

Wie hört der Mensch Radio?

von Hans M. Knoll

Hans M. Knoll geht aktuell folgender rundfunkgeschichtlich-physiologischer Fragestellung nach: Ist es eigentlich gleichgültig, ob ein Radio laut

oder leise eingestellt ist? Und wenn nicht: Wurde das von den Herstellern von Radios auch immer berücksichtigt?

Studiert man Kataloge oder Modellbeschreibungen von Wiedergabegeräten, welche allgemein zum Anhören von Radiosendungen oder Tonträgern dienen, findet man oft einen Begriff, der näher bei der Medizin als bei der Rundfunktechnik vermutet werden kann, nämlich den Begriff der Physiologie. Physiologie „ist bekannt als ein Teilgebiet der Biologie, als die Lehre von den physikalischen und biochemischen Vorgängen der Zellen, Gewebe und Organe und ihrem Zusammenwirken im Gesamtorganismus.“ (Zitiert nach Wikipedia, <http://wikipedia.org/wiki/Physiologie>).

Nachdem unsere Ohren von der Natur dafür geschaffen sind, dass wir uns in der Umwelt sicher und gefahrlos bewegen können, sind die Ohren bzw. das Hörempfinden an die natürliche Umwelt angepasst. Als der Mensch erschaffen wurde, war von Radiohören noch nicht die Rede. Nach dem Erscheinen von immer besser klingenden Radios und Grammophonen, stellte man fest, dass der Mensch einen Klang ganz unterschiedlich bewer-



Bei Gesprächen spielt das Radiogerät in der Regel leise im Hintergrund.

tet, wenn das Ereignis laut oder leise aufgenommen wird, nämlich als ausgewogen oder unnatürlich. Der Radiotechnik fernstehende Wissenschaftler wussten das schon lange. Deren Kenntnisse fanden aber im täglichen Leben des Normalbürgers keine direkte Anwendung. Es ist hier die Rede von den Herren Fletcher und Munson - zwei Physiker, die in den BELL-Laboren in den USA an der Qualität von Telephon-Übertragungen, also der Sprachverständlichkeit, forschten. Diese zwei Herren haben bei Versuchen mit vie-

len Personen einen Standard empirisch ermittelt und erstellt, wie sich das menschliche Gehör im Bezug auf Lautheit (Wahrnehmungsschwelle) über den Frequenzbereich der Ohren benimmt. Sie haben dazu Kurven gleicher Lautheit versus Frequenz bei unterschiedlichem Schalldruck erstellt: "The first research on the topic of how the ear hears different frequencies at different levels was conducted by Fletcher and Munson in 1933." (aus: Fletcher, H. & Munson, W.A.: Loudness, its definition, measurement and calculation, in: Journal of the

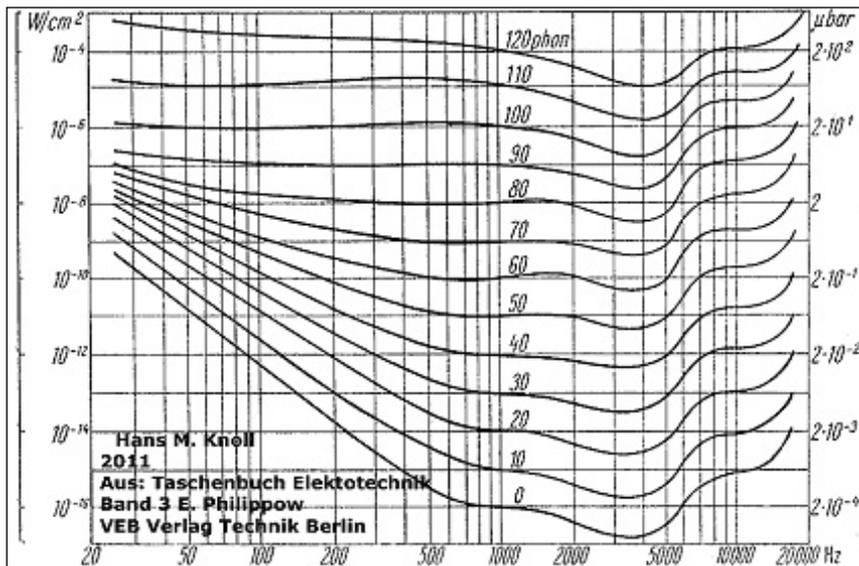


Abb. 1: Kurven gleicher Lautstärke nach Fletcher und Munson.

Acoustic Society of America 5 (1933), S. 82-108). Diese Kurven zeige ich hier als Abb. 1. Man kann erkennen, was unser Ohr wahrnimmt, wenn man die Tonhöhe und Lautstärke verändert. Bei ca. 3000 Hz ist unser Ohr am „hellhörigsten“ Darunter und darüber wird es zunehmend „schwerhöriger“, nimmt also nicht mehr so laut wahr. Immer vorausgesetzt ist die stets gleiche Phonzahl der Originaltöne, die bewertet werden sollen. Auf die elektrische Wiedegabetechnik übertragen bedeutet das, bei geringer Lautstärke fehlen im Klangbild besonders die Tiefen, aber auch die Höhen. Diesem Umstand haben die Amerikaner schon sehr früh Rechnung getragen. Sie haben der Lautstärkeregelung eine neue Funktion zugeordnet, die Lautstärke abhängige Klangbeeinflussung. Bis dahin hatte weltweit jede Art von Lautstärkereglung die Lautstärke unbewertet geregelt Das

gilt ganz gleich, ob im Niederfrequenzteil, im Antennenein-

gang bzw. in den HF-Stufen, die Lautstärke geregelt wurde. Bei all' diesen Methoden war das Verhalten des menschlichen Ohres nicht berücksichtigt.

Was die Amerikaner da Neues im Jahr 1934 und 1936 in die Schaltungstechnik eingebracht haben, lesen Sie hier: Die Funktion: Eine physiologische oder gehörrichtige Lautstärkeregelung. Dieser Begriff ist unter anderem damit verbunden, dass ein Lautstärkereglung einen Anschluss (Abgriff) an einer oder mehreren Stellen an der Widerstandsbahn aufweist,

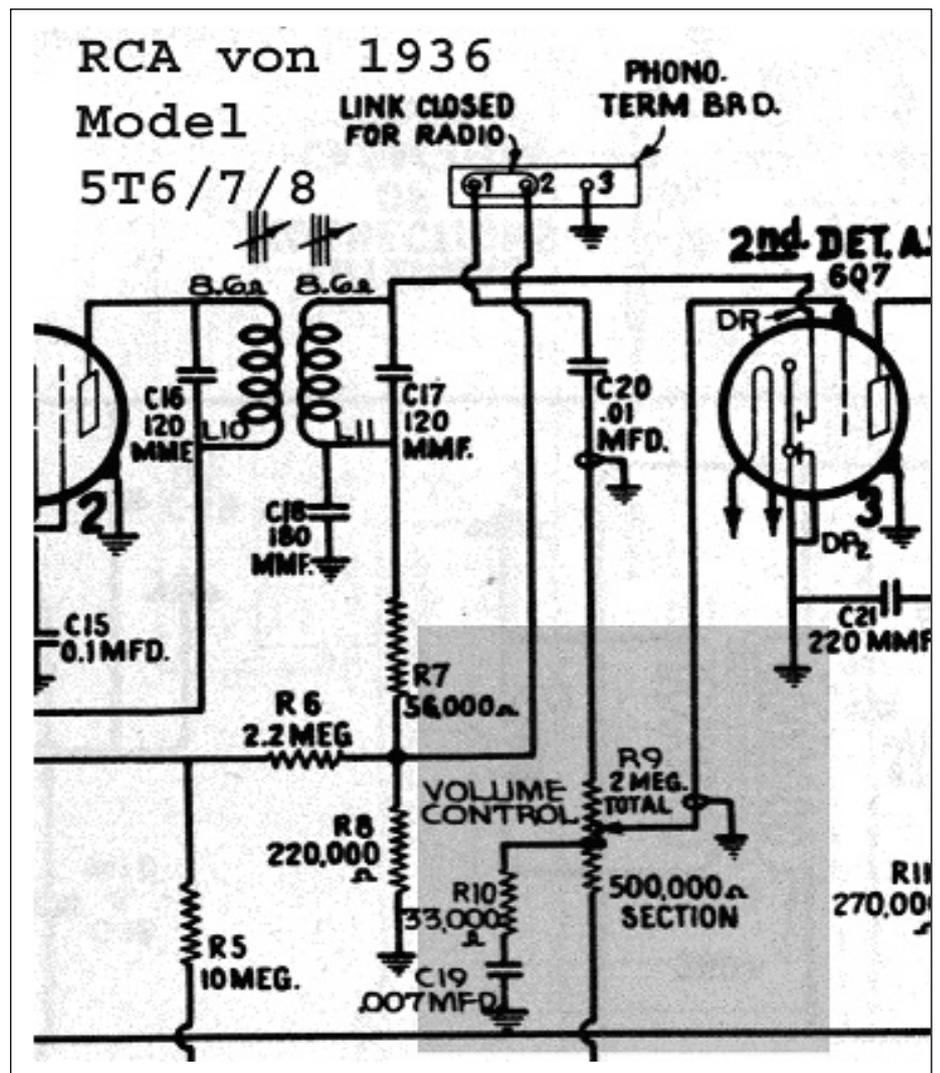


Abb. 2: RCA Modell 5 T6/7/8 von 1936.

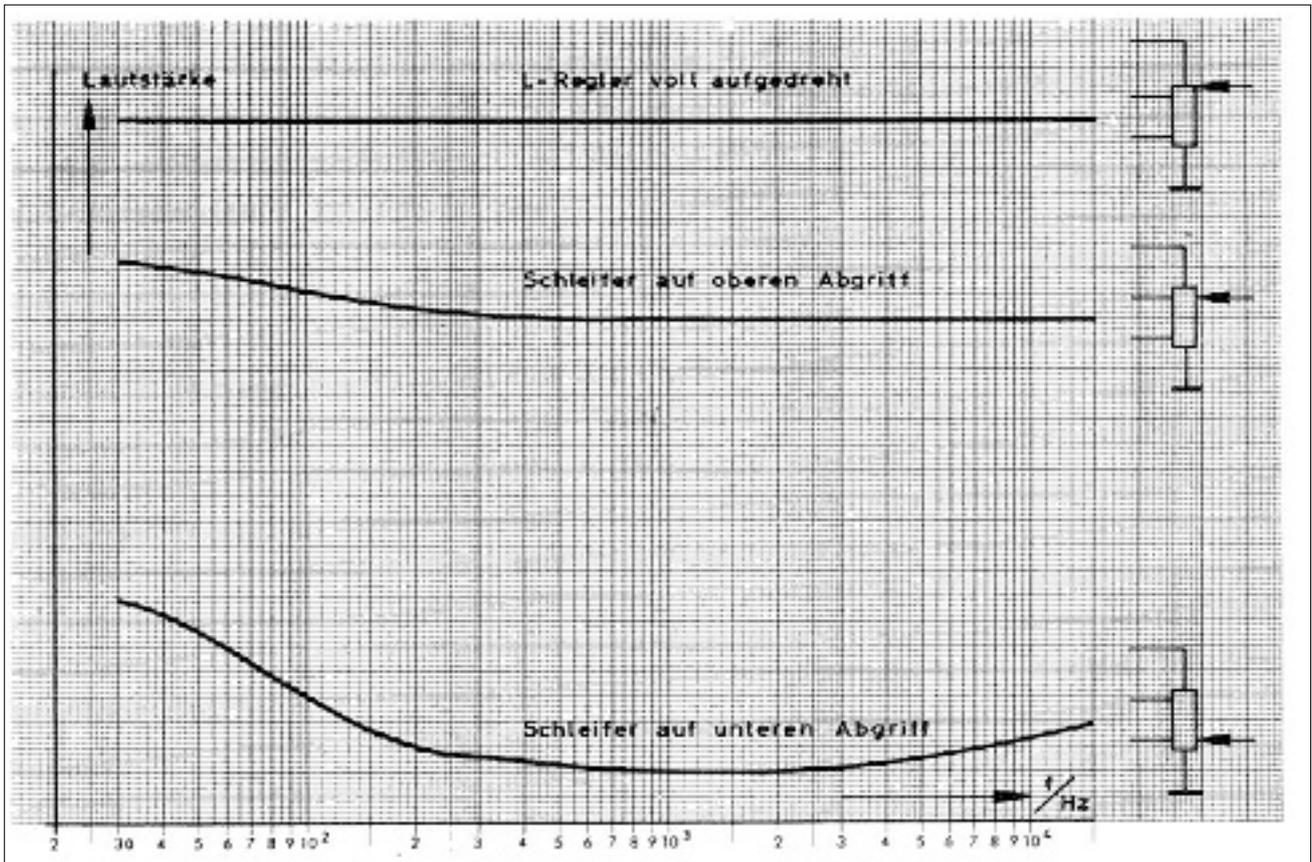


Abb. 3: Einfluss der Beschaltung des Lautstärkepotentiometers auf den Frequenzgang für eine gehörrichtige Lautstärkeregelung - typische Kurve einer physiologischen Lautstärkeregelung. Quelle: Telefunken.

von denen als Standardlösung eine Serienschaltung von R und C gegen den Nullpunkt (der Nullstellung) des Reglers geschaltet ist. Auf klangliche Sonderschaltungen, die man an dieser Stelle auch finden kann, soll hier nicht eingegangen werden. Dieses R/C Glied gleicht (standardisiert bzw. vom Hersteller des Gerätes definiert) eine Besonderheit des menschlichen Ohres aus, das je nach Lautstärke die tiefen Töne und in einem geringeren Maße auch die hohen, im Verhältnis zu den mittleren Tonlagen, unterschiedlich laut wahrnimmt. Die Radioindustrie in den USA hat das als Neuheit in Radios eingebaut. Nach mei-

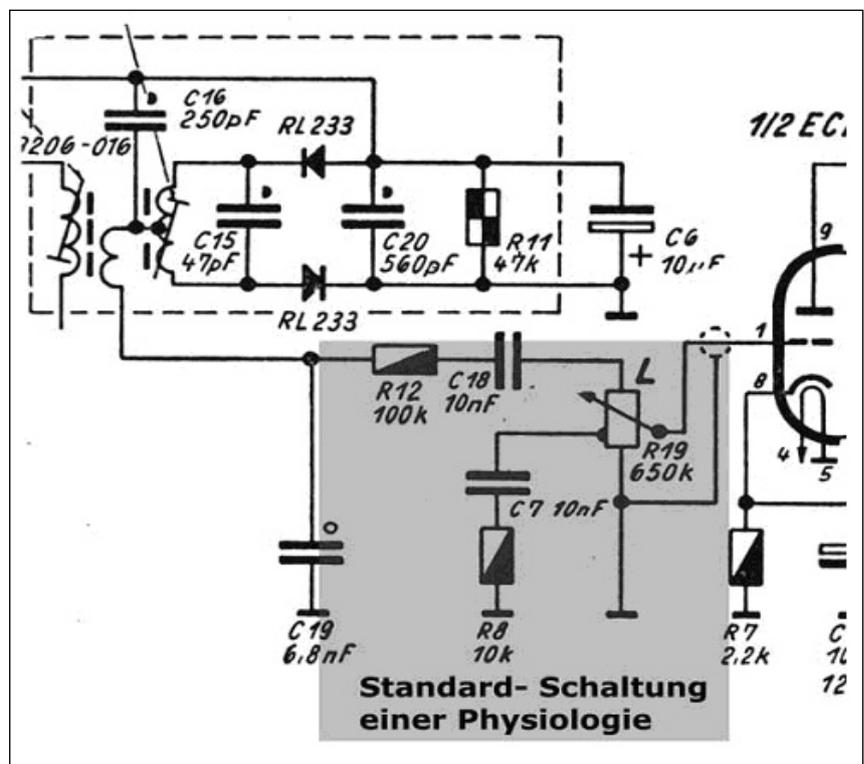


Abb. 4: Die Standard-Schaltung mit logarithmischem Potentiometer und einem Abgriff: hier bei Grundig 65 UKW mit Uhr; siehe auch Grundig 87, 88, 92, 96, 97 usw.

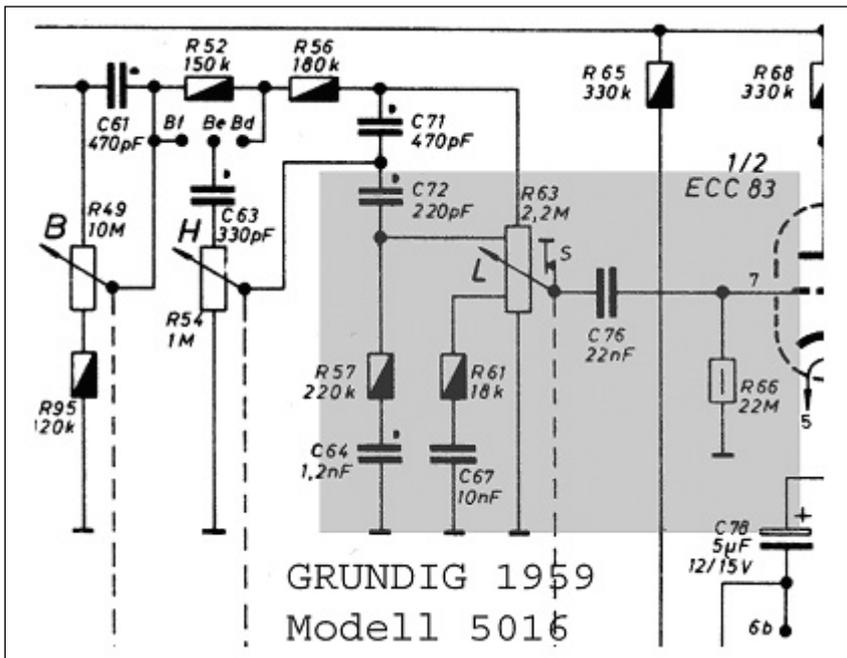


Abb. 5: Grundig 5016 Stereo.

nen Recherchen hat das L.E. BARTON P.F.G. Holst. (RCA) in Österreich unter Pat. 138 506, brit. P. 397 763, und USA. P. 20377782 (1932) patentiert: Modelle mit dieser Technik in den USA fand ich 1934, bei PHILCO: Mod. 620 sowie beim Mod.650. Ausserdem: im Jahr 1936 bei RCA, in den Typen: Mod. 5T6, 5T7, 5T8.

In Europa hat das zuerst Telefunken aufgegriffen. Anfangs in einer einfachen Art, deren Ursprung ich nicht ermitteln konnte, danach in der Art wie bei RCA gezeigt, mit R und C als Reihenschaltung. Daher zeigen die beiden Telefunken Schaltungen (Bild 12 und Bild 13) mit je einem 1,3 Megohm- Potentiometer, eine nur einen Kondensator, die zweite wie bei RCA, eine R/C- Kombination am Abgriff. Das Bild 12 mit dem „C“ al-

leine, ist aus dem Telefunken Werkstattbuch entnommen. Alle Quellen aus denen die Daten entnommen wurde (au-

ßer Patente) liegen mir im Original vor. Diese Angaben entsprechen meinem Wissenstand August 2011. Als Bildbeispiele etwas Schaltungstechnik zunächst als Messkurve: Abb. 3 zeigt die typische Kure einer physiologischen Lautstärkeregelung. Dazu passende Schaltungsausschnitte: Abbildung 4. Die Standard-Schaltung mit log arhythmischem Potentiometer und einem Abgriff: hier bei Grundig 65 UKW mit Uhr. Siehe auch GRUNDIG: 87, 88, 92, 96, 97 usw.

Die Schaltungen Abb. 4 und 5 zeigen Qualitätsschaltungen mit zwei und drei Abgriffen. Die Standardtechnik bei Stereo, weil dort nur lineare Potentiometer sinnvoll sind

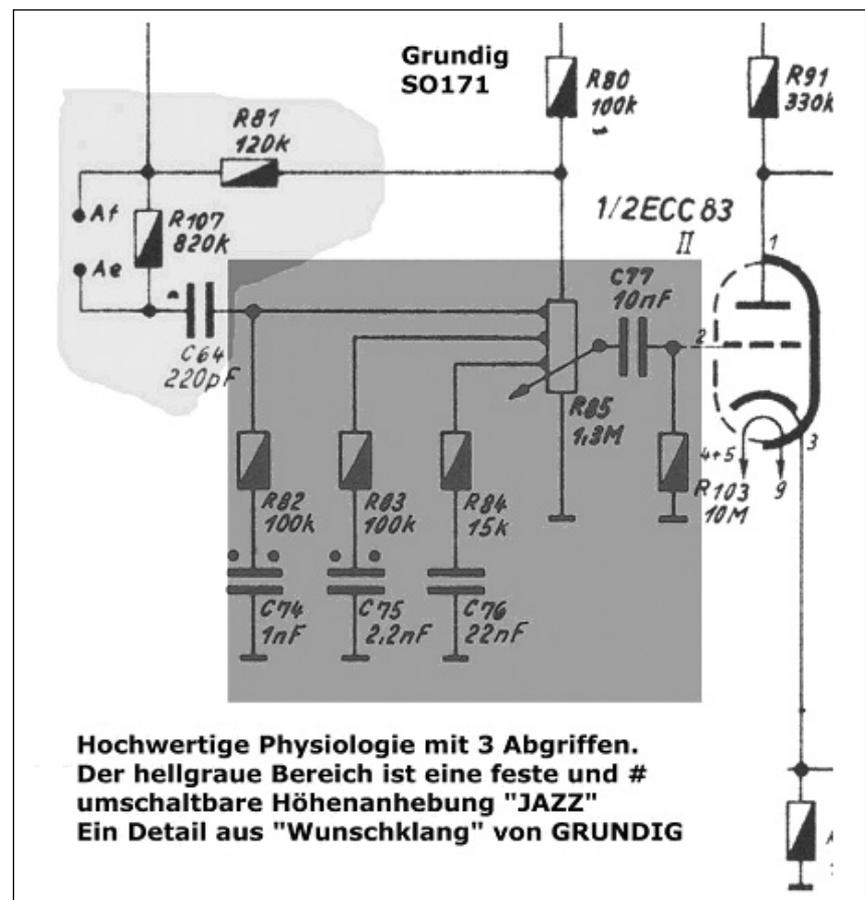


Abb. 6: Grundig Stereo-Konzertschrank SO 171

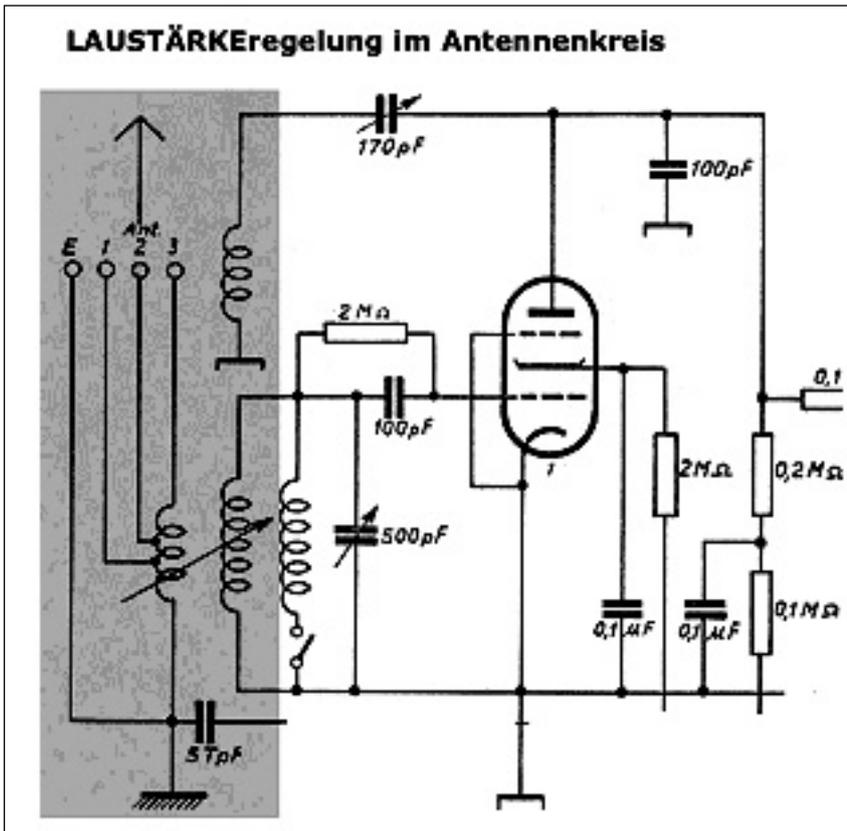


Abb. 7: Einkreiser Standard z.B. Schaub E 47 und 48, auch Heinzemann, VE 301 Wn, VE 301 dyn, DKE 38 usw. Hier werden zwei Spulen im Abstand zueinander verändert, was die Lautstärke regelt.

und somit in Gleichlauf zu bringen sind. Den logarithmischen Verlauf der Regelkurve bewerkstelligen die Abgriffe. Abb. 5, Grundig 5016 (Stereo), zeigt ein lineares Potentiometer welches mit zwei Agriffen zum logarithmischen Verlauf verändert wird, dazu die Physiologie. Typische Stereotechnik wegen des Gleichlaufs der Kanäle. Dazu Allgemeines zur Schaltungs-Technik der Lautstärkeregelung: Was wird eigentlich rein technisch gesehen bewirkt mit der Physiologie? Alle meine Angaben sind stets relativ gemeint. Wenn an anderen Stellen in der Schaltung Frequenzen bevorzugt oder benachteiligt werden, ist das

gesondert zu beachten. Ausserdem haben der oder die Lautsprecher und das Gehäuse einen sehr starken Einfluss auf den Klangeindruck den der Hörer empfindet. Wenn also von linear oder Absenkung und Anhebung die Rede hier ist, meint das immer den Schaltungspunkt von dem die Rede ist. Bevor aus den USA die Neuerung „physiologische“ der umgangssprachlich „gehörriichtige“ Lautstärkeregelung im Radio verwendet wurde, hat man die Lautstärkeregelung einer Wiedegabe auf unterschiedlichste Arten vorgenommen. Alle Schaltungen konnten keine Rücksicht auf das menschliche Ohr neh-

men. Zur Einführung nur einige Beispiele, die alle im Hochfrequenzteil regeln:

Abbildung 8 zeigt einen Saba 321 GL von 1933/34 mit der „SABA-Wellenfalle“®. In dieser Schaltung regelt ein verstellbarer Kondensator (in Differentialschaltung) die von der Antenne kommende HF-Spannung als Lautstärkeregelung). Abbildung 10 zeigt einen Sachsenwerk Reflex-Super W: Eine sehr billige und geringwertige, direkte Antennenregelung mit einem Potenziometer, bei kurzen Antennen, nicht zu empfehlen.

Abbildung 10, Schaub 2K48, zeigt einen Zweikreiser und weitere Modelle, sowie alle Vierkreis-Super. Das Bild 10 zeigt eine Lautstärkeregelung, die nur mit Mehrgitterröhren

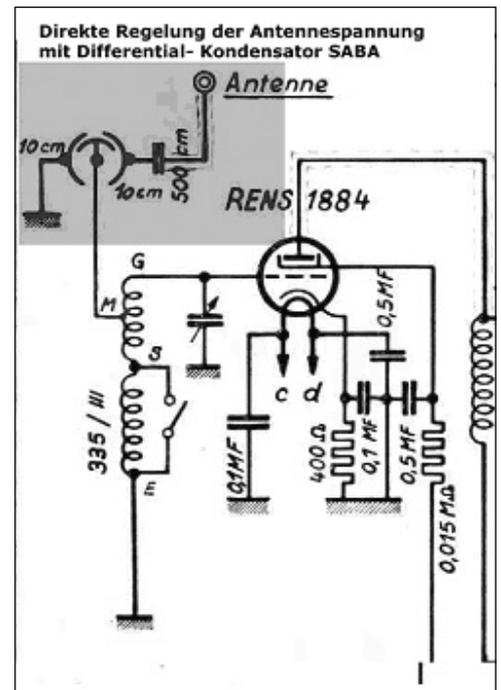


Abb. 8: Ein Saba 321 GL von 1933/34 mit der „Saba-Wellenfalle“®

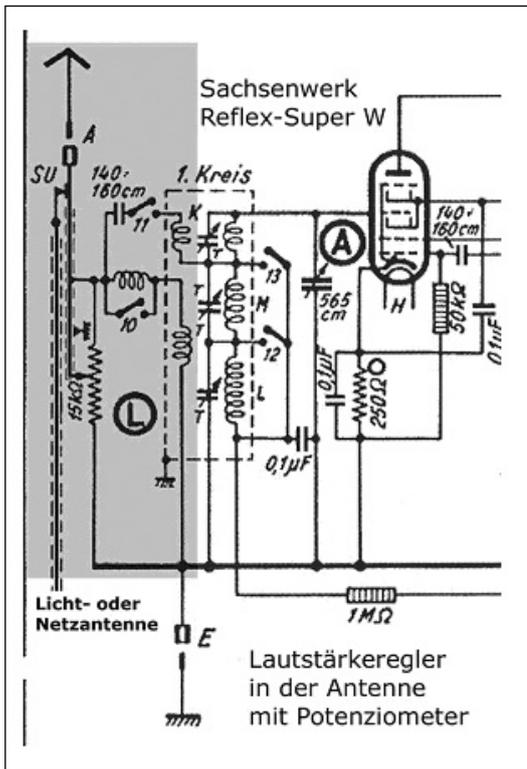


Abb. 9: Sachsenwerk Reflex-Super W.

funktioniert und daher von Anfang an nicht in der Radiotechnik in Verwendung war. Man regelt den Strom in der Röhre, was die Verstärkung und damit die Lautstärke ändert (Katodenregelung). Abbildung 11 zeigt ein Grundig Exportmodell 97 WE von 1958. Als grau markiert sieht man einen Lautstärkereger der im NF-Teil das von der Quelle (Radio oder Tonabnehmer) kommende elektrische Signal absenkt oder anhebt. Bei Export-Geräten und einfachen Modellen die Standard-Schaltung ohne Physiologische Klangkorrektur.

Bis zur Einführung der Physiologie wurden dabei alle Tonlagen gleichmäßig verändert. Wie eingangs schon betont, ergab das einen unnatürlichen

Klangeindruck bei geringer Wiedegabelautstärke. Die Sprachverständlichkeit ist aber damit gut.

Was macht die neue Schaltung aus den USA nun wirklich?

Der bei Telefunken am Abgriff angebrachte Kondensator, bewirkt nun, wenn der Schleifer von Null bis etwas über den Abgriff gestellt wird, dass die Bässe wenig lauter geregelt werden, die Mitten- und Höhenlagen aber mehr, die Bässe verschwinden also bei zunehmender Lautstärke, was dann unser Ohr wieder wegen der Ohkurve wieder ausgleicht (siehe dazu Abb.1).

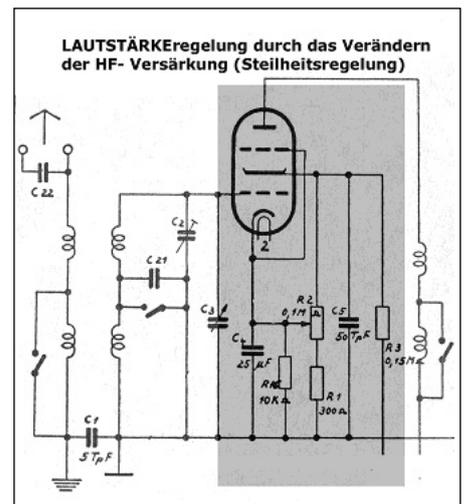


Abb. 10: Schaub 2K48 Zweikreisler und weitere Modelle sowie alle Vierkreis-Super

Abbildung 12 zeigt eine erste Version von Telefunken, T 586 von 1936. Die Tiefen sind also lauter als der Rest des Tonumfangs zu hören. Der typische Fall einer Bassanhebung, die

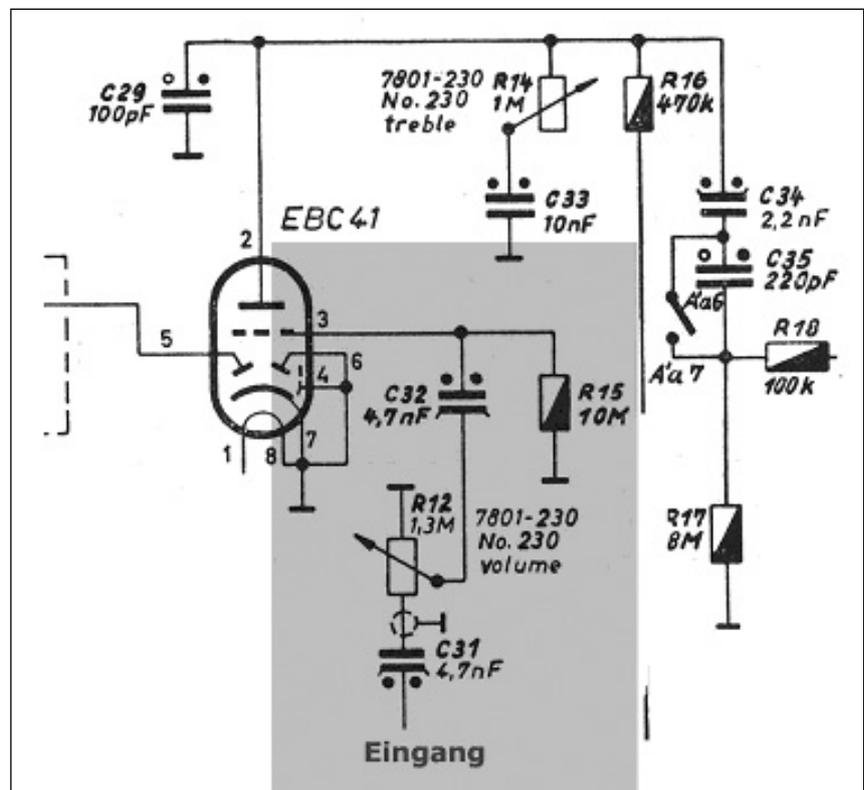


Abb. 11: Einfache Lautstärkeregelung im Niederfrequenzteil (lineare Regelung).

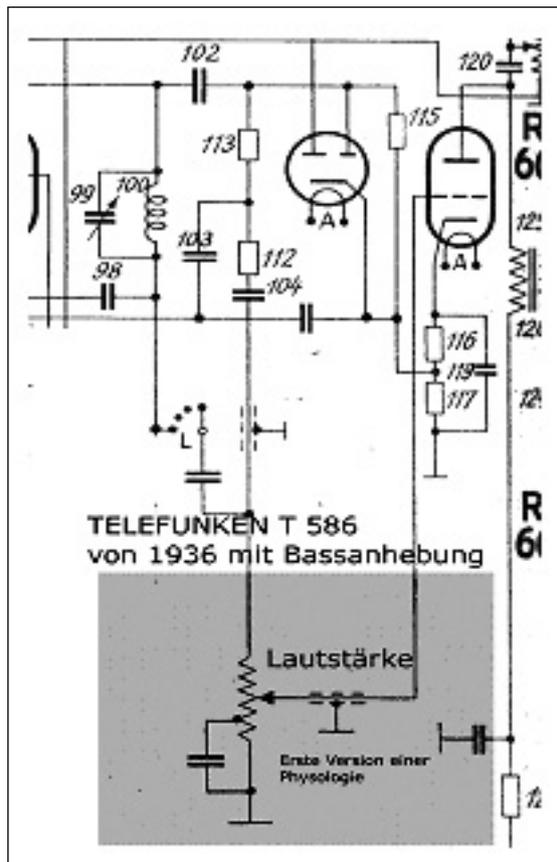


Abb. 12: Erste Version von Telefunken, T 586 von 1936

streng betrachtet eine Absenkung der Mitten- und Höhenlagen ist. Unser Ohr hört das aber richtig, nämlich: die Bässe sind lauter als der Rest. Es hat sich aber schnell gezeigt, dass diese Lösung noch verbessert werden kann. Mit Abb. 13 von Telefunken ebenfalls von 1936, zeige ich die Verbesserung, wie sie bis heute, zumindest in Standardmodellen aller Empfängerarten verwendet wird: Abbildung 13 verdeutlicht die zweite Version von Telefunken T 696Wk von 1936. Am Abgriff des Lautstärkereglers findet man jetzt eine Reihenschaltung des Kondensators, wie schon vorher und einem Widerstand. Durch geschick-

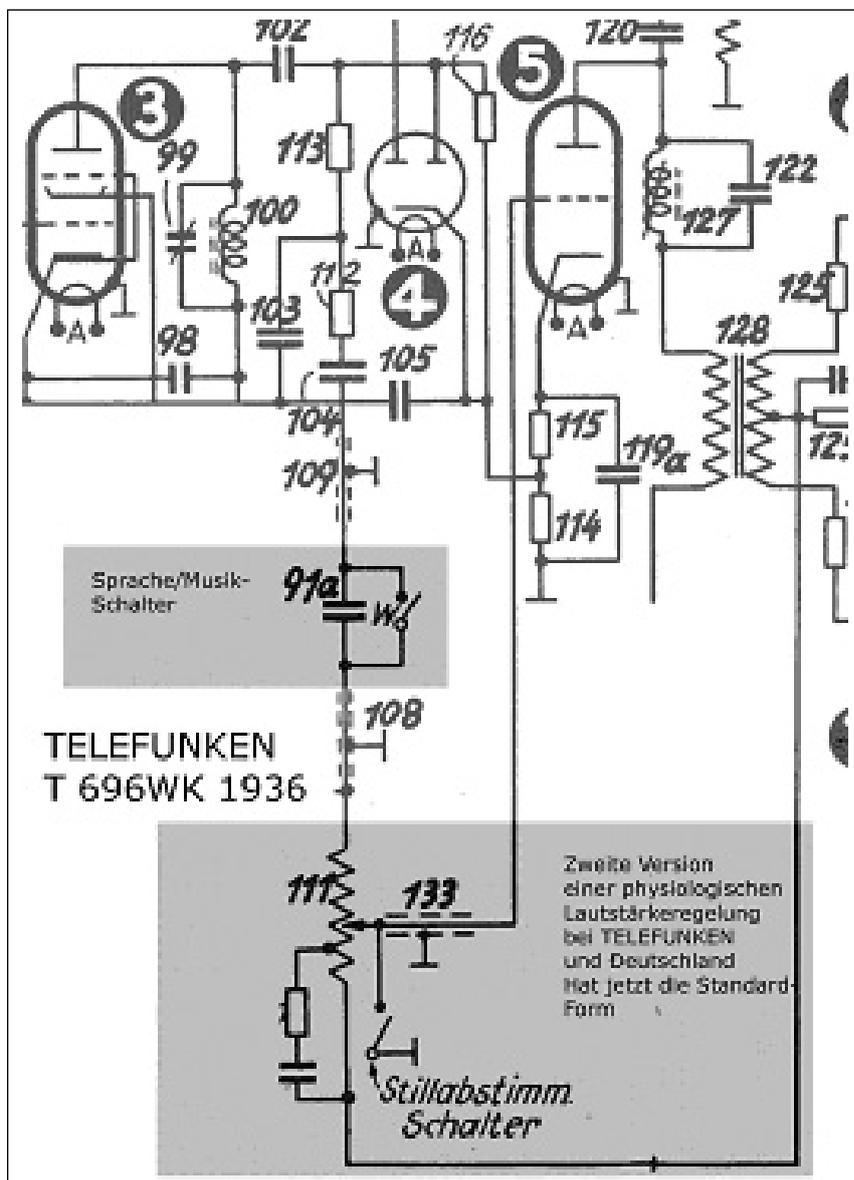


Abb. 13: Zweite Version von Telefunken, T 696 WK von 1936

te Dimensionierung kann ein Klangeindruck erzeugt werden, der wenigstens den größten Mangel in der Wiedergabe beseitigt. In der gehobenen Klasse oder im hifi- Bereich sind sehr aufwändige und oft nicht einfach zu überblickende Schaltungen zu finden, z.B. Saba 3DS. Dieser Text soll eine Einführung sein und kein Lehrbuch. Unter Technikern gibt es einen Spruch: jede Automatik muss auch abschaltbar sein. Daher enthält die Schaltung

des Telefunken T696 WK einen Sprache/ Musik-Schalter. Dieser Schalter, der hier im Signalweg liegt, senkt die tiefen Töne wieder ab, denn bei reinen Sprachsendungen leidet die Verständlichkeit wieder, wenn man zu viele Tiefenanteile in der Wiedergabe vorfindet. Ich erinnere an dieser Stelle an die Ohrkurve nach Fletcher & Munson, die ich am Anfang gezeigt und erläutert habe. Dort steht: bei den Mittellagen ist unser Ohr am besten, was

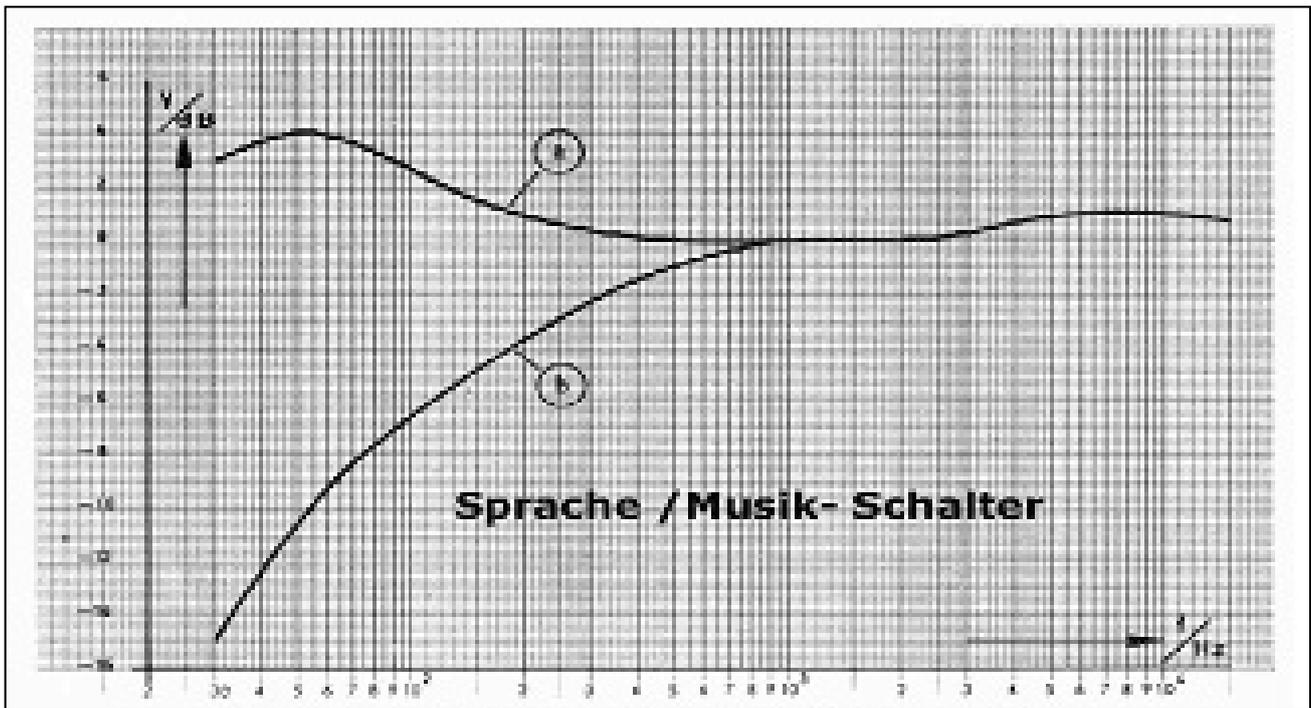


Abb. 14: Frequenzgang des festen Klangnetzwerkes a) ohne und b) nach dem Betätigen der Sprachtaste. Aus: *Telefunken sprecher*, 2011

die Wahrnehmung angeht. Bild 14 zeigt wie der M/S-Schalter den Frequenzgang verändert. (nach Telefunken). Wo sitzt bei Abbildung 14 im Schaltbild der Sprache/ Musik-Schalter? Das vorige Beispiel (Bild 13) zeigte den Schalter direkt im Signalweg. Das stellt die einfachste Schaltungsart dar. Auch Bild 15 zeigt eine andere Version: der Schalter sitzt hier im Signalweg nach der ersten NF-Stufe, was funktionell keinen Unterschied macht.

Abbildung 15, Tonfunk Violetta W450, zeigt die typische Schaltungen eines S/M-Schalters im Signalweg: Dieser Schalter wirkt immer, ganz gleich ob elektrisch oder akustisch gesehen, bei jeder Lautstärkeneinstellung gleich stark. Bei Abbildung 16 ist der S/M-Schalter in der Gegenkopplung, ähnlich

bei Saba Sabine 11. Die Wahl nach FM umgeschaltet wird. erfolgt hier, wenn von AM Abbildung 17 ist ein zwei-

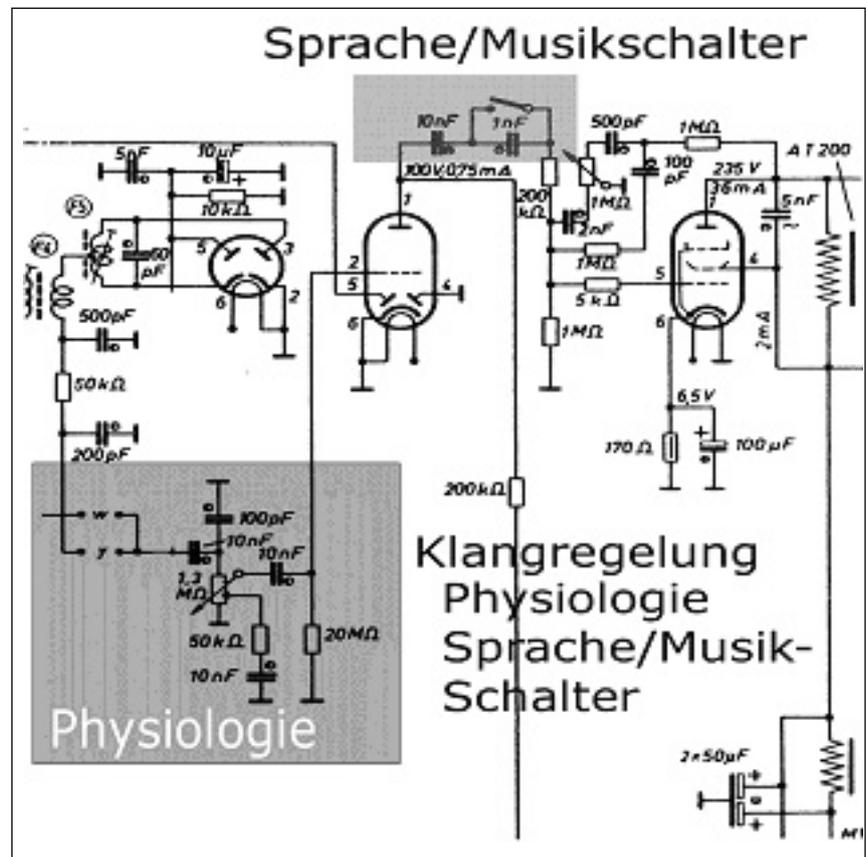


Abb. 15: Tonfunk Violetta W450, zeigt die typische Schaltung eines S/M-Schalters im Signalweg.

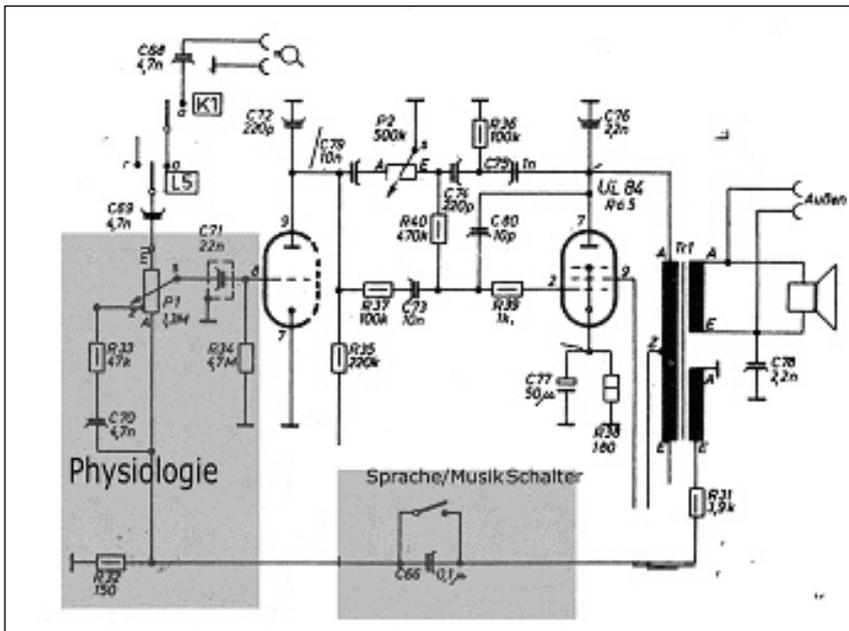


Abb. 16: Hier der S/M-Schalter in der Gegenkopplung - ähnlich bei Saba, Sabine 11. Die Wahl erfolgt hier, wenn von AM nach FM umgeschaltet wird.

tes Beispiel des S/M-Schalters in der Gegenkopplung. Hier als externes Bedienungselement (Knopf oder Taste). Legt man den Schalter wie bei Bild 16 und 17 in den Gegenkopplungs-zweig, ist die Wirkung stark, wenn der LS-Regler tief steht, dort ist aber auch die Tiefenanhebung der Physiologie am größten. Wird der LS-Regler weiter aufgedreht, sinkt die Wirkung des M/S-Schalters wie auch die Wirkung der Physiologieschaltung nachlässt. Es wird damit eine Optimierung der Sprachwiedergabe im gesamten Regelbereich erreicht. Daraus ergibt sich die logische Folgerung, greift man direkt in die Physiologie ein, muss das die bessere Lösung sein. Mit einem einzigen Abgriff ist das noch preiswert zu lösen, bei zwei oder drei Abgriffen schon

aufwändig und daher teuer. Hier eine Lösung, wie man sie ab 1960/61 in vielen Modellen finden kann: direkt an der Beschaltung der physiologischen Lautstärkeregelung. Man schaltet oder regelt den Kondensator

einfach weg und kommt so zu einer linearen Klangregelung. Abbildung 18 zeigt die als Klangwaage bekannt gewordene Schaltung. Grundig Serie 98 und 100. Die in den meisten Radios vorhandene Tonblende, die eine Absenkung der Höhen und der Störungen bei Radioempfang oder das Rauschen der Schallplatten bewirkt, bekam im Rücklauf von „dunkel“ auf „hell“ beim Weiterdrehen über die Mitte hinaus eine neue Funktion zugewiesen. Der Regler schließt den Kondensator am Abgriff kontinuierlich kurz und die Lautstärke-Regelung wird zu einer linearen wie Abb.11. Die Schaltung von Abb. 11 hat deshalb einen Nachteil, weil sie entweder die Höhen oder die Tiefen beeinflussen kann. Sie ist im praktischen Betrieb aber doch nützlich, wenn auch mit Einschränkung. Es kostet

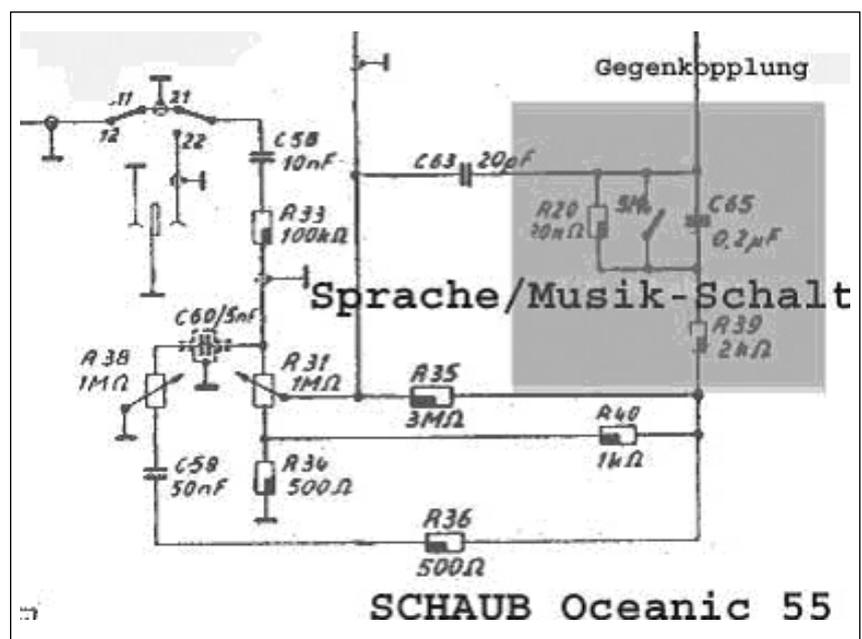


Abb 17: Ein zweites Beispiel des S/M-Schalters in der Gegenkopplung, hier als externes Bedienungselement (Knopf oder Taste).

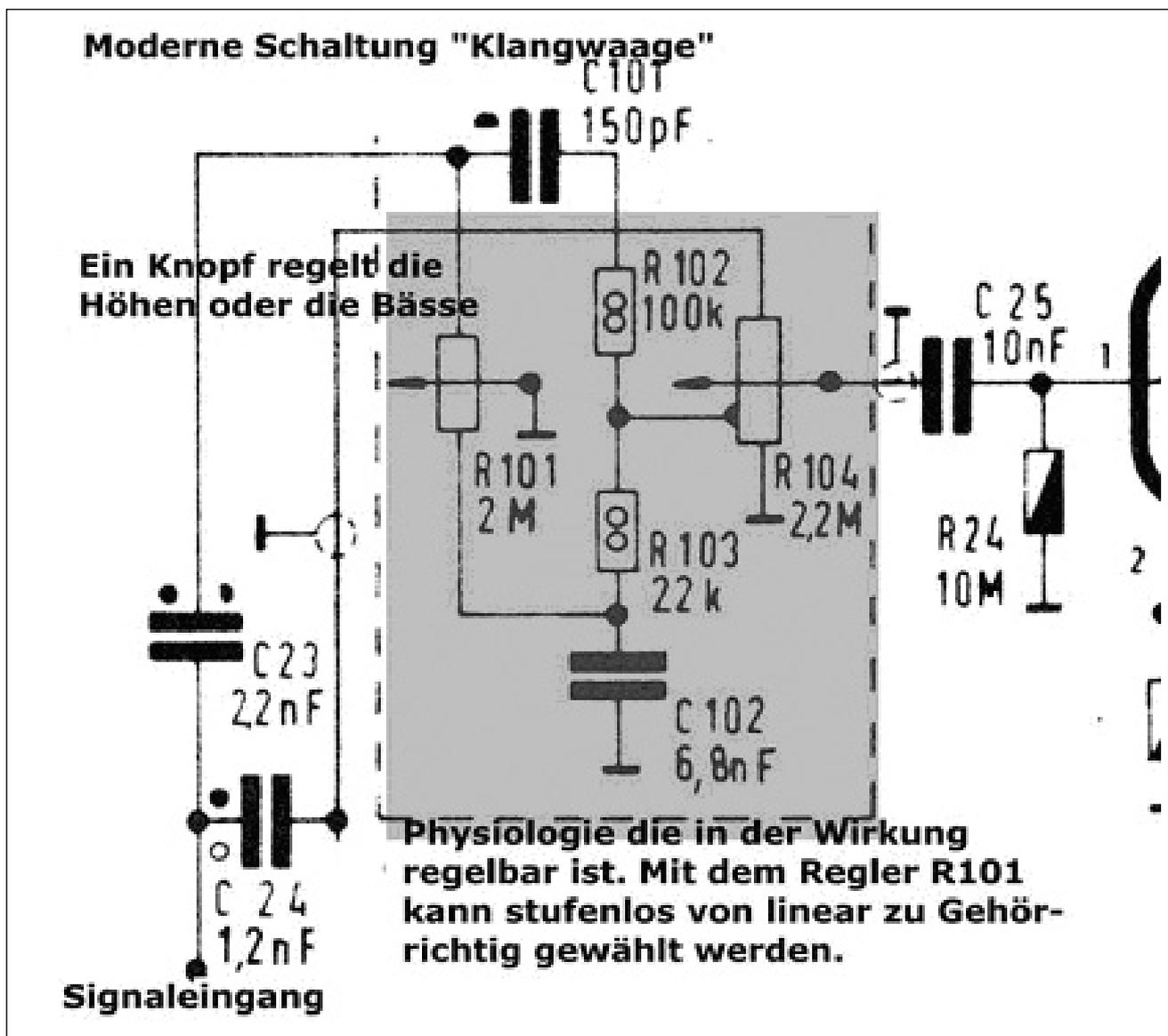


Abb. 18: Hier die als Klangwaage bekannte Schaltung.

quasi nichts! Ich weis nicht welche Firma das erstmalig so gemacht hat, meine aber es war Grundig. Sicher bin ich mir, dass Grundig es schon 1961 bei den Kofferradios der Serie 200 und 201, sowie den Transonetten 89 und 99 vorgesehen hatte. Es waren stets die Modelle, bei denen wegen des Desings wenig Platz für Bedienungselemente vorhanden war. Alle meine Angaben zur Klangbeeinflussung, sind stets relativ gemeint. Es wird nur

die Korrektur der Ohrkurve in der Lautstärkeregelung besprochen. Wenn an anderen Stellen in der Schaltung, von was auch immer, Frequenzen bevorzugt oder benachteiligt werden, ist das gesondert zu beachten. Es ist eine Tatsache, dass der oder die Lautsprecher, das Gehäuse und der Stoff oder Grill vor dem Lautsprecher einen sehr starken Einfluss auf den Klangeindruck haben, wie ihn der Hörer wahrnimmt. Wenn also von mir von linear oder

Absenkung und Anhebung die Rede hier ist, meint das immer an dem Schaltungspunkt von dem gerade die Rede ist - nicht unbedingt das gesamte Radio mit seinem Klang.

Hans M. Knoll, Jahrgang 1932, vormals Entwicklungsingenieur bei Fa Grundig, ist Ehrenmitglied und Beirat im Förderverein sowie technischer Berater für das Rundfunkmuseum der Stadt Fürth.