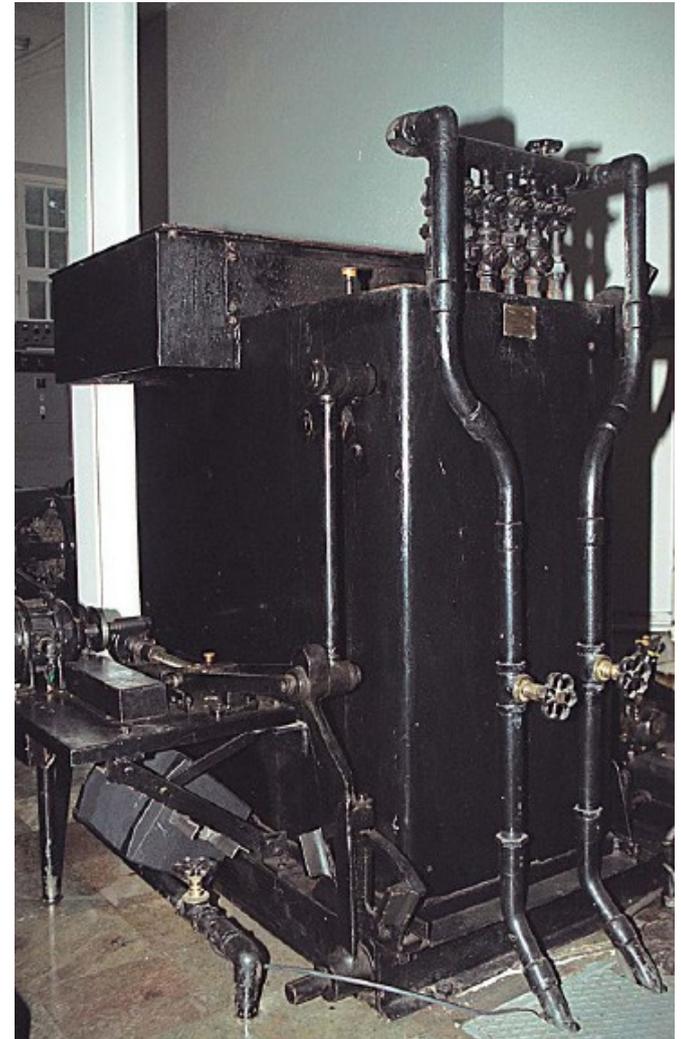
(links)  
Fräsen der Polnuten in den Rotor



Alternator im teilmontierten Zustand, man erkennt den Rotor  
(Aufnahme aus der polnischen Station Babice bei Warschau)

# Flüssigkeitswiderstände

- drei ca. 1,80 m hohe Behälter mit Elektroden gefüllt mit Natronlauge
- Flüssigkeitsspiegel und damit Widerstand über Pumpen und einen verstellbaren „Staudamm“ veränderbar
- Leerlaufwiderstand (Anlassen des Motors)
- Kompensationswiderstand (wird im Takt der Sendertastung parallel zum ersten geschaltet)
- Reserve



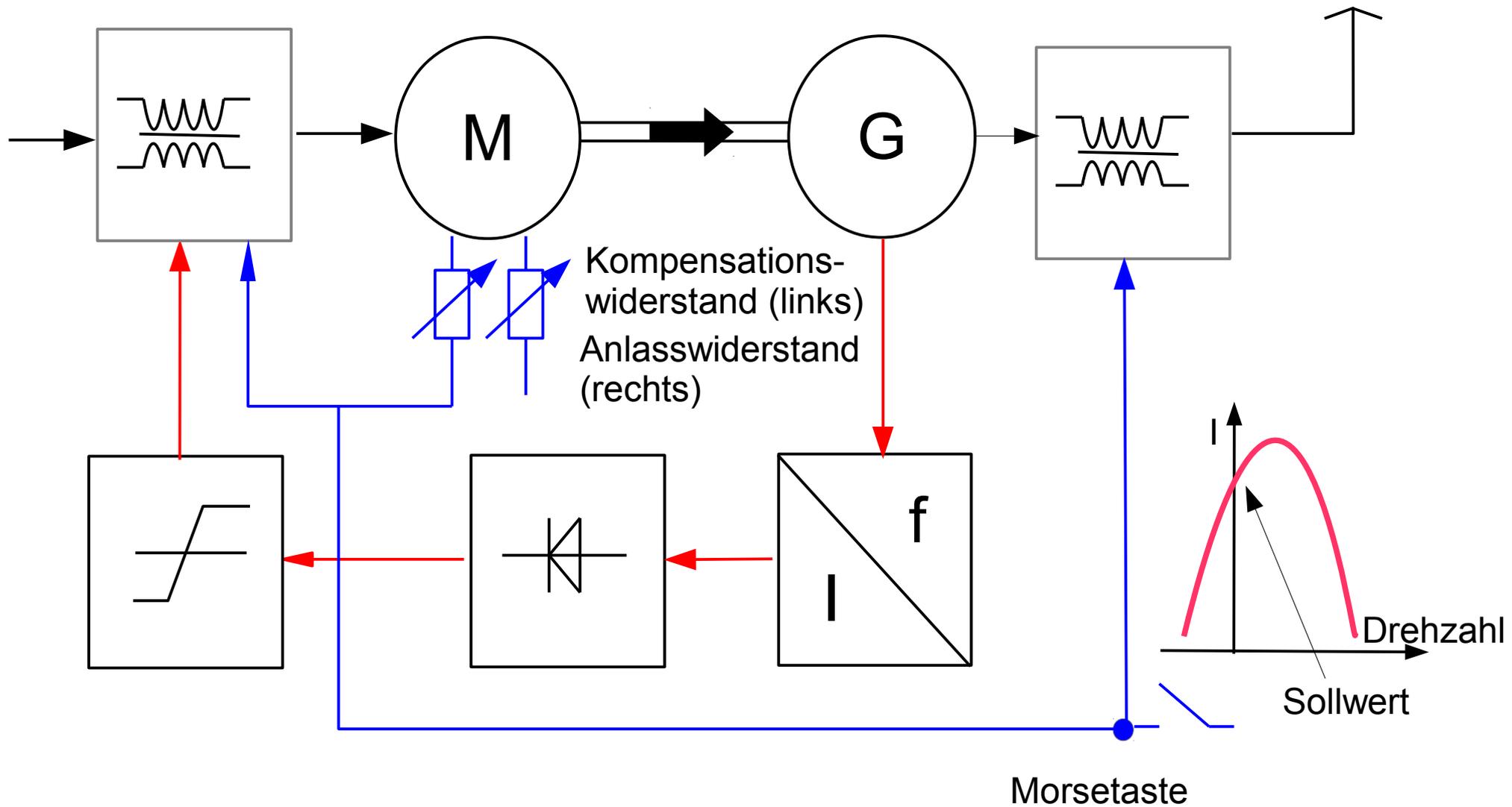
# Drehzahlreglung

- Allein die Drehzahl bestimmt die Frequenz, sie muss daher unbedingt konstant sein
- Forderung war 10Hz das bedeutet ca. 0,6 ‰ Genauigkeit
- Ursachen für Drehzahlschwankungen liegen u. a. in der Instabilität der damaligen Stromnetze und der starken Lastschwankung bei Telegrafiebetrieb
- eine Induktionsspule liefert den Ist-Wert der Generatorfrequenz
- f/I Wandler (Flanke der Resonanzkurve eines Reihenschwingkreises mit anschließender Gleichrichtung)
- Vergleicher (Vibrator regulator auch Tirrillregler) steuert den Antriebsmotor über Transduktoren und Steuerung der Feldwicklung des 500 V Generators

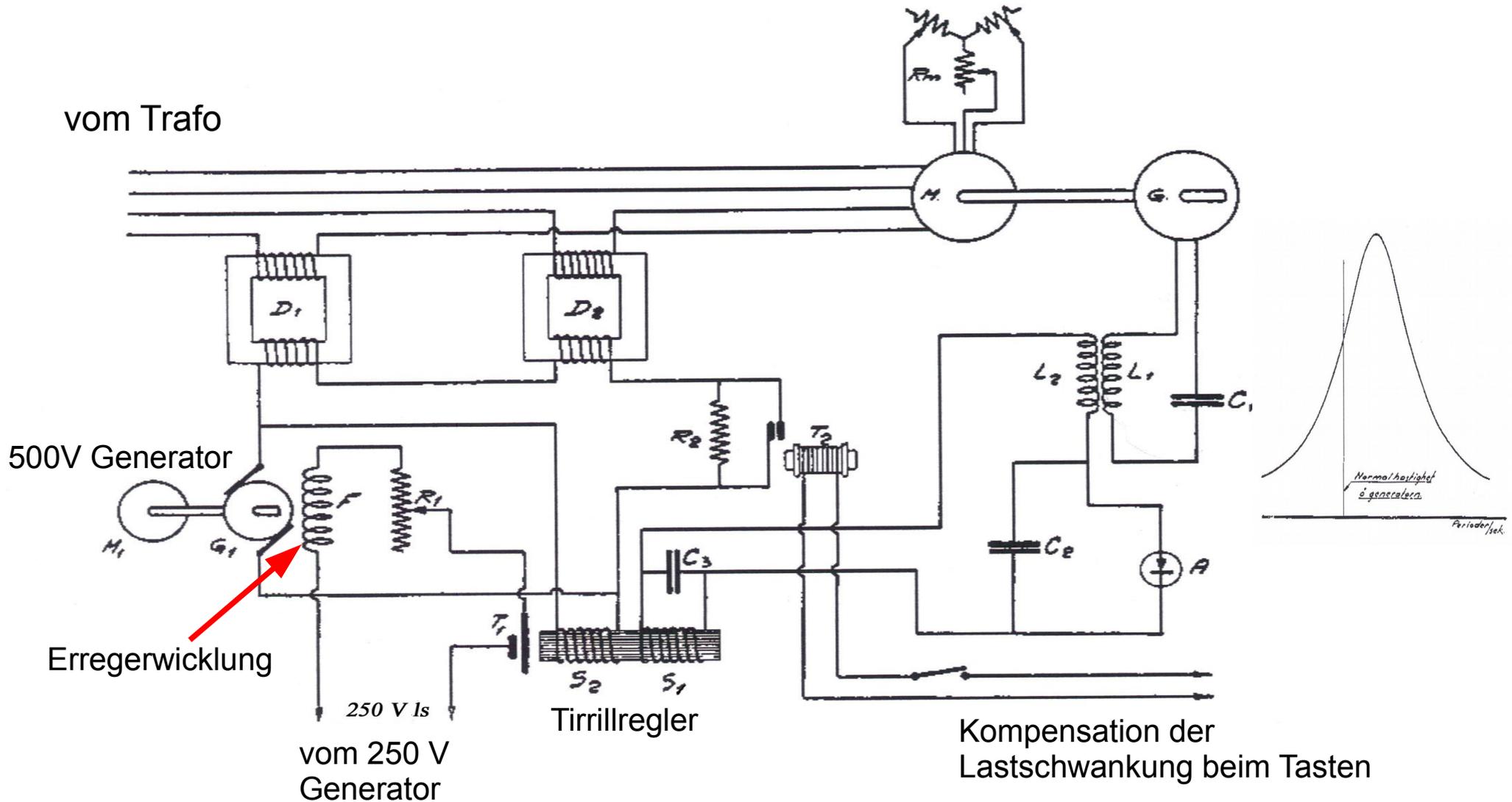
# Ausgleich der Lastschwankungen beim Tasten des Senders

- CW ist digital (binär)
- Tastung erfolgt über einen magnetischen Verstärker (Transduktor, Tastdrossel)
- Generator im CW Takt zwischen Vollast und Leerlauf
- Drehzahl eines Induktionsmotors ist lastabhängig (Schlupf) und würde schwanken – damit auch die Sendefrequenz
- Die Morsetaste steuert deshalb zusätzlich die Betriebsspannung des Motors und wirkt auf einen der Flüssigkeitswiderstände

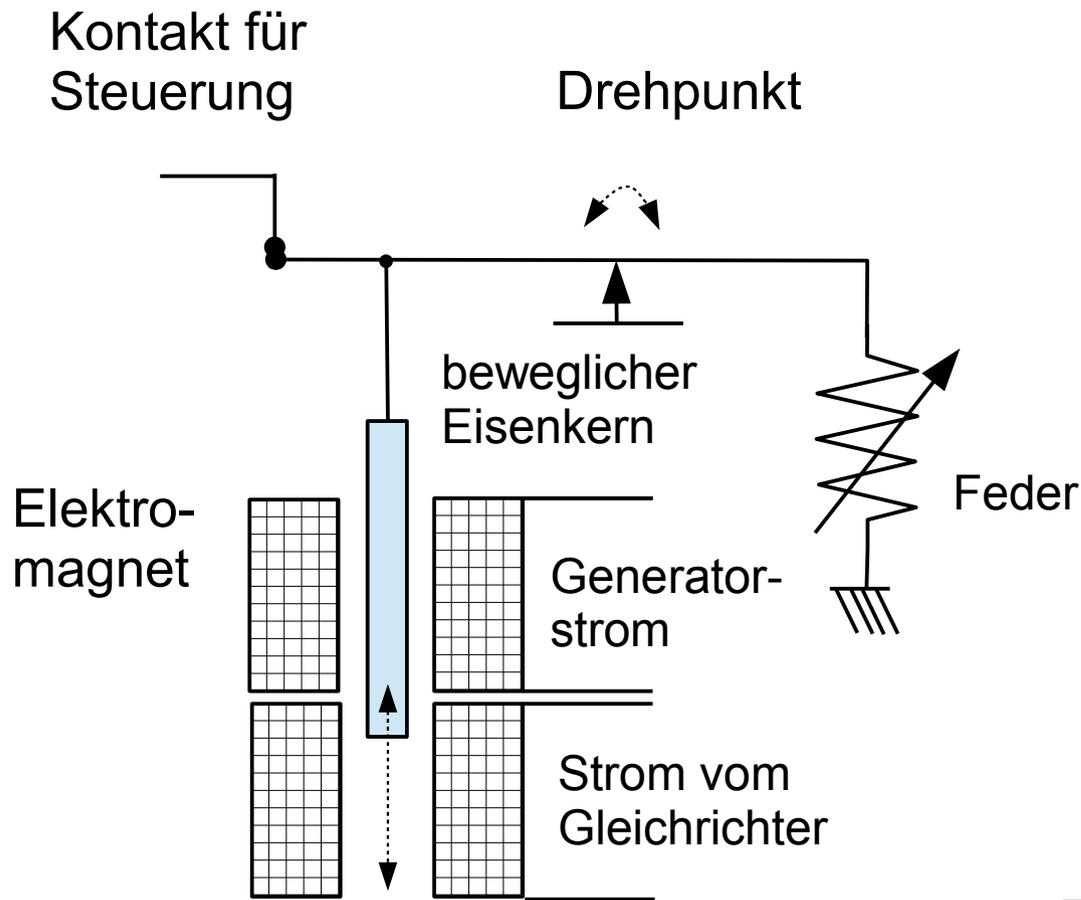
# Regelkreis zur Konstanthaltung der Drehzahl des Alternators



# Schaltung Drehzahlreglung

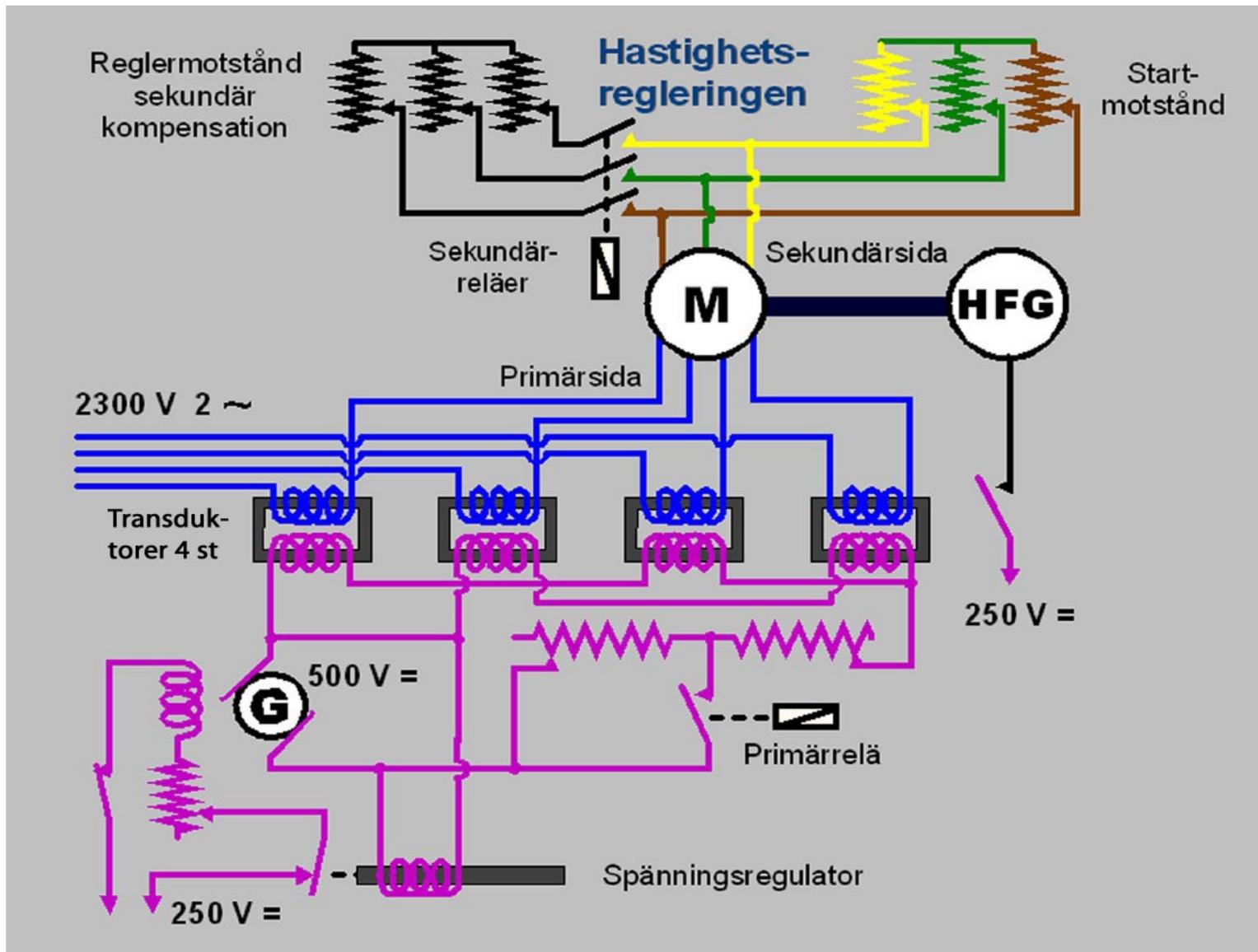


# Vibrator(Tirrill)regler



- Früher in Kraftwerken als Spannungsregler
- In Kfz Elektrik als Laderegler

# Primäre und sekundäre Kompensation



# Kühlung

- In vielen Teilen der Anlage entsteht Verlustwärme
- wird mittels Wasserkühlung abgeführt
- Das Kühlwasser gibt in einem speziellen Becken seine Wärme an die Umgebung ab
- Hochbelastete Relaiskontakte werden luftgekühlt (bläst gleichzeitig den Schaltlichtbogen aus)
- Der Magnetverstärker ist ölgekühlt



# Magnetischer Verstärker

- Ist ein Transduktor (gesteuerte Induktivität mit Eisenkern)
- modulierendes Signal beeinflusst über eine Steuerwicklung die Induktivität (und damit  $X_L$ ) einer zweiten Spule
- er ist Teil des Antennensystems
- Wicklung so gestaltet, dass Rückwirkung des Ausgangs auf den Eingang minimiert werden
- Durch die Induktivitätsänderung wird die Antenne so verstimmt, dass sie nicht mehr strahlt
- 100A zu 3A sind ca 15dB
- maximal mögliche Übertragungsrate 100WPM

# HF Transformator

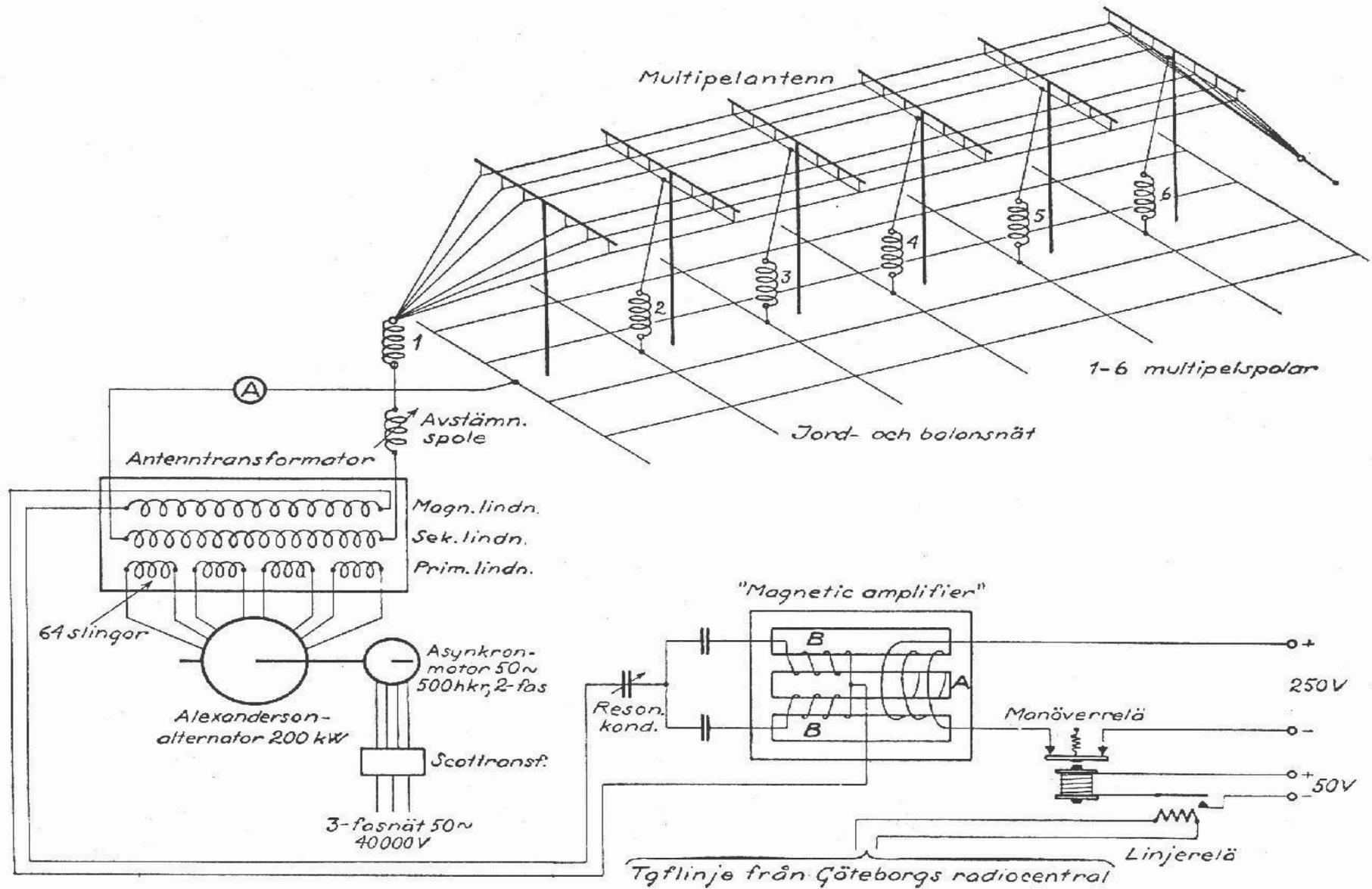
- HF wird in 64 Induktionsspulen erzeugt
- eine davon liefert den IST-Wert für die Drehzahlregelung, die anderen haben ihr Gegenstück im Trafo
- jeder Kreis getrennt abgesichert (gegen Überspannung und Erdschluss) und mit Kontrollampe am Trafo
- eine zweite Wicklung liegt zwischen Antenne und Erde, sie erhöht die Spannung
- die dritte Wicklung ist mit dem Magnetverstärker (Transduktor) gekoppelt

# Multipelantenne

- 6 Masten (127m hoch Ausleger 46m breit)
- Längenausdehnung 2,2km
- 8 waagerechte Freileitungen (Zuleitung und Dachkapazität)
- der eigentliche Strahler ist an jedem Mast herabgeführt und über Verlängerungsspulen mit dem Erdnetz verbunden
- 6 Vertikalstrahler parallel geschaltet und praktisch phasengleich
- Abstimmspule im Senderhaus als Kugelvariometer
- Wirkungsgrad ca. 10%



# Übersichtsschaltbild der Station



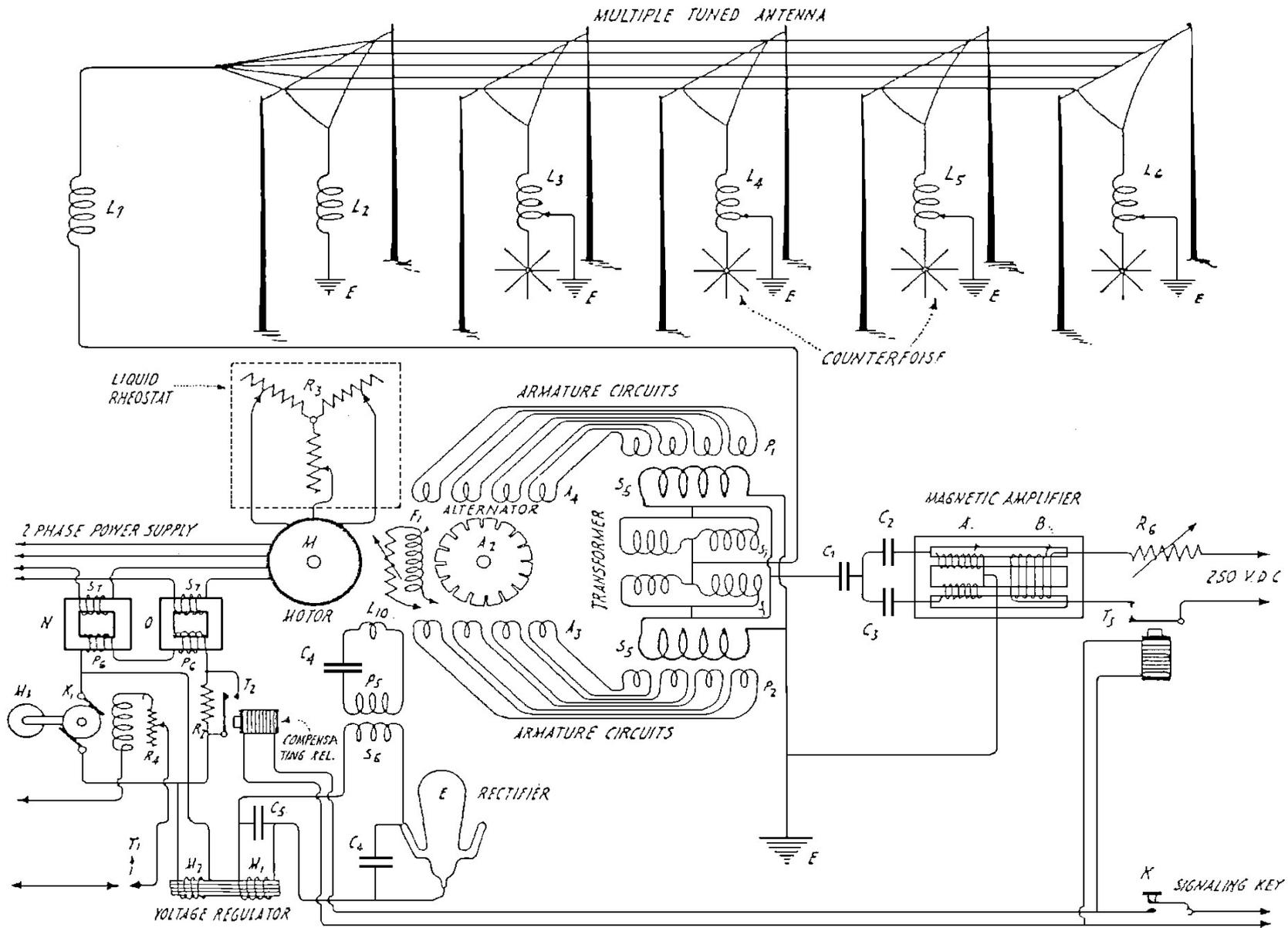


Fig. 14. Fundamental Station Diagram of 200-kw. Alexanderson Alternator Set  
Radio Corporation's Transoceanic Station, New Brunswick, N. J.

# Ablauf der Inbetriebnahme

- Starten aller Hilfsmaschinen (Öl- und Kühlwasserpumpen)
- Anlassen des Hauptmotors
- Grobjustierung der Drehzahl über die Flüssigkeitswiderstände dann wird die automatische Regulierung feinjustiert
- Antenne zuschalten und auf maximalen Antennenstrom abstimmen
- Weihnachten 2012 war der Antennenstrom nicht so hoch wie gewohnt und das Signal etwas schwächer
- Ursache: Die im Freien befindlichen Spulen waren feucht und trockneten ( $\epsilon_r$  von Wasser  $\approx 80$ )

Signal von SAQ (24.12.2012) aufgezeichnet von Karsten (DL3HRT) mit EKD 300.

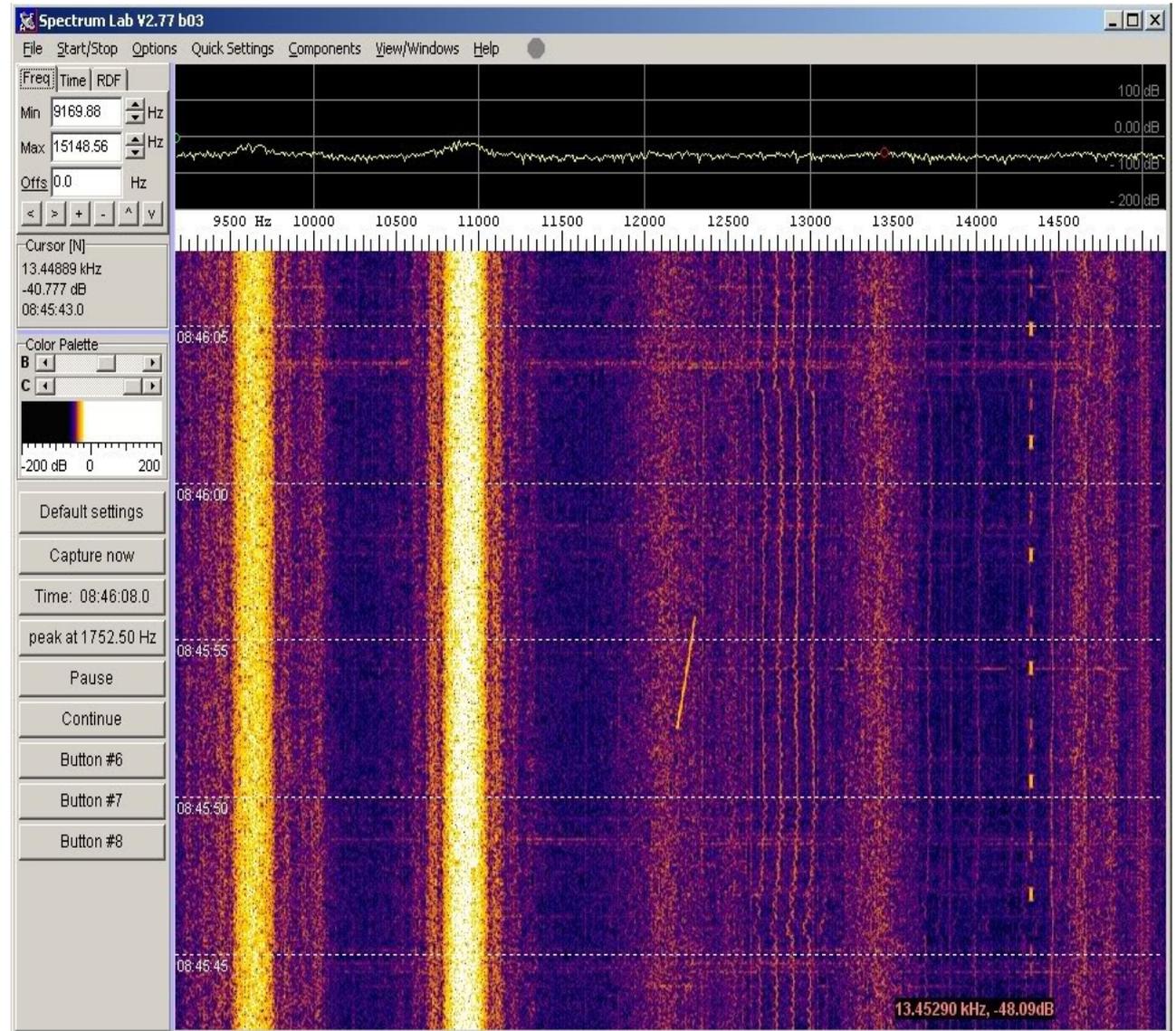
Man erkennt sowohl die Frequenzänderung von etwa 20 Hz als auch den Restträger während der Tastepausen



# Weihnachtssendung 2011 fiel aus

Wegen defekter Drehzahlregelung fiel die Weihnachtssendung aus. Der kleine Schrägstrich ist die kurze Aussendung mit driftender Frequenz (12 kHz entsprechen ca. 17,2 kHz.)

Bild von Volker SM5ZBS



# Zeitgenössische Empfangstechnik

- Sender und Empfänger räumlich getrennt (Kungsbacka bei Göteborg)
- Zweidraht Beverage Antenne  
13,4 km lang, 9 m über Grund
- Störungsminderung durch zwei entgegengesetzt gerichtete Antennen und spezielles Empfangsprinzip (barrage receiver)
- Empfänger: mit Röhren bestückte Geradeausempfänger 3-V-2 (mit Synchrondetektor)
- Eingangsfiler mit speziellen Phasenschiebern zur Eliminierung von Störsignalen
- Kopfhörer und/oder Streifenschreiber (der Sender kann bis 500 BpM)

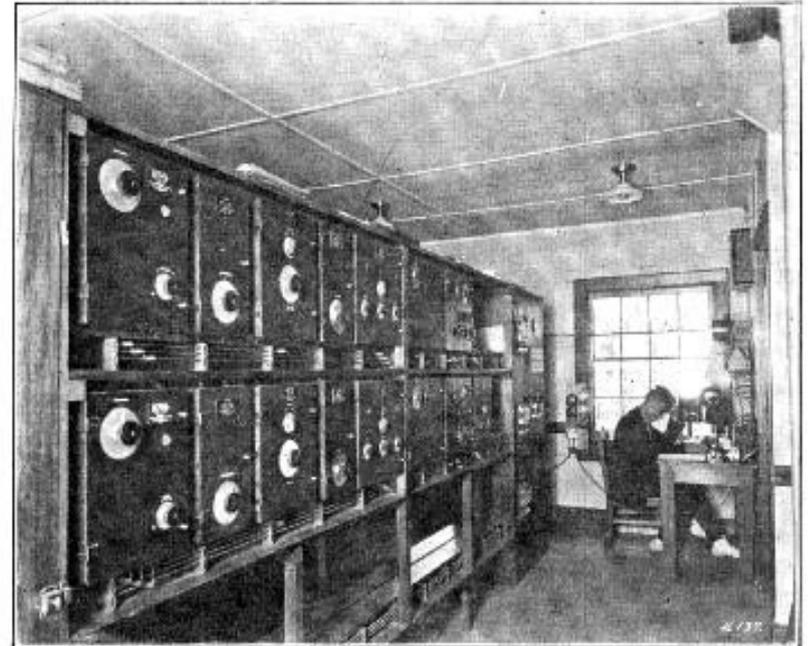
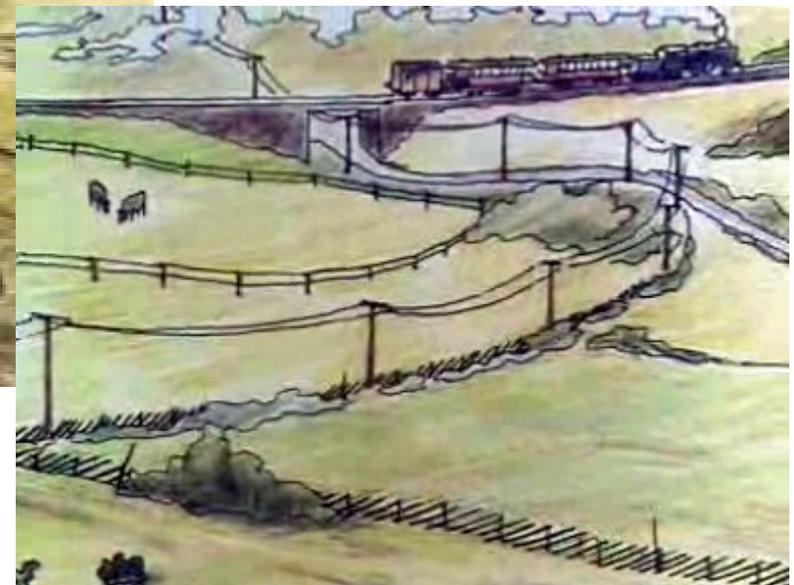


FIG.180.—Each of the shelves in this photograph contains a complete receiving set for receiving telegraph messages from Europe. This is part of the trans-Atlantic receiving station of the Radio Corporation, located at Riverhead, L.I.

# Zeitgenössische Bilder der Empfangsantenne von Kungsbacka



- Gebäude der Empfangsstation SAK in Kungsbacka (heute Wohnhaus)
- Gegenstation: Long Island (NY)  
WQK auf 18,2kHz  
WSS auf 18,8 kHz
- Telegrammzentrale:  
RCA Gebäude in Manhattan (NY)



- Telegrammzentrale in Göteborg, von hier wurde der Sender ferngetastet
- Telegramme wurden in Lochstreifen gestanzt und mit bis zu 300 BpM gesendet (je nach Empfangsbedingungen)
- Ein Wort kostete etwa einen Stundenlohn
- Ständige Drahttelegrafenerbindung mit Kungsbacka und Grimeton

# Moderne Empfangsmöglichkeiten

- Antenne an Soundkarte und Auswertung mit Software z. B. SpecLab
- Kommerzielle Empfänger mit entsprechendem Frequenzbereich (z. B. EKD 300)
- Web SDR (z. Z. Wideband SDR der Uni Twente in den Niederlanden)
- Konverter mit Amaterfunk-Transceiver als Nachsetzer
- Direktmischer (gibt es in Grimeton als Bausatz) dazu eine abgestimmte Rahmenantenne
- Bei Antennen kann man experimentieren:  
Langdraht, Beverage (wer Platz hat), Ferrit-, Rahmen- oder auch aktive Antennen

# Eigene Empfangsversuche

- Eingesetzt wurde der Bausatz nach Arne Sikö (Direktmischer mit abgestimmter Rahmenantenne)
- Bisher zwei erfolgreiche Versuche (24.10.12 und 24.12.12), die Signale waren gehörmäßig gut lesbar, die Rahmenantenne ist recht richtscharf und blendet ggf. QRM aus.
- nächster Termin ist der 30.06.13 um 11 und 14 Uhr MESZ (ca 30 Minuten vorher wird mit dem Hochfahren des Senders begonnen)
- aktuelle Hinweise auf den Homepages des Senders beachten [www.alexander.n.se](http://www.alexander.n.se) (seit Ende Februar neu gestaltet) und [www.grimetonradio.se](http://www.grimetonradio.se) (schwedisch, zum Teil englisch und deutsch)

# Kurzer Film über SAQ

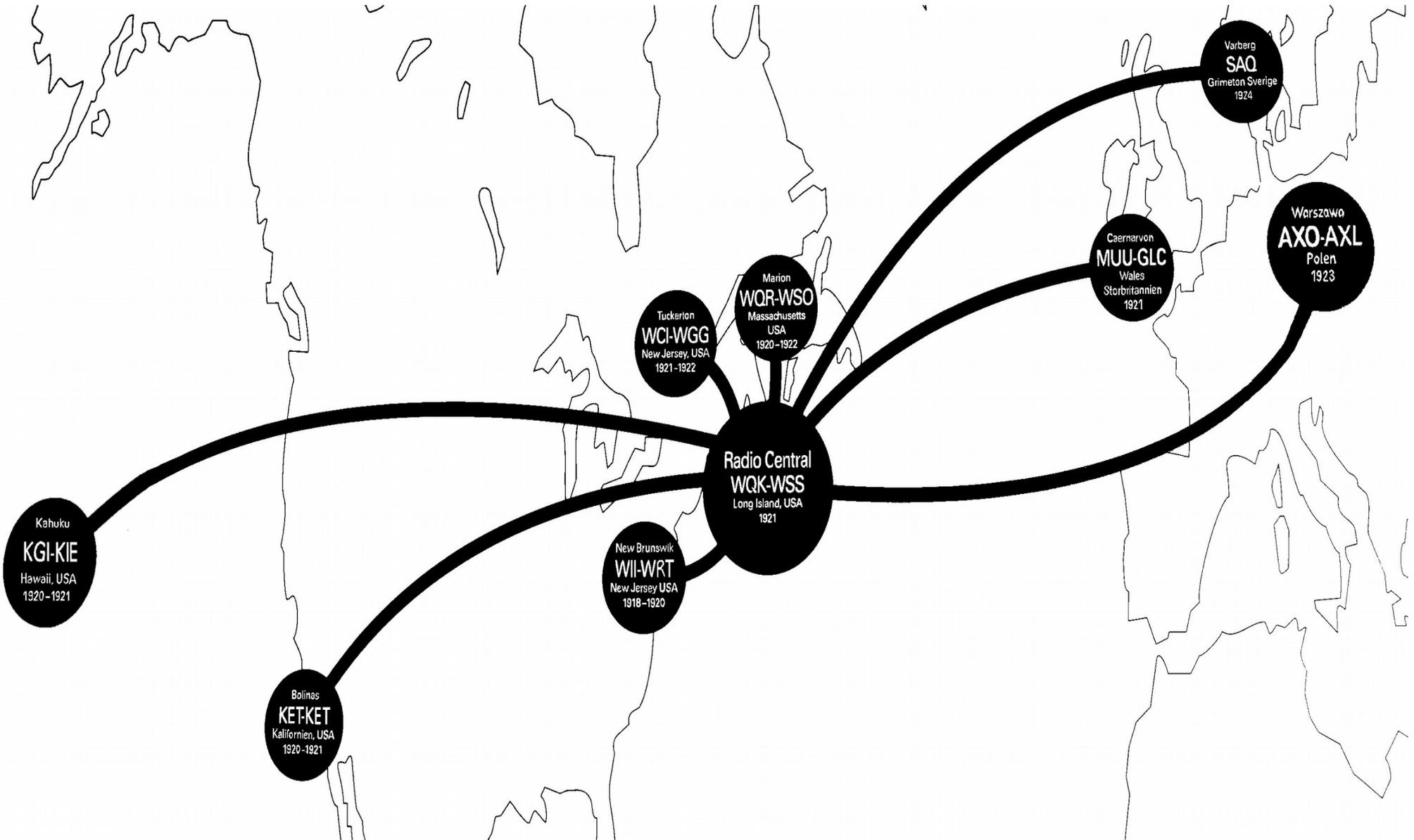
- stammt aus einer Sendung von SVT Kunskapskanalen und zeigt u. a. zeitgenössische Bilder von der Eröffnung sowie ein Interview mit Bengt Dagås, dem letzten Chef der Station
- trotz des Originalkommentars sehenswert, die Bilder sprechen für sich
- ein ausführlicher Beitrag liegt vom SWR aus der Reihe "Schätze der Menschheit" vor  
(in der Mediathek und bei Youtube verfügbar ca. 15 Minuten  
(dort auch weitere Quellen))



# Das weltweite Alternatormetz so war es geplant



# und so wurde es realisiert



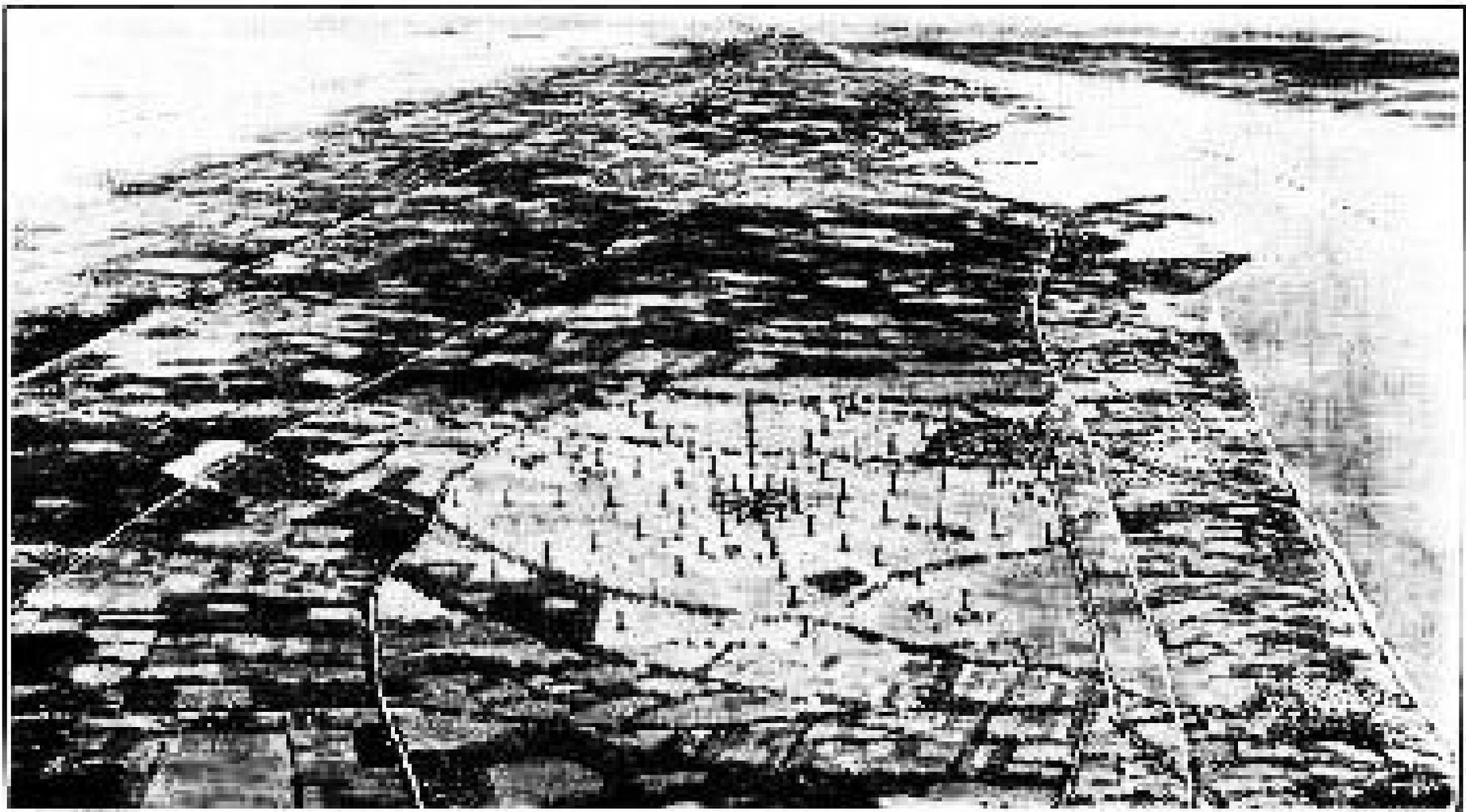


FIG. 178. — An airplane view of Radio Central on Long Island, as it will look when completed.

Station	Call	Wellenlänge	von-bis	verschrottet	
New Brunswick	WII WRT	13761 13274	1918-48 1920-48	1953 1953	zuerst 50kW
Marion	WQR WSO	13423 11623	1922-32 1922-23		1942 nach Haiku
Bolinas	KET KET	13100 15600	1920-30 1921-30	1946	1942 nach Haiku
Long Island	WQK WSS	16484 15957	1921-48 1921-48	1951	Radio Central 1949 nach Marion
Kahuku Hawaii	KGI KIE	16120 16667	1920-30 1920-30	1938 1938	

Station	Call	Wellenlänge	von-bis	verschrottet	
Tuckerton USA	WCI WGG	16304 13575	1921-48 1922-48	1955 1955	
Caernafon GB	MUU GLC	14111 9592	1921 1921	1939 1939	
Babice (Warschau)	AXO AXL	21127 18293	1923 1923	1944 1944	16.01.45 gesprengt
<b>Grimeton</b>	<b>SAQ</b>	<b>17442</b>	<b>1924</b>	<b>1960</b>	<b>anfänglich 18600 m 2 Alternatoren betriebsbereit</b>
Recife Brasilien			nie		2 Alternatoren 1924 ausgeliefert

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

