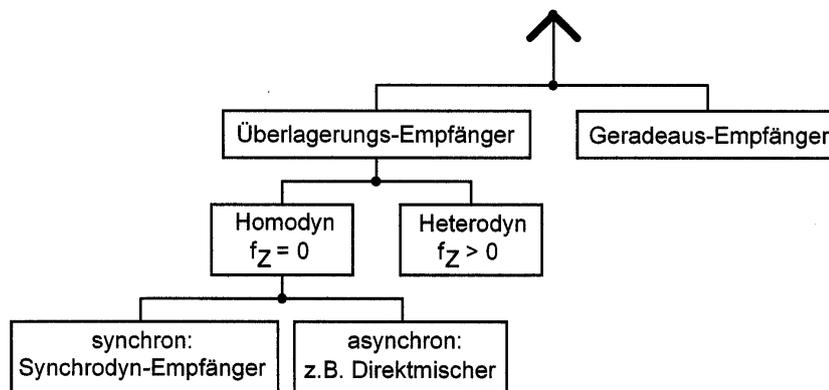


## Anmerkungen zu dem Beitrag von Prof. Dr. Bertold Bosch „Synchrodyn-/Homodyn-Empfang“, in der Funkgeschichte, Nr. 180/181

### 1) Zu Bild 3, Homodyn-System nach Kendall, US Patent 1,330,471 von 1915

In der Patentschrift von JOHN R. CARSON [1] aus dem Jahr 1915 findet sich die früheste Erwähnung und eine erste Definition des Begriffs HOMODYN. Dort heißt es sinngemäß: die Empfangsmethode verwendet eine lokal erzeugte Hochfrequenzschwingung, deren Frequenz identisch zur Frequenz der Trägerschwingung sein muss. Aus diesem Grund bezeichnet CARSON dieses Empfangsverfahren als Homodyn-Methode. In diesem Patent wird die Nachrichtenübertragung mittels Einseitenband-Signalen mit unterdrücktem Träger beschrieben. Bei Sprachübertragung mit diesem Einseitenbandverfahren darf bei der Demodulation die Frequenz des lokal erzeugten Trägers geringfügig von der nicht mitübertragenen Trägerfrequenz des Empfangssignals abweichen, ohne dass ein merklicher Qualitätsverlust eintritt.



Entnommen aus dem TASCHENBUCH DER HOCHFREQUENZTECHNIK, Herausgeber K.H.Löcherer u.a., Seite Q 4, Bild 4  
Abbildung 1: Empfangsverfahren von amplitudenmodulierten Hochfrequenzschwingungen.  $f_z$  ist die im Überlagerungs-Empfänger gebildete Zwischenfrequenz.

Gemäß dem obigen Schema unterscheidet man heute beim Homodyn-Empfang zwei Methoden.

▷ „Synchroner Homodyn-Empfang“: die lokal erzeugte Trägerschwingung wird z.B. durch Synchronisation eines Oszillators phasenstarr mit dem Träger des Empfangssignals gekoppelt. Homodyn-Empfang eines Zweiseitenband AM-Signals mit Trägerschwingung kann nur mit einem synchronen Homodyn-Empfänger durchgeführt werden.

▷ „Asynchroner Homodyn-Empfang“: der lokal erzeugte Träger wird so gut wie möglich auf die Trägerschwingung des Empfangssignals abgestimmt. Dieses Empfangsverfahren ist üblich für Einseitenband-Signale mit unterdrücktem Träger.

Entgegen den von BOSCH und TUCKER [4] vertretenen Meinungen bin ich der Ansicht, dass das in dem KENDALL-Patent beschriebene Empfangssystem nicht dem synchronen sondern dem asynchronen Homodyn-Empfang zugeordnet werden muss. Die Schaltung im Bild 3 ist im Prinzip zwar identisch mit dem Homodyn-Empfänger von COLEBROOK [3]. Der entscheidende Unterschied ist aber, dass COLEBROOK 1924 in England die Möglichkeit der Synchronisation eines LC-Oszillators kannte [5], [6] und auch bewusst genutzt hat, während dieses Phänomen in den U.S.A. im Jahr 1915 offenbar noch nicht bekannt war, andernfalls würde mit Sicherheit ein US Patent aus dieser Zeit existieren.

Diese Auffassung wird auch durch die Arbeit von HARTLEY [2] aus dem Jahr 1923 gestützt. Das letzte Kapitel, [2] Seite 53f, trägt die Überschrift „Die Verwendung von nichtsynchrone lokalen Trägerschwingungen“. Dieser Abschnitt beginnt mit folgender Feststellung: „Wenn der Träger am Empfangsort nicht von der selben Quelle stammt wie der Träger am Sendeort, dann ist es in der Praxis sehr schwierig, die zwei Trägerfrequenzen auch nur annähernd gleich zu halten, ganz zu schweigen von den Phasen.“ Diese Ausführungen von HARTLEY machen klar, dass KENDALL 1915 den Homodyn Empfänger für Zweiseitenbandsignale mit der dafür erforderlichen Synchronisation des lokalen Trägers nicht erfunden haben kann; es spricht vielmehr sehr viel dafür, dass es sich bei Kendalls Erfindungen um Einseitenbandempfänger mit nichtsynchrone Trägerzusatz handelt, wie sie auch im Patent von CARSON [1] beschrieben wurden.

## 2) Zu Bild 7, Bellescize Homodyn-Anordnung mit Reaktanzröhre

HENRI JEAN JOSEPH MARIE DE REGNAULD DE BELLESCIZE ist der Erfinder des Phasenregelkreises, und er hat in den Jahren 1930 – 1933 dessen Nutzung zum Homodyn-Empfang in zahlreichen Patentschriften und Veröffentlichungen beschrieben. Das Bild 7 ist eine Nachzeichnung von Fig. 1 aus der Patentschrift [7] von 1930. Die Schwingfrequenz des induktiven Dreipunkt-Oszillators wird durch eine parallelgeschaltete Dämpfungsröhre gesteuert, in anderen Schaltungen durch Verändern der Gitter- oder Anoden-Gleichspannung der Oszillatroröhre, welche primär den Röhrenkennwert Steilheit und damit die Schwingbedingung des Oszillators ändern.

Ein NF-Ausgangssignal ergibt sich hier nur dann, wenn die Phasenverschiebung zwischen dem Oszillatorsignal und der Trägerschwingung des Eingangssignal nicht  $90^\circ$  beträgt, d.h. die Freilauffrequenz des VCO muss gegenüber der Eingangsträgerfrequenz verstimmt werden allerdings, ohne aber den Synchronisations-Frequenzbereich zu verlassen. Die Schaltung im Bild 7 sollte wohl nur das Prinzip des Phasenregelkreises erläutern; deshalb darf man getrost annehmen, dass DE BELLESCIZE diese Schaltung mit der diffizilen, aber notwendigen Justierung – Phasenverschiebung  $\neq 90^\circ$  – nicht als technisch brauchbaren Homodyn-Empfänger angesehen hat. In den Veröffentlichungen und Patentschriften finden sich Beispiele, deren Schaltungsstruktur identisch ist zu dem Homodyn-Empfänger im Bild 12 mit zwei Phasendetektoren: der eine arbeitet in Quadratur und liefert das VCO-Steuersignal, der andere arbeitet inphase und erzeugt das NF-Ausgangssignal; genau dieses Schema ist in Fig. 4 der zitierten Patentschrift [7] von DE BELLESCIZE dargestellt.

Aufgrund von welchem Mechanismus ändert sich die Schwingfrequenz des Oszillators als Funktion der Steuerspannung? Die Antwort auf diese Frage muss für DE BELLESCIZE so selbstverständlich gewesen sein, dass er sie in keiner seiner Arbeiten für erwähnenswert hielt.

Die Reaktanzröhre war 1930 noch nicht erfunden und wird in der Literatur etwa ab 1935 beschrieben und verwendet; einen Erfinder oder eine diesbezügliche Patentschrift konnte ich nicht ermitteln.

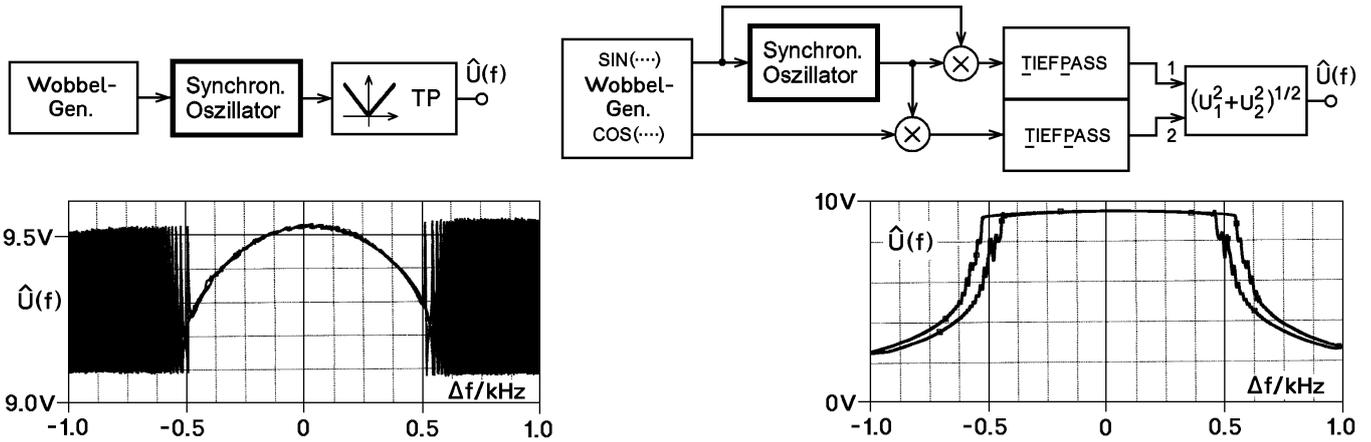
Ich bin davon überzeugt, dass die Änderung der Schwingfrequenz des DE BELLESCIZE VCO durch das folgende Phänomen verursacht wird. Bei einem Oszillator hat insbesondere die Änderung der Steilheit aber auch die Bedämpfung des Oszillatorschwingkreises einen Einfluss auf den Oberschwingungsgehalt des Anodenstromes, dessen Grundschwingung den Oszillatorschwingkreis entdämpfen soll. Die Oberschwingungen im Anodenstromkreis erzeugen kapazitive Blindleistung, die durch induktive Blindleistung kompensiert werden muss. Die erforderliche induktive Blindleistung kann der Oszillator nur dadurch liefern, dass sich die Schwingfrequenz von der Resonanzfrequenz zu tieferen Frequenzen hin verschiebt, weil dort der Blindwiderstand des Schwingkreises induktiv ist.

▷ Eine Änderung im Oberschwingungsspektrum des Anodenstromes erzwingt eine Änderung der Schwingfrequenz. Dieser Zusammenhang ist 1933 von GROSZKOWSKI [8] untersucht worden.

## 3) Zu Bild 11, „Oszillatorverstärkung“ im Mitnahmebereich bei verschiedenen Injektionspegeln (Hickman) I. Hickman: siehe Literaturverzeichnis [10]

Die Amplitudengänge im Bild 11 sollen die Filterwirkung eines synchronisierten Oszillators zeigen und zwar insbesondere die sehr große Flankensteilheit an den Grenzen des Synchronisations(Mitnahme)bereichs. Das Bild stammt ursprünglich aus der Arbeit von UZUNOGLU, [9] Fig. 7, und dokumentiert dort eine der Eigenschaften des von UZUNOGLU erfundenen „Synchronous Oscillator“.

a) Wie kommen die Amplitudengänge im Bild 11 zu Stande? Wenn ein LC-Oszillator durch ein Fremdsignal mit einer Frequenz im Synchronisationsbereich angesteuert wird, dann schwingt der Oszillator stationär mit der Frequenz des Fremdsignals, und die Oszillatorschwingung und das Steuersignal sind phasenstarr miteinander verbunden. Liegt die Frequenz des Steuersignals außerhalb des Synchronisationsbereichs, dann wird die Oszillatorschwingung durch das Fremdsignal amplituden- und phasenmoduliert, es bildet sich eine nichtlineare Schwebung aus. Das Erscheinungsbild des gesamten Vorgangs – Oszillator synchronisiert bzw. nicht synchronisiert als Funktion der Frequenz des Steuersignals – hängt von der Art ab, wie man die Oszillatoramplitude detektiert.



Der Oszillator wird im Frequenzintervall  $-1 \text{ kHz} \leq \Delta f = f - 100 \text{ kHz} \leq +1 \text{ kHz}$ , Freilauffrequenz =  $100 \text{ kHz}$ , mit dem Wobbelgenerator, Wobbelgeschwindigkeit  $df/dt = \pm 4 \text{ Hz/ms}$ , angesteuert. Die Amplitudengänge wurden mit dem Simulationsprogramm PSpice ermittelt.

*Links:* Die Oszillatoramplitude  $\hat{u}(f)$  wird mit inkohärenter Gleichrichtung, z.B. durch einen Zweiweggleichrichter mit anschließender Tiefpass-Filterung gewonnen. Im Synchronisationsbereich erhält man eine glatte Kurve mit einem Maximum bei der Freilauffrequenz. Außerhalb des Synchronisationsbereichs detektiert man die Amplitudenmodulation des Oszillatorsignals.

*Rechts:* Die Oszillatoramplitude  $\hat{u}(f)$  wird mit kohärenter Gleichrichtung gewonnen, d.h. nur diejenige Frequenzkomponente im Spektrum der Oszillatorschwingung, welche identisch ist mit der Momentanfrequenz des Eingangs(Wobbel)signals, erzeugt ein Ausgangssignal  $\hat{u}(f)$ .

Die Messeinrichtung besteht aus dem Wobbelgenerator mit einem inphase  $\text{SIN}(\dots)$  und einem Quadraturausgang  $\text{COS}(\dots)$ .  $u(t) = \hat{u}(f) \sin(2\pi ft + \varphi(f))$  ist im synchronisierten Zustand das Oszillator-Ausgangssignal, im nicht synchronisierten Zustand ist das die spektrale Komponente mit der Frequenz  $f$  des Wobblers-Eingangssignals. Zur Bestimmung des Amplitudengangs  $\hat{u}(f)$  muss das Oszillator-Ausgangssignal kohärent demoduliert werden:

$$\begin{aligned} u_1 &\sim \text{TP}\{u(t) \sin 2\pi ft\} \sim \hat{u}(f) \cos \varphi(f) & \hat{u}(f) &\sim \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \\ u_2 &\sim \text{TP}\{u(t) \cos 2\pi ft\} \sim \hat{u}(f) \sin \varphi(f) \end{aligned}$$

Meines Erachtens beruht die Filterwirkung, die in diesen Amplitudengang des synchronisierten Oszillators hinein interpretiert wurde, auf einem Missverständnis. Wenn man einen Oszillator auf die Trägerfrequenz eines amplitudenmodulierten Signals synchronisiert, dann kann man aus diesem Amplitudengang keineswegs ablesen, wie stark die Seitenbänder gedämpft sind und zwar unabhängig davon, ob diese innerhalb oder außerhalb des Synchronisationsbereichs liegen.

b) Im allgemeinen ist die Oszillatoramplitude im Synchronisationsbereich weder konstant bezüglich der Frequenz noch unabhängig von der Amplitude des synchronisierenden Signals. Das Verhalten der Oszillatoramplitude hängt vielmehr von dem verwendeten Oszillatortyp ab, auch davon, ob der Oszillator schwach oder stark entdämpft wird, und ganz wesentlich davon, wie das synchronisierende Signal in den Oszillator eingespeist wird.

#### 4) Zu Bild 13, Einfacher Homodyn-Empfänger mit Transistoren [18]

Die folgende Funktionsbeschreibung des Empfängers halte ich für zutreffender. Ohne Eingangssignal schwingt dieser Oszillator mit einer Amplitude, welche durch den Dioden-Begrenzer und die Justierung des Potentiometers  $R_7$  bestimmt wird. Die Amplitude muss durch ein nichtlineares System stabilisiert werden; der zweistufige Verstärker TR1, TR2 kommt dafür nicht in Frage, weil dieser linear arbeiten soll. Ein amplitudenmoduliertes Eingangssignal, das in der Spule L1 induziert wird, synchronisiert den Oszillator, falls dieser auf die Trägerfrequenz abgestimmt wird. Die Amplitudenmodulation des Eingangssignals wird auf die Oszillatorschwingung übertragen, der Modulationsgrad ist deutlich kleiner als derjenige des Eingangssignals, die „Trägeramplitude“ dagegen ist erheblich größer. Das Oszillatorsignal wird gleichgerichtet und liefert die NF-Ausgangsspannung.

## Literatur

- [1] U.S. Patent 1,449,382, March 27, 1923, (Appl. Dec. 1, 1915)  
„Method and Means for Signaling with High-Frequency Waves“ von John R. Carson
- [2] R. V. L. Hartley, Relations of Carrier and Side-Bands in Radio Transmission,  
Proc. IRE, Vol. 11, (1923), S 34 – 55; homodyne reception S 41 – 44
- [3] F. M. Colebrook, Homodyne,  
The Wireless World and Radio Revue, Feb. 20, 1924, S 645 – 648
- [4] D. G. Tucker, The History of Positive Feedback: The Oscillating Audion, the Regenerative Receiver, and other applications up to around 1923, (The Homodyne, S 77)  
The Radio and Electronic Engineer, Vol. 42, No. 2, (February 1972), S 69 – 80
- [5] J. H. Vincent, On some Experiments in which two Neighbouring maintained Oscillatory Circuits affect a Resonating Circuit; Proc. Phys. Soc., Vol. 32, Part 2, Seite 84 – 91, (Dez. 1919 ?)
- [6] E. V. Appleton, The Automatic Synchronisation of Triode Oscillators  
Proc. Cambridge Phil. Soc., Vol. 21, Seite 231 – 248, (1922)
- [7] Brit. Patent 392,567, May 18, 1933, (Appl. Nov. 19, 1930),  
„Improvements in and relating to Methods and Apparatus for Bringing into Step Two Electric Oszillations“ von Henri Jean Joseph Marie de Regnauld de Bellescize
- [8] J. Groszkowski, The Interdependence of Frequency Variation and Harmonic Content, and the Problem of Constant-Frequency Oscillators,  
Proc. I.R.E., Vol. 21, Nr. 7, (July 1933), S 958 – 981
- [9] V.Uzunoglu, M.H.White, The Synchronous Oscillator: A Synchronization and Tracking Network  
IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. SC-20, No. 6, December 1985, Seite 1214 – 1225
- [10] I. Hickman, Synchronous oscillators: Alternative to pll?  
Electronics World + Wireless World, June 1994, Seite 490 – 494