

Die interessante Schaltung:

## Elektrische Druckknopfabstimmung, insbesondere der AEG- und Telefunken-Empfänger vor 1940

Von *Hermann Freudenberg*, GFGF, Netphen. 1993

Vom Autor im Januar 2002 bearbeitet für <http://www.radiomuseum.org/>

### Teil 1

#### **Einführung**

*R. Walz* hat schon vor 10 Jahren in [42] über die deutschen Geräte mit automatischer Senderwahl der Vorkriegszeit berichtet; diese Geräte sind in Tab. 1 noch einmal in Tabellenform beschrieben.

Über die anglo-amerikanischen Entwicklungen und Geräte gibt es eine umfangreiche Literatur, z.B. [19; 27; 33; 38; 39; 46; 47]. Nachdem auch hier zunächst nur die „Deluxe“-Modelle mit Stationstasten ausgerüstet wurden, brachten 1937 fast alle amerikanischen Firmen preiswerte Geräte mit diesem „feature“ [19].

Der fünfte Band der „Fortschritte der Funktechnik“ von 1940 berichtet ausführlich über die deutschen Geräte mit Druckknopfabstimmung des Jahrgangs 1939/40 [24].

An dieser Stelle soll über konstruktive Probleme und ihre Lösungen bei Geräten mit Stationstasten und elektrischer Abstimmung der Vorkriegszeit berichtet werden, insbesondere der AEG- und Telefunken-Modelle; die Theorie wird durch Messergebnisse an den Geräten AEG 709 WK, Mende 240 WDK und Sachsenwerk 402 WK vertieft.

Fabrikat	Typ	Neuh.-T.	Abstimmung Vorkreis	O.-Kreis	Scharfabstimmung	Anzahl Tasten	Sondereinstellung	Antennenkopplung	Literatur
Kramolin	53 Druckknopf-Automat	1928	/.	C	n	20	v. Herst. fest eingest.		[3, S. 142], [18, S. 99], [32, S. 273], [44]
Neufeldt & Kuhnke	Nordmark-Super	1936	C	C	n			Telefonwählscheibe	[43], [18, S. 101], [9, S. 60]
Körting	SB 7440 W Transmare 38	1937	Mo	tor	Reaktanzsch. AB2/AF3	20			[22, S. 19, 200]
Saba	980 WLK	1937	Mo	tor	Motorregelung m. AB2/2xAF7			Kein Mag. Auge wg. Scharfabstimmung.	[22, S. 19, 186], [10, S. 27]
Blaupunkt	11 W 78	1938	Mo	tor	Reaktanzsch. EF11/EB11/EF12	8			[23, S. 188]
Körting	Transmare 38 W	1938	Mo	tor	Reaktanzsch. EF11/EB11/EF12	20			[12, S. 75]
Mende	595 W	1938	C	C	n	9	Schr.-Dreher, vorne	wie Drehkobetrieb	[23, S. 159]
Philips	D 58 Aachen	1938	Mo	tor	n	10?			[12, S. 77]
Radione	6039	1938	Mo	tor	Reaktanzsch. 2xSlnitor/EF6	20			[12, S. 77]
AEG	879 WK	1939	L	L	n	6	ohne, vorne	kapaz. Stromkoppl. 3 nF	[17], [24, S. 30], [29], [31]
AEG	709 WK Orchester	1939	L	L	n	7	ohne, vorne	kapaz. Stromkoppl. 3 nF	[17], [24, S. 30], [25], [31]
Blaupunkt	11 W 79	1939	Mo	tor	Reaktanzsch. EF11/EB11/EF12	6			[13, S. 4], [24, S. 39]
Blaupunkt	7 W 79 D	1939	L	L	n	7	ohne, vorne	kapaz. Stromkoppl. 10 nF	[13, S. 4], [24, S. 39]
Blaupunkt	8 W 79	1939	L	L	n	7	ohne, vorne	kapaz. Stromkoppl. 10 nF	[13, S. 9], [24, S. 34]
Graetz	51 (G)WT	1939	L	L	n	8	ohne, vorne	induktiv	[13, S. 11], [24, S. 54, 55]
Ingelen	40 W Gigant	1939	Mo	tor	n	10	Reiter, Rückseite	wie Drehkobetrieb	[13, S. 13]
Körting	40 WK Dominus	1939	L	L	Reaktanzsch. EB11/EF13	10		kapazitiv	[13, S. 13]
Körting	40 WK Transmare	1939	Mo	tor	Reaktanzsch. EB11/EF11	20			[13, S. 13]
Körting	40 (G)WK/Amatus	1939	L	L	n	8		kapazitiv 50 pF	[13, S. 13]
Loewe	740 W Opta	1939	L	L	n	7		kapaz. Stromkoppl. 5 nF	[13, S. 13]
Lorenz	340 W/II	1939	L	L	n	8		kapaz. Stromkoppl. 5 nF	
Mende	218 (G)WDK	1939	C	L	n	6	Schr.-Dreher, vorne	wie Drehkobetrieb	[13, S. 17], [24, S. 44]
Mende	240 WDK	1939	C	L	n	6	Schr.-Dreher, vorne	wie Drehkobetrieb	[13, S. 17]
Mende	330 WDK	1939	C	L	n	6	Schr.-Dreher, vorne	wie Drehkobetrieb	[13, S. 17], [24, S. 44]
Nora	W 89 Dux II	1939	Mo	tor	n	8	ohne, vorne		[13, S. 20], [24, S. 52]
Philips	D 62 Aachen	1939	mecha	nisch	n	6	ohne, vorne		[13, S. 21], [24, S. 48]
Philips	D 63 Aachen	1939	Mo	tor	n	8			[13, S. 21]
Sachsenwerk	402 WK Olympia	1939	L	L	n	6	Schr.-Dreher, vorne	kapaz. Stromkoppl. 5 nF	[13, S. 23]
Sachsenwerk	405 W Olympia	1939	L	L	n	8	Schr.-Dreher, vorne	kapaz. Stromkoppl. 5 nF	13, S. 23], [24, S. 20]
Siemens	94 (G)W	1939	mecha	nisch	n	6	ohne, vorne		[13, S. 25], [24, S. 48]
Staufurt	600 (G)WK Imperial	1939	mecha	nisch	n	8			13, S. 28], [24, S. 51]
Tefag	150 W/All Tefadyn	1939	L	L	n	6		kapaz. Stromkoppl. 5 nF	[13, S. 28]
Tefag	340 WVI	1939	L	L	n	8		kapaz. Stromkoppl. 5 nF	[13, S. 28]
Telefunken	D 750 (G)WK	1939	L	L	n	6	spezieller		[17], [24, S. 30], [25], [31]
Telefunken	D 770 WKK	1939	L	L	n	7	} Steck-	} kapazitive	[17], [24, S. 30], [25], [31]
Telefunken	D 860 WK	1939	L	L	n	9	} Schlüssel,	} mit 3nF	[17], [24, S. 30], [25], [31]
Telefunken	D 760 WK	1939	L	L	n	7	} vorne	} der Drucktasten	[17], [24, S. 30], [25], [31]

Tabelle 1: Rundfunkempfänger mit automatischer Senderwahl 1928 bis 1939

## 1. Sinn der Stationstasten

Von Anfang an war es das Ziel der Konstrukteure, die Bedienung der Rundfunkempfänger zu erleichtern. Mit wachsender Trennschärfe und Qualitätssteigerung der Sender und wachsenden Qualitätssteigerungen der Empfänger (Trennschärfe, Bandbreite, Klirrfaktor) wurde eine immer genauere Abstimmung der Empfänger auf Bandmitte notwendig, um die technisch mögliche Wiedergabegüte auch sicherzustellen.

Da war es naheliegend, den Abstimmvorgang auf das Drücken einer einzigen Taste zu reduzieren und an Stelle des stetig einstellbaren Drehkondensators mit den Tasten Festkondensatoren einer Induktivität parallel zu schalten [30]. Die Firma Kramolin hat 1928 mit dem Typ 53 diesen Gedanken mit Drucktasten für 20 (!) Sender aufgegriffen [42], [44]. Scheinbar blieb der Konstruktion jedoch der technische bzw. wirtschaftliche Erfolg versagt, denn das Gerät wurde im Folgejahr nicht mehr angeboten, und das System wurde auch nicht von anderen Firmen übernommen. Wie im folgenden gezeigt wird, war die Zeit für diese Technik noch nicht reif.

## 2. Bedeutung einer konstanten Oszillatorfrequenz

Beim Überlagerungsempfänger wird die Trennschärfe im wesentlichen durch die Zwischenfrequenzkreise bestimmt. Die korrekte Abstimmung auf Bandmitte ist deshalb von der genauen und zeitkonstanten Einhaltung der Oszillatorfrequenz abhängig. Diese wird insbesondere beeinflusst durch Temperaturabhängigkeit und Alterung der Induktivitäten und Kondensatoren; der Temperaturkoeffizient der üblichen Bauelemente ist positiv, manche Bauelemente zeigen außerdem ausgeprägte Alterungserscheinungen mit Hystereseverhalten und Irreversibilitäten, z.B. Glimmerkondensatoren (Abb.1).

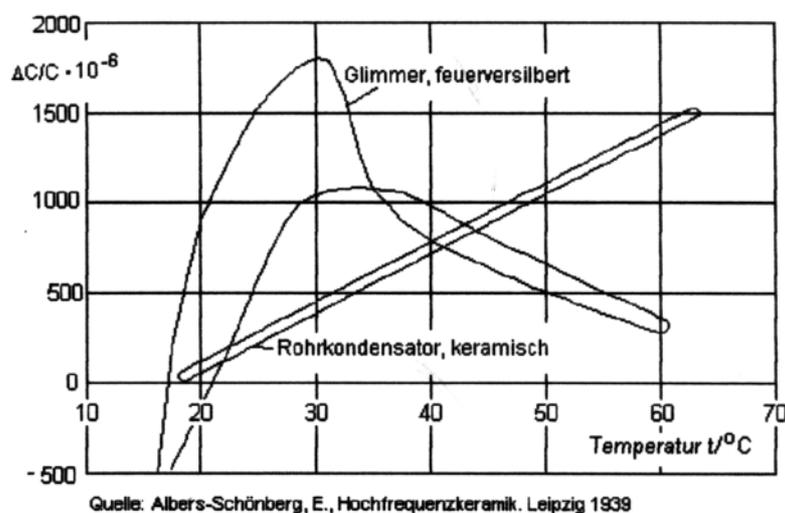


Abb. 1: Temperaturgang der Kapazität eines Glimmer- und eines keramischen Kondensators [15]

Die Untersuchung der Problematik sei auf die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von Temperatur und Alterung der Induktivität und des Kondensators des Oszillatorschwingkreises beschränkt; andere Einflüsse, z.B. Röhrenalterung, Regel-, Heiz- und Anodenspannung, sollen hier nicht untersucht werden, da diese Einflüsse im LW- und MW-Bereich gering sind.

Für die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises gilt:

$$2 \cdot \pi \cdot f_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = (L \cdot C)^{-1/2} \quad (1)$$

Temperaturabhängigkeit und temperaturbedingte Alterung der Bauelemente werden durch die Temperatur (TK)- und Alterungs (A)-Koeffizienten beschrieben:<sup>1</sup>

$$L(t) = L \cdot [1 + (TK_L + A_L) \cdot t] \quad (2)$$

$$C(t) = C \cdot [1 + (TK_C + A_C) \cdot t] \quad (3)$$

Dabei bezeichnet t die Temperatur. (2) und (3) eingesetzt in (1):

$$2 \cdot \pi \cdot f_0(t) = \{L \cdot C \cdot [1 + (TK_L + A_L) \cdot t] \cdot [1 + (TK_C + A_C) \cdot t]\}^{-1/2} \quad (4)$$

Mit

$$TK_L \cdot t \ll 1 ; TK_C \cdot t \ll 1 ; A_L \cdot t \ll 1 ; A_C \cdot t \ll 1 \quad (5)$$

wird

$$2 \cdot \pi \cdot f_0(t) = \{L \cdot C \cdot [1 + (TK_L + TK_C + A_L + A_C) \cdot t]\}^{-1/2} \quad (6)$$

$$2 \cdot \pi \cdot f_0(t) = (L \cdot C)^{-1/2} \cdot [1 + (TK_L + TK_C + A_L + A_C) \cdot t]^{-1/2} \quad (7)$$

$$\Delta f(t) \approx f_0 \cdot 1/2 \cdot (TK_L + TK_C + A_L + A_C) \cdot t \quad (8)$$

Aus (8) ergibt sich, dass die absolute Frequenzänderung um so höher ist, je höher die Oszillatorfrequenz ist, und dass die Resonanzfrequenz nur dann von der Temperatur t unabhängig ist, wenn beide Temperatur- und Alterungskoeffizienten dem Betrage nach gleich groß sind und der eine Koeffizient ein positives, der andere ein negatives Vorzeichen hat. Bis Anfang der 30er Jahre waren jedoch Bauelemente mit negativem Temperaturkoeffizienten kaum bekannt; der Einfluss der Alterung lässt sich, da sie meist hysteresebefahet und irreversibel ist, praktisch nur vermeiden, indem man Bauelemente konstruiert, bei denen die Alterung vernachlässigt werden kann.

<sup>1</sup> Seit 02.07.1975 ist die Bezeichnung „grad“ keine gesetzliche Bezeichnung mehr für die Basiseinheit K (Kelvin) der Temperatur; sie wird hier jedoch für Temperaturen und Temperaturdifferenzen in Verbindung mit C (Celsius) anstelle von K benutzt, um in Verbindung mit dem historischen Thema die moderne wissenschaftliche Einheit zu vermeiden, t = Celsiustemperatur

Die Temperaturdrift für eine Temperaturänderung von 10 grad<sup>2</sup> soll für übliche Zylinderpulen und Kondensatoren (Glimmer) der 20er Jahre abgeschätzt werden:

$$\Delta t = 10 \text{ grad}$$

$$f_0 = 1 \text{ MHz}$$

$$TK_L = + 60 \cdot 10^{-6}/\text{grad} \quad [15, \text{ S. } 127]$$

$$TK_C = + 60 \cdot 10^{-6}/\text{grad} \quad [15, \text{ S. } 127]$$

$$A_L = + 300 \cdot 10^{-6}/\text{grad} \quad (\text{mit } [15, \text{ S. } 127] \text{ geschätzt})$$

$$A_C = + 100 \cdot 10^{-6}/\text{grad} \quad [15, \text{ S. } 139]$$

Mit diesen Daten erhält man mit Formel (8) bei  $\Delta t = 10$  grad Temperaturänderung und bei einer Frequenz  $f_0 = 1$  MHz eine Frequenzänderung von 2,6 kHz bzw. einen Temperaturkoeffizienten der Frequenz von  $TK_{f_0} = 260$  Hz/grad! Bei 10 grad Temperaturänderung entspricht diese Frequenzänderung mehr als der halben NF-Bandbreite von 4,5 kHz, so daß man sich vorstellen kann, dass der Kramolin Typ 53 kein Verkaufserfolg werden konnte.

### 3. Wie kann die Oszillatorfrequenz stabilisiert werden?

Die genaue Einhaltung der Bandmittenfrequenz wurde zunächst durch automatische Scharabstimmung mit Hilfe einer Reaktanzschaltung (Blaupunkt: 11 W 78, 11 W 79; Körting: Transmare 38, 39 W, 40 WK, Dominus 40 WK; Radione: 6039) gewährleistet; es kann angenommen werden, dass dieser große Aufwand (2 bis 3 Röhren!) getrieben wurde, weil man anders die Drift der Oszillatorfrequenz sowohl bei motorischer wie bei elektrischer Sendereinstellung nicht beherrschte.

Für das Massengeschäft war diese Technik natürlich nicht brauchbar. Hier brauchte man stabile Oszillatoren ohne zusätzliche Regelschaltung. Mende versuchte 1938 mit dem 595 W erneut die elektrische Sendereinstellung durch das Anschalten von Trimmern anstelle des Drehkondensators im Oszillatorkreis, änderte dann aber 1939 die Schaltungstechnik derart, dass beim Oszillator im Mittelwellenbereich bei Tastenwahl einstellbare Induktivitäten einem Festkondensator parallel geschaltet wurden; bei Langwelle blieb es beim kapazitiven Trimmer. Die induktive Abstimmung wurde 1939 von allen deutschen Gerätebauern bei Drucktastengeräten mit elektrischer Abstimmung angewendet.

---

<sup>2</sup> Seit 02.07.1975 ist die Bezeichnung „grad“ keine gesetzliche Bezeichnung mehr für die Basiseinheit K (Kelvin) der Temperatur; sie wird hier jedoch für Temperaturen und Temperaturdifferenzen in Verbindung mit C (Celsius) anstelle von K benutzt, um in Verbindung mit dem historischen Thema die moderne wissenschaftliche Einheit zu vermeiden,  $t =$  Celsiustemperatur

Für diese Schaltungstechnik gab es drei Gründe:

1. Vorkreis und Oszillatorkreis sollen gleichzeitig abgestimmt werden, damit der Gerätebenutzer die Sendereinstellung selbst ohne Hilfe vornehmen kann; entsprechender Gleichlauf muss gewährleistet sein. Kleine Zweifachdrehkondensatoren, die sich im Tastenraster konstruktiv unterbringen ließen, standen in den 30er Jahren noch nicht zur Verfügung. Baulich ließ sich diese Forderung nur mit Spulen und Permeabilitätsabstimmung erfüllen [31].
2. Mit jeder Taste soll ein möglichst großer Teil des Empfangsbereichs einstellbar sein. Auch diese Forderung ließ sich damals auf dem zur Verfügung stehenden Raum (Tastenraster!) nur mit Spulen und nicht mit einstellbaren Kondensatoren erfüllen [31].
3. Kondensatoren mit definierten positiven und negativen Temperatur- und gegen Null gehenden Alterungskoeffizienten ließen sich nur als keramische Festkondensatoren herstellen.

Die Permeabilitätsabstimmung auf engem Raum war möglich geworden durch die Entwicklung der eisenhaltigen Massekerne.

Damit war durch die neuen Hochfrequenzwerkstoffe - Massekern und keramisches Dielektrikum - die Zeit reif geworden für preisgünstige Geräte mit Druckknopfabstimmung. Eine große Verbreitung erfuhren die Geräte der Saison 1939/40 jedoch nicht mehr: der Krieg ließ die Fertigungsbänder für Konsumartikel stillstehen, nach dem Krieg gab es außer fürs Auto keinen Bedarf mehr an Stationstasten im LW- und MW-Bereich. Einzelne Geräte wurden noch mit Stationstasten gebaut, z.B. 1950 Metz Hawaii mit Tasten für 4 AM-Festsender, 1953 Nordmende Othello und Philips Uranus mit zweitem Drehko für den MW-Ortssender.

#### **4. Hochfrequenzkeramik**

1931 begann die wissenschaftliche Erforschung und Entwicklung der Hochfrequenzkeramik [15] als Dielektrikum für Kondensatoren, Wickelkörper für Spulen und als allgemeiner verlustarmer Isolierstoff der Hochfrequenztechnik. Bei diesen Untersuchungen fand man neben der großen Dielektrizitätskonstanten „eine weitere merkwürdige Eigenschaft“ [15, S. 17] des Titandioxyds (Rutil): „die Dielektrizitätskonstante hat einen negativen Temperaturgang“. Nachdem diese Eigenschaft zunächst als Mangel empfunden wurde [15], erkannte man bald, dass sich mit diesem Material der positive Temperaturgang anderer

Bauelemente kompensieren ließ, so dass man nun in der Lage war, temperaturstabile Schwingkreise herzustellen. Mindestens ebenso entscheidend für die weitere Entwicklung war, dass man nicht nur definierte Dielektrizitätskonstanten mit definierten positiven oder negativen Temperaturkoeffizienten reproduzierbar herstellen konnte, sondern dass die neuen Werkstoffe praktisch auch keine Alterung zeigten [15, S. 139, 141]. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die damals in den Handel gebrachten keramischen Dielektrika. Über die Alterung werden in der angegebenen Literatur - sicher wegen der Vernachlässigbarkeit - keine Angaben gemacht.

Handelsname	TK/10-ε/grad	Hersteller	Markteinführung
Condensa N	-340 ... -380	Hescho	1933
Condensa C	-700 ... -740	Hescho	1933
Kerafar Ru.S	-600 ... -700	Stemag	1933
Kerafar Tu.U	-400 ... -600	Stemag	1936
Condensa F	-700 ... -740	Hescho	1937
Tempa N	-20 ... -40	Hescho	1933
Kerafar V	-100	Stemag	
Tempa S	+30 ... +50	Hescho	1933
Diakond	+50	Stemag	1933
Calit	+120 ... +160	Hescho	1933
Calan	+120 ... +160	Hescho	

Tabelle 2: Keramische Dielektrika

Für den resultierenden Temperaturkoeffizienten zweier in Reihe bzw. parallel geschalteter Kondensatoren gilt [15, S. 148]:

$$\text{Parallelschaltung} \quad \text{TK}_p = \frac{C_1 \cdot \text{TK}_1 + C_2 \cdot \text{TK}_2}{C_1 + C_2} \quad (9)$$

$$\text{Reihenschaltung} \quad \text{TK}_r = \frac{C_1 \cdot \text{TK}_2 + C_2 \cdot \text{TK}_1}{C_1 + C_2} \quad (10)$$

Damit lassen sich durch die Kombination von Kondensatoren mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten innerhalb der durch die Ausgangsmaterialien gegebenen Grenzen beliebige resultierende Temperaturkoeffizienten realisieren.

## 5. Massekerne

Parallel mit der Entwicklung der keramischen Dielektrika erfolgte die Entwicklung der Massekerne für Induktivitäten im LW-, MW- und Kurzwellenbereich [26],[41]; praktisch angewendet wurden sie seit 1934. Der Ferrocart-Spule von Vogt (Gemenge von Eisenpulver und Lack, aufgestrichen auf Papierbahn) folgten sehr bald die gepressten Massekerne, die durch Formpressen von in einem Bindemittel homogen verteilten Pulver aus Eisen oder Eisenlegierungen hergestellt wurden [20]. Sie wurden u.a. unter den Namen Sirufer (Siemens), Draloperm (Dralowid), Ferrowunder, Prehferrum, Ferronith bekannt [20],[35],[40]. Die Eigenschaften der Massekerne (Permeabilität, Verluste, Alterungsbeständigkeit, Temperaturkoeffizient) hängen entscheidend von den Herstellungsparametern (Eisenpulver, Isoliermittel, Bindemittel, Pressdruck, Formgebung) ab; z.B. führen Risse zu thermischen Instabilitäten und irreversiblen Änderungen der Permeabilität. Einfache Formen (z.B. kurze, glatte Zylinder ohne Gewinde) und hoher Pressdruck liefern stabile Massekerne. Durch verschiedene Eisenpulver konnten Temperaturkoeffizienten der Permeabilität zwischen  $+400 \cdot 10^{-6}/\text{grad}$  und  $-20 \cdot 10^{-6}/\text{grad}$  erzielt werden [28].

In [35, S. 255] wird eine wirksame Permeabilität von maximal 5 und ein negativer Temperaturkoeffizient der Induktivität von

$$TK_{\text{LMK}} \approx -50 \cdot 10^{-6}/\text{grad} \quad (11)$$

angegeben.

## 6. Gleichlauf von Vorkreis und Oszillatorkreis

Die Abstimmbereiche der Stationstasten entsprechen bei dem AEG-Orchester-Super einem Frequenzverhältnis von etwa 1 : 1,9 (Abb. 2); bei diesem Frequenzverhältnis kann der Gleichlauf zwischen Antennen- und Oszillatorkreis nicht mehr vernachlässigt werden, um eine gleichmäßige Empfindlichkeit über das ganze Frequenzband einer Taste zu gewährleisten. Bei der gemeinsamen induktiven Abstimmung von Antennen- und Oszillatorkreis durch Verschieben der Spulenkern gibt es verschiedene Möglichkeiten, den Gleichlauf mehr oder weniger genau zu erzwingen [32], [38]:

- verschiedene Formfaktoren der Kerne (z. B. Graetz 51 T [24, S.43])
- verschiedene Formfaktoren der Spulen (z.B. Blaupunkt 7W79D [24, S.39])
- Kerne unterschiedlicher Permeabilität
- gleiche Formfaktoren, Kerne gleicher Permeabilität und „Padding“-Induktivität

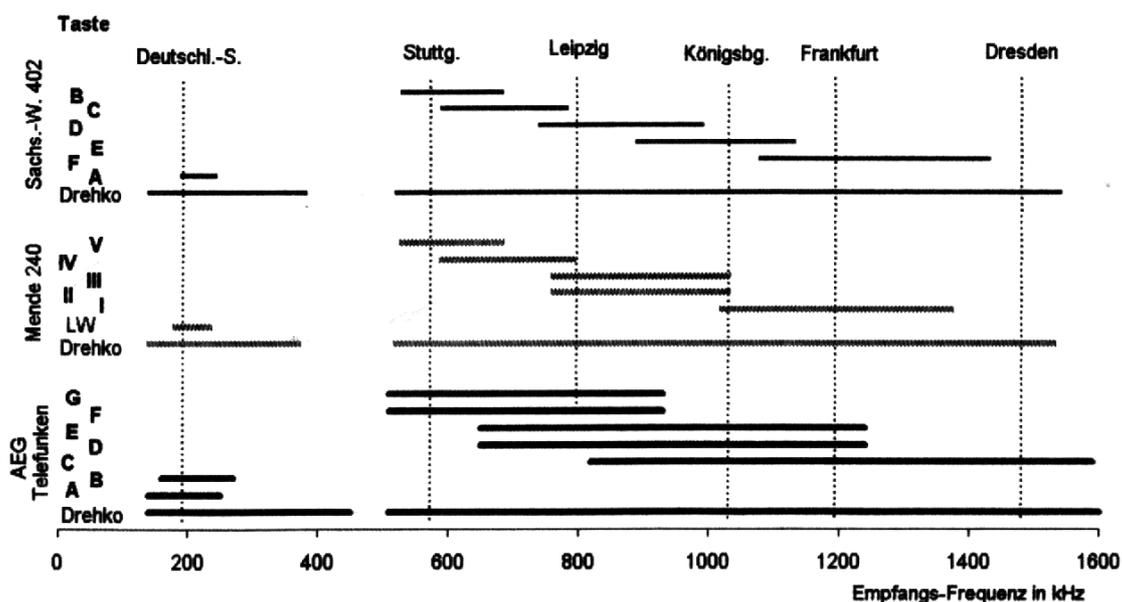


Abb 2: Bereiche einstellbarer Empfangsfrequenzen

AEG bzw. Telefunken verwendeten bei den Geräten 679 und 709 WK bzw. D 750, 760, 770 und 860 (G)WK die gleiche Schaltungstechnik mit Padding-Induktivität. Sie wird bereits in [27] und [38] angegeben. Der Verkürzungs- („Padding“-) Kondensator [32, S.351 ff], [36] ist beim Überlagerungsempfänger mit Mehrfachdrehkondensator das übliche Mittel, um zwischen Vorkreis und Oszillatorkreis Zwei- oder Dreipunktgleichlauf zu erzielen. In dem Schwingkreis „a“ der Abb. 3 besteht die wirksame Schwingkreiskapazität aus der Reihenschaltung der Kapazitäten  $C_p$  und  $C_a$  mit der Gesamtkapazität  $C$ :

$$C = \frac{C_p \cdot C_a}{C_p + C_a} \quad (12)$$

Entsprechend gilt für die Parallelschaltung der Induktivitäten des Schwingkreises „b“:

$$L = \frac{L_p \cdot L_a}{L_p + L_a} \quad (13)$$

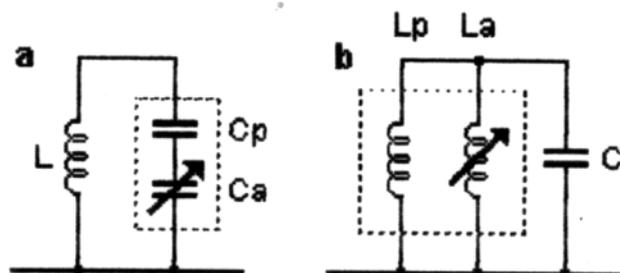


Abb. 3: Padding-Kondensator – Padding-Induktivität

Man erkennt die formale Ähnlichkeit der beiden Formeln, die darauf schließen läßt, daß eine Parallelinduktivität bei induktiver Abstimmung die gleiche Wirkung hat wie eine in Serie geschaltete Kapazität bei kapazitiver Abstimmung.

Entsprechend ersetzt bei der Induktivitätsabstimmung die Serieninduktivität  $L_t$  den Parallel-  
Trimmer  $C_t$  bei kapazitiver Abstimmung (Abb. 4) [27],[31].

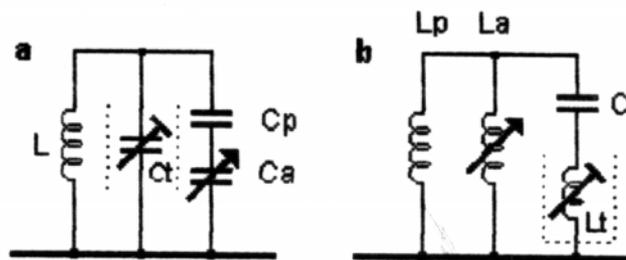


Abb. 4: Trimmer

Abb. 5 zeigt das Prinzip der Oszillatorschaltung im MW-Bereich bei den AEG- bzw. Telefunken-Geräten für Tastenbetrieb: Die kapazitive Dreipunktschaltung ist gewählt, weil in dieser Schaltung ein Kontakt je Taste für die Umschaltung der Oszillatorfrequenz genügt [38]. S. auch [48, S. 48].

## 7. Frequenzstabilität des Oszillators bei den AEG- bzw. Telefunken-Geräten

Die Oszillatorfrequenz wird im MW-Bereich entsprechend Abb. 5 im wesentlichen durch die Kapazitäten  $C_1$  und  $C_2$  und die Induktivitäten  $L_t$ ,  $L_p$  und  $L_a$  bestimmt.

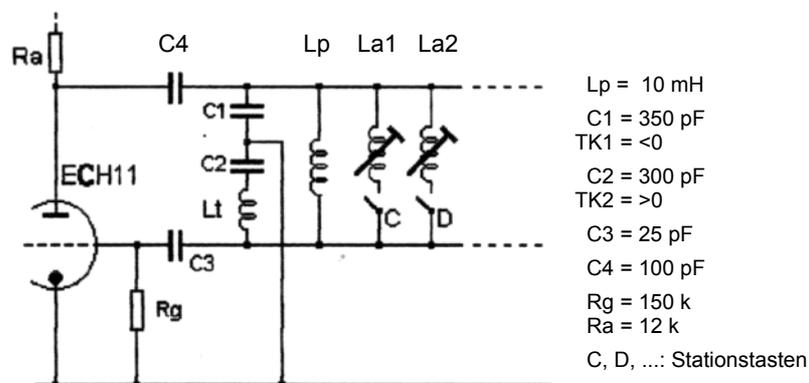


Abb. 5: Oszillatorschaltung bei Mittelwelle

Der Temperaturkoeffizient TK1 von C1 ist negativ (Condensa N) mit der Größe

$$TK1 \approx -360 \cdot 10^{-6} / \text{grad},$$

TK2 ist positiv (Calit) mit  $TK2 = + 140 \cdot 10^{-6} / \text{grad}$  (Farbcode [35, S. 239], eigene Messung), [48, S. 48]; die resultierende Kapazität der Reihenschaltung ist mit Formel (12)

$$C_r = 161 \text{ pF} \text{ mit } TK_{C_r} = - 90 \cdot 10^{-6} / \text{grad}.$$

Alle Induktivitäten sind einlagige Zylinderspulen. Die Spulen Lt und Lp sind eisenlos, haben also einen positiven Temperaturkoeffizienten; die Spulen La<sub>n</sub> haben einen auf den jeweiligen Sender einstellbaren Eisenkern und mit (11) wahrscheinlich einen negativen Temperaturkoeffizienten.

Zusammen bilden die genannten Kapazitäten und Induktivitäten einen sorgfältig temperaturstabilisierten Schwingkreis; für die Taste „E“ des AEG-Gerätes 709 WK wurde die Temperaturabhängigkeit im Bereich von 14 bis 34 grad C durch wechselweises Aufheizen und Abkühlen eines Raumes gemessen (Abb. 6). Die Ankopplung des quarzgesteuerten Frequenzzählers erfolgte an die Anode der Hexode der ECH 11, um eine Beeinflussung des Oszillators durch die Messung weitestgehend zu vermeiden.

Interessant, aber ungeklärt, ist die zeitliche Verschiebung zwischen Temperatur- und Frequenzänderung, obwohl die Temperaturänderung sehr langsam durchgeführt wurde. Die Frequenzänderung beträgt in dem genannten Temperaturbereich nur 700 Hz, das entspricht einem Temperaturkoeffizienten der Frequenz von  $TK_{f_0} = + 35 \text{ Hz/grad}$  bzw. einer relativen Änderung von  $+ 28 \cdot 10^{-6} / \text{grad}$  bei einer Oszillatorfrequenz von  $f_0 = 1,25 \text{ MHz}$ .<sup>3</sup> Das Messergebnis entspricht der Angabe in [24, S. 32], wo ohne Angabe eines Temperaturbereichs eine „Frequenzgenauigkeit“ von 300 Hz angegeben wird. Nicht zuletzt ist dieses gute Ergebnis auf die sorgfältige Konstruktion der einlagigen Zylinderspulen zurückzuführen (Abb. 8): Cu-Lackdraht auf dünnem Presszellrohr [31], lackiert; enge Führung der Massekerne im Presszellrohr, stabile Befestigung der Massekerne auf Messingspindeln, spielarme Mutter zur Halterung der Messingspindel [31], kurze, zylindrische Massekerne (einfache Kernform, s. Abschn. 5), (Abb. 8), [24, S. 48].

---

<sup>3</sup> Zum Vergleich: in [32, S. 157] wird der Temperaturkoeffizient der Frequenz eines normalen Quarzes mit  $1 \cdot 10^{-6} / \text{grad}$  angegeben.

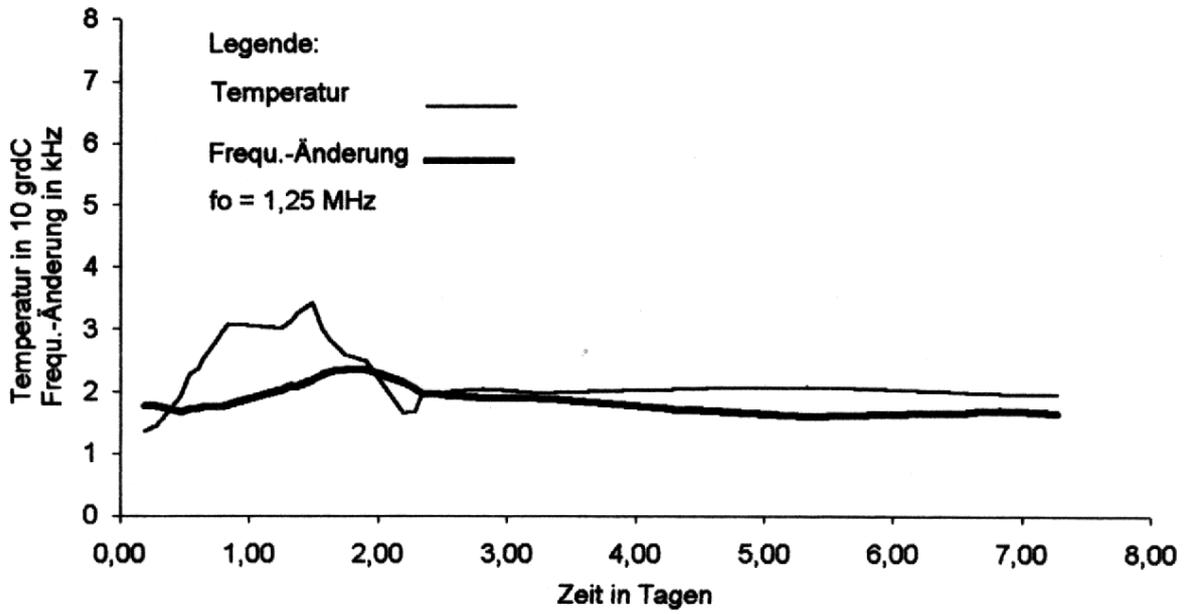


Abb. 6: Temperaturdrift des Oszillators der Taste „E“; Empfänger: AEG 709 WK

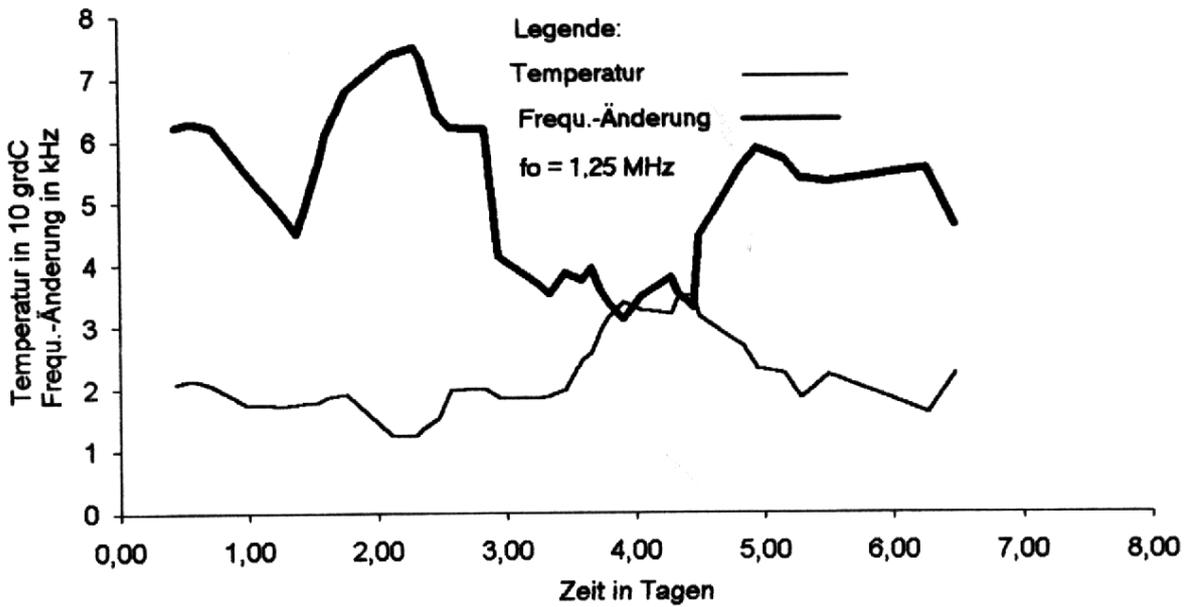


Abb. 7: Temperaturdrift des Oszillators bei Skalenbetrieb ; Empfänger: AEG 709 WK

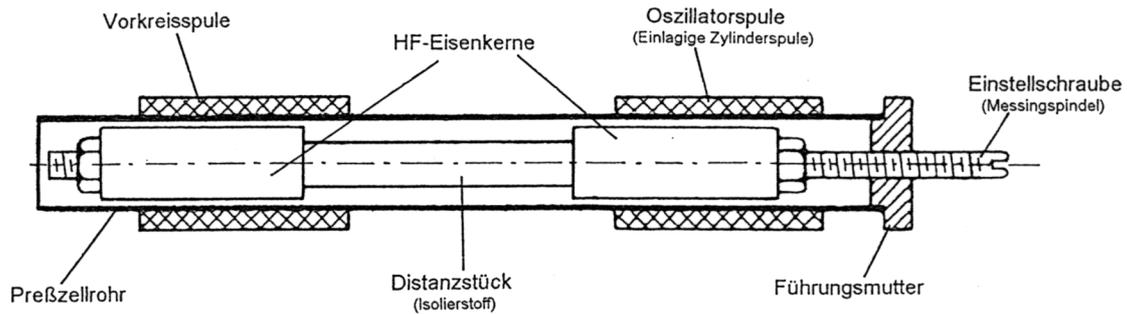


Abb. 8. Rohr mit Oszillator- und Vorkreissspulen und einstellbaren Eisenkernen [32, S. 273]

Das hier angewandte Verfahren zur Temperaturstabilisierung der Frequenz wurde zuerst von *Rhode* für Kurzwellensender angegeben [21, S. 72].

Welche Sorgfalt man der Untersuchung der Stabilität des Oszillators widmete, zeigt auch ein Telefunken-Patent von 1939 [34]. Hier wird u.a. vorgeschlagen, für die Abstimmung des Oszillators nicht einen Massekern, sondern wie zu der Zeit, als es für die Permeabilitätsabstimmung noch keine Massekerne gab und für die L-Abstimmung Kupfer-Scheiben, -Kerne oder -Ringe verwendet wurden, wieder einen Kupferkern zu verwenden, weil diese Anordnung weniger temperaturabhängig ist als eine solche mit Massekern.