

FUNKTECHNISCHE MONATSHEFTE



Monatsausgabe des „Funk-Bastler“

Herausgegeben von Dr. P. Gehne und Prof. G. Leithäuser

HEFT 4

APRIL 1933

Th. Sturm Mitarbeiter des HHI?

Der Einfluß von Schwundausgleichern auf die Dynamik in der Musik

Von Theo Sturm

Ein in den „Funktechnischen Monatsheften“, 1933, Heft 2, Seite 59, veröffentlichter Aufsatz befaßte sich mit der Frage, inwiefern eine automatische Fadingregulierung auch die Dynamik der Wiedergabe beeinflusst. Die Arbeit kam zu dem Resultat, daß ein solcher Einfluß vorhanden ist, wenn die Gleichrichtercharakteristik der steuernden Röhre einen gekrümmten Verlauf zeigt. Es wurden Vorschläge gemacht, wie man einen solchen unerwünschten Einfluß beseitigen bzw. klein halten kann. Der nachfolgenden Arbeit liegen die gleichen grundsätzlichen Überlegungen zugrunde. Die Erscheinungen werden ausführlich erörtert, und es wird auf Möglichkeiten hingewiesen, aus der Not eine Tugend zu machen und die an sich unerwünschte Erscheinung nützlich zu verwerten.

Viele Funkfreunde befürchten, daß bei Benutzung automatischer Lautstärkereglern die Dynamik in der Musik verschlechtert, d. h. die Unterschiede zwischen Piano-Lautstärke und Forte-Lautstärke vermindert werden könnten. Im folgenden soll nun gezeigt werden, ob und durch welche Ursachen eine solche Beeinflussung stattfindet. Dabei wird sich im ersten Teil ergeben, daß bei sachgemäßem Betrieb nachteilige Folgen ausgeschlossen sind, und daß darüber hinaus sogar eine willkürliche Verbesserung der Dynamik erzielbar ist, insbesondere eine gewisse Kompensation des senderseitigen Amplitudenbegrenzers. Hierauf wird der zweite Teil des vorliegenden Aufsatzes näher eingehen.

Wie dem interessierten Funkfreund aus den verschiedenen Veröffentlichungen über Schwundausgleicher bekannt sein dürfte, reguliert jeder Fadingregler die Verstärkungsziffer des Empfängers in Abhängigkeit von dem vom Empfangsgleichrichter gelieferten Richtstrom. Dabei ist durch hinreichende Trägheit des Regelzusatzes dafür gesorgt, daß nur der Mittelwert des Richtstromes zur Auswirkung auf den Regulierprozeß kommt¹⁾. Dieser Mittelwert wird auch oft Gleichstromkomponente genannt, obwohl diese Bezeichnung leicht zu Verwechslungen mit dem Anodenruhestrom Anlaß geben könnte. Da es uns hier nur auf den Mittelwert ankommt, ist im folgenden meist kurz „Richtstrom“ geschrieben. Die Regulierung erfolgt stets derart, daß der „Richtstrom“ annähernd konstant gehalten wird. Wie leicht einzusehen ist, ist dann die Amplitude der gelieferten Niederfrequenz nur abhängig vom Modulationsgrad der hochfrequenten Trägerwelle, und zwar in einfacher Proportionalität. Dies gilt jedoch nur so lange, als der Richtstrom unabhängig vom Modulationsgrad und einzig abhängig von der Amplitude der Trägerwelle ist. Es genügt also, an dieser Stelle durch Betrachtung der Gleichrichtungsverhältnisse den Einfluß des Modulations-

grades auf die Größe des Richtstromes festzustellen. Einige Diagramme sollen dies näher erläutern. Da prinzipiell Gitter- und Anodengleichrichtung gleichartig sind²⁾, wurden alle Zeichnungen nur für eine Gleichrichtungsmethode ausgeführt. Die Wirkung des Knickes der Gitterstromkennlinie wurde der Einfachheit halber sinngemäß in die Anodenstromkennlinie K aufgenommen.

Die Arbeitsweise des Anodengleichrichters (Richtverstärkers) ist wohl allen interessierten Lesern klar. Über die Arbeitsweise des Audions (Gitterstromgleichrichter) sei nur gesagt, daß man das Audion als Zusammensetzung eines Einweggleichrichters mit einem direkt gekoppelten Niederfrequenzverstärker betrachten kann. Der „Einweggleichrichter“ (Abb. 4) wird durch die Strecke Gitter — Kathode dargestellt, der Gleichrichtestrom durch den Gitterstrom. Dieser Gleichrichter lädt den Gitterkondensator je nach der Höhe der Hochfrequenzspannung auf. Die Spannung des Kondensators steuert dann den Anodenstrom niederfrequent in bekannter Weise. Natürlich wird der Anodenstrom auch durch die Hochfrequenzspannung gesteuert. Das ist jedoch hier uninteressant, zumal der anodenseitige Hochfrequenzstrom durch einen großen Blockkondensator kurzgeschlossen wird. Charakteristisch für das Arbeiten des Audions ist noch der Ableitwiderstand. Dessen Größe muß so gewählt sein, daß sich der Kondensator nach dem gültigen Exponentialgesetz stets noch rascher entladen kann, als für die vorkommenden Amplituden der schnellsten niederfrequenten Schwingungen erforderlich ist. Das ist die Vorbedingung für einwandfreies, verzerrungsfreies Arbeiten des Audions. Denn nur so stellt sich am Gitterkondensator eine Gleichgewichtsspannung ein, die im Mittelwert proportional der Amplitude der Trägerwelle ist, während ihre Schwankungen die Modulation ohne Verformung darstellen. Weiter unten wird gezeigt, daß diese Bedingung für das vorliegende Problem von besonderer Wichtigkeit ist. In den folgenden Ausführungen ist daher ihre Erfüllung vorausgesetzt. Die später betrachteten Verzerrungen der Modulation werden daher stets als „durch den Niederfrequenzteil des Audions erzeugt“ angenommen.

In den Abbildungen 1, 2 und 3 ist einmal ein unmodulierter (I), dann ein schwach modulierter (II) und ein stark modulierter (III) Wellenzug gezeigt und die Vergleichung der — stationär angenommenen — Mittelwerte M der Richtströme R verdeutlicht.

I. Lineare Gleichrichtung

Abb. 1 zeigt den im allgemeinen erstrebten Idealfall der gänzlich unverzerrten Gleichrichtung. Er wird verwirk-

²⁾ Dabei vertauschen nur unterer und oberer Knick ihre Rollen.

¹⁾ Die Schwankungen des Richtstromes (vgl. Abb. 1, 2, 3) stellen nichts anderes dar, als die niederfrequente Modulation, also die „Niederfrequenzkomponente“ des Anodenstromes.

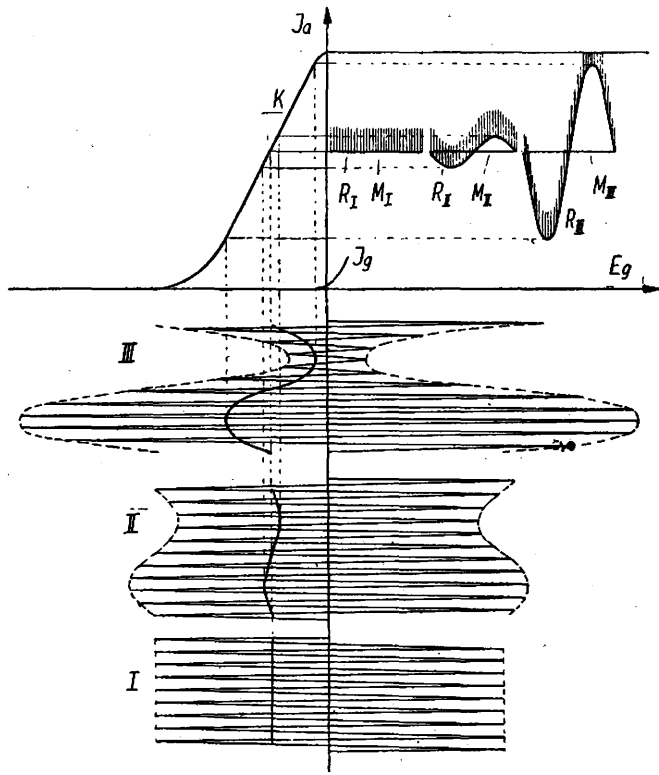


Abb. 1. Lineare Gleichrichtung (Richtstrom in Richtung der Schraffierung, von oben nach unten zu messen).

licht, wenn die Gitterspannungsgebiete, welche die Modulation enthalten, in gradlinige Teile der Kennlinie K fallen. Hier wird einmal — das ist jedoch für die vorliegenden Betrachtungen unwesentlich — die Modulation (Niederfrequenz) unverzerrt übertragen, und dann — darauf kommt es hier allein an — ist der Mittelwert des Richtstromes vom Modulationsgrad unabhängig. Ein Gleichrichter (Audion oder Richtverstärker), der nach Abb. 1 betrieben wird, wird also durch den Schwundausgleicher keinen Einfluß auf die Dynamik der Modulation ausüben.

II. Untersteuerung

Abb. 2 zeigt die Verhältnisse, die sich bei „Untersteuerung“ des Gleichrichters ergeben. Der gleichrichtende Knick ist hier der Deutlichkeit halber übertrieben groß gezeichnet. In Wirklichkeit können solche Untersteuerungen in erster Linie bei Richtverstärkern vorkommen, während das Audion durch seinen schärferen Knick hiergegen besser gesichert ist. Deshalb ist der Abb. 2 ein Richtverstärker zugrunde gelegt. Dadurch wurde auch die Schwierigkeit umgangen, die Untersteuerung des Audions in einfacher Weise zeichnerisch darzustellen. Die Wirkung ist neben einer Verzerrung der Niederfrequenzkomponente die, daß der mittlere Richtstrom mit dem Modulationsgrad schwankt. Und zwar ist er dem Modulationsgrad in erster Annäherung proportional. Da nun der Richtstrom die Gesamtverstärkung beeinflusst, reagiert der Schwundausgleicher auf stark modulierte Wellen genau wie auf ein Anwachsen der Trägerwelle bei gleichbleibendem Modulationsgrad, d. h. bei starker Modulation wird die Lautstärke vermindert. Ein untersteuerter Regulierdetektor wird also die Dynamik der Sendung vermindern, den Unterschied zwischen piano

und forte verwischen, vorausgesetzt, daß die Übersetzung des benutzten Schwundausgleichers bei so kleinen Amplituden noch genügt. Dieser Effekt ist im allgemeinen unerwünscht und durch Benutzung größerer Amplituden zu vermeiden.

III. Übersteuerung

Den gegenteiligen Fall einer Übersteuerung des Regulierdetektors zeigt Abb. 3. Tritt die Untersteuerung beim Richtverstärker leichter ein, so ist gegen eine Übersteuerung das Audion besonders empfindlich. Wegen der bei Übersteuerung stets großen Amplituden kann die verzerrende Wirkung des gleichrichtenden Knickes ohne Fehler vernachlässigt werden. Dagegen tritt hier die Wirkung des entgegengesetzten Knickes, bei Audiogleichrichtung³⁾ also des Raumladeknickes der Anodenstromkennlinie („unterer“ Knick), in den Vordergrund. Selbstverständlich bewirkt die Übersteuerung auch hier eine bedeutende Verzerrung der Niederfrequenzkomponente, analog wie beim Fall der Untersteuerung nach Abb. 2, nur mit einer um 180° verschobenen Phase. Der Mittelwert des Richtstromes (Gleichstromkomponente) ist vom Modulationsgrad abhängig, jedoch gerade in umgekehrter Weise wie beim vorigen Fall. Bei stärker werdendem Modulationsgrad nimmt der Mittelwert ab, genau so, als ob bei gleichbleibendem Modulationsgrad die Amplitude der Trägerwelle kleiner geworden wäre. Definitionsgemäß reagiert der Schwundausgleicher hierauf so, daß er die Lautstärke vergrößert, bis der Richtstrom wieder den normalen Wert erreicht hat. Fortissimostellen werden also lauter wiedergegeben, als ihnen eigentlich zukäme. Das bedeutet nichts anderes als eine Verstärkung der Dynamik, also eine Vergrößerung des Lautstärkeunterschiedes zwischen piano und forte. Zusammenfassend läßt sich also sagen:

³⁾ Im Falle des Anodengleichrichters wird der Gleichrichterknick 2. Ordnung, d. h. der Knick, welcher die Niederfrequenzkomponente verzerrt (gleichrichtet) und so mittels des Schwundausgleichers auf die Dynamik einwirkt, dargestellt durch den Punkt des Gitterstromesinsatzes.

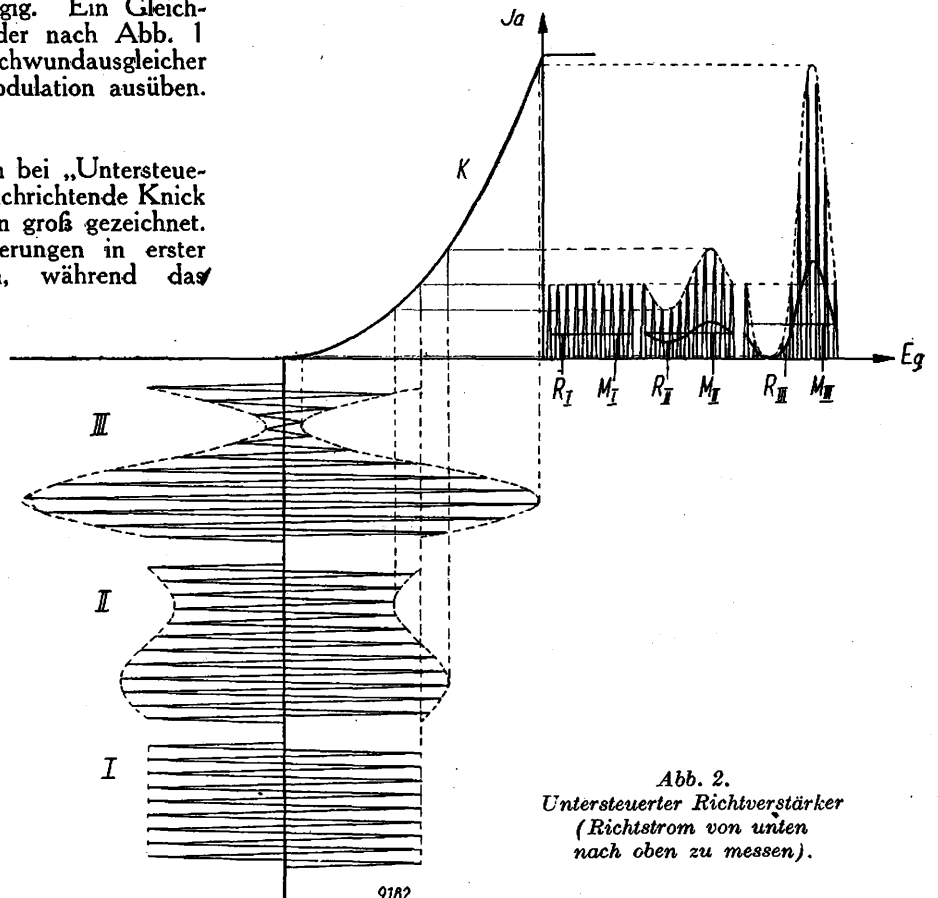
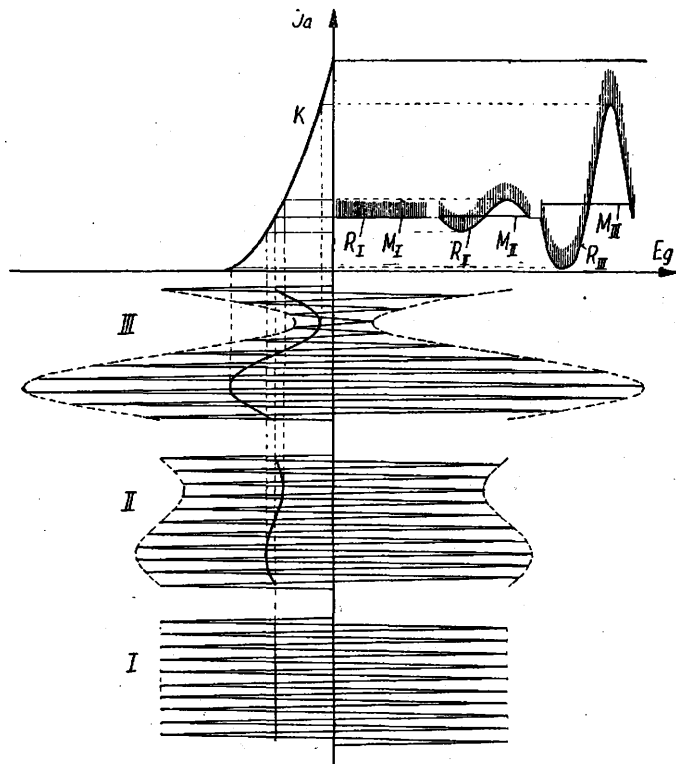


Abb. 2. Untersteuerter Richtverstärker (Richtstrom von unten nach oben zu messen).

Bei linearer Gleichrichtung bleibt die Dynamik erhalten, bei Untersteuerung des Gleichrichters wird sie vermindert, bei Übersteuerung erhöht.



9183

Abb. 3. Übersteuertes Audion (Richtstrom zu messen in Richtung der Schraffierung von oben nach unten).

Es sei noch erwähnt, daß auch eine andere Betrachtungsweise auf das gleiche Resultat führt. Die nicht lineare Gleichrichterröhre kann man sich auch in zwei linear arbeitende Gleichrichter zerlegt denken, von denen der erste die Hochfrequenz gleichrichtet (Kennlinienknick 1. Ordnung), während der andere die von diesem gelieferte Niederfrequenzkomponente gleichrichtet (Kennlinienknick 2. Ordnung). Der Schwundausgleicher reagiert nun auf die Richtströme beider Gleichrichter, die parallel geschaltet zu denken sind. Richten beide am selben Knick gleich (Untersteuerung), arbeiten sie also gleichphasig, so addieren sich die Richtströme und starke Modulation bewirkt genau wie starke Hochfrequenzamplituden eine Verringerung der Verstärkung, also niederfrequente Amplitudengrenzung. Richten dagegen beide an verschiedenen Knicken gleich (Übersteuerung), so arbeiten sie gegenphasig, die Richtströme subtrahieren sich und starke Modulation bewirkt eine Zunahme der Verstärkung, also eine Erhöhung der Dynamik.

In der Praxis wird man besonders gern von der unter III. geschilderten Möglichkeit Gebrauch machen wollen,

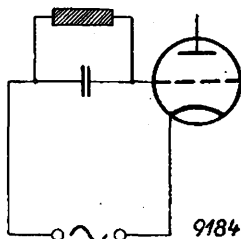
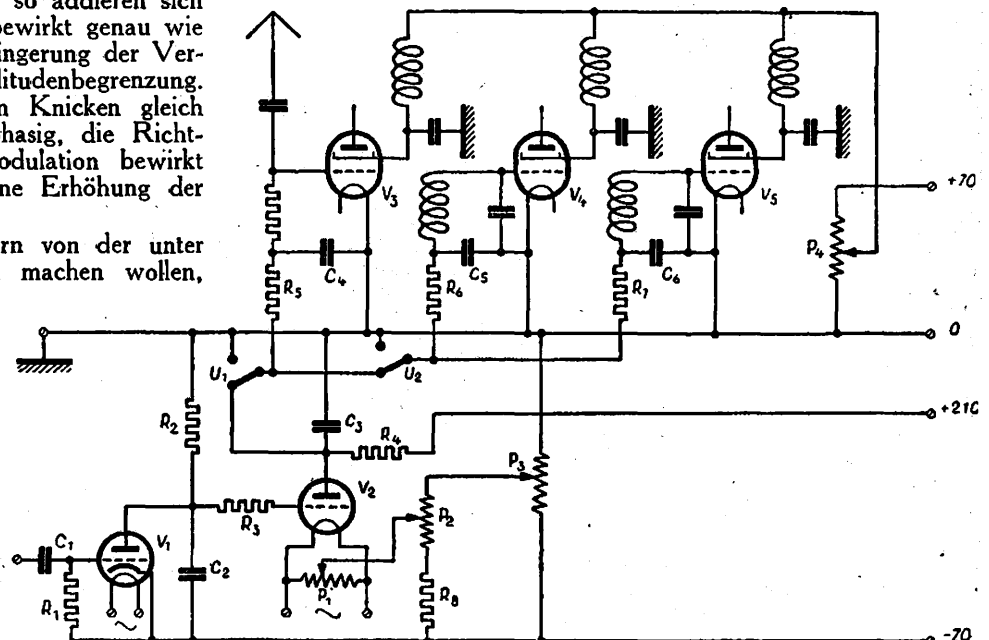


Abb. 4. Die Gitterstromgleichrichtung.
Nebstehend:

Abb. 5. Schaltung des Schwundausgleichers.



weil im Rundfunk die dynamischen Unterschiede der Musik durch den senderseitigen Amplitudengrenzer stark vermindert sind. Durch einen Schwundausgleicher, dessen Regulierdetektor nach III. betrieben, also willkürlich übersteuert werden kann, ließe sich nun eine sehr erwünschte Kompensation der Wirkung des Amplitudengrenzers erzielen. Die Güte der Kompensation hängt, wie leicht ersichtlich, in erster Linie von der Gestalt der Kennlinie des Regulierdetektors ab, in zweiter Linie von der Übersetzung⁴⁾ des Fadingreglers.

Anwendung zur Kompensation des Amplitudengrenzers

Die praktische Anwendung dieses Prinzips stößt nur auf geringe Schwierigkeiten. Zunächst ist ein besonderer Empfangsdetektor⁵⁾ nötig, der so kräftig dimensioniert ist bzw. mit so hohen Anodenspannungen betrieben wird oder so kleine Hochfrequenzamplituden zugeführt erhält, daß er noch völlig unverzerrt, d. h. nach Abb. 1, gleichrichtet, wenn der Regulierdetektor bereits stark „übersteuert“ ist. Andererseits soll er einen hinreichend scharfen Gleichrichtungsknick besitzen, um Verzerrung durch Untersteuerung sicher zu vermeiden. Im Gerät des Verfassers ist als Empfangsdetektor ein Richtverstärker in Widerstandskopplung eingesetzt, an dessen Anode eine mittlere Gleichspannung von etwa 150 Volt liegt. Als Regulierdetektor dient eine indirekt geheizte Röhre in Audionschaltung, die ebenfalls widerstandsgekoppelt ist, an deren Anodenblech jedoch nur eine mittlere Gleichspannung von etwa 20 Volt liegt⁵⁾. Diese Kombination arbeitet zufriedenstellend. Der Fadingregler ist nach Abb. 5 geschaltet, die dem aufmerksamen Leser aus der zitierten, früheren Veröffentlichung des Verfassers schon bekannt ist. Wünscht man eine Erhöhung der Dynamik, so genügt eine Erhöhung der Regulierlautstärke über das normale Maß. Dabei tritt die gewünschte Übersteuerung des Regulierdetektors auf. Gleichzeitig muß durch ein im Niederfrequenzteil angeordnetes Potentiometer die Ausgangslautstärke vermindert werden, um zu verhüten, daß die Endstufe übersteuert wird.

Es wäre zweckmäßig, das Potentiometer P_2 der Abb. 5 (Regulierlautstärke) mit dem erwähnten niederfrequenz-

⁴⁾ Diese ist bestimmt durch die Größe der Beaufschlagung des Regulierdetektors mit Hochfrequenz, durch die Verstärkungsziffer der Regulierverstärkerröhre, durch die Zahl der gesteuerten Hochfrequenzröhren und durch die Kennlinienform der Hochfrequenzröhren.

⁵⁾ Vgl. Sturm, Automatischer Lautstärkereger ohne Gegenspannung, „Funktechn. Monatshefte“, 1932, Heft 7, S. 305.

seitigen Lautstärkeregelung derart zu kuppeln, daß bei Erhöhung der Regulierlautstärke gleichzeitig die niederfrequente Verstärkung entsprechend erniedrigt würde. Der betreffende Bedienungsknopf würde dann lediglich die „Dynamik“ regeln.

Damit wäre ein neuer Schritt zum „vollkommenen“ Empfangsgerät getan. Zu den Knöpfen „Stationswahl“, „Lautstärke“ (natürlich automatisiert), „Klangfarbe“⁹⁾, „Trennschärfe“⁷⁾ würde als letzter der Knopf „Dynamik“ kommen.

Die Methode erscheint um so aussichtsreicher, als ein Mehraufwand eigentlich nicht zu leisten ist, da auch andere Gründe die Verwendung eines besonderen Regulierdetektors rechtfertigen würden. (Vgl. auch unten!) Die Wirkung eines so betriebenen Schwundausgleichers ist durchaus zufriedenstellend. Wichtig ist nur, daß die Zeitkonstante des Reguliergerätes klein genug ist, um plötzlichen Einsätzen des Orchesters rasch genug folgen zu können.⁸⁾ Bei Übertragung von Sprache oder Jazzmusik und gewöhnlicher Unterhaltungsmusik hat eine Dynamikverbesserung kaum Sinn. Dagegen kann sie das Abhören von Sinfonien und Opern zu hohem Genuß steigern. Voraussetzung ist jedoch eine sehr kräftige Endstufe und ein gut gereinigter Anodenstrom, damit bei den nun viel lautereren Fortstellen keine Übersteuerung eintritt bzw. bei den leisen Pianostellen das Netzbrummen sich nicht störend bemerkbar macht.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch erwähnen, daß sicher bereits Dr. Lentze seinen Regulierdetektor übersteuert hat, allerdings wohl unabsichtlich. Denn in seinem Aufsatz „Erfahrungen mit automatischer Lautstärkeregelung“⁹⁾ schildert er eine Verbesserung der Dynamik durch seinen Regulierzusatz, ohne jedoch eine befriedigende Erklärung hierfür zu geben. Bei Betrachtung der Größe der Spannungen im Gerät von Dr. Lentze — die Überschlagsrechnung ergibt etwa 1—2 Volt Hochfrequenz am Gitter des Regulierdetektors — erscheint eine Übersteuerung höchst wahrscheinlich, wodurch die beobachtete Verbesserung der Dynamik einwandfrei erklärt wäre. Die Übersteuerung ist um so wahrscheinlicher, als Dr. Lentze nur eine mittelgroße Niederfrequenzverstärkung (Schirmgitterdetektor) verwendet und als er dem Regulierdetektor nur die sehr geringe Anodenspannung von 12 bis 15 Volt erteilt.

Die vorliegende Abhandlung wäre nicht vollständig, wenn nicht auch die Mängel der Anlage beleuchtet würden. Zunächst wird die Kraftreserve des Empfängers etwas vermindert, da mit erhöhter Regulierlautstärke gearbeitet werden muß und da die überschüssige Lautstärke im Niederfrequenzteil abgedrosselt werden muß. Dieser Nachteil fällt für hinreichend kräftige Empfangsgeräte mit 2—3 Hochfrequenz- bzw. Zwischenfrequenzschirmgitterröhren kaum ins Gewicht.

Wichtiger ist, daß die Verzerrungen, die beim „selektiven Fadingeffekt“ durch Trägerwellenschwund und die hierdurch verursachte scheinbare Übermodulation entstehen, besonders laut wiedergegeben werden.¹⁰⁾ Auch hier liegt die Abhilfe auf der Hand: Zurückgehen mit der Regulierlautstärke, bis die Übersteuerung des Regulierdetektors aufhört oder gar bis Untersteuerung eintritt. Durch Erhöhung der niederfrequenten Verstärkungsziffer ist der hierdurch verursachte Lautstärkeausfall leicht auszugleichen. Verfand es sogar bei manchen vom selektiven Fading besonders

heimgesuchten Sendern vorteilhafter, den Schwundausgleich ganz abzuschalten. Es erwies sich nicht selten als angenehmer, die hier oft nur geringen Lautstärkeschwankungen in Kauf zu nehmen, als die Verzerrungen auf dem Grund der Schwundperiode in erhöhter Lautstärke zu hören. (Die Trägerwelle wird ja durch den Fadingregler künstlich konstant gehalten.)

Der dritte Mangel ist, daß es nicht möglich ist, die Dynamik unbeschränkt zu erhöhen. Wenigstens traten im Gerät des Verfassers bei übermäßiger Erhöhung der Regulierlautstärke niederfrequente Störgeräusche auf, die sich in periodischem An- und Abschwellen des Empfanges (Periode etwa $\frac{1}{6}$ Sek.) bemerkbar machten. Die Periode des Störtones scheint im Zusammenhang mit der Zeitkonstanten des Fadingreglers zu stehen. Versuche, die diesen Einfluß klären sollen, sind noch im Gange. Schon jetzt kann aber gesagt werden, daß die primäre Ursache sicher im Arbeiten des Audions zu suchen ist. Wenn nämlich die Zeitkonstante des Gitterkomplexes C_1R_1 (Abb. 4, Abb. 5) zu groß ist, können bei großen Amplituden die Ladungen des Gitters nicht mehr rasch genug abfließen. Hierauf ist bereits oben hingewiesen worden. Jedenfalls rückt dann der Arbeitspunkt des Audions zeitweise (bei Überschreitung der Grenzamplituden) weit ins negative Gebiet, so daß eine plötzliche Verstärkungsabnahme erfolgt. Hierdurch ist eine Ursache zu Pendelerscheinungen gegeben, deren

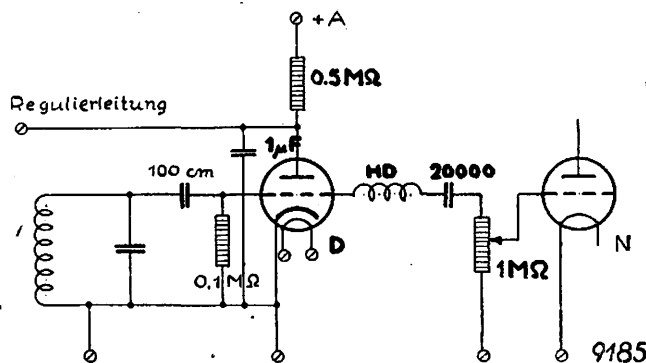


Abb. 6. Schaltung eines Amplitudenerweiterers mit nur einem Detektor.

Frequenz von der Zeitkonstanten des Reguliergerätes abhängt. Die mögliche Verbesserung ist also durch Verkleinern der Zeitkonstante des Gitterkomplexes gegeben. Als günstig erwies sich ein $C_1 = 100$ bis 150 cm, $R_1 = 0,1$ bis $0,5$ MΩ. Bei dieser Dimensionierung funktioniert die Audionwirkung auch bei ziemlich großen Amplituden noch einwandfrei.

Eine abgeänderte Schaltung zeigt Abb. 6. Hier kommt nur eine Detektorröhre D zur Anwendung. Die Strecke Gitter — Kathode wirkt als Einweggleichrichter (Diode). Vom Gitter aus wird direkt die noch gänzlich unverzerrte Tonfrequenz abgenommen und dem Niederfrequenzverstärker zugeführt. Der Anodenkreis der Röhre D wird durch die Niederfrequenzkomponente übersteuert und gibt die Regulierimpulse (evtl. über eine Steuerröhre) an den Hochfrequenzverstärker ab. Diese Schaltung hat den Vorteil sehr großer Übersetzung und sehr guten Klages. Erforderlichenfalls kann auch nach Abb. 7. geschaltet werden, welche unmittelbar die Gittervorspannung für die Hochfrequenzverstärkerrohren liefert und daher die Umkehröhre erspart. Die Schaltung dürfte, falls N noch nicht die Endröhre ist, mit ca. 3 bis 5 Volt Hochfrequenz beaufschlagt werden müssen. Eine direkte Aussteuerung der Endstufe kommt wohl nur bei Transformatorkopplung und Pentode als Endrohr in Frage. (Vgl. Abb. 7!) Jedenfalls ist die Übersetzung mit der Niederfrequenzverstärkung in beiden Fällen so abgeglichen, daß gutes Arbeiten sichergestellt ist.

Schließlich zeigt Abb. 8 noch eine Schaltung, welche gegen die bisher betrachteten einige Vorzüge aufweist. Bei

⁹⁾ Vgl. Sturm, Ein praktischer Klangregler, „Funk-Bastler“, 1932, Heft 21, Seite 325/26.

⁷⁾ Vgl. Sturm, Bau und Abgleichung von Zwischenfrequenz-Bandfiltern, „Funktechnische Monatshefte“, 1933, Heft 1.

⁸⁾ Auch andere Gründe rechtfertigen die Forderung einer kleinen Zeitkonstante, vgl. Anmerkung 5.

⁹⁾ Vgl. „Funk-Bastler“, 1931, Heft 23, Seite 357 unten rechts, letzte Zeilen.

¹⁰⁾ Hierauf wurde schon vor längerer Zeit von M. v. Ardenne hingewiesen.

den obigen Audionschaltungen hatte natürlich nicht nur die Richtspannung des Gitterkondensators, sondern auch die Hochfrequenz selbst einen Einfluß auf den Anodenstrom. Beim Arbeiten am unteren Knick (Übersteuerung) trat daher eine Anodengleichrichtung auch der Hochfrequenz ein. Der hierdurch erzeugte Richtstrom war aber dem gewünschten entgegengerichtet und bewirkte daher

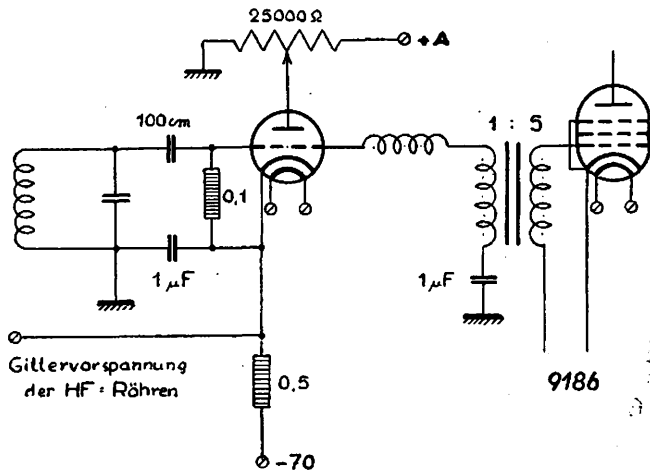


Abb. 7. Schaltung eines Schwundausgleichers mit Amplituden-erweiterer, welcher unmittelbar die Gittervorspannung für die zu steuernden Hochfrequenz- (Exponential-) Röhren liefert.

eine Verminderung der Dynamikverbesserung. Eine Abhilfe ist durch Übergang zur Anodengleichrichtung möglich, wie Abb. 8 darstellt. Der Kennlinienknick zweiter Ordnung muß hier künstlich geschaffen werden, indem man einen Audioneffekt hinzunimmt, der aber wegen der negativen Gittervorspannung (die das Fließen eines Gitterstromes im allgemeinen verhindert) erst bei den Modulationsspitzen wirksam werden kann. Bei Modulationsspitzen wird also der Arbeitspunkt mehr ins Negative gerückt, was dem Fadingregler eine schwächere Trägerwelle vortäuscht. Dieser reagiert darauf mit einer Vergrößerung der Verstärkung, also dem gewünschten Effekt. Hier kann aber kein umgekehrter Vorgang die Wirkung abschwächen, da alles nur auf der Hochfrequenzseite erfolgt. Die Regu-

lierspannung kann hier am Kondensator C_2 direkt in richtiger Phase abgenommen werden. Mit dieser Schaltung dürfte daher die stärkste „Amplitudenbereich-Erweiterung“ erzielbar sein, jedoch ist hier noch ein besonderer Empfangsdetektor nötig, da der Regulierdetektor sowohl am Gitter als auch an der Anode nur verzerrte Niederfrequenz führt.

Abschließend läßt sich also sagen, daß die geschilderte Methode zur Hebung der dynamischen Lautstärkeunter-schiede („Amplitudenbereich-Erweiterer“) praktisch schon heute durchaus anwendbar ist und ein weiteres bedeutendes Plus darstellt für die Benutzung automatischer Lautstärkereger. Es ist immerhin möglich, die Dynamik so weit zu erhöhen, daß sie die bei guten Markenschall-platten übliche erreicht, oft sogar weit übertrifft. Dies trifft besonders für die zuletzt mitgeteilten Schaltungen zu.

Die Arbeitsweise erfolgt so, daß in erster Linie die Fortissimostellen, Paukenwirbel usw. verstärkt werden, während das Lautstärkeverhältnis zwischen mittlerer Laut-stärke und Piano weit weniger beeinflusst wird. Damit

paßt sich das Gerät gut an die Arbeitsweise der Amplituden-begrenzer beim Sender an und bewirkt weitgehende Kompensation. Im übrigen hängt die Regelcharakteristik natürlich stark von der Kennlinienform des Regu-lierdetektors ab, wie schon oben bemerkt wurde, also ins-besondere von der Schärfe des zweiten Knickes und der Länge des geradlinigen Teiles. Falls sich das Verfahren in größerem Umfange einbürgert, wird sich die Röhrenindustrie wohl sicher mit der Ausbildung spezieller Regulierröhren mit besonders vor-teilhafter Kennlinie befassen, wo-durch eine Verbesserung wahr-scheinlich würde. Es sei noch erwähnt, daß ähnliche Maßnahmen auch bei Schall-platten- und Tonfilmverstärkern usw. getroffen werden können, wie in einer Patentschrift des Verfassers näher aus-einandergesetzt ist.

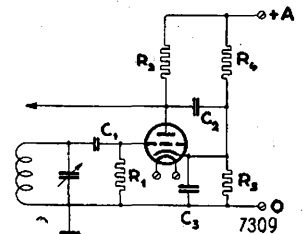


Abb. 8. Schaltung eines Amplituden-bereich-Erweiterers in Richtverstärkerschaltung.

- $C_1 = 500 - 1000 \text{ cm}$,
- $C_2 = 0,05 - 0,1 \mu\text{F}$,
- $C_3 = 1 \mu\text{F}$,
- $R_1 = 2 - 5 \text{ M}\Omega$,
- $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$,
- $R_3, R_4 = \text{Spannungsteiler zur Herstellung der Gittervorspannung.}$