

Plattenschnitte von Drehkondensatoren

In der Zeit vor der Miniaturisierung und Digitalisierung der Elektronik dienten Drehkondensatoren als Teil von Schwingkreisen zur Variation der Resonanzfrequenz dieser Schwingkreise.¹ Damit ließ sich dann z.B. ein Radio auf einen Sender abstimmen.

1 Die Plattenschnitte

1.1 Kapazitäts-linearer Plattenschnitt

Ganz zu Beginn der Funktechnik gab es (aus fertigungstechnischen Gründen) nur Drehkondensatoren mit halbkreisförmigen Platten. Bei diesen ist die (Änderung der) Kapazität C direkt proportional zum Drehwinkel α .

$$C = C(\alpha) = (C_{\max} - C_{\min}) \cdot \frac{\alpha}{\alpha_{\max}} + C_{\min} \quad (1.1)$$

Die Endkapazität ist C_{\max} . Das ist der nominelle Wert des Drehkos, z.B. $C_{\max} = 500$ pF. Bei ausgedrehtem Drehko bleibt eine Anfangskapazität C_{\min} bestehen. Der Drehwinkel α ist allgemein üblich von 0° bis 180° (im Bogenmaß von 0 bis π , daher $\alpha_{\max} = \pi$).

Frühe Beispiele von Drehkondensatoren mit halbkreisförmigen Platten zeigen die Bilder 1.1 [1] und 1.2 [2].

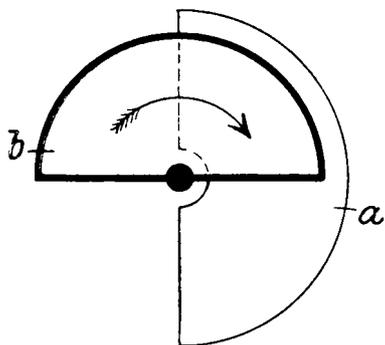


Bild 1.1: halbkreisförmiger Plattenschnitt

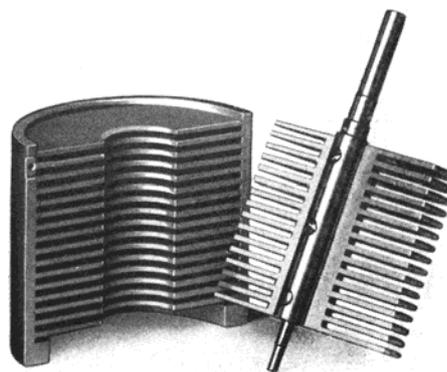


Bild 1.2: Gefräste halbkreisförmige Platten: Fa. Seibt

Um die Endkapazität verdoppeln zu können, ohne daß dadurch die Bauform vergrößert wird, gab es auch „ausgewogene“ Drehkondensatoren, die je 2 halbkreisförmige Pakete hatten, Bilder 1.3 und 1.4 [1]. Die Funktionsweise ist so, daß die Rotorplatten b_1 mit den Statorplatten a_1 direkt verbunden sind. Gleiches gilt für die Rotorplatten b_2 und die Statorplatten a_2 .

Sind die Platten b_1 voll innerhalb des Stators a_1 , befinden sich auch die Platten b_2 voll innerhalb des Stators a_2 . Damit ergibt sich die minimale Kapazität. Wird der Rotor um 180° gedreht, sind die Platten b_1 innerhalb des Pakets a_2 und die Platten b_2 innerhalb a_1 , wodurch sich die maximale Kapazität ergibt.

Drehkos mit halbkreisförmigem Plattenschnitt eignen sich wegen des linearen Zusammenhangs zwischen Drehwinkel und Kapazität vor allem für Meßzwecke.

Frühe Radiogeräte hatten ebenfalls Drehkondensatoren mit kreisförmigen Plattenschnitten. Das hat zur Folge, daß der Abstand der Sender auf der Skala (soweit damals vorhanden bzw. der Gradmarkierung auf den Drehknöpfen) je nach Winkelstellung des Drehkos sehr unterschiedlich ist. Bei der geringen Anzahl der damaligen Sender und deren bescheidener Reichweite (aufgrund von schwachen Sendeleistungen: 250 – 5000 W) hatte diese Einschränkung aber keine große Bedeutung.

¹In der modernen Elektronik ist der Drehkondensator ersetzt durch die Kapazitätsdiode, bei der die Kapazität mit Hilfe der Veränderung der Sperrspannung variiert werden kann. Die Abhängigkeit der Frequenzänderung eines Schwingkreises mit Kapazitätsdiode von der Größe der Sperrspannung ist nichtlinear. Dies wirkt sich jedoch nicht auf die Abstimmung und deren Anzeige aus, weil die z.B. vom Oszillator erzeugte Frequenz mit Hilfe eines Zählers gemessen wird und ein Mikroprozessor daraus die erforderliche Sperrspannung für alle an der Abstimmung beteiligten Kapazitätsdioden erzeugt. Dadurch ist ein Frequenz-linearer Verlauf der Abstimmung sichergestellt. Aus Gründen des Bedienkomforts lassen sich auch nur noch die nominellen Mittenfrequenzen der Kanäle einstellen.

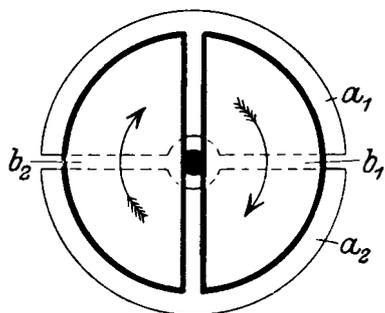


Bild 1.3: halbkreisförmiger Plattenschnitt 2-fach: „ausgewogener“ Drehko

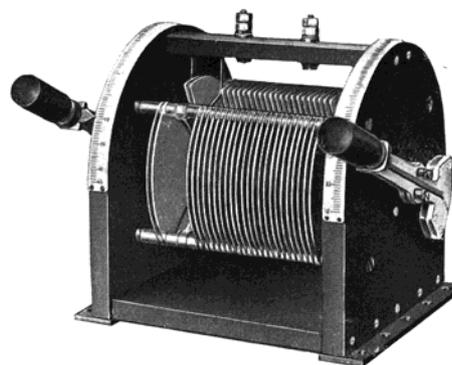


Bild 1.4: „Ausgewogener“ Drehko mit Grob- und Feineinstellung: Fa. C. Lorenz

1.2 Wellenlängen-linearer Plattenschnitt

In der Frühzeit der Funktechnik war es üblich, Wellenlängen in m statt Frequenzen in Hz anzugeben. Dies hing damit zusammen, daß die ersten (Knall-) Funken-Sender für Telegraphie gar keinen Schwingkreis enthielten. Frequenzbestimmend war nur die Länge des „Luftleiters“, also der Antenne. Und die wurde in m gemessen. Für transozeanische Telegraphie verwendete man sogar Antennen, die über 1 km lang waren.¹

Die Unterteilung in Wellenlängen wurde bis gegen Mitte der '30er Jahre von einzelnen Firmen für Radioempfänger beibehalten. Aber auch in den Radio- und Programmzeitschriften wurden die Sender mit ihrer Wellenlänge angegeben.² Es lag also nahe, die Plattenschnitte der Drehkondensatoren so zu ändern, daß der Drehwinkel α proportional zur Wellenlänge wurde. Da bei einer Skala mit einer Seilführung die Bewegung des Zeigers linear mit dem Drehwinkel α des Drehkos zusammenhängt, ist somit auch die Skala linear in m unterteilt.

Im „Taschenbuch der Hochfrequenztechnik“ [4] finden sich Angaben zu den verschiedenen Plattenschnitten. Für den Wellenlängen-geraden Drehkondensator („Nierenplatten-Drehko“) gilt danach:

$$C = C(\alpha) = 2 \left(\sqrt{C_{\max} \cdot C_{\min}} - C_{\min} \right) \cdot \frac{\alpha}{\pi} + \left(\sqrt{C_{\max}} - \sqrt{C_{\min}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\alpha}{\pi} \right)^2 + C_{\min} \quad (1.2)$$

Plattenschnitte von Drehkos zeigt Bild 1.5 [5].

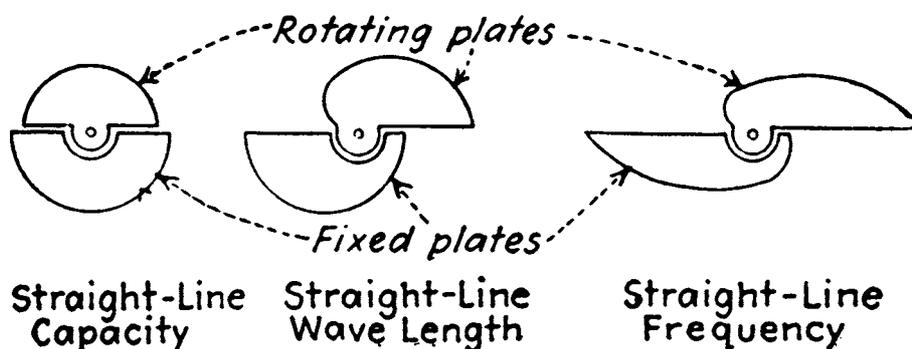


Bild 1.5: Verschiedene Plattenschnitte von Drehkos

Zwei Beispiele für Wellenlängen-lineare Drehkondensatoren zeigen die Bilder 1.6 [6], [8] und 1.7 [7].

¹Eine längere Antenne hat eine größere Kapazität (gegen Erde). In einer größeren Kapazität läßt sich mehr Ladung speichern, wodurch sich mehr Hochfrequenz-Leistung erzeugen läßt, aber auch stärkere Funken entstehen. Weil man die große Leistung für transatlantische Telegraphie benötigte, kam man somit zwangsläufig zu immer größeren Wellenlängen. Den ersten Schwingkreis in einem solchen Sender verwendete Ferdinand Braun im Jahr 1898. [3]

²Die Angaben in Wellenlängen hat sich bis heute bei der Kurzwelle erhalten. Man spricht da z.B. vom „49-m-Band“ usw.

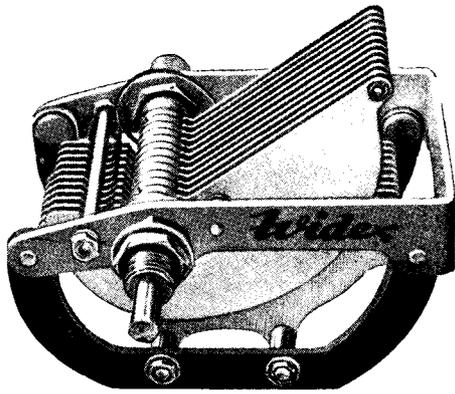


Bild 1.6: Beispiel 1 eines Wellenlängen-linearen Drehkos: Fa. Widex

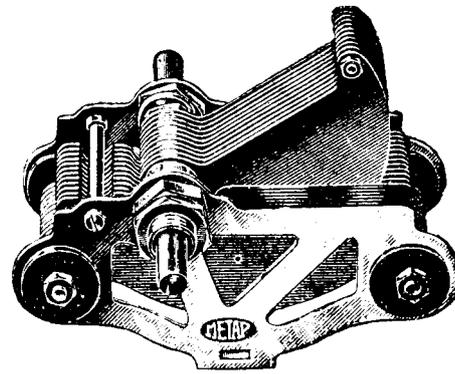


Bild 1.7: Beispiel 2 eines Wellenlängen-linearen Drehkos: Fa. Metap

1.3 Frequenz-linearer Plattenschnitt

Als die Frequenzbelegung immer dichter und der Kanalabstand auf MW und LW auf 9 KHz festgelegt wurde, war die Wellenlängen-lineare Teilung nicht mehr ideal, weil am höherfrequenten Ende der Skala die Sender immer weiter „zusammenrückten“ und damit eine Senderwahl erschwert wurde. Man ging dazu über, frequenz-lineare Plattenschnitte zu verwenden.

Für den Frequenz-linearen Plattenschnitt („Sichelplatten-Drehko“), Bild 1.5 (rechts), gilt nach [4]:

$$C = C(\alpha) = \frac{C_{\min}}{\left[1 - \left(1 - \sqrt{\frac{C_{\min}}{C_{\max}}}\right) \cdot \frac{\alpha}{\pi}\right]^2} \quad (1.3)$$

Ein Beispiel für einen Frequenz-linearen Drehko ist in Bild 1.8 [7] dargestellt. Man erkennt eine koaxiale Achse und einen Feintrieb.

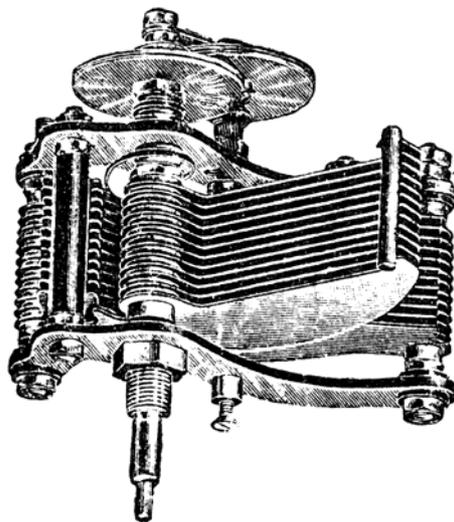


Bild 1.8: Frequenz-linearer Drehko mit Feintrieb: Fa. Klünz & Schnetzke

Der Frequenz-lineare Plattenschnitt konnte sich auch nicht durchsetzen. Die Rotor-Platten sind sehr lang und schmal, was im Fall von Mehrfach-Drehkos mechanisch nur sehr schwer zu einem guten Gleichlauf zu bringen ist.

1.4 Logarithmischer Plattenschnitt

Der Plattenschnitt ist hierbei so gewählt, daß der Logarithmus sowohl des Kapazitätswertes, als auch der Frequenz und der Wellenlänge sich linear mit dem Drehwinkel ändern. Die Form des sich ergebenden Plat-

tenschnittes ist ähnlich zu der des Nieren-Schnittes.

Für den logarithmischen Plattenschnitt gilt nach [4]:

$$C = C(\alpha) = C_{\min} \cdot \left(\frac{C_{\max}}{C_{\min}} \right)^{\frac{\alpha}{\pi}} \quad (1.4)$$

Beispiele für den logarithmischen Plattenschnitt zeigen die Bilder 1.9 und 1.10. [7]

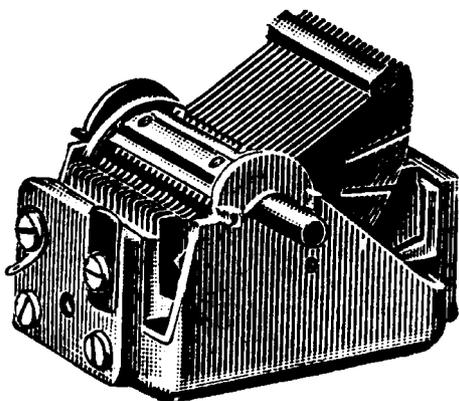


Bild 1.9: Beispiel 1 eines logarithmischen Drehkos: Fa. Laißle & Rieker

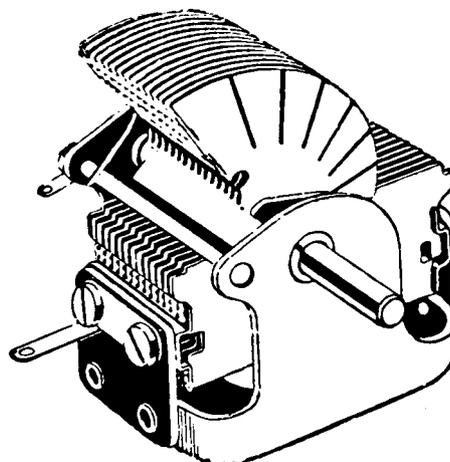


Bild 1.10: Beispiel 2 eines logarithmischen Drehkos: Fa. Ritscher

Bei diesen Drehkos ist auch die Fiederung der äußeren Platten des Rotors zu sehen. Im Falle von Mehrfach-Drehkos können die einzelnen Segmente des Rotors etwas verbogen werden, um Gleichlauf der verschiedenen Pakete zu erreichen.

1.4.1 Mehrfach-Drehko

Beispiele für Dreifach-Drehkos sind in Bild 1.11 zu sehen. [7]

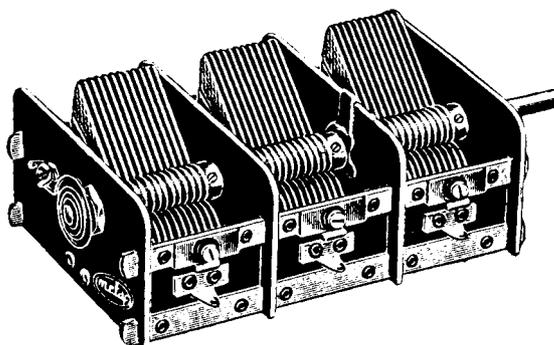
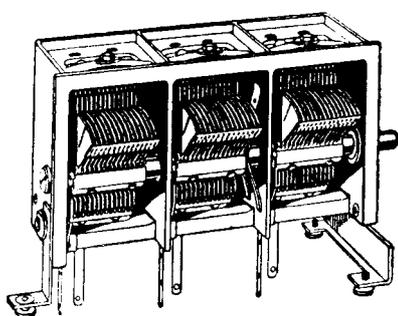


Bild 1.11: Beispiele von Dreifach-Drehkos: Fa. Ritscher , Fa. Metap

Man erkennt die gefiederten Platten und an jedem Paket einen Trimm-Kondensator (Quetscher), mit dem der Abgleich für die oberen Frequenzen erfolgt, wenn die Platten ausgedreht sind.

1.5 Vergleich der Plattenschnitte

Eine Übersicht über die verschiedenen Plattenschnitte zeigt Bild 1.12. [9] Zusätzlich ist in einem Diagramm angegeben, welcher Parameter sich linear mit dem Drehwinkel α ändert. Vilbig [9] gibt auch Formeln dazu an.

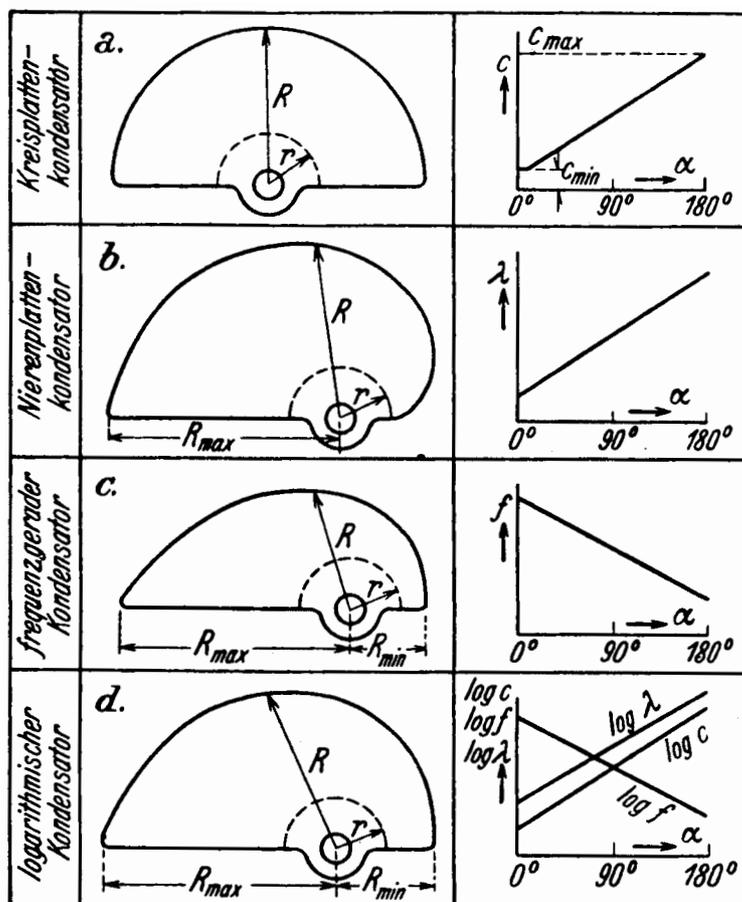


Bild 1.12: Verschiedene Arten von Plattenschnitten von Drehkos; rechts: Parameter, der sich linear mit dem Drehwinkel α ändert.

2 Auswirkung eines Padding-Kondensators auf die Kennlinien

In einem Parallel-Resonanzkreis, wie er üblicherweise in Radios zur Anwendung kommt, liegen die Spule und der Kondensator direkt parallel. Für manche Anwendungen wird jedoch dem Drehko zunächst noch ein „Verkürzungs-Kondensator“ (*padding condenser*) vorgeschaltet, wodurch die Variation der Frequenz beeinflusst wird. Anwendungsbeispiele hierzu sind:

- Die Abstimmung des Oszillator-Kreises beim Superhet-Empfänger.

Hier soll die Frequenz des Oszillators ω_O über den gesamten Bereich (möglichst) exakt um den Wert der Zwischenfrequenz ω_Z höher als die Empfangsfrequenz ω_E liegen. Es muß also eine absolute Differenz ω_Z konstant gehalten werden. Mit Mehrfach-Drehkos, die alle den gleichen Plattenschnitt haben, gelingt es aber nur eine relative (prozentuale) Differenz konstant zu halten. Abhilfe schafft das Padding-C, womit es gelingt, wenigstens an 2 Punkten auf der Skala die geforderte exakte Differenz zu erreichen. Die Abgleichpunkte (Marken auf der Skala) sind so gewählt, daß die Abweichungen dazwischen und außerhalb in der vorgegebenen Toleranz bleiben.

- Es ist zur Spannungs- oder Signal-Zuführung ein Abblock-Kondensator erforderlich, der wie ein Padding-C wirkt.

Wird z.B. nur eine Vorspannung für das Gitter oder eine Anodenspannung zugeführt, kann der Wert des Abblock-C so groß gewählt werden, daß der Einfluß auf den Verlauf der Abstimmung vernachlässigt werden kann. Anders sieht es aus, wenn z.B. im Fußpunkt eines Schwingkreises das Signal eingekoppelt wird. Hier kann nur ein kleiner Wert für das Abblock-C gewählt werden, weil sonst das Signal kurzgeschlossen würde. In diesem Fall wirkt sich das Abblock-C als Padding-C aus und verändert die Form der Verläufe der Parameter in Abhängigkeit vom Drehwinkel α .

2.1 Vergleich ohne und mit Padding-C

Den Beispielen liegen folgende Daten zugrunde:

- ohne Padding-C: $C_{\max} = 500 \text{ pF}$, $f_{\max} = 1602 \text{ KHz}$, $f_{\min} = 522 \text{ KHz}$
- mit Padding-C: $C_{\text{padding}} = 1,2 \text{ nF}$, $f_{\max} = 1602 \text{ KHz}$, $f_{\min} = 522 \text{ KHz}$

In den Bildern 2.1 und 2.2 ist die Kapazitäts-Variation der Drehkos mit verschiedenen Plattenschnitten ohne und mit Padding-C dargestellt. Die Kurven wurden mit MATLAB berechnet.

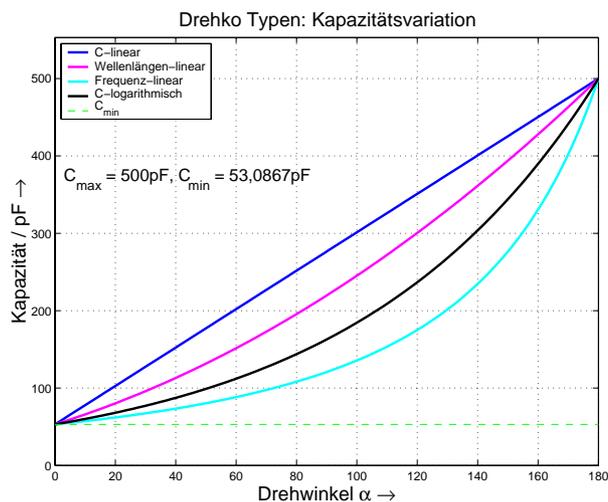


Bild 2.1: Kapazitäts-Variation der Kondensator-schnitte

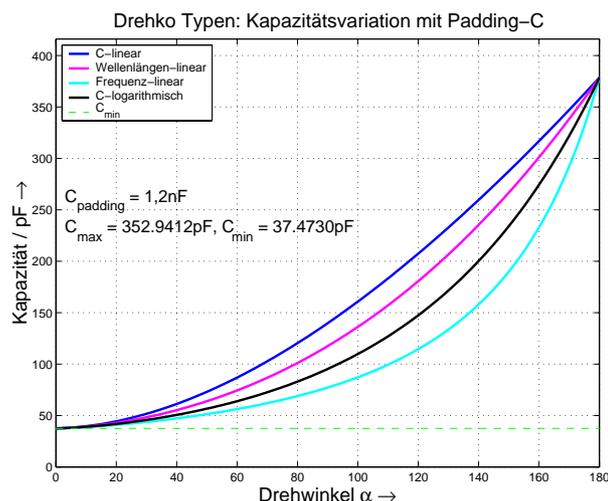


Bild 2.2: Kapazitäts-Variation mit Padding-C

In den Bildern 2.3 und 2.4 ist die Änderung der Wellenlänge mit verschiedenen Plattenschnitten ohne und mit Padding-C dargestellt.

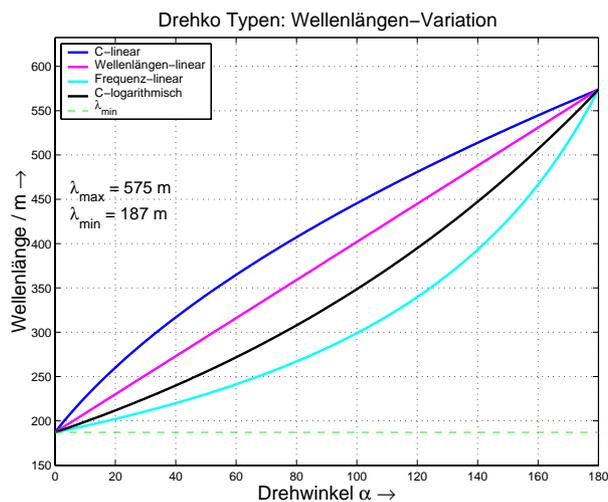


Bild 2.3: Wellenlängen-Variation der Kondensator-schnitte

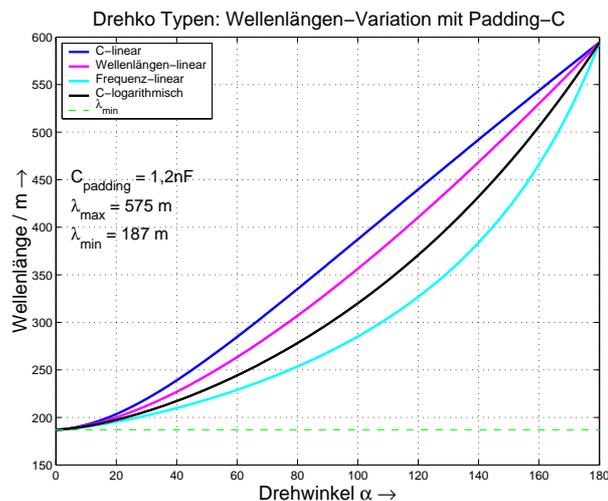


Bild 2.4: Wellenlängen-Variation mit Padding-C

In den Bildern 2.5 und 2.6 ist die Änderung der Frequenz mit verschiedenen Plattenschnitten ohne und mit Padding-C dargestellt.

Aus dem Vergleich der Verläufe ohne und mit Padding-C ist erkennbar, daß derjenige Parameterwert, der ohne Padding-C linear verläuft, dies mit einem Padding-C nicht mehr tut. Näherungsweise linear verläuft die Frequenzvariation, was wie oben angesprochen, beim Super für den Oszillator zum Einsatz kommt.

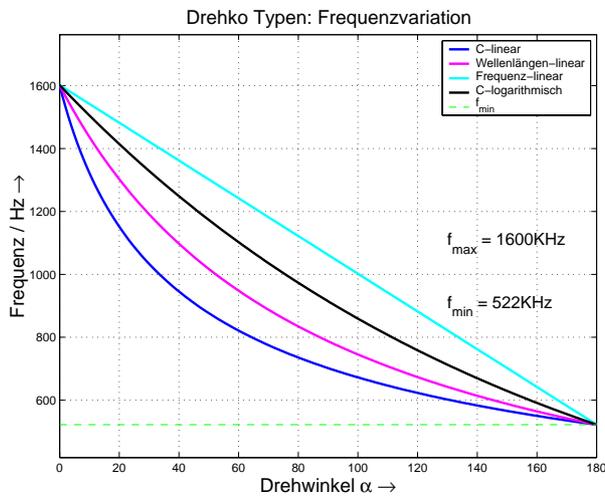


Bild 2.5: Frequenz-Variation der Kondensator-schnitte

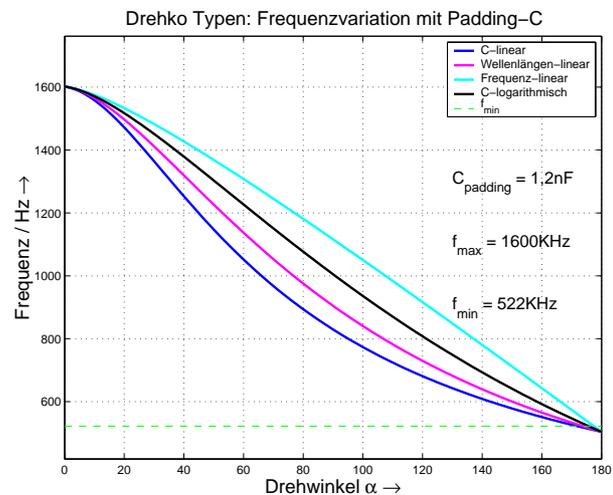


Bild 2.6: Frequenz-Variation mit Padding-C

Beschränkt man sich auf einen Frequenzbereich, z.B. auf die Mittelwelle, kann dem Plattenpaket für den Oszillator gleich ein geeigneter Schnitt gegeben werden, so daß sich als Differenzfrequenz immer genau die Zwischenfrequenz ergibt, Bild 2.7. [10]

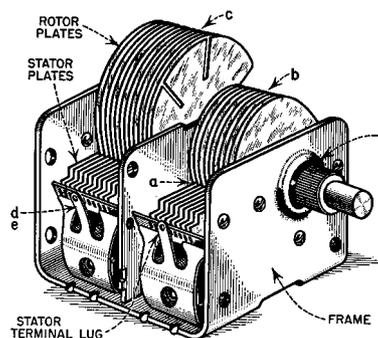


Bild 2.7: MW-Drehko mit speziellem Schnitt für das Oszillator-Paket (a, b)

Literatur

- [1] Rein, H.: *Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie*, Springer, 1917
- [2] Rein, H.; Wirtz, K.: *Radiotelegraphisches Praktikum*, 2.A., Springer, 1922
- [3] Müller-Fischer, E.: *Zeittafel zur Geschichte des Funkwesens*, Telefunken, o.J. (ca. 1961)
- [4] Meinke, H.; Gundlach, F.W. (Hrsg.): *Taschenbuch der Hochfrequenztechnik*, 3.A., Springer, 1968
- [5] Terman, F.E.: *Radio Engineering*, 2nd ed., McGraw-Hill, 1937
- [6] Kappelmayer, O.: *Mit meinem Radio auf Du und Du*, Scherl, 1934, Reprint: Freundlieb o.J.
- [7] Ardenne, M.v., et al. (Hrsg.): *Handbuch der Funktechnik*, Bd. 2, Frankh, 1935
- [8] Lehmann, W. (Hrsg.): *Die Rundfunk- und Tonfilm-Technik*, 2.A., Killinger, 1932
- [9] Vilbig, F.: *Lehrbuch der Hochfrequenztechnik*, Bd.1, 4.A., VAG, 1945
- [10] Ghirardi, A.A.: *Radio and Television; Receiver Troubleshooting and Repair*, 6th printing, Rinehart, 1955