

# Theorie und Praxis des Überlagerungsempfängers.

(Superhet.)

## Vorwort zur 2. Auflage.

Der Superhet — vielfach der König aller Empfänger genannt — ist seit Jahren als hochwertigste und empfindlichste Empfangsschaltung bekannt. Er wurde wegen seines schwierigen und verwickelten Aufbaus in den ersten Jahren des Rundfunks vorwiegend von Bastlern gebaut, von der Industrie jedoch bis auf wenige Ausnahmen vernachlässigt. Der Bau zahlreicher starker Sender im In- und Ausland stellte jedoch immer höhere Anforderungen an die Rundfunkempfänger in bezug auf Trennschärfe, so daß seit etwa drei Jahren Überlagerungsempfänger in allen Ausführungen (vom Kleinsuper mit 3 Röhren bis zum hochwertigsten Sechs-Röhren-Super mit allen Schikanen) von Apparatefabriken herausgebracht worden sind. Es gelang in dieser Zeit zunächst, auch beim Super mit verhältnismäßig einfachen Mitteln trotz der Verschiedenheit von Empfangs- und Hilfssender-Abstimmkreis eine über den ganzen Skalenbereich zuverlässige Einknopfabstimmung zu erzielen. Durch die Schaffung neuer, geeigneter Röhren wurde es möglich, die Kopp- lung zwischen Empfangs- und Hilfssenderfrequenz in einwandfreier Weise durchzuführen, so daß die bei älteren Überlagerungsschaltungen auftretenden Schwierigkeiten und Störungen (Zieh- und Mitnahmeerscheinungen, Doppel- welligkeit, Interferenzpfeifen, Spiegelfrequenzen usw.) beseitigt werden konnten. Ein moderner Superhet ist frei von allen Nachteilen und arbeitet genau so zuverlässig wie ein Geradeausempfänger. Er ist diesem in bezug auf Trennschärfe jedoch überlegen und gewährleistet durch seine Bandfilter auch beste Klangqualität. Außerdem besitzen die besseren Ausführungen eine weitgehende selbsttätige Lautstärkereglung und einen Abstimmungsanzeiger, bei neueren Modellen finden sich noch Bandbreitenregler, selbsttätige Scharf- abstimmung, Krachtöter und Wuchtsteigerer. Die Wiedergabe ist durch Gegen- kopplung und gehörrichtige Lautstärkereglung weiter verbessert worden.

Aber nicht nur die Industrie, auch der Bastler hat sich weiter mit dem Superhet beschäftigt, und es sind eine Reihe guter Baubeschreibungen von Überlagerungsempfängern vom Kleinsuper bis zum Großsuperhet erschienen. Da in einer Baubeschreibung aber nicht alles zum erfolgreichen Nachbau und Verständnis der Überlagerungsschaltung Wissenswerte gesagt werden kann und viele Bastler beim Nachbau deshalb Schwierigkeiten haben, weil sie die Grundlagen eines Supers nicht beherrschen, habe ich in nachstehendem Allei-Bastelbuch in leichtverständlicher Darstellung alles das zusammenge- tragen, was ein Bastler und auch jeder technisch Interessierte vom Über- lagerungsempfänger wissen muß. Es wird vielen dazu verhelfen, sich mit der Arbeitsweise des Supers genau vertraut zu machen und nicht nur Bastlern beim Nachbau eines Supers anhand einer Baubeschreibung, sondern auch den Besitzern von Industrie-Superhets ein Ratgeber sein.

September 1939.

A. Lindner.

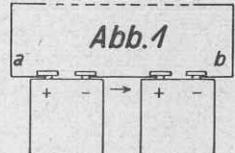
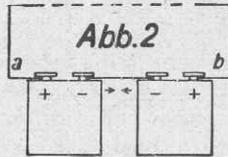
# Überlagerung und Modulation.

Die beiden Begriffe „Überlagerung“ und „Modulation“ werden in der Rundfunktechnik sehr oft gebraucht und sind so eng miteinander verknüpft, daß sie häufig für gleichartig gehalten oder miteinander verwechselt werden, während sie tatsächlich auf sehr wesentlich voneinander verschiedenen Vorgängen beruhen. Ein Sender kann Sprache und Musik nur dann übermitteln, wenn die Hochfrequenz von der Niederfrequenz moduliert wird, und nicht, wenn sich beide überlagern.

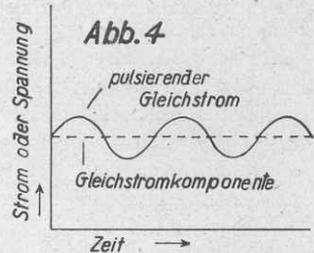
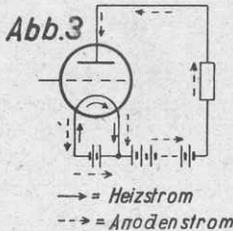
## a) Die Überlagerung.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse, wenn man zwei Gleichströme einander überlagert. Je nachdem, ob die beiden Gleichströme die gleiche oder verschiedene Richtung haben, ist ihre Summe oder Differenz wirksam. Schalten wir zwei Gleichstromquellen (z.B. 2 Akkumulatoren von je 2 Volt Spannung) hintereinander, so werden wir in dem angeschlossenen Stromkreis eine Spannung von  $2 + 2 = 4$  Volt zwischen den Punkten a und b erhalten

(Abb. 1), schalten wir sie gegeneinander, so werden sich ihre Spannungen aufheben (Abb. 2). Ein Beispiel der Überlagerung von Gleichströmen finden wir im Rundfunkempfänger: Heiz- und Anodenstrom überlagern sich dort auf dem Heizfaden und den Heizleitungen (Abb. 3).

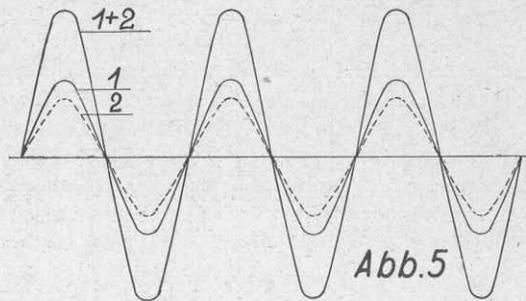


Leicht zu übersehen ist auch die Überlagerung eines Gleichstroms mit einem Wechselstrom, besonders wenn letzterer eine kleinere Amplitude (Schwingungsweite) als der Gleichstrom besitzt. Es bildet sich dann ein



Wellenstrom (pulsierender Gleichstrom). Abb. 4 zeigt, daß die positiven Halbwellen des Wellenstroms den Gleichstrom erhöhen, die negativen Halbwellen den Gleichstrom dagegen erniedrigen. Wellenströme fließen in den Anodenkreisen der Verstärkerröhren unserer Rundfunkempfänger während des Rundfunkempfangs.

Schwieriger wird es nun, wenn man zwei Wechselströme oder Wechselspannungen, kurz gesagt zwei Schwingungen einander überlagert. Besitzen die Schwingungen die gleiche Frequenz (gleiche Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde), dann ist lediglich die Phase ausschlaggebend, d. h. ob beide Schwingungen gleichzeitig



oder zu verschiedenen Zeiten ihren Höchstwert erreichen. Bei gleicher Phase

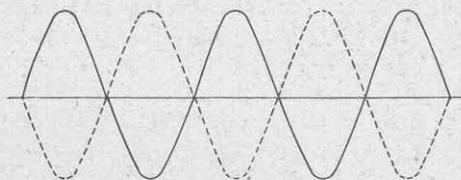


Abb.6

Schwingungen überhaupt auf (Auslöschung) (Abb.6). Die bekannte Schwunderscheinung (Fading) bildet hierfür ein gutes Beispiel: Raum- und Bodenwelle wirken je nach der Größe der Phasenverschiebung gleichzeitig in demselben Sinn auf einen Empfänger ein oder heben sich mehr oder weniger auf.

Viel unübersichtlicher werden die Verhältnisse, wenn sich zwei Schwingungen verschiedener Frequenzen überlagern. Ihre Phase zueinander verschiebt sich ständig. Wir wollen uns hier nur merken, daß sogenannte Schwebungen entstehen, deren Frequenz gleich der Summe oder Differenz der Einzelschwingungen ist. Bezeichnen wir die übereinander überlagerten Frequenzen mit  $f_1$  und  $f_2$ , so ist die Schwebungsfrequenz  $F = f_1 + f_2$  oder  $f_1 - f_2$ . Es bilden sich also gewissermaßen zwei Schwebungsfrequenzen aus.

### b) Modulation.

Zwei Gleichströme kann man nicht miteinander modulieren, weil der Begriff „Modulation“ eine Veränderung bedeutet. Ein Gleichstrom wird jedoch mit einem Wechselstrom moduliert, wenn man den Gleichstrom im Takte des Wechselstroms in seiner Größe verändert, z. B. wird der Gleichstrom der Mikrofonbatterie dadurch moduliert, daß der Widerstand des Mikrophons im Takte der auf das Mikrophon treffenden Schallwellen mehr oder weniger verändert wird. Man erhält dann allerdings dasselbe, als wenn man einen Gleich- und Wechselstrom miteinander überlagert, nämlich einen Wellenstrom. Der Unterschied besteht also hier lediglich im Verfahren, nicht in der Wirkung.

Zur Erklärung des Unterschiedes zwischen Überlagerung und Modulation müssen wir deshalb die Modulation einer Schwingung mit einer anderen betrachten. Hier bildet sich nicht einfach eine Summe oder Differenz von Schwingungen, sondern die eine Schwingung beeinflußt die Amplituden der anderen Schwingung (Amplitudenmodulation)\*). Abb. 7

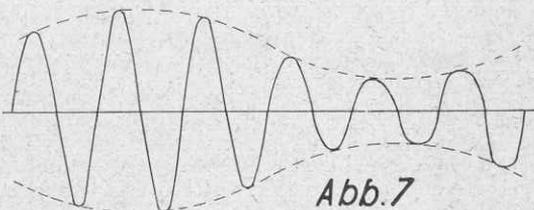


Abb.7

zeigt, wie die Amplituden einer Hochfrequenz im Takte einer Niederfrequenz schwanken. Man sagt, die Hochfrequenzschwingungen werden mit der (gestrichelt gezeichneten) Niederfrequenz-Schwingung „moduliert“.

Während überlagerte Schwingungen durch bloßes Ausbiegen wieder voneinander getrennt werden können, kann man die Modulationsfrequenz aus

\*) Auf die ebenfalls mögliche Frequenz- und Phasenmodulation kann hier leider nicht eingegangen werden. Sie werden bei unseren Sendern sowie im Superhet z. Zt. auch noch nicht angewendet.

einer modulierten Schwingung nur durch Gleichrichtung herausholen, d. h. durch Abschneiden der positiven oder negativen Halbwellen der modulierten Frequenz. Man nennt dies Demodulation. Sie erfolgt in Rundfunkempfängern bekanntlich durch Detektor, Audion (Gitter-Gleichrichter), Anoden-Gleichrichter (Richtverstärker) und z. Zt. meistens durch Zweipol-Strecken (Dioden).

In welcher Weise eine Schwingung moduliert wird, geht über den Rahmen dieses Buches hinaus und ist auch für das Verständnis des Superhets nicht wichtig, weil die Modulation ja senderseitig erfolgt. Wir bemerken nur noch, daß es eine Reihe verschiedener Modulationsverfahren gibt.

## Die Frequenzen des Überlagerungsempfängers.

### a) Empfangsfrequenz ( $f_e$ ).

Jeder Sender strahlt eine bestimmte Frequenz (bzw. Welle)\* aus, die ihm ein für allemal zugeteilt und die in jedem Rundfunkprogramm angegeben ist. So hat z. B. Leipzig die Frequenz 785 kHz (Welle 382,2 m), der Deutschlandsender die Frequenz 191 kHz (Welle 1571 m). Diese, in bestimmter Stärke (Kilowatt) vom Sender ausgestrahlte Frequenz wird nun niederfrequent mit Sprache oder Musik moduliert. Sie bildet gewissermaßen den Träger für die Sendung und wird deshalb **Trägerfrequenz** (bzw. Trägerwelle) genannt. Auf die Trägerfrequenz muß der Empfänger (gleichgültig ob Geradeaus- oder Superhetschaltung) eingestellt werden, um diesen Sender zu empfangen. Wir bezeichnen deshalb die den Sendern zugeteilten Trägerfrequenzen als Empfangsfrequenz ( $f_e$ ).

Die Empfangsfrequenzen des Mittelwellenbereichs (200 — 600 m) liegen zwischen 500 und 1500 kHz, die des Langwellenbereichs 1000 — 2000 m) umfassen 150 — 300 kHz.

### b) Hilfssenderfrequenzen ( $f_h$ ).

Die Empfangsfrequenz wird im Superhet mit einer zweiten Frequenz überlagert, die ein kleiner Hilfssender (Oscillator) liefert, sie wird deshalb Hilfssenderfrequenz (Oscillatorfrequenz) genannt. Als Hilfssender wird ein Dreipol-Röhrensystem in Schwingkreisschaltung benötigt.\*\*)

### c) Zwischenfrequenz ( $f_z$ ).

Die durch Überlagerung der Empfangsfrequenz mit der Hilfssenderfrequenz entstehende dritte Frequenz heißt Zwischenfrequenz oder Überlagerungsfrequenz.

Empfangsfrequenz  $f_e$ , Hilfssenderfrequenz  $f_h$  und Zwischenfrequenz  $f_z$  sind nun stets voneinander abhängig, und zwar entsteht die Zwischenfrequenz  $f_z$  immer als Differenz zwischen Empfangsfrequenz  $f_e$  und Hilfssenderfrequenz  $f_h$ . In zwei einfachen Gleichungen ausgedrückt:

$$1) \quad f_z = f_e - f_h;$$

$$2) \quad f_z = f_h - f_e.$$

Hieraus folgt:

$$3) \quad f_h = f_e - f_z;$$

$$4) \quad f_h = f_e + f_z.$$

\*) Über die Beziehung zwischen Frequenz und Wellenlänge vgl. Allei-Bastelbuch Nr. 1, Seite 5.

\*\*) Siehe hierüber Seite 10.

Anfänglich benutzte man als Zwischenfrequenz sehr niedrige Frequenzen von 30 kHz, weil man diese mit den damals zur Verfügung stehenden Röhren sehr wirkungsvoll hochfrequent verstärken konnte. Durch den hierdurch bedingten geringen Frequenzunterschied von 30 kHz zwischen Empfangs- und Hilfssenderfrequenz (s. Gleichung 1 und 2) traten aber Doppelabstimmung sowie unangenehme Mitnahme- und Interferenzerscheinungen auf, die sich bald nach dem weiteren Ausbau des Sendernetzes störend bemerkbar machten. Man vergrößerte deshalb den Frequenzunterschied zwischen Empfangs- und Hilfssenderfrequenz und gelangte zu Zwischenfrequenzen um 110 kHz, deren ausgezeichnete hochfrequente Verstärkung durch die Weiterentwicklung der Röhren und Einzelteile keine Schwierigkeiten machte. Heute sind außerdem noch Zwischenfrequenzen um 460 kHz und 1600 kHz gebräuchlich.

Ist eine Zwischenfrequenz  $f_z$  von 110 kHz gegeben und soll eine Empfangsfrequenz  $f_e$  von 400 kHz aufgenommen werden, so muß die Hilfssenderfrequenz  $f_h$  betragen:

- 5)  $f_h = 400 - 110$  kHz (siehe Gleichung 3) oder  
 6)  $f_h = 400 + 110$  kHz (siehe Gleichung 4).

Hieraus folgt, daß man die Hilfssenderfrequenz  $f_h$  entweder niedriger oder höher als die Zwischenfrequenz  $f_z$  wählen kann und spricht kurz von einer niedrigen oder hohen Zwischenfrequenz. In der Praxis wird durchweg die hohe Hilfssenderfrequenz benutzt, weil sie aus nachstehenden Gründen vorteilhafter als die niedrige Zwischenfrequenz ist.

Die folgende Zusammenstellung zeigt übersichtlich, welche Frequenzbereiche der Hilfssenderkreis für die Zwischenfrequenzen von 110, 450 und 1600 kHz umfassen muß, wenn die hohe Hilfssenderfrequenz gewählt wird:

$f_z$ kHz	$f_e$ kHz	Frequenz- verhältnis*)	$f_h$ kHz	Frequenz- verhältnis*)
110	500—1500	1 : 3	610 — 1610	1 : 2,64
110	150 — 300	1 : 2	260 — 410	1 : 1,58
450	500 — 1500	1 : 3	950 — 1950	1 : 2,05
450	150 — 300	1 : 2	600 — 750	1 : 1,25
1600	150 — 1500**)	1 : 10	1750 — 3100	1 : 1,78

Von einem modernen Überlagerungsempfänger wird heute verlangt, daß er Einknopfabstimmung besitzt. Damit man mit den für Abstimmkreise allgemein üblichen Drehkondensatoren von 500 cm auskommt, darf das Frequenzverhältnis des Hilfssenderkreises nicht wesentlich größer als das der

\*) Unter **Frequenzverhältnis** versteht man das Verhältnis zwischen niedrigster und höchster Frequenz. Die Abstimmkreise werden heute allgemein aus einer festen Induktivität (Spule) und einer veränderlichen Kapazität (Drehkondensator) aufgebaut. Je kleiner das Frequenzverhältnis des von einem Abstimmkreis zu erfassenden Frequenzbereichs ist, desto geringere Kapazitätsänderungen sind erforderlich, desto kleiner kann also der Drehkondensator sein, um im Verein mit einer (richtig bemessenen) Spule den in Frage kommenden Frequenzbereich zu bestreichen. Schließlich ist ein kleiner Drehkondensator von z. B. 500 cm Endkapazität auch billiger als ein gleichwertiger Drehkondensator von 1000 cm.

\*\*\*) Eine Aufteilung des Frequenzbereichs ist hier nicht mehr notwendig.

Empfangskreise sein. Besser ist es, wenn das Frequenzverhältnis des Hilfssenderkreises kleiner als das des Empfangskreises ist.)\*

In der vorstehenden Zusammenstellung sind die eben erläuterten Voraussetzungen alle erfüllt. Die Frequenzverhältnisse der in Frage kommenden Hilfssenderfrequenzen  $f_h$  sind durchweg kleiner als die dazugehörigen Empfangsfrequenzen  $f_e$ . Besonders günstig ist das Frequenzverhältnis des Hilfssenderkreises für die hohe Zwischenfrequenz von 1600 kHz. Welche Vorteile sich daraus ergeben, wird weiter unten erläutert.

Stellen wir eine kleine Übersicht für die niedrigen Hilfssenderfrequenzen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

$f_z$ kHz	$f_e$ kHz	Frequenz- verhältnis	$f_h$ kHz	Frequenz- verhältnis
110	500 — 1500	1 : 3	390 — 1390	1,0 : 3,56
110	150 — 300	1 : 2	40 — 190	1,0 : 4,75
450	500 — 1500	1 : 3	50 — 1050	1,0 : 21
450	150 — 300	1 : 2	300 — 150	2 : 1
1600	150 — 1500	1 : 10	1450 — 100	14,5 : 1

Wir erkennen, daß die Frequenzverhältnisse für die Hilfssenderfrequenzen  $f_h$  viel größer als die der Empfangsfrequenzen  $f_e$  sind. In den letzten beiden Zeilen verläuft der Frequenzgang der Hilfssenderfrequenzen  $f_h$  sogar entgegengesetzt wie der der Empfangsfrequenzen  $f_e$ .

Die niedrigen Hilfssenderfrequenzen lassen sich demnach in den heutigen Superhets nicht verwenden, denn es ist ein Gleichlauf der Abstimmung für Empfangs- und Hilfssenderkreis mit Drehkondensatoren gleichen Plattenschnitts und gleicher Endkapazität nicht zu erreichen. Man arbeitet daher z. Z. in Überlagerungsempfängern nur mit der hohen Hilfssenderfrequenz.

#### d) Die Spiegelfrequenz

ist eine höchst unerwünschte Frequenz, deren Auftreten im Superhet mit allen Mitteln unterdrückt werden muß, weil sie Doppelabstimmung bzw. unangenehme Pfeiftöne (Interferenzpfeifen) verursacht. Sie kommt auf folgende Weise zustande:

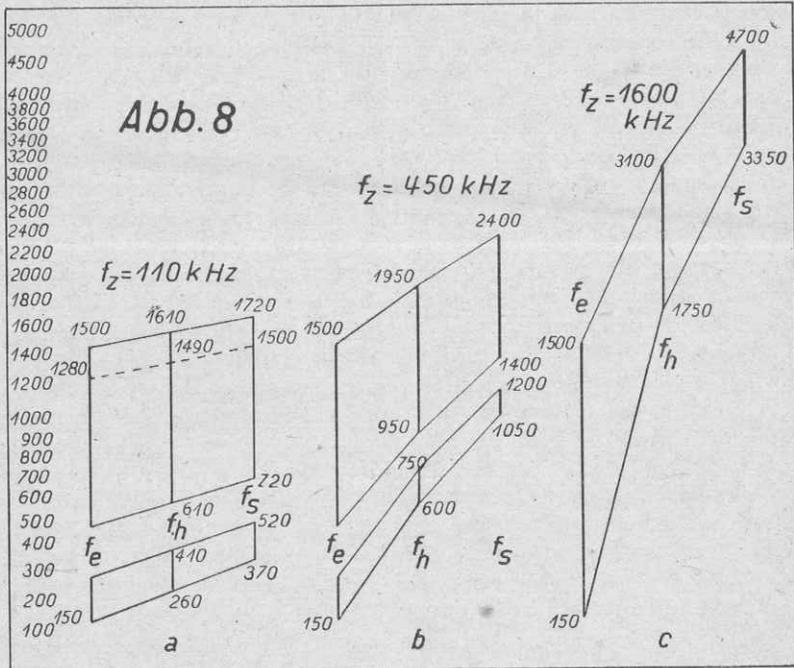
Wir haben eben erklärt, daß es für jede Empfangsfrequenz  $f_e$  bei gegebener Zwischenfrequenz  $f_z$  zwei Hilfssenderfrequenzen  $f_h$  — eine hohe und eine niedrigere — gibt. Nun können aber außerdem mit der benutzten Hilfssenderfrequenz zwei verschiedene Empfangsfrequenzen (ebenfalls eine höhere und eine niedrigere) überlagern. Dringt außer der eingestellten — niedriger als die Hilfssenderfrequenz gewählten — Empfangsfrequenz  $f_e$  auch eine gerade um die Zwischenfrequenz  $f_z$  höher als die Überlagerungsfrequenz  $f_h$  liegende Empfangsfrequenz in die Mischröhre des Supers ein, dann hören wir im Lautsprecher den diese Empfangsfrequenz ausstrahlenden Sender mit bzw. ein mehr oder weniger unangenehmes Pfeifen. Diese Erscheinungen sind unter dem Namen **Spiegelinterferenzen** (Spiegelüberlagerungen) bekannt. Die zweite (höhere) Empfangsfrequenz wird daher allgemein mit „Spiegelfrequenz“ ( $f_s$ ) bezeichnet.

Ein Beispiel wird das Auftreten von Spiegelinterferenzen besser erklären: „Wir arbeiten mit einer Zwischenfrequenz von 110 kHz. Ein auf der Trägerfrequenz  $f_e$  von 700 kHz arbeitender Sender muß also im Superhet

\*) In welcher Weise dann Gleichlauf der Abstimmkapazitäten erreicht wird, s. S. 14.

mit einer Hilfssenderfrequenz  $f_h$  von 810 kHz überlagert werden, damit die Zwischenfrequenz von 110 kHz zustande kommt und er hörbar wird. Kann sich nun die Ausstrahlung eines auf 920 kHz, also auf der Spiegelfrequenz arbeitenden Senders ebenfalls mit der Hilfssenderfrequenz  $f_h$  von 810 kHz mischen, so entsteht ebenfalls die Zwischenfrequenz von 110 kHz. Der auf der Spiegelfrequenz eindringende Sender ist demnach mehr oder weniger zu hören.“

In Abb. 8 sind die Beziehungen zwischen Empfangsfrequenz  $f_e$ , Hilfssenderfrequenz  $f_h$  und Spiegelfrequenz  $f_s$  bei gegebenen Zwischenfrequenzen  $f_z$



von 110, 450 und 1600 kHz übersichtlich dargestellt. Wir ersehen aus Teil a der Abb. 8, daß bei einer Zwischenfrequenz  $f_z$  von 110 kHz der Empfang im Bereich von 500 — 1280 kHz durch die Spiegelfrequenzen  $f_s$  anderer Rundfunksender gestört werden kann. Im Langwellenbereich können sich Spiegelfrequenzen von 500 — 520 kHz störend bemerkbar machen. Mit einer Zwischenfrequenz von 110 kHz arbeitende Überlagerungsempfänger müssen also mit einem trennscharfen Eingang ausgerüstet werden, damit man den Vorteil der durch die niedrige Zwischenfrequenz besonders wirksamen Zwischenfrequenzverstärkung genießt. Es werden im Eingang mindestens zwei Abstimmkreise erforderlich. Man setzt also entweder ein Bandfilter unmittelbar vor die Mischröhre oder läßt auf einen einfachen Eingangskreis zunächst eine Hochfrequenzvorröhre folgen, die über einen zweiten trennscharfen Abstimmkreis mit der Mischröhre gekoppelt ist. Vereinzelt wird sogar mit Bandfilter und Vorröhre gearbeitet.

Bei einer Zwischenfrequenz von 450 kHz liegen Empfangs- und Spiegelfrequenz bereits soweit (900 kHz) auseinander, daß ein einfacher, verlustfreier Abstimmkreis genügt, um Spiegelinterferenzen zu unterdrücken. In

Überlagerungsempfängern dieser Art wird außerdem in den Antennenkreis ein genau auf die Zwischenfrequenz abgestimmter Saugkreis eingeschaltet, um die etwa auf die Antenne einwirkende Spannung eines auf der Zwischenfrequenz arbeitenden Senders bzw. die der Zwischenfrequenz entsprechende Oberwelle eines starken Senders zur Erde abzuleiten und ihr Eindringen in den Super zu verhindern.

Dem Teil b der Abb. 8 können wir außerdem entnehmen, daß die Spiegelfrequenzen 1050 — 1200 kHz der auf dem Mittelwellenbereich arbeitenden starken Sender auf den langen Wellen (150 — 300 kHz) durchschlagen könnten. Bei modernen Superhets finden wir deshalb manchmal noch eine Mittelwellen-Sperrkette, die erst bei Umschaltung auf Langwellen eingeschaltet wird und die Mittelwellen absperrt.

Benutzt man eine Zwischenfrequenz von 1600 kHz, so liegen Empfangs- und Spiegelfrequenz um 3200 kHz auseinander, wie Teil c der Abb. 8 zeigt. Dieser große Frequenzabstand läßt zu, auf einen abgestimmten Eingangskreis überhaupt zu verzichten, wenn die im Spiegelfrequenzbereich von 3350 — 4700 kHz arbeitenden Kurzwellensender durch eine wirksame Filterkette abgesperrt werden. Das unabgestimmte Steuergitter der Mischröhre erreichen dann alle Empfangsfrequenzen, und es wird lediglich mit dem Drehkondensator des Hilfssenderkreises abgestimmt. Dieser muß zur Erreichung einer guten Trennschärfe und wegen der hohen Frequenzen allerdings sehr verlustfrei aufgebaut werden, obwohl der Hilfssenderkreis — weil er schwingt — schon stark entdämpft ist.

Vergleichen wir in unserer ersten Zusammenstellung die Frequenzverhältnisse, so finden wir bei der Zwischenfrequenz  $f_z$  von 1600 kHz für die Hilfssenderfrequenz  $f_h$  von 1750 — 3100 kHz ein außerordentlich niedriges Frequenzverhältnis von 1:1,78 vor. Dieser Hilfssenderfrequenzbereich kann daher ohne Schwierigkeiten mit einer einzigen Spule und einem kleinen Drehkondensator bestrichen werden. Mittel- und Langwellenbereich können also ohne jede Umschaltung empfangen werden, denn ein Abstimmkreis für die Empfangsfrequenzen ist ja nicht erforderlich.

## Grundschaltungen der Überlagerungsempfänger.

a) Superhets für Zwischenfrequenzen um 110 kHz.

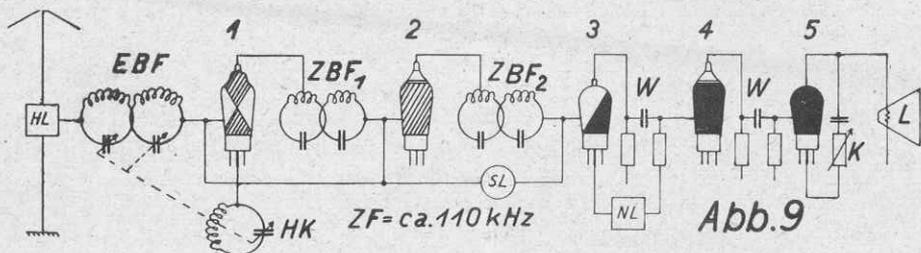


Abb. 9 zeigt die Prinzipschaltung eines hochwertigen Überlagerungsempfängers, der mit einer Zwischenfrequenz um 110 kHz arbeitet. Wir sehen zunächst im Antennenkreis einen hochfrequenten Lautstärkereger HL, der entweder aus einem Differential-Drehkondensator oder einem Hochohmpotentiometer mit rauschfreier Kontaktabnahme besteht. Dann folgt ein Eingangsbandfilter EBF, um das Eindringen von Spiegel frequenzen zu

werden — von der Regelleitung abschalten und mit Erde verbinden. Hierbei ist darauf zu achten, daß alle Überbrückungskondensatoren und Widerstände möglichst in der Schaltung belassen werden (vgl. C und R in Abb. 27). Es ist von Vorteil, wenn die Gitterspannung der Zwischenfrequenzröhren durch entsprechende Kathodenpotentiometer (P in Abb. 27) von Hand regelbar gemacht werden.

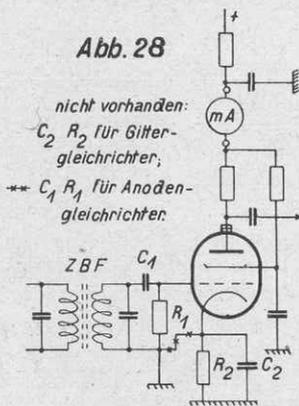
### a) Abgleichung mit Endleistungsmesser.

Ist unser Überlagerer moduliert, dann können wir den auf Seite 19 beschriebenen Endleistungsmesser als Anzeigeelement für die Abgleichung benutzen. Er wird parallel zum Lautsprecher an den Super geschaltet. Bei käuflichen, vorabgestimmten Zwischenfrequenztransformatoren wird der Modulationston des Überlagerers im Lautsprecher sogleich zu hören sein und der Zeiger des Endleistungsmessers ausschlagen. Bei zu starkem Ausschlag machen wir die Kopplung zwischen Überlagerer und Hilfsspule (s. Abb. 27) loser, ev. Windungszahl von K verkleinern oder Hochohmwiderstand am Endleistungsmesser größer nehmen.

Durch vorsichtiges Drehen der Trimmer der Zwischenfrequenztransformatoren (immer im Eingang beginnend) stimmen wir nun solange ab, bis wir den stärksten Ausschlag am Endleistungsmesser erhalten und jede geringe Verdrehung eines Quetschers den Zeigerausschlag verkleinert. Alsdann ist der Zwischenfrequenzteil richtig abgestimmt.

### b) Abgleichung mit Milliampèremeter (für Gitter- und Anodengleichrichter).

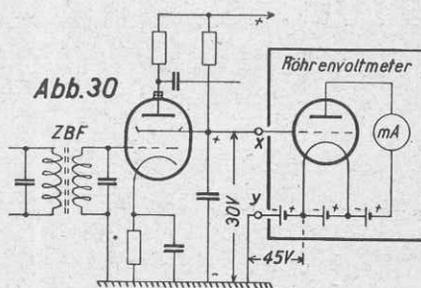
Wird unser Überlagerer mit Batterien gespeist, dann ist die Art des im Super sitzenden Gleichrichters für die Wahl des Anzeigeelements ausschlaggebend. Der Gleichrichter kann ein Audion, ein Richtverstärker oder — was heute meist der Fall ist — eine Zweipolstrecke sein. Beim Audion oder Richtverstärker können wir ein Milliampèremeter mA von entsprechendem Meßbereich unmittelbar in die Anodenleitung der Gleichrichterröhre einschalten (s. Abb. 28). Es ist zur genauen Messung aber erforderlich, daß der Meßbereich des Instruments so gewählt wird, daß beim Gittergleichrichter möglichst der volle Zeigerausschlag erreicht wird, wenn keine Zwischenfrequenz am Gitter herrscht. Beim Auftreten einer Zwischenfrequenzspannung sinkt dann der Anodenstrom und der Zeiger geht zurück. Beim Anodengleichrichter ist es umgekehrt, durch die Gleichrichtung steigt der Anodenstrom. Der Meßbereich ist also so zu wählen, daß der Zeiger des Instruments erst dann möglichst weit ausschlägt, wenn am Gitter eine Zwischenfrequenzspannung auftritt.



Das Milliampèremeter zeigt uns die Zu- oder Abnahme des Anodenstroms an. Die Änderung des Anodenstroms ist ein Maß für die Größe der am



die Anode sondern am Schirmgitter anzuschalten, dessen Spannung ebenfalls mit der Gleichrichtung schwankt. Voraussetzung ist allerdings, daß die Schirmgitterspannung nicht durch einen Spannungsteiler sondern durch einen Vorschaltwiderstand gewonnen wird. Die in Abb. 30 dargestellte Meßanordnung hat den Vorteil, daß man nicht nur an einem völlig neutralen Punkt mißt, sondern daß man auch mit einer wesentlichen kleineren Gitterbatterie auskommt, weil die Schirmgitterspannung nur etwa 30 Volt beträgt. Es wird darauf hingewiesen, daß die Spannungen am Schirmgitter umgekehrt wie an der Anode schwanken. Beim Anodengleichrichter steigt die Schirmgitterspannung im Punkt x also bei Gleichrichtung, das Röhrenvoltmeter muß wieder so vorgespannt werden, daß das Milliampèremeter im Ruhestand möglichst wenig ausschlägt; ist im abzugleichenden Empfänger ein Audion vorhanden, so ist alles umgekehrt.



Besitzen wir einen modulierten Überlagerer, dann werden alle Messungen viel einfacher. Das Röhrenvoltmeter wird nach Abb. 24 als Gittergleichrichter geschaltet. Wenn wir einen kräftigen (mehrstufigen) Zwischenfrequenzverstärker in unserem Super haben, dann können wir das Röhrenvoltmeter einfach parallel zur Sekundärseite des letzten Zwischenfrequenzfilters anschalten. Bei Zweipolstrecken im Super legen wir es nach Abb. 27 an. Enthält der Super ein Audion oder einen Richtverstärker als Gleichrichter, dann erfolgt die Anschaltung nach Abb. 29. Wir sparen die Gittervorspannung und erhalten außerdem infolge der im Empfangsgleichrichter erfolgenden Verstärkung kräftigere Ausschläge am Voltmetermeßinstrument. (Der Zeiger geht weiter zurück.)

Bei allen bisher besprochenen und auch den folgenden Messungen ist sorgfältig darauf zu achten, daß das Gleichrichterorgan im Empfänger nicht übersteuert wird, und daß man mit der Gitterspannung des Röhrenvoltmeters auf einem steilen Punkt der Kennlinie arbeitet (um gute Empfindlichkeit zu erreichen)! Es wird meist notwendig, mit der Gesamtverstärkung des Apparates zurückzugehen bzw. die Kopplung zwischen Überlagerer und Empfänger loser zu machen, je mehr man sich der richtigen Abstimmung nähert.

#### d) Abgleichung mit Abstimmanzeiger.

Jeder Superhet enthält heute eine optische Abstimmanzeige, sei es ein Schattenzeiger, eine Abstimmröhre (z. B. Allei Nr. 104) oder eine Regelröhre mit Abstimmanzeige (Abstimmkreuz, Magisches Auge). Bei käuflichen, also vorabgegleichenen Zwischenfrequenztransformatoren wird es genügen, den Nachabgleich unter Beobachtung dieses Abstimmanzeigers durchzuführen. Der selbsttätige Schwundausgleich darf aber dann nicht ausgeschaltet werden.

## 2. Abstimmung der Empfangskreise.

Haben wir die Zwischenfrequenzstufen nach einer der eben beschriebenen Methoden abgestimmt, so kann die Abstimmung der Empfangskreise durchgeführt werden. Der Abstimmvorgang selbst wird immer sinngemäß wiederholt. Voraussetzung für die Erzielung einer einwandfreien gleichlaufenden Abstimmung sind: Gang- und Kurvengenauigkeit der Teilkondensatoren unseres im Super verwendeten Drehkondensatoren-Mehrfachaggregates und gleiche Selbstinduktionen der Abstimmspulen. Werden also selbstgebaute Spulen verwendet, so hat sich der Bastler bei ihrer Herstellung genau an die angegebenen Windungszahlen, Drahtstärken und Spulendurchmesser zu halten. Zylinderspulen sind heute nicht mehr zu verwenden. Die Allei-Fer-Frequenta-Spulen\*) mit Siemens-H-Kernen aus Hochfrequenzseisen und die Allei-Einheitsspulen besitzen hier den Vorteil, daß ihre Selbstinduktionen mit Abgleichscheiben genau eingestellt werden können.

Angenommen, wir haben in unserem abzugleichenden Super ein Eingangsbandfilter, dann besitzt das Kondensatoraggregat drei Teilkondensatoren (zwei für Bandfilter, einen für der Hilfssenderkreis). Der Hilfssenderkondensator muß zunächst abgeschaltet und durch einen behelfsmäßig einzuschaltenden Einzeldrehkondensator ersetzt werden, so daß unser Super vorläufig mit Zweiknopfabstimmung arbeitet. Dann wird geprüft, ob der Hilfssender über den gesamten Abstimmbereich schwingt (vgl. hierzu S. 17). Der Kurzschluß der Hilfssenderrückkopplungsspule wird hierbei natürlich aufgehoben. Der Abstimmvorgang selbst wird folgendermaßen durchgeführt: Überlagerer und Super werden lose gekoppelt. Der selbsttätige Lautstärkeausgleich bleibt ausgeschaltet. Die zu benutzende Antenne wird zweckmäßig an den Super angeschlossen. Das Anzeigeeinstrument (Milliampèremeter, Endleistungsmesser oder Röhrenvoltmeter) bleibt wie für die bisherige Abgleichung eingeschaltet.

Nun wird der Überlagerer auf eine Welle um 220 m eingestellt und der Superhet auf diese Welle mit den Mehrfachdrehkondensatoren (Abgleichtrimmer zunächst in Mittelstellung) und dem Hilfskondensator abgestimmt. Unter Beobachtung des Ausschlages am Anzeigeeinstrument werden nun die Quetscher der Bandfilterkondensatoren vorsichtig verdreht, bis beste Abstimmung erreicht ist. Haben wir anfangs zwei Resonanzpunkte, so müssen diese unter Nachstellung der Bandfilterkondensatoren mit den Trimmern immer weiter zusammengerückt werden, bis sie in einem Punkt zusammenfallen.

Dann gehen wir mit dem Überlagerer zunächst auf eine Welle um 500 m und stellen den Super auf diese Welle ein. Ist unser Empfänger mit Allei-Fer-Frequenta-Spulen oder Allei-Einheitsspulen ausgerüstet, dann werden die vorher ganz herausgedrehten Abgleichscheiben der Bandfilter-Mittelwellenspulen vorsichtig (mit der Eingangsspule beginnend) unter Beobachtung unseres Anzeigeeinstrumentes eingedreht, bis die gewünschte Resonanz erreicht ist. Dieser Arbeit liegen folgende Überlegungen zugrunde:

\*) Über Aufbau, genaue Wickelraten, Schaltungen usw. unterrichtet den Leser ein Sonderprospekt „Die Allei-Fer-Frequenta-Spule“, der von der Fa. Allei an Interessenten kostenlos abgegeben wird.

Am unteren Ende des Mittelwellenbereichs ist für die Abstimmung die Kapazität ausschlaggebend, am oberen Ende des Mittelwellenbereichs hat die Abstimmkapazität jedoch nahezu ihren größten Wert erreicht, hier spielt die Selbstinduktion der Spule für die Abstimmung eine größere Rolle. Durch die Abgleichscheiben der Allei-Fer-Frequenta-Spulen oder der Allei-Einheitsspulen kann die Selbstinduktion jedoch in weiten Grenzen geändert werden, und zwar wird sie umso größer, je mehr die Abgleichscheibe dem Kern genähert wird. Es wird uns unter vorsichtiger Nachstellung der Bandfilterdrehkondensatoren gelingen, beide Bandfilterkreise in Übereinstimmung zu bringen.

Nunmehr gehen wir mit Überlagerer und Empfänger auf die frühere Welle um 220 m zurück, kontrollieren, ob die Abstimmung dort noch richtig ist — was meist nicht der Fall — und stellen mit den Quetschern wieder nach. Dann gehen wir nochmals auf 550 m, stimmen dort ebenfalls mit den Abgleichscheiben nach und wiederholen diese beiden Abgleichungen solange, bis auf beiden Punkten genaue Abgleichung vorhanden ist. Alsdann haben wir die Empfangskreise unseres Supers fertig abgeglichen, wenn die Drehkondensatoren eine genau gleiche Kurven- und Ganggenauigkeit haben. Wir prüfen an mehreren Stellen des Mittelwellenbereichs, ob die Empfangskreise genau übereinstimmen. Ist dies nicht der Fall, dann müssen wir die Fehler mit den geschlitzten Randplatten der Drehkondensatoren korrigieren. Diese Arbeit muß mit größter Sorgfalt und Überlegung ausgeführt werden, sonst wird mehr verdrorben.

Wir müssen hierbei immer daran denken, daß durch Abbiegen eines Rotor-Sektors die Kapazität mehr oder weniger verringert wird. Zweckmäßig wird ein Hilfstrimmer möglichst geringer Anfangskapazität (nur aus zwei Platten mit Luftdielektrikum bestehend) zu Hilfe genommen.

Auf 220 m sei genau abgeglichen. Nun drehen wir den Bandfilterkondensator soweit ein, bis die geschlitzte Randplatte gerade mit einem weiteren Sektor über die feststehenden Platten greift. Überlagerer und Hilfskondensator werden möglichst gut nachgestellt. Der Hilfstrimmer wird erst an den Eingangskreis angeschlossen (parallel zum Drehkondensator) und vorsichtig eingedreht. Erhalten wir hierdurch bei einer Stellung am Anzeigement ein besseren Ausschlag, dann hat der zweite Abstimmkreis zuviel Kapazität, wir biegen dort einen oder beide der übergreifenden Rotor-Sektorplatten vorsichtig (!) etwas ab. Die Stellung des Hilfstrimmers gibt uns einen kleinen Anhalt, wie groß die bestehende Differenz ist. Wir müssen alsdann die Bandfilterdrehkondensatoren um ein geringes weiter eindrehen, um auf Resonanz zu kommen. Verschlechtert der Hilfstrimmer im Eingangskreis die Abstimmung, dann wird er am zweiten Kreis versuchsweise angeschaltet. Verbessert er dort den Zeigerausschlag unseres Anzeigement, dann hat der Eingangskreis zuviel Kapazität, und dort müssen die übergreifenden Rotor-Sektorplatten entsprechend abgehoben werden.

Auf gleiche Weise lassen sich die Drehkondensatoren mit jedem weiteren Rotor-Sektor entsprechend abgleichen, bis man über den gesamten Wellenbereich genau Einknopfabstimmung erreicht hat. Voraussetzung ist natürlich, daß die Spulen einigermäßen übereinstimmen. Eine schnelle Vorprüfung bei

220 und 550 m unter Benutzung der Abgleichquetscher wird hier Klarheit schaffen. Bei großen Unstimmigkeiten sind zunächst die Spulen zu korrigieren, indem man Windungen abnimmt oder zuwickelt. Der Abstimmkreis, dessen Quetscher weiter hereingedreht werden muß, hat zu wenig Spulenumwindungen, man nimmt also wenn angängig, von der anderen Spule einige Windungen weg. Manchmal reichen die Trimmerkapazitäten nicht aus, alsdann wird der oben beschriebene Hilfstrimmer zu Hilfe genommen.

Es sei betont, ohne Geduld, Überlegung und Sorgfalt läßt sich die Abstimmung nicht durchführen!

Eingangskreis mit Vorröhre und nachfolgendem Abstimmkreis werden in gleicher Weise abgestimmt. Enthält der Super nur einen oder überhaupt keinen Empfangskreis, dann erübrigt sich diese Abgleichung.

Ist der Mittelwellenbereich auf die beschriebene Art auf Einknopfabstimmung der Empfangskreise gebracht, dann wird der Langwellenbereich in gleicher Weise abgeglichen. Hierzu sind in den meisten Bastel-supern keine Abgleichquetscher vorgesehen. Mit einem Hilfstrimmer kann man schnell überprüfen, ob zu starke Abweichungen vorhanden sind, und alsdann an erforderlicher Stelle parallel zu der betreffenden Langwellen-Zusatzspule noch einen Quetscher zusetzen.

### 3. Die Abstimmung des Hilfssenderkreises.

Der Hilfssender-Abstimmkondensator unseres Mehrfachaggregates besitzt ebenfalls einen parallel dazu liegenden Abgleichtrimmer zur Einstellung der Anfangskapazität. Ein zweiter kleiner Drehkondensator (am besten mit Trolitul-Dielektrikum — oft auch ein Trimmer mit parallel geschaltetem Festkondensator), der sogenannte Padding-Kondensator ( $CN_1$  in Abb. 16 und 17), liegt in Reihe mit dem Hilfssender-Abstimmkondensator ( $C$  in Abb. 16 und 17). Parallel zu  $CN_2$  liegt oft noch ein Festkondensator ( $CN_3$  in Abb. 16 und 17).

Da wir im vorhergehenden Arbeitsgang die Empfangskreise wellenrichtig abgestimmt haben, ist jetzt durchzuführen, daß der Drehkondensator des Hilfssenders seinen Abstimmkreis auch wirklich so abstimmt, daß die Stationen empfangen werden. Alle Berechnungen für Oscillatorkreise — gleichgültig, ob sie nach einer graphischen oder rein rechnerischen Methode durchgeführt werden — legen heute drei Punkte fest, auf denen der Oscillatorkreis mit den Eingangskreisen genau abstimmt. Auf den Zwischenpunkten soll die Abstimmung des Oscillatorkreises nicht mehr als höchstens  $\pm 2$  kHz vom Sollwert abweichen. — Die drei Abgleichpunkte, auch Gleichlauf Frequenzen genannt, liegen gewöhnlich am Anfang, Mitte und Ende des zu empfangenden Frequenzbereichs, also z. B. bei 540, 920 und 1400 kHz (556, 326 und 214 m). Auf diese Frequenzpunkte, die bei käuflichen Oscillatorsätzen im allgemeinen angegeben werden, muß der Oscillatorkreis abgeglichen werden. Der Überlagerer ist hierzu zunächst auf 540 kHz (556 m) einzustellen. Auf diese Frequenz stellen wir den Super (zuerst noch mit dem an den Hilfssenderkreis angeschalteten Hilfsdrehkondensator) ein. Wir haben alsdann die Gewähr, daß die Drehkondensatoren der Empfangskreise sich in der richtigen Stellung befinden. Nun

wird der Hilfsdrehkondensator ab- und der eigentliche Hilfssender-Abstimmkondensator unseres Aggregates angeschaltet. Mit dem Padding-Kondensator versuchen wir nun unter Beobachtung unseres Anzeigeinstrumentes auf die vom Überlagerer ausgestrahlte Frequenz abzustimmen. Die Stellung des abgeschalteten Hilfsdrehkondensators gibt uns einen kleinen Anhalt, ob wir den Padding-Kondensator weiter herein- oder herausdrehen müssen. Bei fertig gekauften Spulensätzen sind die Kapazitätswerte des Padding-Kondensators sowie des u. U. diesem parallel liegenden Festkondensators vorgeschrieben bzw. gleich im Spulensatz eingebaut. Die Abstimmung wird hier schnell gefunden werden. Anders ist es, wenn wir selbstgebaute Spulensätze verwenden. In der als Vorlage benutzten Baubeschreibung muß der Wert für den Padding-Kondensator angegeben sein. (Auf die Berechnung können wir hier leider nicht eingehen.)

Ist der Oscillatorkreis auf 540 kHz richtig abgestimmt, dann bringen wir unseren Überlagerer auf die höchste Gleichauffrequenz (1400 kHz) und drehen den Mehrfachkondensator unseres Supers auf diese Welle zurück. Durch den Abgleichquetscher des Hilfssenderkondensators wird auf besten Ausschlag unseres Anzeigeinstrumentes nachgestellt. Wir müssen hierbei gleichzeitig den Mehrfachkondensator etwas nachdrehen, bis die zunächst meist vorhandenen zwei Resonanzpunkte zusammenfallen. Schließlich wird der Überlagerer noch auf die mittlere Frequenz (920 kHz) gebracht und hier der nachgestellte Superhet durch Änderung der Selbstinduktion (Abgleichscheiben) der Oscillatorspule genau abgeglichen. Bei käuflichen Oscillatorkreisen kann diese Abgleichung meist wegfallen.

Die Abgleichung wird auf den drei Punkten abwechselnd einige Male wiederholt, bis die Abstimmung genau genug ist. Dann wird die Abgleichung über den gesamten Empfangsbereich hinreichend genau sein.

Nach Abgleichung des Mittelwellenbereichs wird der Langwellenbereich in gleicher Weise abgestimmt. Außer dem für diesen Bereich vorgesehenen Padding-Kondensator (nebst Festkondensator) kann ein besonderer Abgleichquetscher zugeschaltet werden.

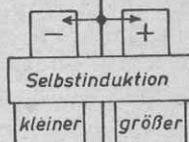
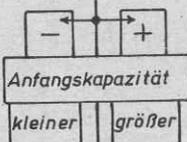
## Die Eichung

des fertig abgeglichenen Supers erfolgt am besten unmittelbar durch Aufnahme von Fernsendern. Nimmt man den Überlagerer zu Hilfe, so kann man durch Einpfeifen sehr rasch feststellen, welchen Sender man empfängt. Ist die im Super verwendete Skala bereits nach Stationen vorgeeicht, so muß die Abgleichung nunmehr in Übereinstimmung mit der Skaleneichung gebracht werden. Hier scheitern sehr viele Bastler, weil sie nicht zusammenpassende Teile verwenden, so daß sich die Unstimmigkeiten nur schwer ausgleichen lassen. Anhand der nachstehenden Abgleich- und Eichvorschriften müßte jedoch eine hinreichende Übereinstimmung in fast allen Fällen möglich sein. Abb. 31 zeigt die Eichung der Vorkreise und gilt auch für Geradeausempfänger. In Abb. 32 ist eindeutig angegeben, wie der Oscillatorkreis an eine geeichte Skala anzugleichen ist.

Empfängerskala  
kurz  
mittel  
lang

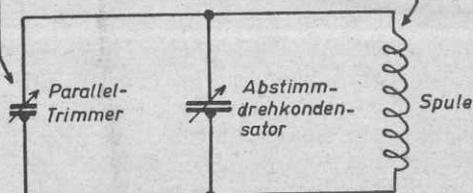
20	50 m
220	550 m
1000	1800 m

Steht der Zeiger  
dann ist die



zu machen, bis  
die Eichung stimmt

Im Schaltbild:



**Abb.31**

Die Anpassung der Vorkreise eines Superhets oder der Abstimmkreise eines Geradeempfängers an eine geeichte Skala.

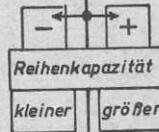
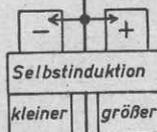
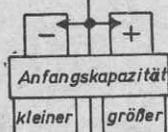
Empfängerskala  
kurz  
mittel  
lang

15	12	6 MHz
1400	920	540 kHz
280	200	170 kHz

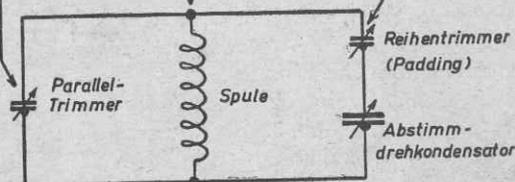
Steht der Zeiger

dann ist die

zu machen, bis  
die Eichung stimmt



Im Schaltbild:



**Abb.32**

Die Anpassung des Oscillatorkreises an eine geeichte Skala.