«Tönende Funken»
Beginn der drahtlosen Morsetelegraphie in der Schweizerischen Armee

1905: *Thun, Versuche mit Stationen «System Marconi» für drahtlose Morse-Telegraphie*

1914: *Die Armee beschafft vier fahrbare Löschfunken-Stationen mit «Tönenden Funken»*

Dem Thema ***«Tönende Funken»*** widmete sich die Interessengemeinschaft Übermittlung am jährlich stattfindenden „Uster-Tag“ am Samstag, 26. Juni 2014.

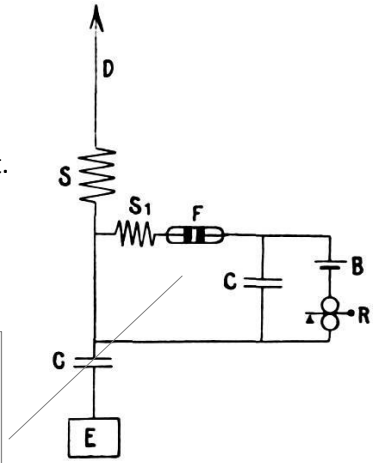
Über diese Teamarbeit berichtet: Werner Gebauer, IG-Uem

Video-Mitschnitt Ustertag 2014

Für die Arbeitsgruppe **«Kommandofunk»** stellte sich die Aufgabe herauszufinden, welche **drahtlosen Übermittlungsmittel** der Armee in der Zeit des ersten Weltkriegs zur Verfügung standen. Aufschluss darüber geben die Berichte aus folgenden **Quellen**:

- *«1898-1998: 100 Jahre Funkwesen bei den Übermittlungstruppen»* (eine Festschrift von Rudolf J. Ritter et.al. 1998)
- *«Die elektrische-Nachrichtenübermittlung im Dienste der Armee»* *Teil I von 1852- 1914* und *Teil II von 1914 – 1952*
- *«Das Fernmeldematerial der Schweizerischen Armee seit 1875»* 6. Folge von Rudolf J. Ritter 1989.

Aus diesen Berichten geht hervor, dass die Armee ab 1905 zahlreiche Versuche mit sogenannten Knallfunkensendern Typ „Marconi“ durchführte. Das Ziel, die wichtigsten Kommandostellen der Armee mittels drahtloser Schreibtelegraphie zu verbinden wurde nicht erreicht. Die damals verwendete Empfangsschaltung reichte selten aus, um mit den „knackenden“ Empfangssignalen über den sogenannten «Kohärer» einen Morseschreiber zu aktivieren.



*Die beim Empfang von gedämpften Schwingungen erzeugte Spannung in der Spule S bewirkt, dass der **Kohärer F** leitend wird. Dadurch wird mit die Batterie B der Morseschreiber R aktiviert.*

Durchbruch 1908

Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH Berlin (später „Telefunken“) verbesserte das System „Marconi“ entscheidend. Bei wesentlich erhöhter Funkenzahl pro Sekunde wurden die gedämpften Schwingungen (Langwellen) mit einer hörbaren Tonmodulation überlagert (daher die Bezeichnung «Tönende Funken»). Der Morse-Schreiber wurde umgehend durch den Kopfhörer ersetzt. So begann in der Schweizer Armee die **drahtlose Morsetelegraphie mittels Hörfunk,** welche in grösserem Umfang erst mit der Einführung des Krypto-Funk-Fernschreibers (KFF) ab dem 1960 abgelöst wurde.

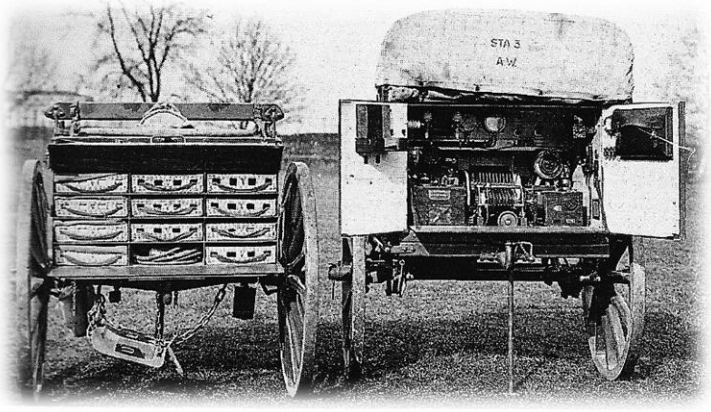


Bild: aus «Die Funkertruppe» Rudolf J. Ritter

Fahrbare Schwere Funkenstation Typ F.S.14/16 von TELEFUNKEN, ausgerüstet mit dem System der «Tönenden Funken». Rechts: Apparateprotze, links Zubehör (Stromkabel etc.) Es fehlt die dritte Protze mit dem Antennenmaterial. Nicht sichtbar ist der Benzinmotor 5 PS mit angeflanschtem Wechselstrom-Aggregat, sowie der sog. Induktor (Hochspannungs-Transformator).

Mit dem Kauf von **4 Löschfunkenstationen Typ F.S.14/16** auf drei 2-achsigen Protzfahrzeugen wurde 1917 die erste Funken-Pionier Kompanie der Schweizer Armee ausgerüstet. Diese Apparate wurden in militärischen Werkstätten über Jahrzehnte gelagert. Ein sorgfältig gehütetes Exemplar einer Apparateprotze steht seit 2013 dem Verein IG-Uem in Uster zur Verfügung.

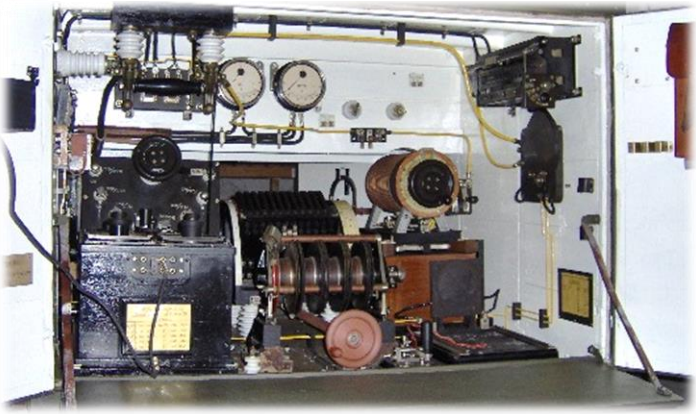
Historische Aufarbeitung der damaligen Technik.

Gibt es technische Unterlagen? Existiert ein elektrisches Schema? Wäre die Apparatur noch betriebsfähig? Die einzigen technischen Angaben zu dieser Station sind in der Folge 6 der Dokumentation „Ritter“ zu finden resp. in den HAMFU Geräteseiten unter F.S.14/16. Somit galt es das elektrische Schema des Apparates zu ermitteln. Die Einrichtungen im Apparatewagen zeigten sich in gutem (gereinigtem) Zustand, doch schnell wurde klar, dass der Originalzustand verändert wurde. Wichtige elektrische Verbindungen fehlten. Der sogenannte Wellenmesser wurde offenbar entfernt und die in der Dokumentation „Ritter“ erwähnte Empfänger-Beschreibung erwies sich als überholt.

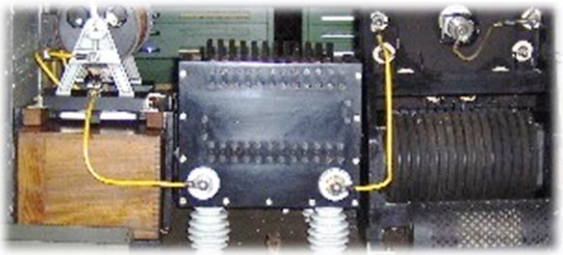
Die IG-Uem Mitglieder Göpf Irminger und Walter Widmer erarbeiten das elektrische Schema der Löschfunken-Station F.S.14/16

Eine Inbetriebnahme dieses historischen Gerätes kam keinesfalls in Frage. Aus Gründen der Sicherheit, aber auch um überalterte Komponenten nicht zu beschädigen.

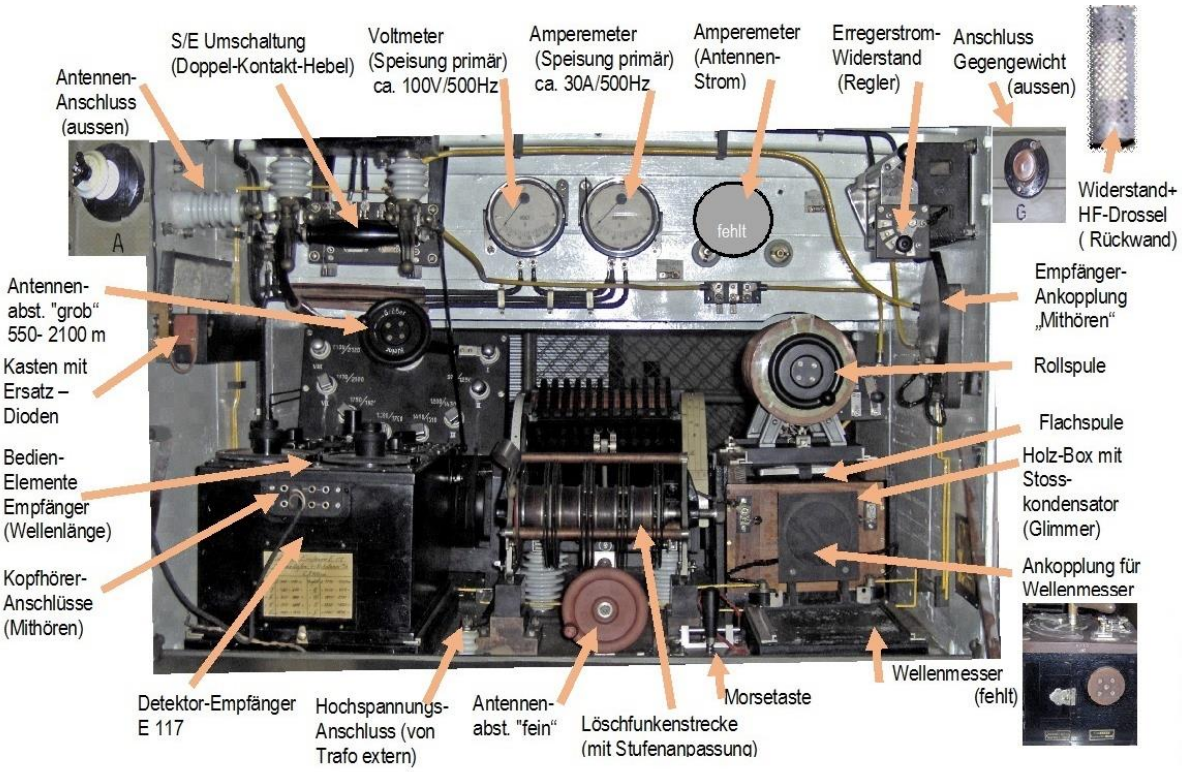
„Innenleben“ der Löschfunken-Station F.S.14/16.
Bedienungs-Seite mit Morsetaste und Empfänger



Rückwand:
Links: Sicht auf die Rollspule montiert auf dem Stosskreis-Kondensator (Glimmer) in einer Holzkiste. Rechts: Variometer und Spule mit Anzapfungen für Antennenkreis-Abstimmung.



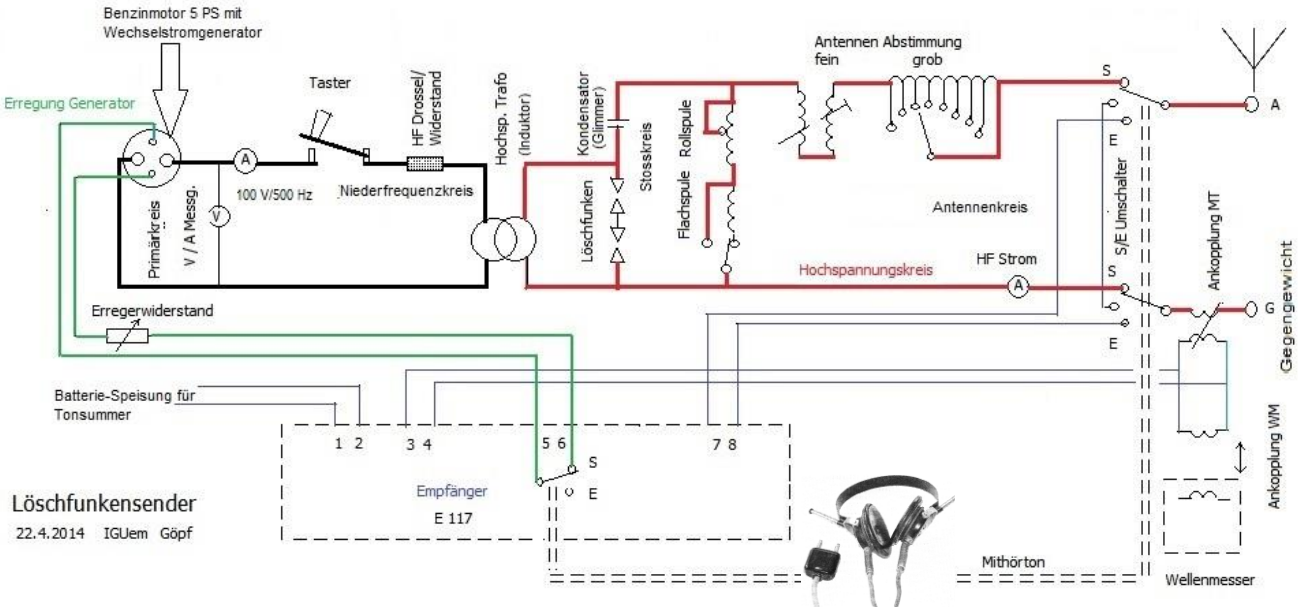
Bedienelemente und elektrische Komponenten der 3 kW Löschunkenstation F.S.14/16



3 kW Löschfunken-Station mit Bereich 550-2100m (Telefunken 1914)

Elektrisches Löschfunkensender-Schema F.S.14/16

Das nachstehende Schaltschema wurde in mühsamer Kleinarbeit aus der vorhandenen Anlage «reverse engineered». Alle wesentlichen Systems-Komponenten und Bedienungselemente sind im elektrischen Schema «Löschfunkensender 22.4.2014» einbezogen. Die Energie-Speisung der Anlage (ca. 100V/500 Hz) für den Primärstromkreis wurde von einem Wechselstrom-Generator (angeflanscht an einem 5 PS Benzinmotor) erzeugt. Ein daran angekoppelter Gleichstrom-generator lieferte die Erregerspannung zur Einstellung der geforderten Primärleistung mittels Bedienung des Schiebe-Reglers auch „Tonschieber" genannt.



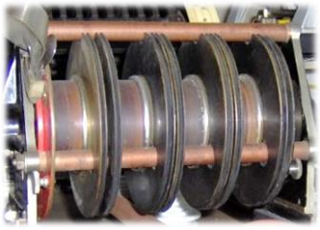
Ton im Kopfhörer

Elektrische Komponenten: (siehe Foto «3 kW Löschfunken-Station» Seite 3)

Erregerstrom-Widerstand:
Dieser regelbare Widerstand steuert durch Veränderung der Erregung im Wechselstrom-Generator die Speisespannung und dadurch auch die Sendeleistung. Dieser Widerstand mit Kurbel und Stufenschalter wird auch „Tonschieber“ genannt, da damit die «Tonreinheit» des Sendesignals optimiert werden kann.

Die Morsetaste:
Diese Taste ist direkt im Primärstromkreis wirksam und ist fest am Chassis-Boden befestigt. Als elektrischer Sicherheitsschutz wurde der Tastknopf speziell hoch aus Isoliermaterial gestaltet– immerhin wurden hier 100 Volt bei 30 Ampère getastet!

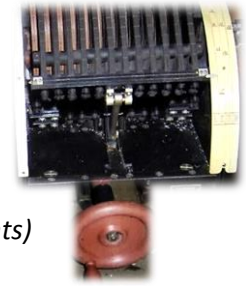
Hochspannungstransformator: (Foto Martin Bösch)
Auch Induktor genannt dient zur Erzeugung der Hochspannung an der Löschfunkenstrecke. Diese Komponente wurde unter dem Protzboden des Senders befestigt. Die Speisespannung 100 V/500 Hz konnte damit auf ca. 5-8 kV transformiert werden. Eine Drossel im Primärkreis dient zur Anpassung zwischen Generator und Hochspannungstransformator als auch zur Verhinderung hochfrequenter Rückwirkungen.



Löschfunken-Strecke:
8-fach, Stufe wählbar (entsprechend geforderter Sendeleistung respektive dazu notwenigen Primärspannung) durch Ändern der ***Position*** der Abgriff-Klammer. Die Distanz der Funkenstrecke pro Stufe beträgt ca. 0.2 mm. Die Metallplatten dienen der Kühlung.

Stosskreis:
Diese Anordnung besteht aus *der **Rollspule*** als variable Induktivität ***L1*** plus einer ***Flachspule*** als feste Induktivität ***L2*** (unter der Rollspule befestigt). Die Rollspule deckt zwei Wellenbereiche: weiss <1550 m, rot > 1550 m.
Der Energielieferant für den Stosskreis bildet ein fester ***Glimmer-Kondensator C1*** verpackt im Holzgehäuse unter der Flachspule *(kleines Bild rechts).*

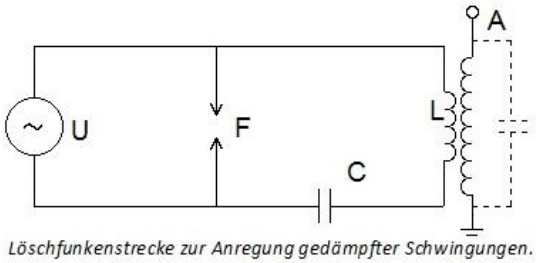
Antennenabstimmung „grob“ *(Bild links)*
Handrad für Wellenbereich-Einstellung von I bis VIII (550 m bis 2100 m) durch Kontaktwahl an festen ***Spulenanzapfungen L4****.*



Antennenabstimmung „fein“ *(Bild rechts)*
Handrad für die ***Einstellung von Variometer L3*** im gewählten Wellenbereich „grob“ I bis VIII. Skala (weiss) für Wellenlänge (in Meter) befestigt am Variometer rechts aussen.

Wirkungsweise eines Löschfunkensenders:

Zitat aus Wikipedia:



Löschfunkenstrecke zur Anregung gedämpfter Schwingungen.

Der Löschfunkensender basiert auf dem Prinzip des Anregens eines elektrischen Schwingkreises durch Spannungsüberschläge, getaktet mittels einer Wechselstromquelle U von z. B. 500 Hz. Zunächst wird ein Kondensator C auf einige Tausend Volt aufgeladen. Nach dem Überschreiten der Mindestspannung zündet die Funkenstrecke und der Kondensator entlädt sich über die Spule L. Beide zusammen ergeben einen Schwingkreis, der seine Energie an die Antenne A (ganz rechts) abgibt. Die Funkenstrecke F ist in viele Abschnitte von nur 0,2 mm Länge unterteilt. In jeder Einzelstrecke werden die Funken durch große Metallpakete gekühlt, damit sie wieder schnell abreißen. Das ermöglicht bei 500 Hz Wechselspannung 1000 Funken pro Sekunde (je Halbwelle eine Aufladung), gegenüber nur rund 30 Funken beim Knallfunkensender, was sich auf der Empfangsseite durch einen „angenehmen" Summton bemerkbar macht, der sich im Gegensatz zum „Knarren" der Knallfunkensendungen gut von atmosphärischen Störungen unterscheiden lässt. Deshalb nannte man diesen Sendertyp auch Tonfunkensender.

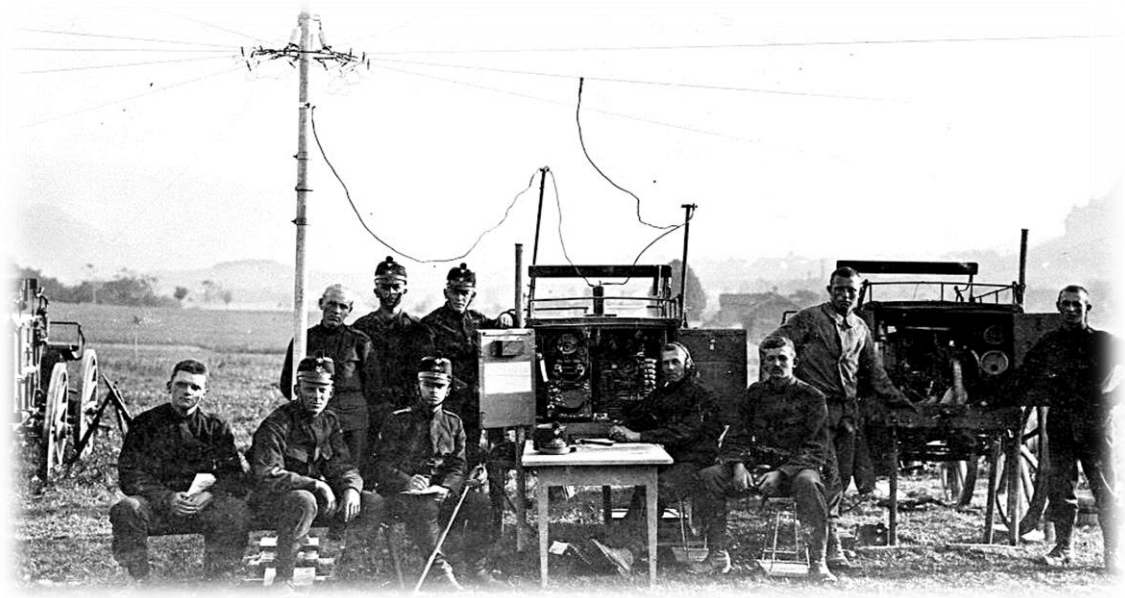
Wellenmessser:
(im Sender F.S. 14/16 verwendeter Typ ist unbekannt, Foto rechts zeigt Gerät aus anderen Geräten, gelagert bei HAMFU)

Die Frequenzeinstellung eines Löschfunkensenders bedingt die Messung der genauen Frequenz (resp. Wellenlänge) mit einem sogenannten Wellenmesser bestehend aus einem L/C Schwingkreis hoher Güte, veränderbar mittels Drehkondensator an geeichter Ablese-Skala. Über eine „sehr lose" Kopplungseinrichtung (WM) bringt die Sendeleistung bei Resonanz eine Glimmlampe zum Leuchten. Zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit ist der gesamte Wellenbereich in mehrere Stufen unterteilt.

Empfänger E 117 *(TELEFUNKEN)*

Detektorempfänger für den Mittel- bis Langwellen-Bereich mit Antennenanpassung und Primär-/Sekundärkreis-Abstimmung. Umschaltbar für zwei Detektor-Typen (Gleichrichter): Pyrit und Karborund. Sicherheitsfunkenstrecke (Schutz gegen überstarke Empfangssignale). Ausgerüstet mit aufsteckbarem Tonsummer (Tikker) für den Empfang von nicht-modulierten Signalen. Schalterstellung für „Tonprüfung" respektive Mithören (siehe Ankopplung MT im elektrischen Schema F.S.14/16) beim Tasten von Morsezeichen. Passive Schaltung, Speisebatterie nur für Tonsummer. Diverse Anschlüsse für Kopfhörer. Die Stellung „Tonprüfung" erlaubt eine „saubere" Toneinstellung (Tonreinheit) bei der Abstimmungs-Prozedur über die Mithörton Ankopplung am Sender. Der Empfänger ist (wie Foto zeigt) in der Protze *„liegend"* montiert und fix verkabelt.

Antenne/ Gegengewicht:
Als Antenne wurde ein 17 m hoher Teleskopmast verwendet. Die Einspeisung des Antennensignals erfolgte ca. 4 m über Boden direkt am Mast, welcher gegen Erde isoliert errichtet wurde. Die Gegengewichtskabel, ringförmig über der Antennen-Einspeisung angeordnet, wurden über ein Kabel mit dem Sender-Ausgang „Gegengewicht“ verbunden. Die Schirmantennen-Kabel (30m) wurden in der oberen Hälfte des Mastes befestigt. (auf Foto nicht sichtbar)

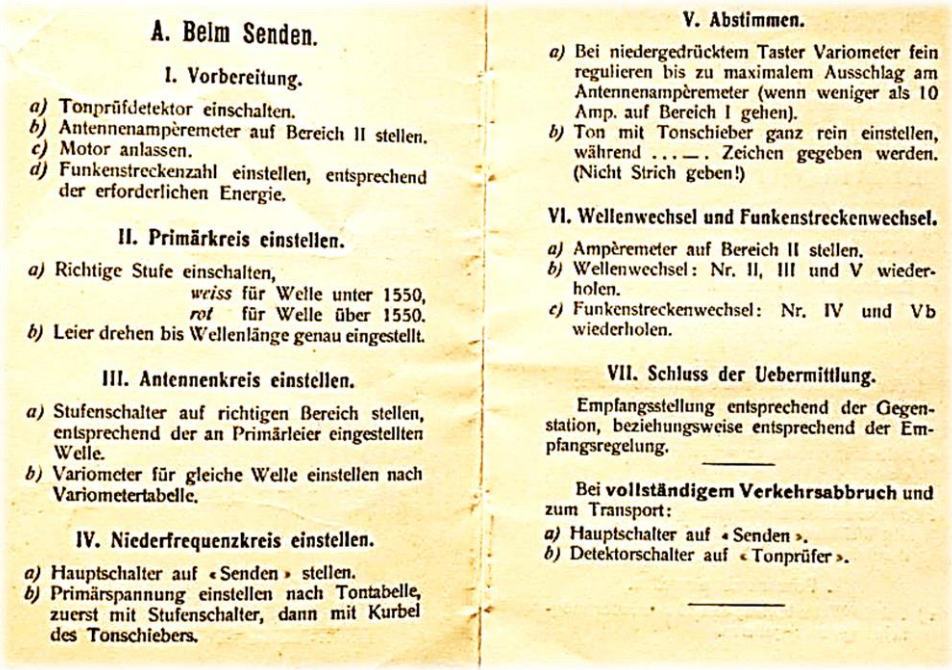


Erste 3 kW-Löschfunkenstation (Umbau) im Einsatz bei Grosshöchstetten 1914

Bedienung:

Extrakt aus *«Einstellung der Sende- und Empfangsapparate 1915». Erstes Reglement zur Bedienung von Löschfunkensendern mit Detektorempfänger der Schweizerarmee.*
Mit der Bezeichnung *„II. Primärkreis“* wird im elektrischen Schema des Löschfunkensenders F.S.14/16 der **Stosskreis** bezeichnet! Als *„Leier“* oder *„Primärleier“* sind Handkurbeln gemeint. In *„IV. Niederfrequenzkreis“* ist im gleichen elektrischen Schema F.S.14/16 der **Primärkreis** (100V/500 Hz) angesprochen.

Uniform von 1915
(aus Bestand Uof-Verein 1861 Uster/ZH)



A. Beim Senden.

I. Vorbereitung.

a) Tonprüfdetektor einschalten.
b) Antennenampèremeter auf Bereich II stellen.
c) Motor anlassen.
d) Funkenstreckenzahl einstellen, entsprechend der erforderlichen Energie.

II. Primärkreis einstellen.

a) Richtige Stufe einschalten,
weiss für Welle unter 1550,
rot für Welle über 1550.
b) Leier drehen bis Wellenlänge genau eingestellt.

III. Antennenkreis einstellen.

a) Stufenschalter auf richtigen Bereich stellen, entsprechend der an Primärleier eingestellten Welle.
b) Variometer für gleiche Welle einstellen nach Variometertabelle.

IV. Niederfrequenzkreis einstellen.

a) Hauptschalter auf «Senden» stellen.
b) Primärspannung einstellen nach Tontabelle, zuerst mit Stufenschalter, dann mit Kurbel des Tonschiebers.

V. Abstimmen.

a) Bei niedergedrücktem Taster Variometer fein regulieren bis zu maximalem Ausschlag am Antennenampèremeter (wenn weniger als 10 Amp. auf Bereich I gehen).
b) Ton mit Tonschieber ganz rein einstellen, während . . . — . Zeichen gegeben werden. (Nicht Strich geben!)

VI. Wellenwechsel und Funkenstreckenwechsel.

a) Ampèremeter auf Bereich II stellen.
b) Wellenwechsel: Nr. II, III und V wiederholen.
c) Funkenstreckenwechsel: Nr. IV und Vb wiederholen.

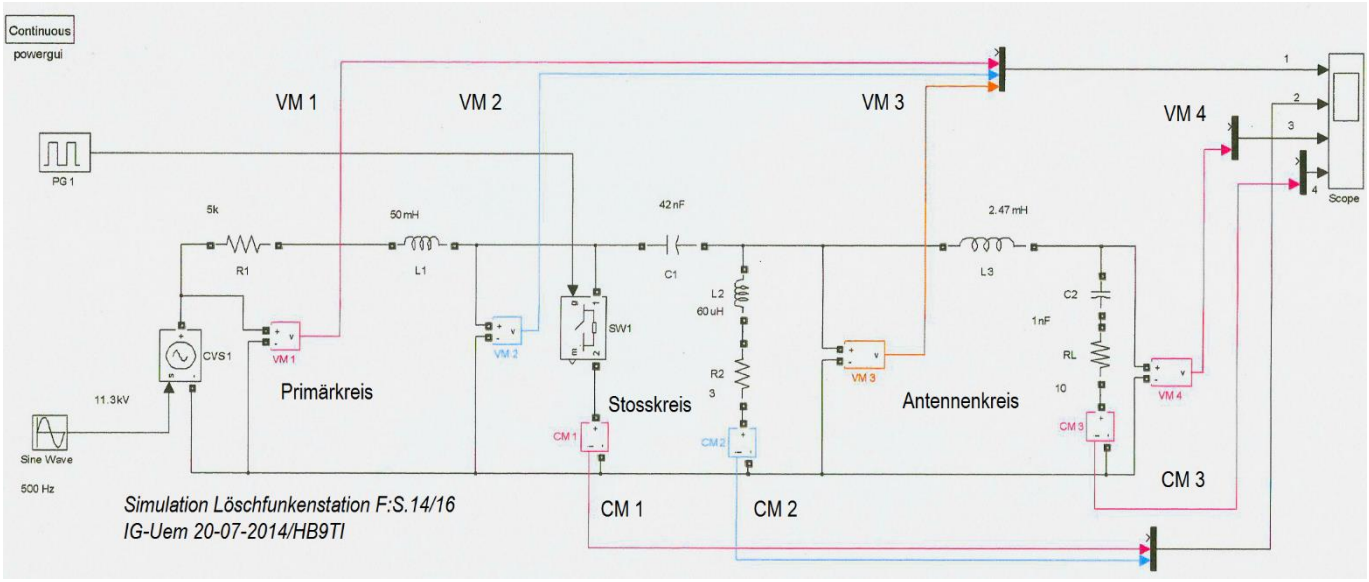
VII. Schluss der Uebermittlung.

Empfangsstellung entsprechend der Gegenstation, beziehungsweise entsprechend der Empfangsregelung.

Bei **vollständigem Verkehrsabbruch** und zum Transport:
a) Hauptschalter auf «Senden».
b) Detektorschalter auf «Tonprüfer».

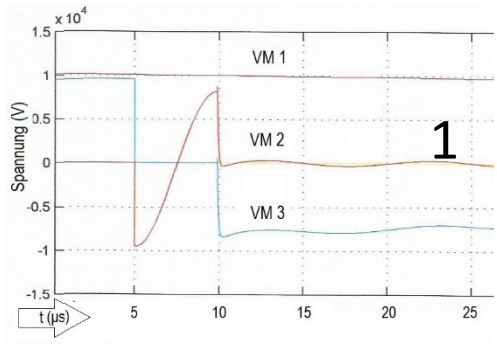
Simulation:

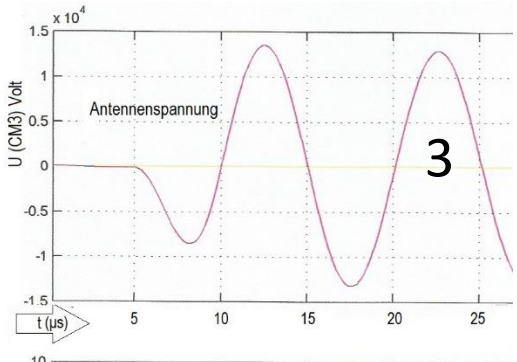
Mittels PC-Programm für die Simulation der Wirkungsweise von elektrischen Schaltungen wurde das Schaltschema und die elektrischen Werte der Löschfunkenstation F.S. 14/16 untersucht.

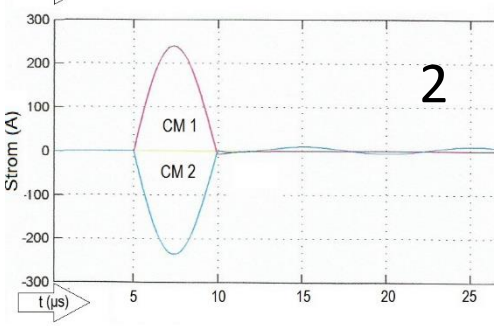


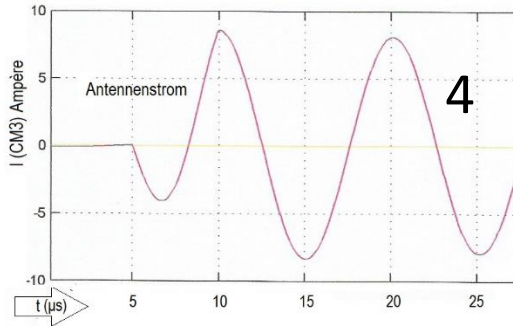
Elektrisches Schema der Simulation des Löschfunkensenders F.S. 14/16
(die elektrischen Werte der Induktivitäten L und Kapazitäten C als auch der Antenne, wurden für eine Wellenlänge von ca. 3000 m resp. 100 kHz gewählt).

Als primäre Hochspannungs-Wechselstromquelle (CVS1) wurde eine sinusförmige Spannung (500 Hz) von 11.3 kV angenommen. Das Element SW1 (Ersatz der Funkenstrecke) wurde so getastet, dass dieses kurz vor dem Erreichen des Scheitelwertes der Hochspannung leitend wurde (Simulation eines „idealen“ Funkenüberschlags). Bei dieser Zündung zeigt Diagramm 1 den typischen Verlauf der Spannungen im Stosskreis und Diagramm 2 den entsprechenden Verlauf der Ströme. Durch den Stosskreis angeregt, startet im Antennenkreis eine gedämpfte Schwingung mit den Spannungs-und Stromwerten in Diagramm 3 und 4.

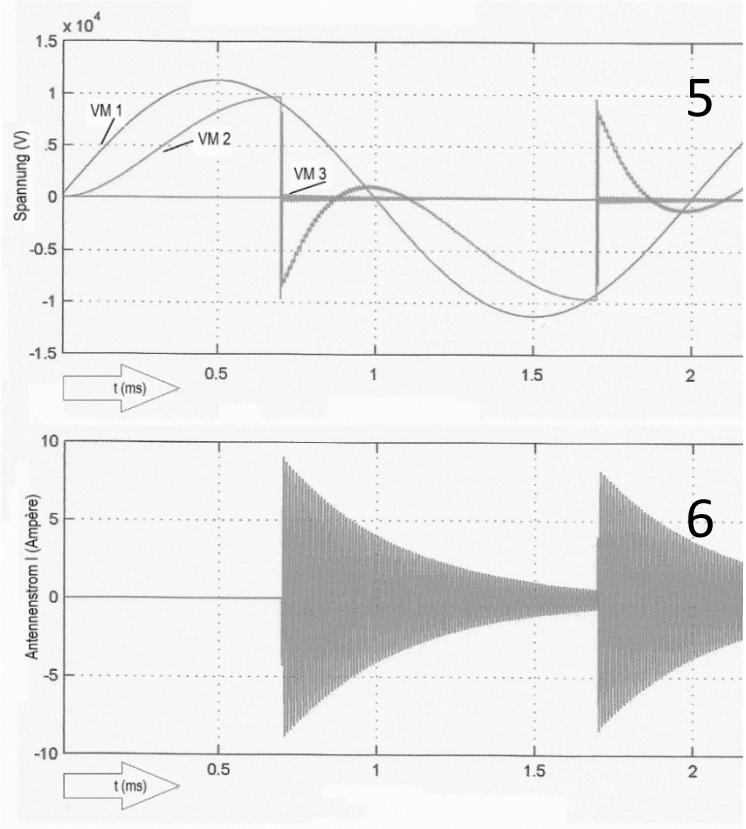








Die Diagramme 5 und 6 haben einen vergrösserten Zeitmassstab und zeigen die Signalfolge bei eingeschwungenem Zustand des Systems.
In Diagramm 6 erkennt man die Folge der sehr **s**auberen, gedämpften Schwingungen in einer exakten Folge von 1 kHz, also eine hörbare Ton-Frequenz.



Die in der Simulation angenommenen Werte der L und C-Glieder in Stoss- und Antennenkreis zeigen je eine Resonanz bei ca. 100 kHz

Die Simulation zeigt, dass Löschfunkensysteme der damaligen Zeit eine grossartige Leistung der Ingenieure darstellen. Insbesondere wenn man bedenkt, dass keine Messinstrumente wie Oszilloskope oder empfindliche hochohmige Voltmeter zur Verfügung standen. Auch gab es wenig Literatur über die Ausbreitung von elektromagnetischen Schwingungen.
(Ausbreitungsversuche von Dr. Edouard Banderet in Festschrift *«100 Jahre Funkwesen»*)

Tonerzeugung für „tönende Funken“ mit modernen elektrischen Komponenten

IG-Uem „Ustertag“ 2014 Demo Löschfunken

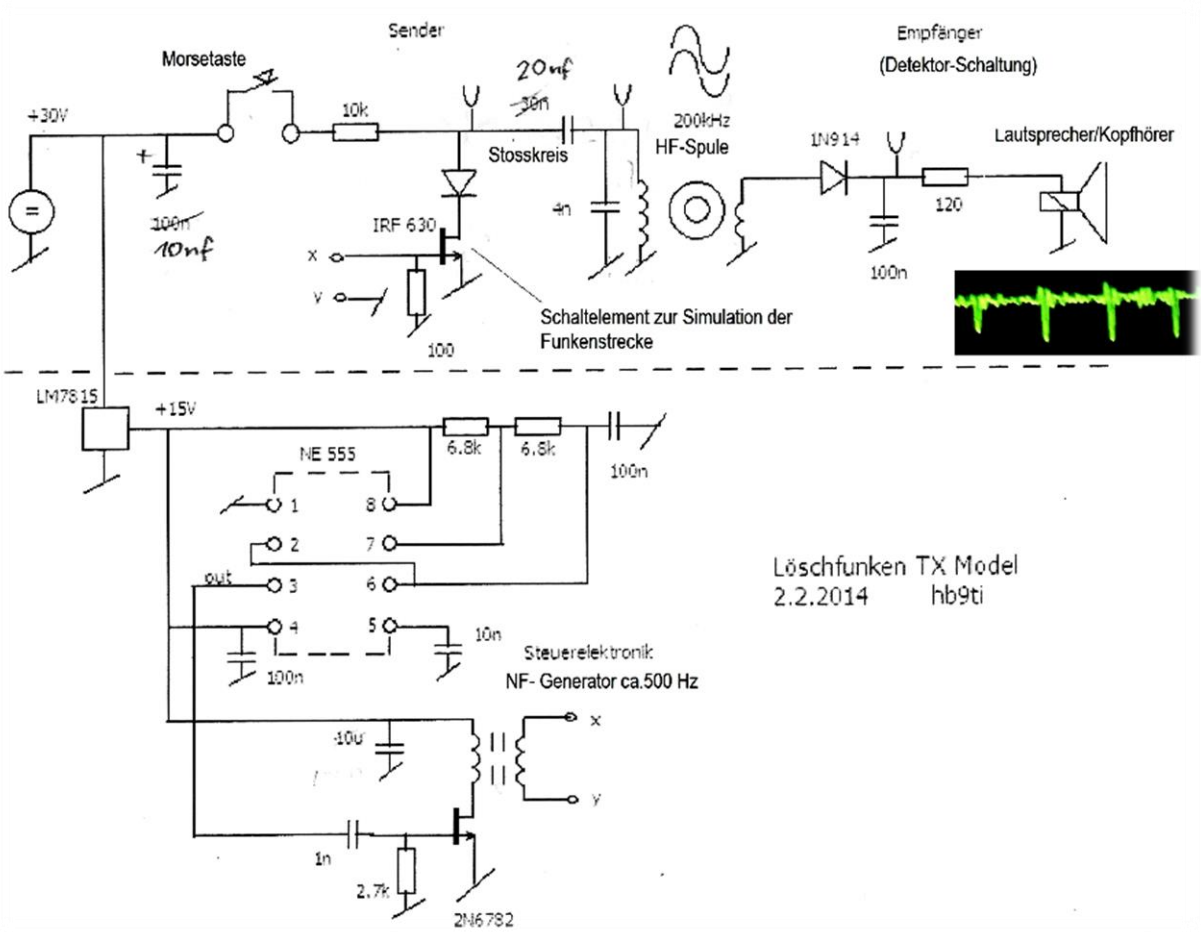
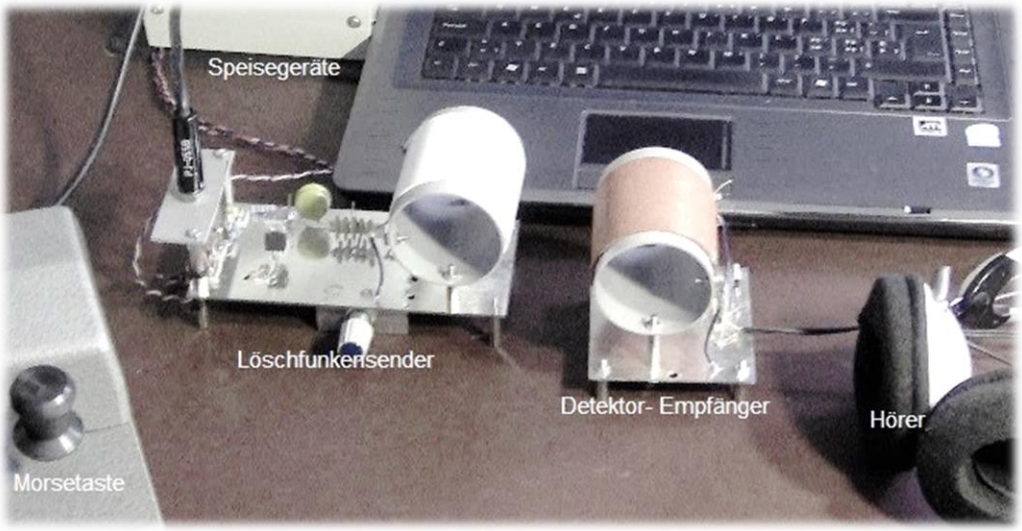
Um den Besuchern am Ustertag 2014 auch die viel zitierten tönenden Funken hörbar zu machen hat IG-Uem Mitglied Göpf Irminger mit modernen Komponenten eine entsprechende Schaltung aufgebaut (Foto). Die im Schema der Simulation erzeugte Hochfrequenz von ca. 200 kHz wurde mit einer einfachen Hochfrequenz-Senderschaltung auf eine herkömmliche Detektorschaltung drahtlos übertragen. Beim Tasten des Sendesignals mit Morsezeichen gelangten so die «tönenden Funken» nach über 100 Jahren Ruhe erneut über Hörer oder Lautsprecher zu den Besuchern!

Danke:
als Autor dieses Dokuments danke ich den folgenden Stellen für Mithilfe und Gestaltung:
Kernteam Kommandofunk: Göpf Irminger, (Simulationsprogramme), Walter Widmer, Kurt Gloor, Hermann Waldvogel und Walter Meier.
HAMFU Uster: Jürg Bär und Res Neiger für die Bereitstellung der F.S.14/16 und zur Beschaffung diverser Literatur über Löschfunkensender und deren Funktionsweise.
Fredi Egger, IG Uem, für die Aufbereitung des Live-Mitschnitts unserer Präsentation am Ustertag 2014

Werner Gebauer

Anhang:

a) Schema und Hardware für Tonerzeugung von Löschfunken Sound MP3



b) Hardware für Löschfunkensender Modell (Göpf Irminger HB9TI)