

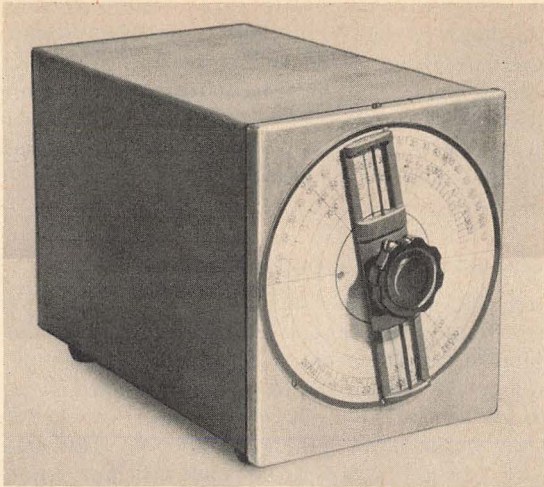
## II. Der Oszillator

Der Oszillator ist der wichtigste Bestandteil einer Sendeanlage (**Bild 15**). Von seinem richtigen Arbeiten ist das Funktionieren des Senders absolut abhängig.

Auch wenn internationale und postalische Bestimmungen über die Frequenzkonstanz nicht erlassen wären, würde man dem stabilen Arbeiten des Oszillators die größte Sorgfalt widmen müssen, da sonst auf den starkbeschnittenen Sendebändern bei der Unzahl der Stationen ein unhaltbarer Zustand entstehen würde. Die auf das Äußerste getriebene Trennschärfe der Empfänger zwingt jeden Funkliebhaber dazu, seine Frequenz konstant zu halten, da sonst die Aufnahme seiner Zeichen oder seiner Telefonie unmöglich würde. Es sei hier erwähnt, daß ein großer Prozentsatz der „DX“-Amateure heute über Empfangsgeräte verfügt, die mit Hilfe von Quarzfiltern tatsächlich Trennschärfen von 200 Hz besitzen.

Es gibt aber noch einen weiteren, ganz ausschlaggebenden Grund, weshalb der Oszillator besonders frequenzstabil sein muß: Ein und derselbe Oszillator wird nämlich für alle Amateur-Bänder benutzt; zu diesem Zweck werden Vervielfacherstufen angeordnet.

Als allgemein bekannt darf vorausgesetzt werden, daß es wesentlich einfacher ist, stabile Oszillatoren zu erbauen, wenn diese auf niedrigen Frequenzen arbeiten. Es ist deshalb üblich, die Oszillatorfrequenz für die Amateurbänder nicht auf den Bereich 3500...3800 kHz zu legen, sondern auf den, Bereich von 1750...1900 kHz. Es gibt aber auch Amateure, welche in der Sorge um eine besonders gute Frequenzkonstanz ihren Oszillator auf 875...950 kHz arbeiten lassen. Bei dem derzeitigen Stand der Oszillortechnik kann aber versichert werden, daß durch diese Maßnahme Vorteile nicht mehr erzielt werden. Abgesehen davon, daß durch die Vervielfacherstufen die etwaigen Fehler bis zum 28-MHz-Band *verzweihunddreißigfach* werden, ist die Verwendung dieser im Rundfunkbereich liegenden Oszillatorfrequenz gefährlich. Bei nicht ganz vorzüglicher Panzerung (Hochfrequenzdichtigkeit) des Oszilla-



*Bild 15. Ansicht des ECO-Band-Oszillators, eingebaut in einen Thermostaten. Das gezeigte Gerät ist in seinen Ausmaßen etwas abweichend von der Konstruktionszeichnung, die technischen Daten sind jedoch genau die gleichen*

tors können nahe benachbarte Rundfunkempfänger durch den Oszillator sehr leicht gestört werden, was zu unliebsamen Auseinandersetzungen mit der nächsten Nachbarschaft und auch zu Beanstandungen seitens der Behörde führen würde. Es ist nämlich gar nicht einfach, eine Oszillator-Leistung von 1...2Watt vollkommen dicht abzuschirmen. Man kann sagen, der hierfür nötige Aufwand ist einer besseren Sache wert.

Wird der Oszillator dagegen auf einer Frequenz von 1750 bis 1900 kHz betrieben, so können benachbarte Rundfunkempfänger jedenfalls nicht mehr gestört werden, der Oszillator müßte schon wenig gepanzert sein und mit sehr großer Leistung betrieben werden. Seine Fernstrahlung würde dann u. U. zur Störung von öffentlichen Diensten führen und Beanstandung seitens der Überwachungsbehörde hervorrufen. Es kann angenommen werden, daß dem erfahrenen Funkliebhaber derartige Fehler nicht unterlaufen.

Was die Frequenzkonstanz von Oszillatoren anbelangt, so kann versichert werden, daß bei richtiger Ausführung

keinerlei Schwierigkeiten auftreten. Die relativ geringe Mühe — im Vergleich zu der Wichtigkeit —, die man diesem „Herz im Körper“ der Sendeanlage widmet, macht sich aber auch bezahlt, denn wenn z. B. der Oszillator seine Frequenz um 1000 Hz während des Betriebes verändern würde (was z. Z. auf den Bändern tatsächlich noch gelegentlich vorkommt), so würde beim Betrieb im 10-m-Band eine Abweichung von 16 000 Hz auftreten.

## 1. Die erforderliche Frequenzkonstanz

Es läßt sich nun leicht ausrechnen, welche Konstanz der Oszillator mindestens haben muß. Wir gehen dabei vom 10-m-Band aus. Selbst wenn wir großzügig sind und es gestatten, daß er in diesem Band um 200 Hz toleriert, so ergibt sich  $200 : 16$ , d. i. eine zulässige Toleranz von 12,5 Hz am Oszillator, wenn dieser auf 160 m arbeitet. Der Oszillator dürfte im Bereiche von 1750 bis 1900 kHz nur um 12,5 Hz schwanken, um im 10-m-Band mit trennscharfen Empfängern noch aufnehmbar zu sein. Das bedeutet eine Frequenzkonstanz von etwa  $0,0006\% = 6 \times 10^{-6}$  Genauigkeit. Sie würde, verglichen mit einem quarzgesteuerten Sender, durch eine Temperaturschwankung von 3° Celsius hervorgerufen, da ein Amateurquarz einen Temperaturkoeffizienten von erfahrungsgemäß rund  $2 \times 10^{-6}$  pro Grad Celsius aufweist. Um es vorweg zu sagen, eine Frequenzkonstanz von  $0,0006\%$  für längere Zeit zu erreichen, ist für einen Durchschnittsamateur ein Ding der Unmöglichkeit; für die kürzere Zeitspanne eines normalen qso's kann sie jedoch, bei Beachtung aller angegebenen Gesichtspunkte, tatsächlich erreicht werden.

Meist wird jedoch die Frequenzkonstanz eines Oszillators nur äußerst ungenügend meßbar sein, da es an dem entsprechenden Vergleichsnormale fehlt. Wenn ein Amateur z. B. in einer Veröffentlichung schreibt: „Dieser Oszillator ist so frequenzkonstant, daß er im Vergleich zu einem 100-kHz-Frequenznormal, auf Schwebungsnull gebracht, erst nach 10 Minuten eben gerade das ‚Knurren‘ anfängt“, so besagt eine derartige Messung nicht viel über die tatsächlichen Verhältnisse. Man muß nämlich wissen, daß der Beginn des so-

genannten „Knurren“ erst nach einem breiten Mitnahmebereich erfolgt, und zwar bei Abweichungen, die oft mehr als 100 Hz betragen. Jeder, der einen Schwebungssummer einmal gebaut hat, hat diese Erscheinung, zu seinem Leidwesen, zur Genüge kennengelernt.

## 2. Die Kontrolle der Frequenzkonstanz

Eine primitive aber gute *Kontrolle des Oszillators* auf der Eigenwelle oder auf seiner 2. Harmonischen besteht darin, daß man ihn mit einem 100-kHz-Frequenznormal überlagert, einen Ton von nicht unter 1000 Hz einstellt, und nun mit einer Stimmgabel den gleichen Ton anschlägt, d. h. man paßt natürlich den Überlagerungston der vorhandenen Stimmgabel an. Man ist so in der Lage, nach einigen Minuten Betriebszeit die auftretenden Schwebungen tatsächlich mit dem Gehör auszuzählen und sich von der Stabilität des Oszillators ein Bild zu machen.

Bedingung bei solchen ziemlich zuverlässigen Messungen ist:

1. daß der 100-kHz-Generator mindestens eine Stunde lang im geschlossenen Gehäuse im Betrieb war,
2. daß in dem Meßraum keine nennenswerte Temperaturschwankung während der Zeit der Messung auftritt.

Es genügt z. B., mit einem Kartonstück den zu messenden Oszillator etwas zu fächeln, um unwahrscheinliche *Frequenzänderungen* zu erreichen, und das *bei sämtlichen Oszillator-schaltungen, ohne Ausnahme!*

Selbst wenn es dem Amateur gelingen würde, mit keramischen Temperaturkompensatoren den Temperaturgang seines Oszillators auszugleichen, würden trotzdem kurzzeitige, heftige Frequenzschwankungen auftreten, wenn sich die Temperatur ändert, da die zeitliche Wärmeaufnahmefähigkeit der temperaturkompensierenden Keramikkondensatoren eine andere ist als die der metallischen Spulen und Abstimmkondensatoren.

Die Qualität des Oszillators läßt sich auf einfache Weise leicht kontrollieren, wenn seine vier Vervielfacherstufen in Betrieb genommen sind, da sich dann alle seine Fehler ver-

sechzehnfachen. . . Wenn man nun Gelegenheit hat, mit einer Harmonischen eines 100-kHz-Normals auf 28 000 kHz zu überlagern und hierbei innerhalb von 15 Minuten keinen größeren Fehler als jene 200 Hz feststellt, ist der Steuersender brauchbar.

### 3. Die bekannten Oszillatorschaltungen

Die allgemein bekannten Oszillatorschaltungen sind:

<i>Meissner,</i>	<i>Eco-Schaltung,</i>
<i>Huth-Kühn,</i>	<i>Clapp-Schaltung.</i>
<i>Hartley oder Colpitts,</i>	

Varianten der Hartley- bzw. der Meissner-Schaltung sind dann noch *die Gegentaktoszillatoren*. Von sämtlichen angeführten Schaltungen kommen, mit Ausnahme von UKW-Oszillatoren, heute praktisch nur mehr zwei in Frage: der Clapp-Oszillator und der Eco-Oszillator.

*Der Clapp-Oszillator* weist eine erstaunliche Frequenzkonstanz auf. Er hat jedoch folgende Nachteile: Über einen größeren Bereich ist er nicht zum Schwingen zu bringen, und selbst über einen verhältnismäßig kleinen Bereich liefert er sehr verschieden große Hochfrequenzspannungen. Sein größter Nachteil aber, als Steuersender, ist darin zu erblicken, daß seine Harmonischen so schwach sind, daß sie zum Aussteuern der nachfolgenden Stufe nicht ausreichen.

*Die Eco-Schaltung mit einer Pentode* dagegen liefert bei einfachstem Aufbau nicht nur zahlreiche Harmonische; auch ihre Spannung ist über weite Bereiche praktisch gleichbleibend. Endlich verfügt sie, bei etwas sorgfältigem Aufbau, über die *gleiche Frequenzkonstanz*, wie der *Clapp-Oszillator*. Eco-Oszillatoren können ohne Schwierigkeiten bis 10 MHz gebaut werden. Darüber hinaus können, je nach der verwendeten Röhrentype, Störungen eintreten, die darauf zurückzuführen sind, daß die Katode nicht an Masse liegt und daß der Heizfaden im Katodenröhrchen durch thermische Veränderungen sich bewegt und Kapazitätsänderungen hervorruft. Auch sollen hier Brumm-Störungen schon beobachtet worden sein, dem Verfasser sind sie nicht vorgekommen.

#### 4. Die Gründe für Instabilitäten von Oszillatoren

Es sollen nun zunächst *die Gründe für Instabilitäten von Oszillator-Schaltungen* angegeben werden:

1. Schwankende Betriebsspannungen,
2. Thermisch empfindliche Einzelteile,
3. Temperaturschwankungen,
4. Unsichere Kontakte,
5. Schwankende Umgebungstemperatur,
6. Mechanische Aufbaumängel,
7. Falsche Dimensionierung der Schwingkreis-Elemente,
8. Verschmutzung und Isolationsfehler,
9. Röhrenstreuung und Röhrendefekte,
10. Widerstandsdefekte — Widerstandsänderungen,
11. Alterungserscheinungen,
12. Unzureichende Qualität der Schwingkreise,
13. Verwendung von Hochfrequenzeisen.

##### *Punkt 1:*

Die Betriebsspannungen für den Oszillator sollen sich nicht ändern. Das ist auf einfachste Weise mit einem Stabilisator zu erreichen. Es soll sich aber auch die Heizspannung nicht oder nur unwesentlich ändern. Erfolgt die Heizung durch Wechselstrom, so ist in Großstädten im allgemeinen mit einer genügenden Spannungskonstanz zu rechnen. Bei schlechten, stark schwankenden Landnetzen ist das nicht mehr der Fall, hier müssen leichte Frequenzänderungen entweder von Hand nachreguliert werden, oder ein automatischer Regeltransformator (eventuell ein Eisen-Wasserstoffwiderstand) muß zur Verwendung gelangen. Im allgemeinen treten diese Spannungsschwankungen so langsam und über so lange Zeit auf, daß ihr Einfluß auf die eingestellte Frequenz während der Funkverbindung nicht mehr groß ist. Kurzzeitige Spannungstöße aber wirken sich schon wegen der Wärmeträgheit der Katode nicht aus.

##### *Punkt 2:*

Zu den thermisch empfindlichen Einzelteilen gehört die ganze vom Hochfrequenzstrom durchflossene Schaltung, insbesondere aber Spulen und Kondensatoren.

Man hat durch Aufbrennen von Spulen auf keramische Körper hier zwar weitgehend Abhilfe geschaffen, es sind jedoch meist die geeigneten Spulen nicht immer zu erhalten.

*Punkt 3:*

Größere Fehler entstehen dann, wenn eine Wärmequelle so angeordnet ist, daß die Spulen angewärmt werden. Hierbei kann es sich um *Wärmestrahlung oder Wärmeleitung* handeln, die z. B. von der beheizten Oszillatorröhre ausgehen. Eine weitere unerwünschte Frequenzwanderung unangenehmster Art wird durch Verwendung von keramischen Kondensatoren hervorgerufen. Es hat sich erwiesen, daß sowohl keramische Blockkondensatoren, als auch keramische Trimmer äußerst empfindlich auf Wärmeschwankungen reagieren. Sie verändern hierbei ihre Kapazität zum Teil so beträchtlich, daß das Gerät überhaupt unbrauchbar wird. Selbst keramische Kondensatoren mit angeblich geringer Temperaturempfindlichkeit konnten bisher in unseren Meßanordnungen für größere Frequenzbereiche auf die Dauer nicht befriedigen.

Bei keramischen Kondensatoren in Schwingkreisen muß aber auch mit der Belastung durch den Schwingkreisstrom gerechnet werden. Die aufgebrannten Silberbeläge dieser Kondensatoren sind nämlich derart dünn, daß sie sich bei Strombelastung sehr schnell und oft beträchtlich erwärmen. Bei dieser Erwärmung nimmt der Verlustfaktor des keramischen Dielektrikums so stark zu, daß dadurch der beste Schwingkreis so bedämpft wird, daß alle seine guten Eigenschaften verlorengehen. *Für den Amateur* jedenfalls gilt der Satz: Keramische Kondensatoren sollen in *Oszillator-Schwingkreisen* nicht verwendet werden.

(An dieser Stelle sei noch bemerkt, daß man auf die aufgebrannten Silberbeläge von keramischen Kondensatoren nur mit Spezial-Lot auflöten kann, da handelsübliche Lote die Silberschicht zerstören, so daß die Kondensatoren unbrauchbar werden, ohne daß man es ihnen ohne weiteres ansieht!) In unserem Gerät verwenden wir *an frequenzbestimmender Stelle* nur Luftkondensatoren.

#### *Punkt 4:*

Unsichere Kontakte können an Rotorzuleitungen von Drehkondensatoren, an Röhrenfassungen und evtl. an kalten Lötstellen auftreten. Vor gebrauchten Röhrenfassungen für die EF 14 oder andere Oszillatorröhren sei hier besonders gewarnt, desgleichen vor der Verwendung von amerikanischen Ausschlacktkondensatoren in Bakelitegehäusen. Widerstände, bei denen der Lacküberzug beschädigt ist, sind auch zumeist in der Widerstandsschicht beschädigt.

#### *Punkt 5:*

Es ist erforderlich, den Oszillator in ein Gehäuse einzubauen, das Zugluft von dem Gerät fernhält. Höchste Ansprüche an Frequenzkonstanz können nur dann gestellt werden, wenn die Umgebungstemperatur auf wenige Grad-Bruchteile konstant gehalten wird. Am besten ist der Einbau in einen Thermostaten.

#### *Punkt 6:*

Mechanische Aufbaumängel sind häufig der Grund zu sprungartigen Frequenzänderungen von Oszillatoren. Mangelhaft befestigte Einzelteile verändern ihre Lage gegeneinander, geraten ins Vibrieren und rufen so unerwünschte Frequenzmodulation hervor. — Mechanische Spannungen, die beim Einbau von Drehkondensatoren, durch unegale Winkelbefestigungen hervorgerufen werden, verursachen später Abstandsänderungen — oft geringfügiger Art — in den Kondensatorpaketen und wirken sich ungünstig auf die Frequenzkonstanz aus. Zu wenig fixierte Schrauben lockern sich und zu stark angezogene springen. In der späteren Baubeschreibung kommen wir auf den mechanischen Aufbau nochmal eingehend zurück.

#### *Punkt 7:*

Für die Schwingkreis-Elemente eines Oszillators gibt es ganz bestimmte Optima, die je nach der Oszillatorschaltung verschieden sind. Nennenswerte Abweichungen rufen unweigerlich Frequenzwanderungen hervor.

Sehr häufig werden Fehler hinsichtlich der Dimensionierung der Rückkopplung, besonders bezüglich Spulenabgriff, Gitterwiderstand und Gitterkondensator gemacht. Es soll nur eben gerade soviel Rückkopplung gegeben werden, wie zur sicheren Aufrechterhaltung der Schwingungen erforderlich ist. Um den Einfluß von Kapazitätsschwankungen seitens der Röhre herabzumindern, ist es wünschenswert, die Kapazität des Schwingkreises so hoch wie möglich zu halten.

#### *Punkt 8:*

Die Reinigung sämtlicher Bauteile ist erforderlich:

1. um unkontrollierbare Widerstände, die durch das Berühren mit der Hand entstanden sind, zu beseitigen,
2. um Schmutz- und Fettspuren von den Kondensatoren und auch den Kondensatorplatten zu entfernen.

Dem „ungläubigen Thomas“ sei gesagt, daß gerade hierüber an den technischen Hochschulen eingehende Messungen gemacht wurden, und daß diese notwendige Reinigung mit Meßdaten belegt ist (z. B. Studienarbeiten von ex DL 1 OQ, Dipl.-Ing. Gmelin † und Dipl.-Ing. Praetorius).

#### *Punkt 9:*

Röhrenstreuung, Röhrendefekte.

Sehr ärgerliche Überraschungen kann man hier (gottlob selten) erleben. Es kann vorkommen, daß die Eingangskapazitäten und auch sonstige Röhrendaten unterschiedlich ausfallen. Häufigere Fehler sind schlechte Schweißstellen im Röhreninneren, in die Gitter hineingefallenes Gettermaterial, mangelhafte Isolation des Steuergitters und Vakuumfehler. Es ist dringend zu empfehlen, *Röhren, die als Oszillatoren arbeiten sollen, einige Stunden bis zu einigen Tagen normal zu belasten* und mit etwa  $\frac{2}{3}$  der angegebenen Maximalleistung in Betrieb zu halten. Darauf erfolgt eine Nachmessung, insbesondere auch eine Vakuum-Messung. Im Oszillator selbst sollen nur Röhren zur Verwendung gelangen, die vollkommen einwandfrei sind und deren Leistung um ein Vielfaches größer ist, als ihre Inanspruchnahme im Gerät. Ist die Heizung der Oszillatorröhre nicht aus dem Akku-

mulator oder dem stabilisierten Netzanschlußgerät möglich, so sind Röhren größerer Heizstromstärken, wegen der besseren Wärmeträgheit, vorzuziehen.

#### *Punkt 10:*

Widerstände verändern durch Überlastung ihre Werte, aber auch in normalem Betrieb treten häufig Widerstandsänderungen auf, die sich in Oszillatoren auswirken können, während sie in anderen Schaltungen unbemerkt bleiben. Auf guten Sitz der Anschlußkappen ist zu achten. Beim Einlöten vermeide man Erhitzung mit dem LötKolben. Vor und nach dem Einbau ist es empfehlenswert, die Widerstände einer längeren Ohm-Messung zu unterziehen.

#### *Punkt 11:*

Alterungserscheinungen treten unweigerlich ein. Daher werden Geräte, die wie der Oszillator besonders konstant sein sollen, einer künstlichen Alterung unterzogen, welche in hohem Maße, wenn auch nicht vollständig, die wirkliche Alterung vorwegnimmt.

Die Geräte werden in fertigem Zustand einige Stunden höheren Temperaturen ausgesetzt und dann langsam wieder abgekühlt. Beim Oszillator kann man für 3 bis 4 Stunden bis zu 70° Dauertemperatur anwenden.

Für den Amateur erscheint die künstliche Alterung nicht unbedingt erforderlich, da die Erwärmung schwer und nicht ungefährlich zu verwirklichen ist. Der Verfasser, der selbst für wissenschaftliche Institute zahlreiche Frequenznormalien konstruiert und erbaut hat, hat bei künstlichen Alterungen immer wieder festgestellt, daß sich die gealterten Normalien, z. B. Stimmgabel-Generatoren, noch wochenlang nach der Alterung in dauernder Änderung befanden und daß nach jedesmaliger Alterung wieder neue, wochenlang dauernde Änderungen eintraten.

#### *Punkt 12:*

In Veröffentlichungen der letzten Zeit findet man, insbesondere bei der Besprechung des Clapp-Oszillators, immer wieder den Hinweis, daß auf *hohe Güte des Schwingkreises*

geachtet werden muß. Dadurch ist die irrige Meinung entstanden, daß bei anderen Oszillatoren die Qualität des Schwingkreises keine so ausschlaggebende Rolle spielt. Diese Ansicht wäre nicht richtig. — Es ist vielmehr bei *jedem* Oszillator für möglichst dämpfungsarmen Aufbau des Schwingkreises zu sorgen, auch wenn die Oszillatorschaltung eine große Parallelkapazität aufweist, denn die etwa noch auftretende restliche Blindkomponente des Anodenstroms hat dann einen geringeren Einfluß auf die Frequenz. Andererseits soll eine große Streuinduktivität vermieden werden, da hierdurch Phasendrehung hervorgerufen wird. Wird die Kapazität des Schwingkreises zu niedrig gehalten, so ändert sich die Blindkomponente stark mit den inneren Röhrenwiderständen, so daß Frequenzschwankungen eintreten.

Der praktischen Verwirklichung eines hochqualitativen Schwingkreises, also eines Kreises, bei dem Selbstinduktion und Kapazität möglichst eindeutig festgelegt sind, stehen aber wieder gewisse Nachteile gegenüber, so daß immer ein Kompromiß geschlossen werden muß. So ist z. B. eine kapazitätsarme Spule hoher Qualität nur dadurch zu erreichen, daß man bei großem Drahtdurchmesser ( $D = 1,5 \text{ mm}$ ) einen entsprechenden Windungsabstand (etwa  $1 \text{ mm}$ ) einhält. Durch den Abstand aber verringert sich die Selbstinduktion, die Spule muß entsprechend mehr Windungen erhalten, oder einen größeren Durchmesser aufweisen. Dadurch steigt erstens das Streufeld der Spule, was auf jeden Fall ungünstig ist, zweitens aber wird ihre Anfälligkeit gegen Temperaturschwankungen ebenfalls ansteigen. Damit kann der ganze Vorteil der größtmöglichen Güte wieder zunichte werden.

Dem Amateur, aber auch dem Techniker glaubt der Verfasser mehr zu nützen, wenn er eine fast *rezeptartige Beschreibung einer Oszillatortype* bringt, so daß alle unnötigen Experimente mit Sicherheit vermieden werden können.

### *Punkt 13:*

Hochfrequenzeisen kann in frequenzbestimmenden Schwingkreisen, speziell aber in Oszillatoren, zu sehr starken Frequenzwanderungen Anlaß geben. Der Grund ist erstens der

hohe Ausdehnungskoeffizient des Füllmaterials, zweitens seine nicht genau reproduzierbare Magnetisierungskurve.

So günstig die Verringerung des magnetischen Streufeldes und der Spulenabmessung an und für sich wäre, so scheidet hier die Verwendung von Hf-Eisen an den vorgenannten Gründen.

## 5. Oszillatorfrequenz-Verdopplung

Wie das Schaltbild (Bild 16) des Oszillators zeigt, wird die Hochfrequenz über eine Kapazität von 20 pF aus dem unabhingestimmten Anodenkreis des Oszillators entnommen.

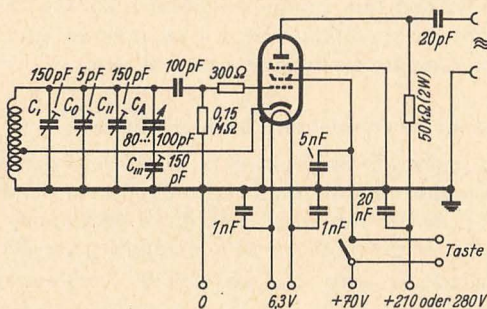


Bild 16. ECO-Band-Oszillator, 1740...1910 kHz. Spule auf Keramik, 34 Windungen, 0,5 mm Kupfer, 2× Baumwolle, Abgriff vom kalten Ende bei 9 Windungen, Durchmesser 25 mm.  $C_I$  und  $C_{II}$  je 150 pF (Lufttrimmer als Tankkapazität).  $C_0 = 5$  pF (Der Korrekturtrimmer ist auf 2,5 pF eingestellt).  $C_{III} = 150$  pF (Verkürzungstrimmer; Serien-C).  $C_A = 80 \dots 100$  pF (Hauptabstimmkondensator)

Diese Anordnung hat nur dann einen Zweck, wenn als nächste Stufe eine nahezu aperiodische Stufe geschaltet wird, die man im allgemeinen als Puffer bezeichnet. Bevor wir zur Beschreibung des Puffers und seiner Vorteile übergehen, wollen wir uns aber noch mit der Möglichkeit befassen, eine Frequenzverdopplung direkt in der Oszillatorstufe durchzuführen.

Statt des 50-k $\Omega$ -Widerstandes und des Kopplungsblocks wird ein Schwingkreis mit den angegebenen technischen Daten eingeschaltet:

Drehkondensator: Kapazität 100 cm

Spulenwindungszahl: 38

Spulendurchmesser: 35 mm

Windungsabstand von Drahtmitte zu Drahtmitte:  $\sim 3$  mm

Drahtstärke: 1 mm

Bei etwa 75 % der angegebenen Kapazität findet sich der Resonanzpunkt der 2. Harmonischen des Oszillators. Die Harmonische ist erstaunlich kräftig und reicht z. B. zum Aussteuern einer 12 P 10 oder 6 V 6 leicht aus.

Bild 7 zeigte die Schaltung eines derartigen Eco, FD, Pa, d. h. eines Oszillators mit Verdoppler und 10-Watt-Endstufe.

Beobachtet man die Frequenzkonstanz, so wird man feststellen, daß nach vollkommener Abstimmung aller Kreise selbst hohe Ansprüche zufriedengestellt sind.

## 6. Die Frequenzverschiebung beim Abstimmen

Die Frequenz schwankt auf 80 m im Verlauf einiger Stunden bei annähernd gleichbleibenden Raumtemperaturen um höchstens  $\pm 20$  Hz; trotzdem kann diese Anordnung nur für 80, 40 und eventuell noch für 20 m empfohlen werden.

Der Grund ist nicht die mangelnde Frequenzkonstanz, sondern eine Erscheinung, die man beim Eco-Oszillator-Verdoppler bei einem einfachen Überlagerungsversuch feststellen wird: Solange nämlich der Verdoppler des Ecos nicht abgestimmt wird, bleibt die eingestellte Oszillatorfrequenz stabil und eichgültig. In dem Moment aber, in dem der Resonanzpunkt des Verdopplers *beim Abstimmen* durchlaufen wird, *verändert sich der Überlagerungston.*

Der Verfasser hat Frequenzveränderungen von 60 bis 120 Hz der Oszillatorfrequenz gemessen. Das bedeutet also für den praktischen Betrieb, daß sich im 80-m-Band bereits eine Frequenzabweichung von 120 bis 240 Hz von der eingestellten und abgelesenen Oszillatorfrequenz ergibt. Im 40-m-Band werden daraus 480 Hz = ca.  $\frac{1}{2}$  kHz, im 20-m-Band 960 Hz = nahezu 1 kHz. Der Amateur müßte also im 20-m-Band einen Vorsichts-Abstand von 1 kHz vom oberen und unteren Band-Ende einhalten. Er verliert hier also minde-

stens 2 kHz, das ist bei einer Empfängerbandbreite von 500 Hz ein Verlust von vier Telegrafie-Kanälen.

Im 40-m-Band ist es gebräuchlich, daß die korrespondierenden Stationen sich genau auf eine Frequenz einregeln bzw. einpfeifen, was infolge der Unsicherheit um etwa  $\frac{1}{2}$  kHz nicht mehr vollständig gelingen wird und bei stark besetztem Band auch bei Telefonie-Sendungen dazu führen kann, daß der Sender Nachbarstationen stört, oder von Nachbarstationen so gestört wird, daß er nicht mehr aufzunehmen ist.

Im 80-m-Band hält sich der Fehler solange in erträglichen Grenzen, als nicht der Wunsch besteht, sich absolut auf Schwebungsnul einpfeifen und hier mit anderen Stationen eine Mehrfachverbindung durchführen zu wollen. Bei sehr genau einstellbarer Frequenz nämlich ist es durchaus möglich, sich derart exakt auf einen anderen Träger zu setzen, daß eine dritte Station beide Partner ohne jeden Überlagerungston störungsfrei aufnehmen kann. Man nennt dies *Gleichwellenbetrieb*.

Der beschriebene einfache Sender ist also zwar in hohem Maß frequenzkonstant, seine Eichung jedoch toleriert um die angegebene Abweichung.

Es ist nicht Aufgabe der vorliegenden Veröffentlichung, alle *physikalischen Gründe* für die geschilderte nachteilige Erscheinung ausführlich und wissenschaftlich genau darzulegen. In kurzem sei jedoch angegeben, daß die Rückwirkung auf die Oszillatorfrequenz ihre Ursache in Kapazitäts- und Widerstandsänderungen im Röhren-Inneren während des Abstimmvorganges des Verdopplerkreises hat. Es gibt nun eine überaus einfache Maßnahme zur wesentlichen Verminderung der eben geschilderten Frequenzverwerfung, wenn wir nämlich die Verdopplung einer getrennten, als *Puffer* wirkenden Röhre, übertragen.

## 7. Der Oszillator und sein Puffer

Wie das Schaltbild (**Bild 17**) zeigt, wird dazu eine weitere Röhre EF 14 verwendet. Der Ausgang des Oszillators erhält

einen Widerstand von  $50\,000\ \Omega/2\ \text{Watt}$ . An der Anode liegt eine Kapazität von  $20\ \mu\text{F}$  und über diese Kapazität wird die *Puffer-Verdoppler-Röhre* angekoppelt.

*Technische Daten zur Schaltung des Oszillator-Puffers FD*  
(Bild 17).

Gitterwiderstand:  $50\ \text{k}\Omega$ ,  $\frac{1}{2}\ \text{Watt}$   
Katodenwiderstand:  $200\ \Omega$ ,  $1\ \text{Watt}$   
Katodenkondensator:  $5\ \text{nF}$   
Schirmgitterblock:  $5\text{...}20\ \text{nF}$   
Gitterschutzwiderstand:  $10\ \Omega$   
Bremsgitter mit Katode verbunden  
Anode: 80-m-Schwingkreis  
Schirmgitter:  $70\ \text{Volt}$   
Anodenspannung:  $280\ \text{Volt}$

Der Verfasser hat diese Anordnung gründlich auf ihre Frequenzverwerfung während des Abstimmvorgangs untersucht und sorgfältig ausgemessen. Es ergaben sich beim Durchlaufen des Verdoppler-Resonanzpunktes Frequenzverwerfungen von nur  $5\text{...}9\ \text{Hz}$ . Die Messung erfolgte bei offenem Aufbau und bei einer Zimmertemperatur von  $20^\circ$  nach einer Einlaufzeit von 70 Sekunden. Als Vergleichsnormale wurde ein brückenstabilisierter  $100\text{-kHz}$ -Quarzoszillator mit Verstärker verwendet. Frequenzkonstanz des Normals  $1 \times 10^{-8}$ . Es wurde ein Ton von  $1\,500\ \text{Hz}$  eingestellt, der mit einem Stimmgabelsummer mit einer Invarstahl-Stimmgabel überlagert wurde. Dabei traten Schwebungen in der angegebenen Größe ( $5\text{...}9\ \text{Hz}$ ) auf.

Die *Konstanz des ganzen Generators* betrug, immer bezogen auf  $1\,750\text{...}1\,900\ \text{kHz}$ , über eine Stunde lang ca.  $20\ \text{Hz}$ . Dabei wurden diese Abweichungen aber ausschließlich durch Raumtemperatur-Schwankungen hervorgerufen. In diese Abweichungen geht die Toleranz des Stimmgabel-Generators, der ebenfalls offen betrieben wurde, ein, so daß die Frequenzabweichungen vermutlich noch geringer waren.

Die elektrischen Daten der Verdopplerstufe dürfen nicht wesentlich geändert werden, da bei idealem Verdopplerbetrieb die Pufferwirkung verlorengeht. Dem Verdoppler

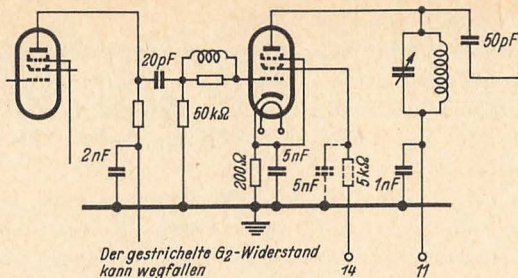


Bild 17. Ankopplung einer Puffer-Verdopplungsstufe

wurde dauernd eine Leistung von 0,5 Watt entzogen. Nunmehr reicht die Stabilität der beschriebenen Anordnung bereits aus, um auch im 10-m-Band einen zuverlässigen Betrieb zu sichern. Die vom Verdoppler an die nächste Geradeaus-Verstärkerröhre, etwa 6 V 6, abgebbare Spannung genügt zum Durchsteuern dieser Röhre. Die von dieser Verstärkerstufe dann abgegebene Leistung reicht zum Aussteuern einer 100-Watt-Endstufe mit einer Röhre LS 50 ohne weiteres aus.

## 8. Der Oszillator mit echtem Puffer und Verdoppler

Um aber den höchsten Ansprüchen an einen Steuersender gerecht zu werden, zeigt Bild 18 eine Anordnung mit drei Röhren, bei welcher ein reiner Pufferbetrieb zur Anwendung kommt. Die Pufferstufe enthält keinerlei frequenzbestimmende Bauteile.

Der Anodenkreis erhält einen Arbeitswiderstand von 50 kΩ, 2 Watt. Die zweite Pufferverdopplerstufe ist über eine Kapazität von 50 pF angekoppelt. Als Röhre läßt sich in dieser Stufe wieder eine EF 14 oder eine ähnlich gute Pentode verwenden.

Beim Durchdrehen des Abstimmkondensators auf Resonanz ist die Frequenzverwerfung am Oszillator höchstens noch mit 3 Hz zu bemerken. Das ist eine Abweichung, bei der man mit einfachen Mitteln nicht mehr feststellen kann, ob sie überhaupt durch den Abstimmvorgang hervorgerufen ist, oder ob sie vom Temperaturgang des Oszillators herrührt.

## 9. Der Oszillator im Thermostat

Der fortschrittliche Amateur strebt nach *Vollkommenheit*. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als neuerdings zum Oszillator zurückzukehren und ihm, durch Einbau in einen Thermostaten, die überhaupt mögliche *höchste Frequenzkonstanz zu geben*.

*Der Einbau des beschriebenen Oszillators in einen Thermostaten* ist selbstverständlich eine Arbeit, die nur dem weit fortgeschrittenen Amateur zumutbar ist. Wenn man aber auf eine Temperaturkonstanz allerhöchster Genauigkeit verzichtet und sich mit einigen Zehntelgrad um die Solltemperatur begnügt, ist die Konstruktion eines Thermostaten-Gerätes gar nicht so schwierig wie man im allgemeinen glaubt; auch wird dann der Preis des Schaltthermometers durchaus ertragbar.

Bevor wir in die Baubeschreibung eintreten sei nochmal betont: Einen „absolut“ frequenzkonstanten Oszillator gibt es überhaupt nicht. *Es gibt nichts, was „absolut“ ist*, ja, nicht einmal der Umlauf der Erde ist „absolut“ konstant. Ihr Umlauffehler kam auf, als die erste brauchbare Quarzuhr erbaut war (Rohde & Schwarz).

So gibt es natürlich auch trotz Anwendung des Thermostaten immer noch geringfügige Frequenzschwankungen, doch sind diese, selbst bei Verwendung von einfachen Thermostaten, so gering, daß sie praktisch auch nach Versechzehnfachung der Oszillatorfrequenz überhaupt keine Rolle mehr spielen.

## 10. Der Oszillator wird zum Frequenznormal

Sein Fehler kann nun nicht mehr größer sein, als der Eich- und Ablesefehler der Skala. Der wesentlichste Vorteil eines durch Thermostat stabilisierten Oszillators ist in seiner Unempfindlichkeit gegen Schwankungen der Umgebungstemperatur zu erblicken. Abgesehen von den Tag- und Nacht-Temperaturschwankungen, welche mit einer Größenordnung von 5° C bestimmt nicht zu hoch angegeben sind, treten oft noch größere Temperaturchwankungen lediglich durch das

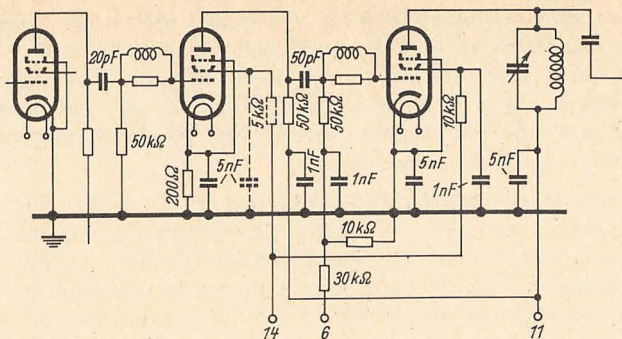


Bild 18. Ankopplung einer reinen Puffer- und Puffer-Verdopplerstufe.  
Die Ziffern 14, 6, 11 beziehen sich auf das Gleichrichtergerät

Öffnen der Fenster zum Zweck der Lüftung oder durch Heizung vorher ungeheizter Räume auf. Auch der längere Betrieb einer leistungsfähigen Station bringt eine starke Wärmezunahme besonders in kleineren Räumen.

## 11. Der Thermostat für den Amateur

Es ist klar, daß die Temperatur des Thermostaten höher liegen muß als die höchste je vorkommende Umgebungstemperatur sein kann. Selbstverständlich gibt es Thermostaten, die auch *unter* der vorkommenden Umgebungstemperatur arbeiten können, sie sind aber zu diesem Zweck in eine Art Kühlschranks eingebaut, und das würde nun doch entschieden zu weit gehen. Wir wählen daher als *Schaltpunkt für das Kontakt-Thermometer* des Thermostaten eine Temperatur zwischen  $35$  und  $45^\circ$  Celsius.

Bei Bestellung des Kontakt-Thermometers lasse man dem Fabrikanten eine Toleranz von einigen Grad Celsius  $\pm$  offen, denn wirklich teuer sind nur Schaltthermometer für ganz genau vorgeschriebene Temperatur-Bruchteile, was für unsere Zwecke ja völlig belanglos ist.

Hochwertige Thermostaten stabilisieren die Solltemperatur auf  $\pm 0,001^\circ$  C. Bei ihnen ist es auch von Wichtigkeit, daß die Temperatur im ganzen Thermostatenraum völlig gleichmäßig ist. Wärmegefälle werden durch motorische Luftumwälzung

oder durch Umlauf-Ölbäder verhindert. Derartige Geräte sind auch meist doppelt stabilisiert, sie sind in zwei voneinander isolierten Gehäusen untergebracht. Das Außengehäuse hat z. B. eine Stabilisierung von  $40^{\circ}$ , das Innengehäuse eine Stabilisierung von  $45^{\circ}$ . Die Wandungen sind aus Kupfer und bis 10 mm stark.

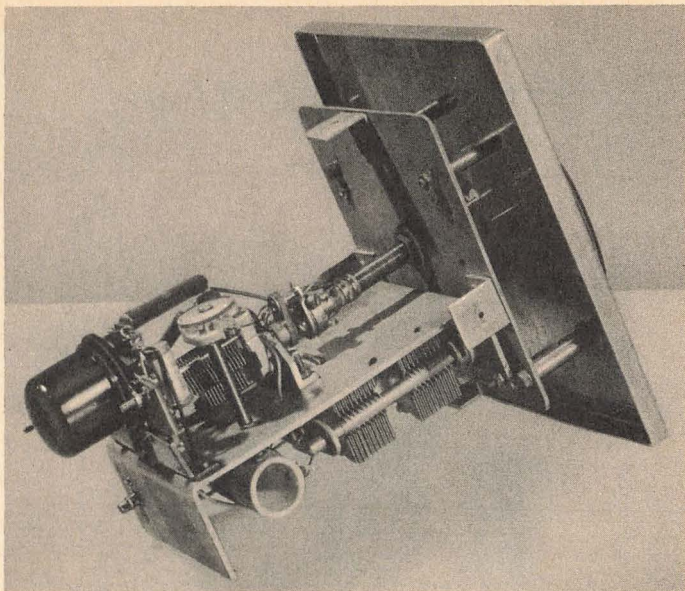
Alle diese scharfen Bedingungen sind für unsere Zwecke nicht von Interesse. Es kann uns gleichgültig sein, ob im unteren Teil des wärmestabilisierten Oszillators sich eine Temperatur von  $40^{\circ}$  stabilisiert, während im oberen Teil eine Temperatur von  $41^{\circ}$  herrscht, *wesentlich ist nur, daß der Zustand gleichbleibend ist.*

Es ist anzustreben, den Oszillator und damit den Thermostaten in seinen Ausmaßen klein zu halten. Es wird ausdrücklich *nicht* gesagt: „so klein, wie möglich“, denn diese Forderung ist, wie wir aus den allgemeinen Konstruktionserfahrungen her kennen, immer nur mit Qualitätsverlusten zu erkaufen. Es ist wünschenswert, die Heizleistung für den Thermostaten niedrig zu halten. Soll der Thermostat seinen Zweck erfüllen, so muß er eine Stunde vor Beginn der Sendung eingeschaltet werden, damit das Wärmegleichgewicht eintritt.

Auch stabilisierte Netz-Gleichrichtergeräte arbeiten erst nach einer halben Stunde mit stabilen Spannungen, so daß erst nach der angegebenen Zeit Frequenzwanderungen aus diesem oder jenem Grunde nicht mehr eintreten. Es sei hier erwähnt, daß es besser ist, den Thermostaten nicht einzuschalten, wenn die Wartefrist nicht eingehalten werden kann, da der Oszillator während der Anheizzeit einen „Frequenzspaziergang“ unternimmt.

Nach Ablauf der Anheizzeit ergibt sich *eine Frequenzkonstanz, die allen Vorschriften und internationalen Vereinbarungen entspricht.*

Der Amateur kann ohne weiteres bis an die äußersten Bandgrenzen gehen und so die gesamten genehmigten Bänder restlos ausnützen.



*Bild 19. Bandoszillator, Ansicht von innen. Das Bild zeigt die Ausführung eines Bandoszillators, der für den Einbau in einen Thermostaten konstruiert wurde. In seinen Maßen ist er mit der Konstruktionszeichnung nicht völlig identisch, seine technischen Daten sind jedoch genau die gleichen. Die Stützwinkel zur Frontplatte sind entfernt, um das lange Achsenlager sichtbar zu machen. Unter dem Chassis sieht man den  $2 \times 150$  cm großen Tankkondensator neben der keramischen Spule. Auf dem Chassis ist die Anordnung der EF 14 und des Hauptabstimmkondensators zu sehen*

## **12. Der Oszillator. Ausführliche Bauanweisung (Bilder 19 bis 23)**

Als Montageplatte verwendet man hartes Aluminium von 2 bis 3 mm Stärke. Die Montage der Drehkondensatoren wird mit mindestens zwei Punkten auf dieser Aluminiumplatte vorgenommen, so daß die Kondensatoren absolut fest sitzen und keine Vibration eintreten kann. Zur Befestigung werden starke Winkel verwendet. Die Röhrenfassung für die EF 14 darf nicht aus Trolitul oder Amenit bestehen, da beide Massen bei höheren Temperaturen nicht formstarr sind. Ungeeignete Baustoffe sind auch Hartgummi, Gummi und Gummiprodukte

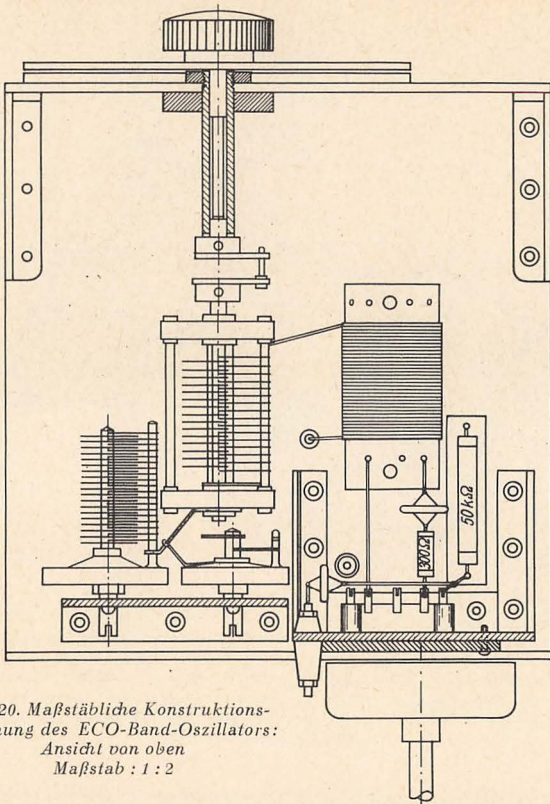


Bild 20. Maßstäbliche Konstruktions-  
zeichnung des ECO-Band-Oszillators:  
Ansicht von oben  
Maßstab : 1 : 2

wegen der Abgabe von Schwefel. Versilberte Einzelteile, Kontaktfedern u. dgl. sulfatieren und werden schwarz. Die Kontaktfedern der Röhrenfassung müssen neu und glänzend sein und gut federn.

Der Band-Kondensator muß einen besonders leichten Gang aufweisen. Widerstände und Blockkondensatoren werden auf Lötösen-Brettchen montiert. Diese müssen an mindestens zwei Punkten mit dem Chassis fest verschraubt sein, so daß sich nichts bewegen kann.

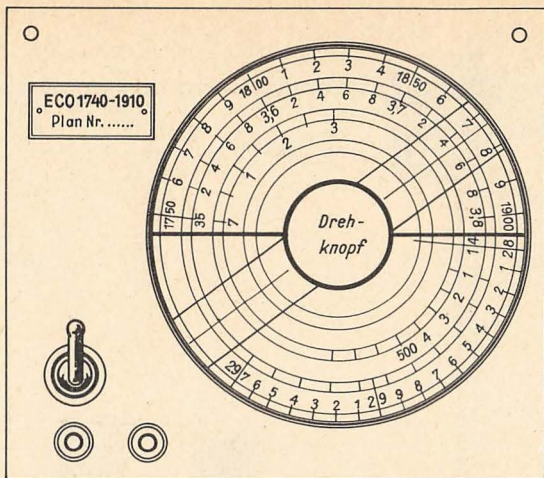


Bild 21. Maßstäbliche Konstruktionszeichnung des ECO-Band-Oszillators mit Skalenverteilung: Ansicht von vorn  
Maßstab : 1 : 2

Die Spule wird am besten auf einen keramischen Körper gewickelt. 0,5 mm baumwollisolierter Draht ist vollkommen ausreichend. Der Draht ist vor der Wicklung etwas zu strecken. Der in der Beschreibung angegebene Abgriff wird vorher hergestellt und mit aufgewickelt.

Nach Fertigstellung wird die Spule mit *reinem* Benzin gewaschen (gebadet) und nach vollständiger Trocknung *an der Luft (ohne künstliche Wärme)* mehrmals mit Trolitul (Polystyrol) getränkt und nochmals an der Luft langsam getrocknet. Als Widerstände werden  $\frac{1}{2}$ -Watt- und 1-Watt-Typen benutzt. Die wenigen Verblockungskondensatoren werden zwischen den Röhrenfassungs-Anschlüssen und dem Chassis formstarr angebracht; verwendet werden nur *tropenfeste Ausführungen*. Der Gitterkondensator kann aus Calit, Tempa oder ähnlichen hochwertigen keramischen Massen bestehen. Die Einzelteile dürfen sich nach der Montage, auch bei heftigen Erschütterungen, nicht im mindesten bewegen.

Die Drehkondensator-Achse wird mit Hilfe eines weichen Kardans über ein Lager durch die Frontplatte geführt; hier

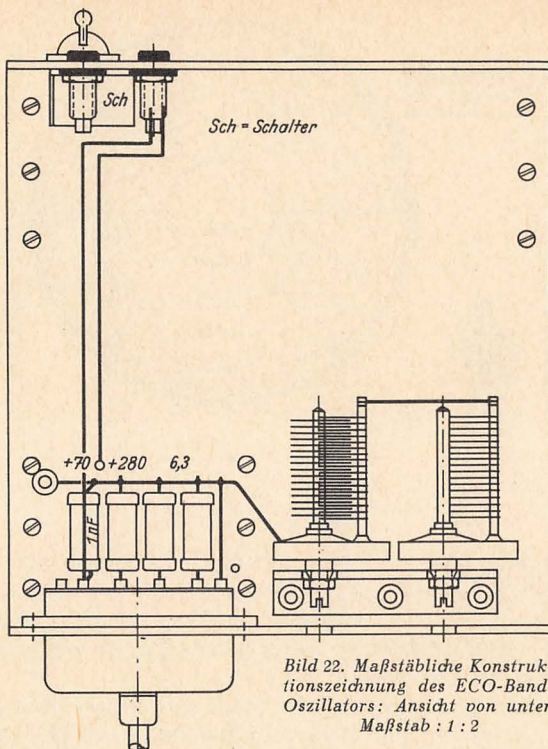


Bild 22. Maßstäbliche Konstruktionszeichnung des ECO-Band-Oszillators: Ansicht von unten  
Maßstab : 1 : 2

darf keinerlei toter Gang auftreten, und in dem Lager darf die Achse kein Spiel haben. Andererseits muß sich die Anordnung leicht durchdrehen lassen, ohne zu rucken oder zu klemmen; irgendwelche mechanischen Spannungen müssen vermieden werden. Eine Verdrosselung der Heizleitungen ist nicht nötig. Die Stromzuführung erfolgt durch Kupplungsstecker und Kabel.

Nach Fertigstellung des Gerätes findet zunächst eine allgemeine Überprüfung statt. Es werden sämtliche Lötstellen sorgfältig untersucht und mit reinem Alkohol und einem sauberen Pinsel gründlich gereinigt. Die vor der Montage

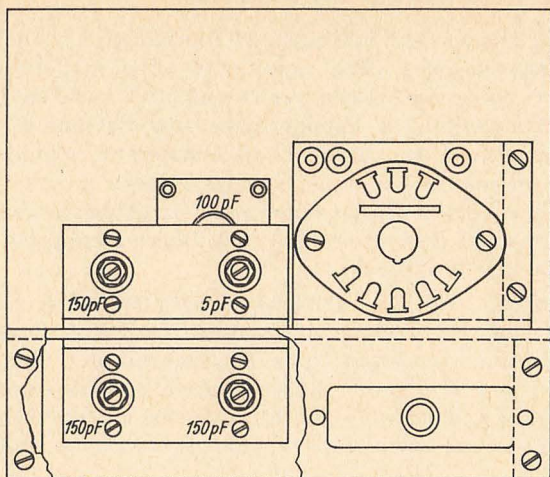


Bild 23. Maßstäbliche Konstruktionszeichnung des ECO-Band-Oszillators: Ansicht von rückwärts  
Maßstab : 1 : 2

schon sorgsam gereinigten Drehkondensatoren werden nochmals, zuerst mit reinem Alkohol, oder mit destilliertem Wasser, sodann mit reinem Benzin durchgespült. Hierbei muß man achten, daß die Chemikalien nicht auf die Spule kommen, da sich sonst der Trolitul-Lack lösen könnte.

Die Widerstände werden kurz mit Benzin überpinselt; Röhrensockel und Röhrenfassung werden ebenso behandelt. Nun lasse man das Gerät nach dieser Reinigung in einem staubfreien Raum einige Stunden (!) trocknen.

Die zur Verwendung gelangende Röhre EF 14 (oder EF 80) wird vor Inbetriebnahme sorgfältig auf ihre elektrischen Daten überprüft, so daß es ausgeschlossen ist, daß eine irgendwie defekte oder mangelhafte Röhre zur Verwendung gelangt. Sie wird in ihre Fassung eingepreßt und nun *nicht* wieder herausgenommen, solange es nicht unbedingt nötig ist.

### 13. Die Inbetriebnahme des Oszillators

In die Anoden- und Schirmgitterleitungen wird je ein Milliampereometer gelegt. Das Gerät wird offen in Betrieb genommen, wobei die Spannungen 70 und 210 V stabilisiert sind. Bei herausgedrehtem Bandabstimm- und Padding-Kondensator wird nun die variable Parallelkapazität solange verändert, bis die erforderliche Anfangsfrequenz von 1910 kHz mit dem Absorptionskreis einreguliert ist (Abhören der Harmonischen auf dem 80-m-Band, der Überlagerungston muß bei 3820 kHz erscheinen).

Nunmehr wird der Abstimmkondensator völlig hereingedreht und der Paddingkondensator solange nachgedreht, bis sich beim hereingedrehten Drehkondensator eine Frequenz von 1740 kHz am Absorptionswellenmesser und auf dem 80-m-Empfänger ein Überlagerungston auf 3480 kHz einstellt. *In diesem Zustand überstreicht der Oszillator sämtliche Bänder.*

Nunmehr erfolgt der Einbau in das allseitig geschlossene Gehäuse. An der Klemme „Hf“ kann die Hochfrequenz abgenommen werden. Das Gerät wird wieder in Betrieb genommen, und nun wird der Paddingkondensator mit dem Schraubenzieher solange nachjustiert, bis Abweichungen durch den Einbau beseitigt sind. Das Gerät wird einer mäßigen Schüttelprobe unterzogen und dann im Dauerbetrieb erprobt.

Erfüllt es die gestellten Forderungen, so wird man die Eichung mit einem 100-kHz-Frequenznormal mit Frequenzteiler vornehmen, oder wenn man es nicht besitzt, von einem glücklicheren Amateur eichen lassen.

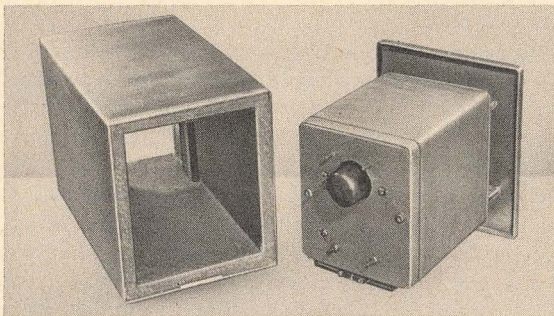
Man kann eine der handelsüblichen Amateurskalen (z. B. Grossmann) anbringen und die einzelnen Bereiche markieren. Die Einstellung für das 80-m-Band beginnt bei einer Oszillatorfrequenz von 1750 und endet bei 1900 kHz. Das 40-m-Band beginnt bei einer Oszillatorfrequenz von 1750 kHz und endet bei 1825 kHz. Das 20-m-Band beginnt wieder bei 1750 kHz und endet bei 1800 kHz. Das 10-m-Band beginnt ebenfalls bei 1750 kHz und endet bei 1856,25 kHz.

*Anmerkung. Ein aufgetretener Fehler:*

Nach Anbringung einer Klemmenleiste aus Kunststoff war durch Wegnehmen der Schirmgitterspannung von 70 Volt die Schwingung nicht mehr zum Aussetzen zu bringen. Grund: Kriechströme im Kunststoff. Es sei bemerkt, daß die *geringste positive Spannung* am Gitter 2 den Oszillator zum Schwingen bringt. Daher: Vorsicht!

#### 14. Der Thermostat. Ausführliche Bauanweisung (Bild 24)

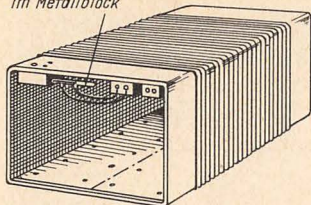
Das Gehäuse hat genau die Größe des Oszillatorchassis, in **Bild 25** ist es von rückwärts offen gezeigt. Unter der Decke ist das Schaltthermometer in einen schweren Metallklotz eingesteckt (Bohrloch muß größer sein, als das Glas; mit ein paar Tropfen Cohesan sichern); daneben sind die Anschlußklemmen für Thermometer und Heizwicklung zu sehen.



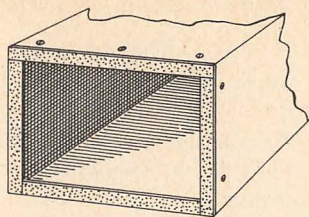
*Bild 24. Der Oszillator im Thermostat. Man sieht die durch Isolierleinen geschützte Heizwicklung, ausgeführt mit Chromnickelband, daneben das Wärmeschutzgehäuse, welches mit porösen Holzfaserplatten ausgefüllt ist*

Das Gehäuse ist aus einem Stück starken Aluminiums (5...4 mm) gebogen (Klempnerarbeit), der Boden ist doppelt und genietet. Das Gehäuse wird mit Isolierleinen umwickelt;

*Schalt-Thermometer  
im Metallblock*



*Bild 25. Der Oszillator-Thermostat. Das Gehäuse für den Oszillator trägt die Heizwicklung, es ist aus einem Stück Aluminiumblech von 3 mm Stärke gebogen. Der Boden ist doppelt und mit Aluminiumnieten vernietet, die Wicklung ist mehrfach mit Isolierleinen unterlegt*



*Bild 26. Das Wärmeschutzgehäuse aus 1-mm-Aluminiumblech; man sieht die Anordnung der Heraklitplatten*

auf dieses wird die 10-Watt-Heizwicklung einlagig und gleichmäßig verteilt aufgebracht. Zum Schutz der Wicklung werden weitere Lagen Isolierleinen aufgeklebt; die Anschlüsse sind gut isoliert durchzuführen. Der Oszillator wird in das Gehäuse eingeschoben und mit Winkeln kräftig mit dem Gehäuse verschraubt.

Wird der fertig gebaute Oszillator nachträglich noch in den Thermostaten eingebaut, so muß natürlich die gesamte Frontplattenarmatur verlängert und auf die neue Außenfrontplatte geführt werden. Da die Frontplatte erheblich größer wird, kann auch die Skala erheblich größer werden.

Das Gehäuse zur Erhaltung der Wärme (Bild 26), dessen Maße so zu wählen sind, daß das Oszillatorgehäuse leicht hineingleitet, ist aus 1-mm-Aluminiumblech gebogen und mit ca. 10 mm starken Holzfaserplatten ausgeschlagen. Dieses Gehäuse muß um die Röhrenhöhe länger sein. Die Röhre ist dann sozusagen in einer Vorkammer angeordnet. Der darauf folgende Rückwanddeckel ist nicht ausgefüttert, damit die Röhren-Eigenwärme verlorengehen kann. Es kann sogar notwendig werden, in diesen Deckel einige Luftlöcher einzubohren.

Die Ausfütterung des Frontplattendeckels ist nicht unbedingt erforderlich, jedoch zu empfehlen. Vor dem endgülti-

gen Verschuß (Verschraubung) fixiere man die Lage des Oszillator-Innengehäuses mit ein paar kleinen Holzkeilen und Lack.

### 15. Die Steuereinrichtung des Thermostaten

Der nunmehr fertige Thermostat wird über die *Steuereinrichtung des Thermostaten* (Bild 27) angeschlossen.

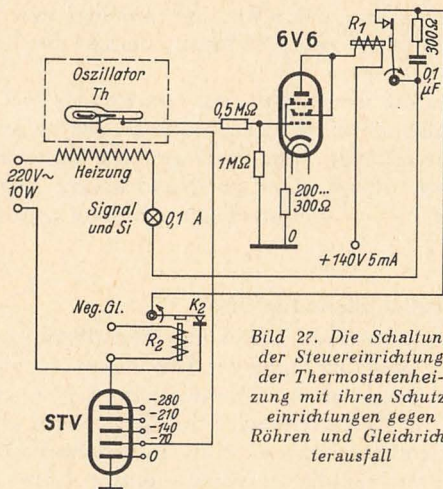


Bild 27. Die Schaltung der Steuereinrichtung der Thermostatenheizung mit ihren Schutz-einrichtungen gegen Röhren- und Gleichrichterausfall

Diese Einrichtung ist so getroffen, daß keine Defekte vorkommen können, durch welche die Heizung nicht sofort unterbrochen würde. Sie arbeitet mit zwei Relais gewöhnlicher Fernsprech-Bauart. Ein Gleichrichter für negative Vorspannung, z. B. der Gleichrichter für die gesamte Stromversorgung des umschaltbaren Senders, liefert über die Relais-Wicklung  $R_2$  seine Spannung an den Stabilisator StV 280/80. Solange Gleichrichterröhre und Stabilisator in Ordnung sind, schließt das Relais den Kontakt  $K_2$  und schaltet die Heizung des Thermostaten ein. In diesem Heizkreis befindet sich noch die Signal- und Sicherungslampe Si. Außerdem aber geht dieser Heiz-

strom noch über das Relais  $R_1$ ; sein Anker wird vom Röhrenstrom der 6 V 6 angezogen und schließt den zugehörigen Kontakt.

Es kann notwendig werden, aus Entstörungsgründen eine Funkenlöschung anzubringen; sie besteht aus einem Widerstand von etwa  $300 \Omega$  und einem Kondensator von  $0,1 \mu\text{F}$ . Fällt die 6 V 6 aus, so ist auch die Heizung getrennt. Nachdem das Oszillatorgehäuse die gewählte Schalttemperatur erreicht hat, schließt die Quecksilbersäule des Thermometers Th den Schaltkontakt und legt eine negative Sperrspannung über  $0,5 \text{ M}\Omega$  an das Gitter der 6 V 6; der Anodenstrom hört zu fließen auf.  $R_1$  öffnet den Heizkreis, solange die Temperatur hält.

Beim Sinken der Temperatur um weniger als  $1/10^\circ \text{ C}$  wird die Heizung augenblicklich automatisch wieder eingeschaltet.

Diese Schaltvorgänge kann man an dem Signallämpchen verfolgen. Nach Ablauf einer genügend langen Vorheizzeit leuchtet dieses in ganz gleichmäßigen Abständen, jeweils für kurze Zeit auf.

## 16. Gegentaktschaltungen für UKW

Der Gegentaktoszillator bietet die Möglichkeit, gute *Frequenzkonstanz auch auf höheren Frequenzen* zu erreichen. Sein Anwendungsgebiet für den Amateur ist in erster Linie die Verwendung als Steuersender für einfache 144-MHz-Sender. Er wird im allgemeinen als eine Zusammenschaltung von zwei Röhren mit induktiver Rückkopplung oder in Dreipunkt-Schaltung erklärt.

„Der Anodenkreis ist abgestimmt, der Gitterkreis liefert die Rückkopplungsspannung. Beide Röhren arbeiten in induktiver Rückkopplung, und zwar jeweils der betreffende Teil des Gitter- und Anodenkreises zusammen.“ (Soweit, nahezu wörtlich, in einer „Einführung in die Funktechnik“.)

Über den Balance-Generator, dessen Schaltung ebenfalls dort gebracht wird, schreibt der gleiche Verfasser u. a.: „Wie bei der Gegentaktschaltung steht jedoch jeder Röhre nur die halbe Gesamtinduktivität zur Verfügung.“

Dieses Beispiel einer *unrichtigen* Betrachtungsweise des Gegentaktoszillators ließe sich durch zahlreiche andere Ver-

öffentlichungen anderer Autoren vermehren. So wird z. B. u. a. die Ansicht vertreten, der Gegentaktoszillator sei einfach aus zwei Einzel-Generatoren zusammengesetzt, „von denen

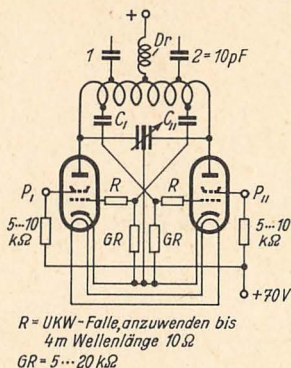


Bild 28. Der Balancegenerator (Gegentaktoschaltung; UKW)

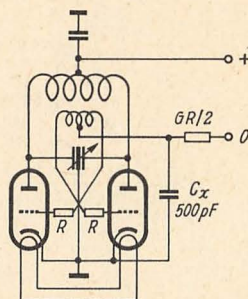


Bild 29. Die Messey- oder klassische Gegentaktoschaltung

jeweils jeder einzelne Generator, die Hälfte (!) des Schwingkreises benützt“. Wäre das richtig, so würde nach Herausziehen einer Röhre der Oszillator auf der *doppelten* Frequenz schwingen. Dies ist jedoch, wie man sich leicht überzeugen kann, nicht der Fall. Die Entnahme einer Röhre verursacht lediglich eine geringe Frequenzerhöhung, und zwar durch die Beseitigung der Röhrenkapazität.

Es arbeitet also nicht „jeweils der betreffende Teil des Gitter- und Anodenkreises zusammen“, sondern *jeweils der ganze Anodenkreis und der halbe Gitterkreis*. Beim Balance-Generator fallen praktisch Gitter- und Anodenkreis in einer Spule zusammen, und es gilt auch hier der gleiche Satz, wie sich bei kurzer Betrachtung des Schaltbildes leicht feststellen läßt: Das wesentliche Merkmal dieser Generator-Gattung ist die *doppelte Ausnützung eines Schwingkreises in der gleichen Zeit*.

Die Schaltung ist im Prinzip einem 2-Zylinder-Motor ähnlich. Der Vorteil des Gegentakt-Oszillators für einfache UKW-Sender ist in erster Linie darin zu erblicken, daß dieser, ohne besondere Maßnahmen, vorzüglich symmetriert ist. Zu-

folge des spiegelbildlichen Aufbaus bildet sich in der Mitte der Schwingkreisinduktivität stets ein Spannungsknoten aus (Bild 28 und 29).

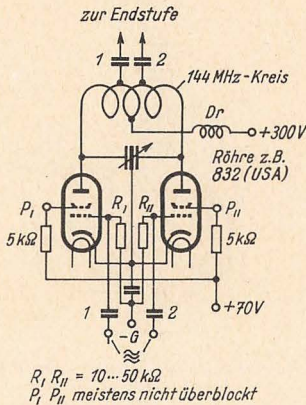


Bild 30. Gegentaktschaltung als Frequenzverdreifacher (U K W)

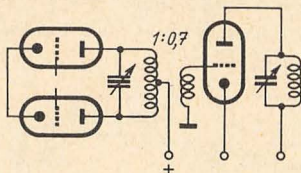
Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, aus diesem Oszillator eine *doppelt so große Steuerleistung* zu entnehmen und außerdem, durch Verwendung von Pentoden, die 3. Harmonische besonders stark auszubilden und so den Vorteil der Frequenzverdreifachung zu erhalten (Bild 30).

## 17. Gegentakt-Frequenzverdreifachung

Auch beim Steuersender, der übrigens für niedrigere Frequenzen keine nennenswerten Vorteile bietet, sind die Gesichtspunkte des allgemeinen Oszillatorbaus in voller Gültigkeit, jedoch muß im Verhältnis zur Induktivität die Tankkapazität nicht mehr so groß gemacht werden. Dagegen ist der *richtigen* Anpassung der Rückkopplung große Sorgfalt zu widmen. Der richtige Grad der Rückkopplung kann, speziell beim Balance-Generator, welcher die einfachere und leichtere Ausführung darstellt, erstens erreicht werden durch Wahl einer entsprechenden Gitterkondensator-Kapazität und zweitens durch Veränderung der Anzapfung an der Schwingkreisspule.

Das Hauptanwendungsgebiet des Gegentaktoszillators, als Steuersender, ist die Frequenzverdreifachung von 6 m auf 2 m, oder von 12 m auf 4 m und anschließende Verdopplung. Für 12 m wähle man die Schwingkreiskapazität mit 80...100 pF, für 6 m mit 50...70 pF.

Bild 31. Übergang von Gegentakt auf Eintakt



### 18. Besonderheiten der Schaltung (Bild 28) als UKW-Oszillator

Ogleich der Generator ein UKW-Generator ist (6 oder 12 m), ist die bekannte UKW-Falle vor den Gittern eingezeichnet; diese besteht aber nur mehr aus einem induktionsfreien 10- $\Omega$ -Widerstand ohne aufgebrauchte Wicklung.

In der klassischen Schaltung des Balance-Generators ist die Stromzuführung an der Anodenspulenmitte kapazitiv gerdet, was in der Praxis des öfteren ungünstige Resultate bringt. Hier wird empfohlen, entweder auf die Nullung des Drehkondensator-Rotors, oder auf die Nullung der Anodenspulenmitte zu verzichten. Zuführung über Drossel (Dr).

Normalerweise müßte an Punkt P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> Überblockung auf Katode erfolgen; in der Praxis werden ohne Verblockung oft bessere Resultate erzielt.

C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> haben für 12 m = 15...20 pF, für 6 m = 10 pF, für 4 m = 4...6 pF. Die nächste Stufe wird bei Verdreifachung über die Kapazitäten 1 und 2 angekoppelt.

Bild 31 zeigt die Prinzip-Schaltung zum Übergang von Gegentakt auf Eintakt, Bild 32 den Übergang von Eintakt auf Gegentakt. Hier kann die Wirkungsweise durch Anbringung des Kondensators C verbessert werden. Er soll gleich oder ähnlich der Röhrenkapazität C<sub>I</sub>, C<sub>II</sub> gemacht werden, in der Praxis bei Pentoden 8...10 pF.

## 19. Der Kugelkreis

### Rotationssymmetrischer Resonanzkreis hoher Güte für 144 MHz

Bild 33 zeigt einen Resonanzkreis, der gegenüber Spulen-Kondensatorkreisen einen um eine Zehner-Potenz höheren Resonanzwiderstand aufweist. Durch die Belastung mit der Antenne sinkt dieser Widerstand in der Praxis zwar herab, bleibt aber immer noch *erheblich* höher als bei den besten Spulenkreisen.

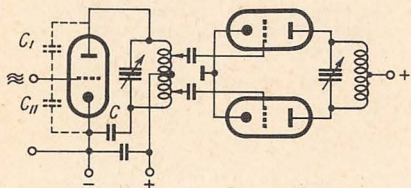


Bild 32. Übergang von Eintakt auf Gegentakt. Der Kondensator C ist etwa ebenso groß, wie  $C_I$  und  $C_{II}$  (gestrichelt gezeichnet)

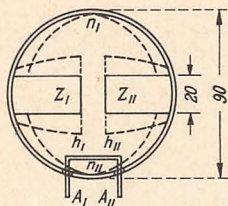


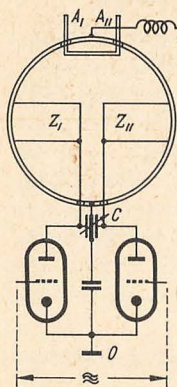
Bild 33. Rotationssymmetrischer Resonanzkreis hoher Güte (UKW-Kugelkreis). Die angegebenen Maße sind für 144 bis 146 MHz berechnet

Die Ausführung erfolgt in zwei Halbkugeln, welche je einen Zylinder Z tragen. Die Halbkugeln sind am Rand ineinander überlappt steckbar. Die Überlappung soll ca. 8 mm betragen, der Kontakt muß nämlich sehr innig sein.

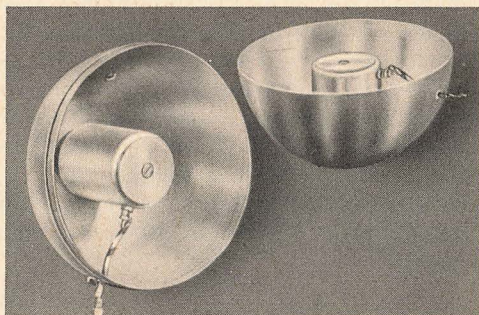
Derartige Halbkugeln kann man sich von jeder Metall-drückerei sehr preiswert anfertigen lassen, als Material wird Aluminium oder Weichkupfer verwendet.

Die Spannungsverteilung ist durch die gestrichelten Linien angegeben. Als Kapazität sind die Zylinderflächen von  $Z_I$  und  $Z_{II}$  zu betrachten. Durch die Änderung des Abstandes dieser Zylinderflächen kann die Eigenfrequenz aber nur in sehr geringem Maße geändert werden. Ohne wesentliche Verschlechterung der Güte kann der Kugelkreis durch einen außen angebrachten Drehkondensator in großem Umfange abgestimmt werden. Ein C von 30 pF stimmt den Kreis bis 80 MHz herab. Damit kann ein derartiger Kugelschwingkreis auch für den UKW-Rundfunk verwendet werden. Seine sinn-gemäße Anwendung als Hochfrequenzverstärkerkreis bringt eine überraschende Leistungssteigerung.

Die An- oder Auskopplungsschleife kann durch Verschiebung verschieden fest gekoppelt werden.



Links: Bild 54. Der Kugelkreis und seine Schaltung (UKW)  
Unten: Bild 55. Ansicht eines geöffneten Kugelkreises



Annäherungsberechnung der Induktivität nach Dr. H. E. Hollmann:

$$L_{\mu H} = 0,33 \text{ Log. } \frac{\sqrt{r_1}}{\sqrt{r_2}} \quad \begin{array}{l} r_1 = \text{Innenradius der Halbkugeln} \\ r_2 = \text{Außenradius des Zylinders} \end{array}$$

Der Kugelkreis kann für alle Schaltungsarten verwendet werden. Er kann natürlich auch mit Tetroden oder Pentoden betrieben werden.

Bild 56. Drei UKW-Röhren. 1. USA-Röhre 6J6 mit einer Flächenkatode, zwei Flächengittern und zwei Anoden; Doppeltriode geeignet für Oszilatorschaltungen bis 600 MHz. 2. USA-Röhre 829 B; Doppeltetrode für eine Nutzleistung von 85 Watt für Endstufen. Maximalfrequenz 200 MHz, geeignet zum Anschluß an Kugelresonanzkreise. 3. USA-Röhre 852, Doppeltetrode, Maximalfrequenz 200 MHz, Nutzleistung 16 Watt, geeignet zum Anschluß an Kugel- od. normale Resonanzsysteme

