

Mit freundlichen Grüßen:
Vom Verfasser

**ÜBER
AUFBAU UND ZWECK DES INFORMATIONSWANDLERS**

VON ANTON M. SPRINGER

SONDERDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT »FREQUENZ«
JAHRGANG 1962 / HEFT 2



TELEFONBAU UND NORMALZEIT

Über Aufbau und Zweck des Informationswandlers*)

Von Anton M. Springer

Übersicht:

Bei der Entwicklung eines Gerätes zur unmittelbaren multiplikativen Frequenzbandverschiebung — dem Informationswandler — stellt es sich heraus, daß dieser Wandler in weitgehender Übereinstimmung mit dem Dopplereffekt arbeitet.

Die Zusammenhänge, welche durch die Nachrichtenspeicher gegeben sind, werden erläutert. Dazu einige Anwendungsbeispiele.

With the development of a device for a direct multiplicative frequency band shift — the information converter — it turns out that the operation of this transducer agrees to a high extent with the Doppler effect.

The relationships given by the information storage units are explained and some typical applications are given.

Während wir unter dem Begriff „Tonlagenregler“ ein Gerät verstehen, mit welchem es möglich ist, lediglich die Tonlage einer Schallaufnahme zu verändern — das Tempo also unverändert lassen — bezeichnen wir als „Informationswandler“ ein Gerät, mit welchem praktisch unmittelbar die Tonlage geändert wird. Eine unmittelbare Tonlagenänderung einer Schallquelle ist nur durch den Doppler-Effekt in der Natur bekannt.

Nähert sich eine Schallquelle dem Beobachter B_2 mit der Geschwindigkeit v , dann nimmt die Tonhöhe von f auf f_2 zu (Bild 1).

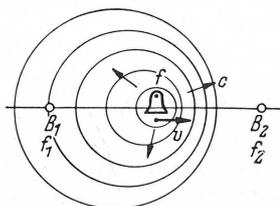


Bild 1. Doppler-Effekt für den ruhenden Beobachter gilt:

$$f_1 = f \cdot \frac{1}{1 + \frac{v}{c}} \quad f_2 = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$$

Bei der Schallgeschwindigkeit c (≈ 340 m/sec) beträgt die Tonhöhe $f_1 = f \cdot \frac{1}{1 + v/c}$, wenn f die wahre Frequenz der Schallquelle ist. Entfernt sich die Schallquelle vom Beobachter B_1 , dann ist die Tonhöhe $f_2 = f \cdot \frac{1}{1 - v/c}$, die Tonhöhe sinkt. Im Spezialfall, wenn sich die Schallquelle mit der Schallgeschwindigkeit vom Beobachter B_1 wegbewegt, beträgt die Frequenz $f_1 = \frac{f}{2}$, d. h. die Tonlage sinkt um eine Oktave. Für den Beobachter B_2 , zu dem sich die Schallquelle mit der Schallgeschwindigkeit bewegt, wird $f_2 = \infty$, d. h. die Schallquelle kommt mit sämtlichen Wellen-

stirnen gleichzeitig bei dem Beobachter an (Schallmauer). Der Beobachter B_2 hört einen Knall.

Diese vollkommene und unmittelbare Tonlagenänderung läßt sich jedoch nur für wenige Sekunden brauchbar anwenden. Man erkennt aber, daß die Natur einen „Schallspeicher“ verwendet. Der Schallspeicher ist beim akustischen Doppler-Effekt durch die Laufzeit der akustischen Schallwellen gegeben, und zwar durch den Weg zwischen Schallquelle und Schallempfänger. Ganz allgemein muß jedoch jede Einrichtung zur echten Tonlagenänderung einen Schallspeicher besitzen, so wie ihn die Natur auch besitzt. Während sich in der Natur mit der Änderung der Tonlage auch immer der Zeitablauf ändert — mit einer Tonlagensenkung verlängert sich die Zeit, mit einer Tonlagenanhebung verkürzt sie sich — müssen wir noch den Informationsinhalt ändern, um das Zeitmaß unverändert zu lassen.

Bei einer Tonlagensenkung muß Informationsinhalt weggelassen, bei einer Anhebung hinzugefügt werden, und zwar immer von der gleichen Information, die gerade verlängert werden muß.

Eine andere Möglichkeit, die Tonlage zu verändern, ist schon seit mehreren Jahren bekannt. Sie beruht auf dem Prinzip der Trägerfrequenztechnik. Schon vor etwa 20 Jahren wurden Versuche gemacht, mit Hilfe der Trägerung der Nachricht um wenige Hertz die akustische Rückkopplung zu beseitigen. Neuerdings ist man in den USA (Mr. Schröder, Bell Lab.) damit beschäftigt, durch Hinzufügen von etwa 10 Hz zum Nachrichtenband eine Verschiebung des Frequenzbereichs zu erzielen, wobei jedoch das gegenseitige Verhältnis der einzelnen Harmonischen zerstört wird. Während für Sprache diese Einrichtung noch als brauchbar bezeichnet werden kann, ist sie für Musik völlig ungeeignet.

In Bild 2 ist das im Labor nach dem Doppler-Effekt aufgebaute Gerät schematisch dargestellt.

Für die ruhende Schallquelle (Sprechkopf) gilt:

$$f_1 = f \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

*) Vortrag gehalten auf der NTG-Tagung „100 Jahre Elektroakustik“ in Frankfurt/Main am 26. 10. 1961.

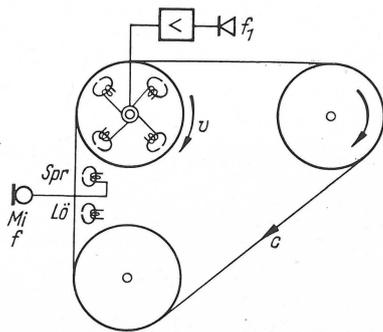


Bild 2. Informationswandler mit magn. Speicher

Es besteht im wesentlichen aus einem endlosen Magnettonband mit einem Löscher-, Sprech- und Hörkopf. Das Band ist an einer Stelle durch einen Motor gleichförmig angetrieben (Bandgeschwindigkeit c), läuft zunächst am Löschkopf vorbei, dann an einem feststehenden Sprechkopf und schließlich nach kurzem Abstand an einem Hörkopf. Sind Sprechkopf und Hörkopf in einem festen Abstand zueinander, dann ist die aufgezeichnete und abgetastete Modulation identisch, jedoch mit der Laufzeit des Tonträgers entsprechenden Verzögerung. Ist der Hörkopf drehbar gelagert und besitzt vier Hörspalten am Umfang, dann kann jeweils immer nur ein Hörkopf den Tonträger abtasten, wenn der Tonträger um einen Winkel von etwa 90° um den zylindrischen Hörkopf anliegt.

Auch hier gelten dieselben Gleichungen wie in der Natur, jedoch für ruhende Schallquelle: $f_1 = f \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right)$.

Dreht sich der Hörkopf gegen die Bewegungsrichtung des Tonträgers, dann wird die Abtastgeschwindigkeit gegenüber der Aufsprechgeschwindigkeit erhöht. Die Tonlage steigt, einzelne Abschnitte am Tonträger werden zweimal abgetastet (von gleichem Informationsinhalt). Dreht sich der Hörkopf in Richtung der Tonträgerbewegung, dann wird die Abtastgeschwindigkeit kleiner; es werden einzelne Abschnitte am Tonträger übersprungen, ohne daß zeitliche Lücken bei der Abtastung auftreten.

Dieses Verfahren, das weitgehend dem in der Natur ähnlich ist, eignet sich selbstverständlich ebenso für Sprache wie auch für Musik. Die Speicher haben den Vorteil, daß das ganze Nachrichtenband um einen Faktor verschoben wird, wodurch sich das Verhältnis der einzelnen Harmonischen nicht ändert. Auch bei größeren Tonlagenverschiebungen treten kaum merkliche Störungen auf. Die Einrichtung ist sehr ähnlich dem bekannten akustischen Tonlagenregler, einem Gerät, mit welchem sich während der Wiedergabe einer Schallaufnahme die Tonlage ändern läßt, ohne die Wiedergabezeit zu verändern. Es ist ersichtlich, daß sich mit Hilfe des Magnettonbandspeichers eine relativ große Speicherzeit ergibt, weshalb es zweckmäßig ist, elektronische Speicher zu verwenden.

Elektronische Speicher brauchen keine beweglichen Teile; sie unterliegen keiner Abnutzung und bedürfen keiner Pflege (Bild 3).

Ein Elektronenstrahl, dessen Intensität von der Nachricht gesteuert wird, überstreicht einen Speicherschirm und ladet Mosaikkondensatoren des Schirmes auf. Ein zweiter Elektronenstrahl überstreicht mit

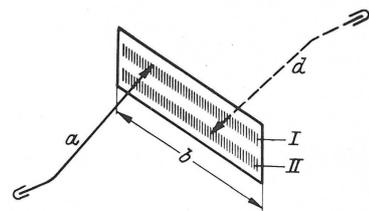


Bild 3. Informationswandler mit elektron. Speicher

verringert Geschwindigkeit (bei Tonlagensenkung) die geladenen Kondensatorspuren (Speicherschirm). Durch die geringere Geschwindigkeit erreicht der Abtaststrahl in der gleichen Zeit nicht das Ende der Tonspur (Bild 4). Dieses Ende fällt für die Nachricht weg. Es ist klar, daß abwechselnd zwei Ladungsspuren überstrichen werden müssen. Die Speicheröhre braucht eine Dynamik von etwa 40 db, die Speicherzeit beträgt etwa 10 bis 20 ms.

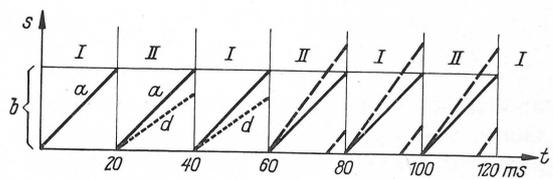


Bild 4. Zeitdiagramm des elektron. Speicher

Soll die Nachricht in eine höhere Tonlage gebracht werden, muß Informationsinhalt hinzugefügt werden. Das geschieht beim Magnettonverfahren sehr einfach, indem der Hörkopf sich gegen die Bewegungsrichtung des Tonträgers dreht, wodurch die Abtastgeschwindigkeit größer wird und einzelne Abschnitte dann zweimal abgetastet werden. Bei elektronischen Speichern bewegt sich der Abtaststrahl mit erhöhter Geschwindigkeit über den Speicher und tastet jeweils ein Stück wiederholt ab.

Versuche haben bewiesen, daß die Tonlage bis zu mehreren Tonstufen nach oben oder auch bis zu mehreren Oktaven nach unten gesenkt werden kann, ohne daß störende Effekte in Erscheinung treten. Bekanntlich kann man die Tonlage bis zu etwa 10% heben oder senken, wenn man einen Sprecher an seiner Stimme noch erkennen will. Darüber hinaus bleibt zwar der Informationsinhalt erhalten, der Sprecher ist aber an seiner Stimme nicht mehr zu erkennen.

Soll dieses Gerät zur Vermeidung akustischer Rückkopplung verwendet werden, dann genügt es, wenn die Tonlage um nur 5% geändert wird. Damit erhöht sich die Pfeificherheit um etwa 5 db. Der Informationswandler ist dann zwischen Mikrofon und Lautsprecher geschaltet.

Ein anderes Anwendungsgebiet liegt auf dem medizinischen Sektor. Beispielsweise kann ein Patient, der noch ein Restgehör für tiefe Frequenzen besitzt, durch Frequenztransposition um eine Oktave nach unten seinen Hörbereich erhöhen. Natürlich hört er diese Töne um eine Oktave tiefer. Es kommt aber relativ häufig vor, daß Schwerhörige Telefonglocken, Fahrradklingeln usw. nicht mehr hören. Hier kann durch dieses Gerät Abhilfe geschaffen werden.

Im Ultraschallgebiet eignet sich der Informationswandler beispielsweise zum unmittelbaren Abhören von Fischlauten in herabgesetzter Tonlage. Dabei ist ein Tonbandgerät überflüssig.