

## Lautstärkeregelung in Verstärkern und Rundfunkgeräten (Ueberblick)

Anschließend werden die verschiedenen Arten der Lautstärkeregelung behandelt ohne Berücksichtigung der für die selbsttätige Regelung maßgeblichen Gesichtspunkte, über die eine besondere zusammenfassende Abhandlung folgt. Ebenso scheidet Regelanordnungen, wie sie in Meßeinrichtungen üblich sind, bei diesem Ueberblick aus.

Zweck jeder von Hand betätigten Lautstärkeregelung, sei es im Rundfunkgerät oder in Verstärkeranlagen, ist die Einstellmöglichkeit einer den gegebenen Verhältnissen entsprechenden Lautstärke. Die Forderungen, die heute an eine einwandfreie Lautstärkeregelung gestellt werden, haben sich im Laufe vieler Entwicklungsjahre ergeben, so daß manche Einrichtungen, die früher diesem Zweck zgedacht waren, kaum noch als Lautstärkeregl. gelten können. Von einer idealen Regelung wird verlangt:

1. Zusammenfassung der Lautstärkeregelung in einem Knopf,
2. Regelbereich von einem Nullwert bis zur größten erreichbaren Lautstärke,
3. verzerrungsfreie Wiedergabe über den gesamten Regelbereich,
4. rauschfreie Einstellung,
5. gehörmäßig stetiger Lautstärkeanstieg mit dem Drehwinkel des Reglers.

Unterziehen wir die bisherige Entwicklung nach diesen Gesichtspunkten einer kritischen Betrachtung, so ist zu berücksichtigen, daß die Lautstärkeregelung in den meisten Fällen nicht nur dem Selbstzweck dient, sondern zugleich den Verstärker vor Uebersteuerung schützen muß. Uebersteuerungen treten auf, sobald an das Gitter einer Verstärkerröhre größere Wechselspannungen gelangen, als sie verzerrungsfrei verstärken, bzw. für den Fall, daß es sich um einen Demodulator (Audion, Hochfrequenz-Gleichrichter) handelt, gleichrichten kann. Eine Regelung muß also stets dort angesetzt werden, wo die Gefahr von Uebersteuerungen besteht. Abhängig von der dem Regelorgan zur Abschwächung zugeführten Wechselspannung, wird es einen Punkt geben, wo der verzerrungsfreie Regelbereich aufhört, denn darüber hinaus ist der Verstärker

übersteuert (vgl. Abb. 8). Je größer die vom Regler abzuschwächende Energie ist, desto früher muß der besagte kritische Punkt eintreten und nur, wenn die zugeführte Energie die Uebersteuerungsgrenze nie erreicht, lassen sich die zu 3 und 5 aufgestellten Forderungen erfüllen.

Im Empfänger besteht die Uebersteuerungsgefahr fast stets nur hochfrequent, denn die im Antennenkreis induzierten Spannungen stehen je nach der örtlichen Feldstärke der einzelnen Sender in einem Verhältnis von etwa 1:1000 und mehr. Ein Verstärker muß naturgemäß für das schwächste Hochfrequenzsignal, das noch einwandfrei empfangen werden soll, bemessen werden; die wesentlich stärker einfallenden Hochfrequenzspannungen sind also dementsprechend zu verkleinern. Alle Empfänger erhalten daher ausnahmslos zunächst eine hochfrequente Regelung, die schon in der ersten Stufe wirksam werden muß. Daß größere Empfänger, die über genügend Leistungsreserve verfügen, sich hochfrequent selbsttätig regeln, bleibt für diese Betrachtung unwesentlich.

Eine niederfrequente Lautstärkeregelung im Rundfunkgerät setzt aus den vorgenannten Gründen eine Begrenzung der einfallenden Hochfrequenzenergie voraus, gleichgültig, ob sie durch einen zweiten Regler oder automatisch erfolgt. Bei einer vollwertigen automatischen Regelung im Hochfrequenzteil ergibt sich der Ausnahmefall, daß die an den niederfrequenten Regler gelangende Spannung nie die Uebersteuerungsgrenze erreicht, sofern der folgende Verstärker entsprechend dimensioniert ist. Allein hier lassen sich also die geforderten Punkte 1 bis 5 erreichen.

Sonstige niederfrequente Regelungen im Eingang von Verstärkeranlagen erfüllen neben ihrem Selbstzweck ebenfalls die Aufgabe, Uebersteuerungen zu verhindern. Natürlich ist man niederfrequent viel eher in der Lage, den Verstärker der zu verarbeitenden Wechselfrequenz anzupassen oder einige Stufen zu- bzw. abzuschalten, wenn z. B. von einer Mikrofonverstärkung auf Schallplattenwiedergabe überzugehen ist. Auf diese Weise gelingt es fast stets, die angestrebten Punkte 1 bis 5 einzuhalten.

Nachdem die wichtigsten Aufgaben, die eine Lautstärkeregelung zu erfüllen hat, damit geklärt sind, sollen die verschiedenen Arten der Regelung, geteilt in hoch- und niederfrequente, im einzelnen behandelt werden. Daran anschließend folgt eine Betrachtung über konstruktive Ausführungen und Spezialfälle, die später laufend erweitert werden.

## A. Hochfrequente Lautstärkeregelung.

Kleinere Empfangsgeräte, wie Einkreiser und Zweikreiser, ferner Hochfrequenzverstärker, die keinen selbsttätigen Lautstärkeausgleich besitzen, müssen mit einer von Hand betätigten hochfrequenten Regelung versehen werden. Die einfachste Aus-

führungsform zeigt Abb. 1. Hierbei ist die Kopplung der Antennenspule auf den ersten Abstimmkreis veränderlich. Für die Konstruktion eines auf diesem Prinzip beruhenden Reglers ist die völlige Entkopplung der Spulen in der Anfangsstellung Voraussetzung. Bei fester Kopplung, d. h. bei voller Lautstärke, wird sich eine

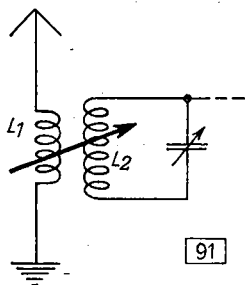


Abb. 1:  
Veränderliche Antennenkopplung.

gewisse Verstimmung des Abstimmkreises nicht vermeiden lassen. Dennoch kann diese Art der Lautstärkeregelung als äußerst wirksam und durchaus zweckentsprechend gelten, da die Regelung praktisch bis zum Nullwert gelingt und jegliche Verzerrungsmöglichkeit ausschließt.

Bei der Lautstärkeregelung durch einen Drehkondensator im Antennenkreis muß man wesentlich vorsichtiger sein. In Abb. 2 sind zwei Schaltungen dargestellt, von denen die Anordnung *b*

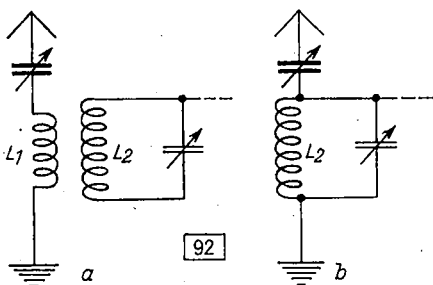


Abb. 2:  
Lautstärkeregelung durch einen Drehkondensator in der Antenne setzt eine kleine Ankopplungsspule  $L_1$  voraus, da sonst eine ähnliche verstimmende Wirkung wie im Fall *b* eintritt.

nicht nur eine Lautstärkeregelung, sondern gleichzeitig eine Abstimmung des aus  $L_2$  und dem Drehkondensator gebildeten Schwingungskreises bewirkt. Durch die zwangsläufige Verstimmung ist eine brauchbare Lautstärkeregelung nicht möglich, denn eine Verkleinerung des Antennendrehkondensators muß jeweils durch eine Vergrößerung des zu  $L_2$  parallel liegenden Abstimmkondensators ausgeglichen werden. Ähnlich kann sich die Schaltung *a* auswirken, wenn nämlich der Antennenkreis, bestehend aus  $L_1$ , dem Antennendrehkondensator und der Antenne, mit der Empfangsfrequenz in Resonanz kommt. Diese Möglichkeit besteht um so eher, je größer  $L_1$  im Verhältnis zu  $L_2$  ist. Dann wirkt der Antennendrehkonden-

sator als Abstimmkondensator parallel zu  $L_1$ , verkürzt durch die Kapazität der Antenne. Die größte Lautstärke liegt daher nicht bei voll eingedrehtem Drehkondensator, sondern je nach dem eingestellten Sender bei bestimmten Kapazitätswerten. Erst unter diesem Punkt nimmt die Lautstärke im Sinne eines Reglers ab. Beim Empfang im unteren Teil eines Wellenbereichs kann unter Umständen die größte Lautstärke am Anfang des Kondensator-drehbereichs liegen, der Kondensator als Regler somit jeden Wert verlieren. Eine Schaltung nach Abb. 2 a läßt sich nur anwenden, wenn die Induktivität der Antennenspule einen Bruchteil der Abstimmkreisspule  $L_2$  ausmacht.

Einwandfreier ist eine Lautstärkeregelung nach Abb. 3. Ein Differential-Drehkondensator, dessen drehbarer Teil an der An-

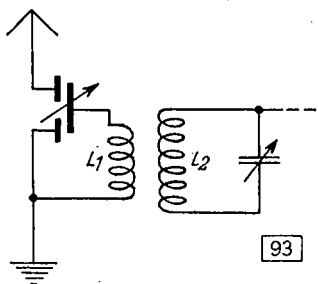


Abb. 3:  
Differentialdrehkondensator als zweckmäßiger Lautstärkereglter für kleine Empfänger.

tennenkopplungsspule liegt, vergrößert in der Rechtsdrehung die wirksame Antennenkapazität um den Betrag, den die Erdkapazität abnimmt. Diese Ausgleichskapazität sorgt zugleich dafür, daß in der Anfangsstellung des Differentialkondensators die Lautstärke selbst bei langen Antennen einen Nullwert erreicht. Die Ankopplungsspule  $L_1$  ist entweder beträchtlich kleiner als  $L_2$  oder soviel

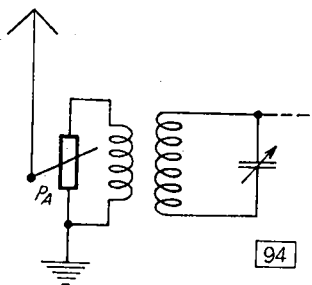


Abb. 4:  
Veraltete Regelung durch Drehspannungsteiler im Antennenkreis.

größer, daß der Antennenkreis mit keinem Sender des eingestellten Wellenbereichs in Resonanz kommt.

Eine andere Art der Lautstärkeregelung im Antennenkreis finden wir in älteren Ueberlagerungsempfängern und Zweikreisen, wo der Antennenspule ein Drehspannungsteiler nebengeschaltet ist.

Ueber den Schleifer wird die Antenne mehr oder weniger angekoppelt. Die Ausführung des Reglers selbst bedingt die Einhaltung einer bestimmten Kurve, auf die zum Schluß noch kurz eingegangen wird.

Behelfsmäßige Lautstärkeregelungen, die die eingangs aufgestellten Forderungen in keiner Weise erfüllen, werden durch eine veränderliche Rückkopplung oder eine in Stufen abgreifbare angezapfte Antennenspule erreicht. Die Rückkopplung ist praktisch ein Mittel zur Steigerung der Aufnahmeempfindlichkeit kleinerer Geräte, durch die verhältnismäßig schwache Sender noch brauchbar empfangen werden können; gerade also dort, wo eine Beschränkung der Lautstärke am dringendsten notwendig ist, nämlich beim Ortsempfang, versagt die Regelung. Um die Lautstärke herabzusetzen, muß dann oft die Abstimmung stark verstimmt werden, wodurch zwar der gewünschte Sender erheblich geschwächt wird, alle unerwünschten Störgeräusche, gegebenenfalls Nachbarsender, dagegen in unverminderter Stärke bleiben oder gar verstärkt auftreten. Eine einwandfreie Lautstärkeregelung verlangt die verhältnismäßige Herabsetzung des Störpegels zur aufgenommenen Sendung. Ebenso verhält es sich mit einer Lautstärkeregelung durch abgreifbare Anzapfungen der Antennenspule, die wiederum beim Ortsempfang keine ausreichende Wirkung hat.

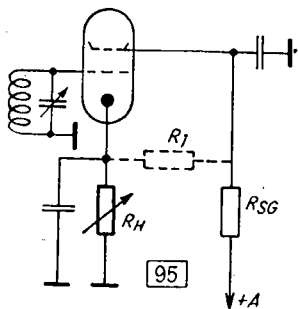


Abb. 5:  
Gitterspannungsregelung im Kathodenkreis.

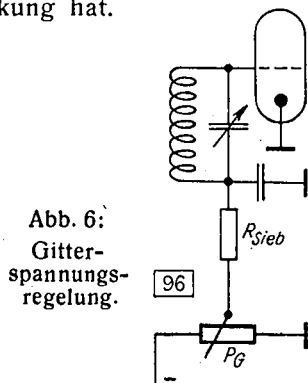


Abb. 6:  
Gitterspannungsregelung.

Alle bisher behandelten Arten der Lautstärkeregelung haben den Nachteil, daß mit ihnen eine gewisse Verstimmung des mit der Regelung zusammenhängenden Abstimmkreises verbunden ist. Auch kann sie bestimmte Empfangsfrequenzen bevorzugen und an diesen Stellen weniger wirksam sein. Eine frequenzunabhängige und den Abstimmkreis nicht verändernde Regelung ist bei Schirmgitterröhren im Hochfrequenzverstärker möglich; der Verstärkungsgrad kann hier denkbar einfach durch die Gittervorspannung verändert werden. Ob die erforderliche Gitterspannung an einem Kathodenwiderstand nach Abb. 5 erzeugt wird oder von einer dem Gitter über eine Siebkette zugeführten negativen Spannung nach Abb. 6

herrührt, ist praktisch belanglos. Die Anwendung der regelbaren Gitterspannung zur Lautstärkeregelung setzt lediglich eine bestimmte Spannung voraus, um bis zu dem gewünschten Nullwert zu gelangen. Bei der manuellen Regelung hat sich fast ausschließlich die Erzeugung der Regelspannung im Kathodenkreis nach Abbildung 5 durchgesetzt, während von der in Abb. 6 dargestellten Art hauptsächlich beim selbsttätigen Schwundausgleich Gebrauch gemacht wird. Die Größe des Regelwiderstandes  $R_H$  in Abb. 5 hängt vom Kathodenstrom der verwendeten Röhre ab. Um die positive Spannung in der Kathode zu erhöhen und eine günstigere Regelkurve zu erzielen, wird ein Widerstand  $R_1$  (30–50 k $\Omega$ ), der meist zwischen Kathode und Schirmgitter liegt, vorgesehen. Die Lautstärkeregelung nach Abb. 5 und 6 arbeitet verzerrungsfrei, solange die der Röhre zugeführten Hochfrequenzspannungen klein sind, so daß sie nur eine geringe Abschwächung erfordern. Bei starken Hochfrequenzsignalen, z. B. beim Ortssender, ist für die Abschwächung eine große Gittervorspannung erforderlich, die bei normalen Schirmgitterröhren durch die im unteren Teil der Kennlinie ungleich anwachsende Steilheit erhebliche Verzerrungen hervorruft. Diese Tatsache führte zur Entwicklung von Regelröhren, die eine so gleichmäßige Krümmung aufweisen, daß der Kennlinienverlauf in engen Grenzen als geradlinig angesehen werden kann (vgl. Abt. III/4). Erst hiermit wird eine verzerrungsfreie Lautstärkeregelung durch Beeinflussung der Gitterspannung in weiten Grenzen möglich.

Bevor Regelröhren bestanden, bediente man sich mit Vorliebe kombinierter Lautstärkeregler, wobei neben der Gitterspannung auch eine Veränderung der Antennenenergie herbeigeführt wurde. Nach Abb. 7 wird der Drehspannungsteiler so dimensio-

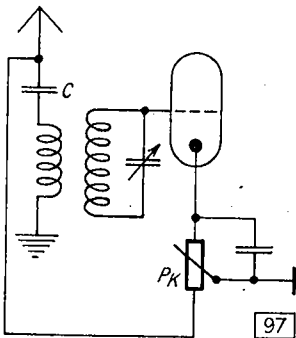


Abb. 7:  
Gitterspannungsregelung in Verbindung mit einer Abschwächung der Antennenspannung.

niert, daß die Gitterspannung in Richtung kleinster Lautstärke einen Maximalwert von z. B. –15 V nicht übersteigt; gleichzeitig wird die am anderen, bisher freien Ende des Lautstärkereglers angeschlossene Antenne zunehmend gedämpft und schließlich kurzgeschlossen. — Die Gitterspannungsregelung kann auf mehrere

Verstärker gleichzeitig wirken, z. B. durch gemeinsame Regelung mehrerer Kathoden.

Die hochfrequenten Regler können, wie Abb. 8 zeigt, je nach Stärke des einfallenden Senders nur zu einem Teil ihres Regelbereichs ausgenutzt werden. Bei schwachen Sendern liegt die Hörbarkeitsgrenze etwa in der Mitte des Regelbereichs, bei starken Sendern ist das Ende wegen der dann eintretenden Uebersteuerung unbrauchbar. Besonders unangenehm wirkt sich ein starker Ortssender für die hochfrequente Regelung aus, deshalb werden Ein- und Zweikreiser vorteilhaft mit einem Sperrkreis ausgerüstet, der neben der Einengung des breit liegenden Ortssenders eine bessere Regelmöglichkeit schafft.

Gitterspannungsregelschaltungen nach Abb. 5, 6 und 7 sind so zu bemessen, daß in der rechten Endstellung (größte Lautstärke)

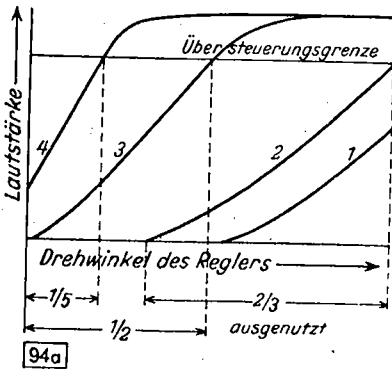


Abb. 8:

Regelkurve der hochfrequent beeinflussten Lautstärke: Kurve 1 = schwache Fernsender, 2 = mittlere Fernsender, 3 = starke Fernsender, 4 = starker Ortssender.

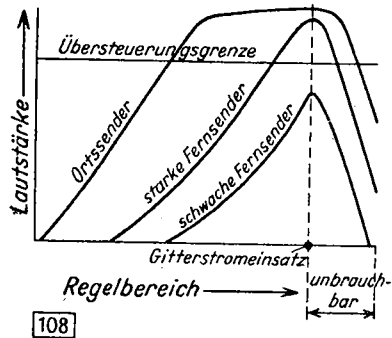


Abb. 9:

Bei der Gitterspannungsregelung muß ein besonderer Vorwiderstand in Reihe mit dem Regelwiderstand liegen, um ein Unterschreiten der Mindestgitterspannung zu verhindern.

eine negative Gitterspannung an der Röhre bestehen bleibt, bei der mit Sicherheit noch kein Gitterstrom einsetzt. Diese Spannung ist in den Röhrendaten enthalten. Der Gitterstrom bewirkt eine starke Dämpfung des am Gitter liegenden Abstimmkreises, so daß die Lautstärke vom Einsatzpunkt an schnell abfällt bzw. erhebliche Verzerrungen auftreten (vgl. Abb. 9). Die Regler erhalten daher einen Begrenzungswiderstand, der diesen unbrauchbaren Teil des Regelbereichs abschneidet.

Hochfrequente Lautstärkeregelungen lassen sich auch durch Veränderung der Anoden- oder Schirmgitterspannung herbeiführen; diese konnten sich aber gegenüber der Gitterspannungsregelung nicht durchsetzen, zumal sie mit zahlreichen Nachteilen behaftet

sind (zusätzliche Belastung der Stromquelle, größere Belastbarkeit des Reglers notwendig.)

Zusammenfassend läßt sich über die hochfrequente Regelung sagen, daß in Empfängern, die nicht mit Schwundausgleich versehen werden können, die Gitterspannungsregelung die günstigste ist; sie läßt sich aber nur in Empfängern mit einer Stufe Hochfrequenzverstärkung anwenden, da die als Demodulator arbeitende Röhre nicht geregelt werden darf. Regelröhren ermöglichen die Anwendung großer Gitterspannungen. Bei einfachen Schirmgitterröhren muß im Interesse eines großen Regelverhältnisses gleichzeitig eine Verringerung der einfallenden Hochfrequenzenergie stattfinden. Außer der in Abb. 7 gezeigten Schaltungskombination wäre hierfür auch ein mit der Achse von  $P_K$  gekuppelter Antennendrehkondensator oder ein Spulenkoppler geeignet. Für Einkreiser ist ausschließlich eine Lautstärkeregelung durch Verändern der Antennenkopplung nach Abb. 1, 2a, 3 oder 4 anwendbar.

## B. Niederfrequente Lautstärkeregelung.

Die niederfrequente Lautstärkeregelung beschränkt sich auf den Niederfrequenzverstärker. In Verstärkeranlagen liegt sie meist am Eingang, und zwar dort als Spannungsteiler, der die dem Verstärker zugeführte Energie auf das gewünschte Lautstärkemaß abschwächt, bzw. den Verstärker vor Uebersteuerungen bewahrt. Bei mehrstufigen Verstärkern, wo anzunehmen ist, daß dem Eingang nur eine schwache Wechselspannung zugeführt wird, setzt man den Lautstärkereglern vorteilhaft nicht an den Eingang, sondern zwischen die 1. und 2. Verstärkerstufe. Die niederfrequente Lautstärkeregelung ist nicht immer ganz so einfach, als sie auf den

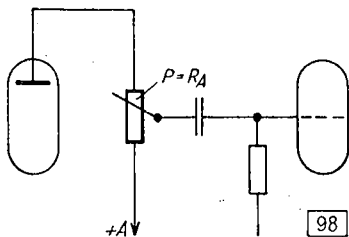


Abb. 10:

Niederfrequente Regelung im Anodenkreis sollte wegen der Gleichspannungsbelastung bei Massereglern möglichst vermieden werden. Der Regelwiderstand entspricht dem äußeren Anodenwiderstand  $R_A$ .

ersten Blick scheinen mag. Besonders wenn Anpassungsfragen, wie im Ausgang von Verstärkern, zu berücksichtigen sind, ergibt sich die Notwendigkeit, von geeigneten Schaltungen und entsprechenden Reglern Gebrauch zu machen.

Am einfachsten gestaltet sich die niederfrequente Lautstärkeregelung im Rundfunkgerät unter der Vorbedingung, daß entweder eine selbsttätige hochfrequente Regelung den Hochfrequenzteil vor Uebersteuerungen schützt oder eine zweite Einstellmöglichkeit hier-



für vorhanden ist. Die niederfrequente Lautstärkeregelung benutzt einen Drehspannungsteiler, der nach Abb. 10 im Anodenkreis oder nach Abb. 12 im Gitterkreis des Verstärkers liegt. In beiden Fällen kann der Regler unmittelbar die Rolle des Anoden- bzw. des Gitterwiderstandes übernehmen. Um das niederfrequente Rauschen des Regelvorganges, das im Niederfrequenzverstärker wegen der anschließenden hohen Verstärkung sehr unangenehm in Erscheinung treten kann, zu vermeiden, soll nach Möglichkeit der Regelwiderstand nicht durch Gleichstrom belastet werden. Das ist bei der Regelung im Anodenkreis unvermeidlich, deshalb ist einer Schaltung nach Abb. 12 unbedingt der Vorzug zu geben. Außerdem hat der Regler im Gitterkreis den Vorteil, daß bei kleinerem Lautstärkeabgriff der Gitterwiderstand zwangsläufig kleiner wird und die Verstärkungsmöglichkeit für Netzgeräusche und andere

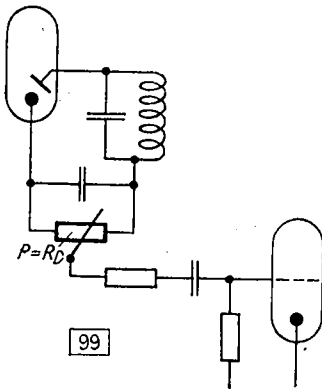


Abb. 11: Auch die Regelung unmittelbar am Belastungswiderstand der Diodenstrecke ist nicht immer zweckmäßig. Der Regelwiderstand besitzt in diesem Fall die Größe des Diodenwiderstandes  $R_D$ .

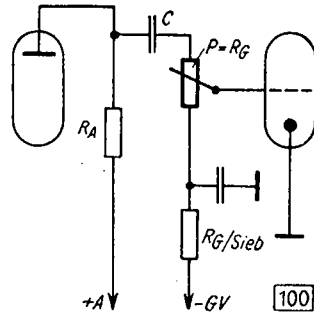


Abb. 12: Niederfrequente Regelung im Gitterkreis.  $P=R_G$ , etwa  $1\text{ M}\Omega$ , vor Endröhren etwa  $0,5\text{ M}\Omega$ . Alle Zuleitungen sowie der Regler sind gut abzuschirmen.

Störungen sinkt. Dabei ist stets zu beachten, daß der Abgriff des Spannungsteilers am Gitter liegt. Auch die Schaltung nach Abb. 11 hat den Nachteil, daß der Diodenstrom durch den Regler fließt, der beim Ortsempfang eine erhebliche Gleichspannung erzeugt.

Die Lautstärkeregelung im Niederfrequenzverstärker läßt sich nicht ganz frequenzunabhängig durchführen, insbesondere wird gehörmäßig eine Beeinträchtigung der tiefen Frequenzen bei abgeschwächter Lautstärke empfunden. Dies hat zur Anwendung von „gehörrentigen“ Regelschaltungen geführt, wofür in Abb. 13 ein Beispiel gegeben wird; der Regler, der im Gitterkreis der Verstärkerröhre liegt, ist bei  $\frac{1}{3}$  seines Drehbereichs angezapft, und

diesem Drittel wird eine Kapazität nebengeschaltet. Philips verwendet in seinen Geräten einen Kondensator von 30 000 bis 50 000 pF in Reihe mit einem Widerstand von 20 k $\Omega$ . So wird erreicht, daß im Anfangsdrittel des Lautstärkereglers die hohen

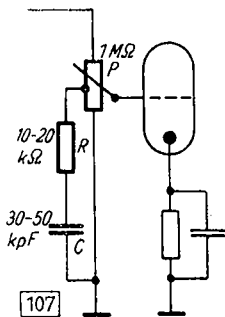


Abb. 13:  
Gehörrichtige Lautstärkeregelung.

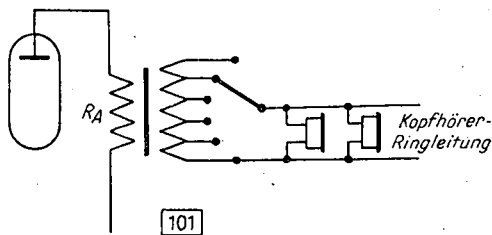


Abb. 14:  
Lautstärkeregelung  
einer Kopfhöringleitung.

und mittleren Frequenzen stärker geschwächt werden als die benachteiligten tiefen Töne.

Niederfrequente Lautstärkereglere sind, sofern ihnen eine große Verstärkung folgt, samt ihren Zuführungen abgeschirmt zu verlegen. Der Weg spielt hierbei keine Rolle, so daß der Lautstärkereglere an beliebiger Stelle im Gerät angeordnet werden kann.

Die niederfrequente Lautstärkeregelung im Ausgang eines Verstärkers oder Empfängers läßt sich nur dann verzerrungsfrei ausführen, wenn die Anpassung berücksichtigt ist. Zur Lautstärkeregelung einer Kopfhörerringleitung genügt allerdings schon ein einfacher Stufenschalter, der nach Abb. 14 nacheinander mehr und mehr Windungen der Sekundärseite des Transformators zuschaltet.

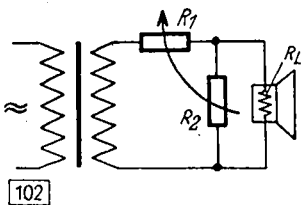


Abb. 15.: L-Regler.

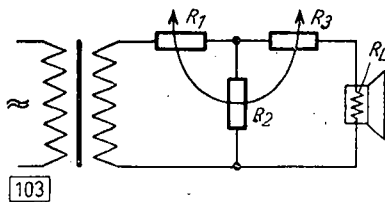


Abb. 16: T-Regler.

Der Gesamtwiderstand sämtlicher parallelgeschalteter Kopfhörer darf aber niemals kleiner werden als der Wechselwiderstand der vollen Sekundärwicklung.

Zur Lautstärkeregelung einzelner Lautsprecher, die in Übertragungsanlagen oft erwünscht ist, dienen nach Abb. 15 sogenannte

L-Regler oder besser T-Regler nach Abb. 16. Die Regler sind auf einer Achse miteinander gekuppelt. Beim L-Regler bleibt der Belastungswiderstand am Ausgangstransformator stets gleich; während der Widerstand  $R_1$  zunimmt, verringert sich  $R_2$ . Beim T-Regler, der 3 Widerstände auf einer Achse vereinigt, bleibt sowohl der Belastungswiderstand am Transformator stets gleich, als der Ausgangswiderstand des Reglers parallel zu  $R_L$ . Während sich also  $R_1$  und  $R_3$  vergrößern, verkleinert sich  $R_2$ . In den seltensten Fällen ist eine kontinuierliche Regelung notwendig, so daß ein Stufenschalter in Verbindung mit den entsprechend berechneten Widerständen allen Ansprüchen genügt. (Berechnung folgt in Abt. VII/9.)

### C. Konstruktive Ausführung von Lautstärkereglern.

Ebenso wichtig wie die verschiedenen Schaltungen der Lautstärkereglern ist die Ausführung der Regelorgane selbst. Konstruktiv sind unter Berücksichtigung der jeweiligen Schaltung die Regler möglichst so zu gestalten, daß die Lautstärke über den gesamten Drehwinkel gleichmäßig zunimmt. Die Lautstärkezunahme wird aber nicht etwa verhältnismäßig mit einer Zunahme der elektrischen

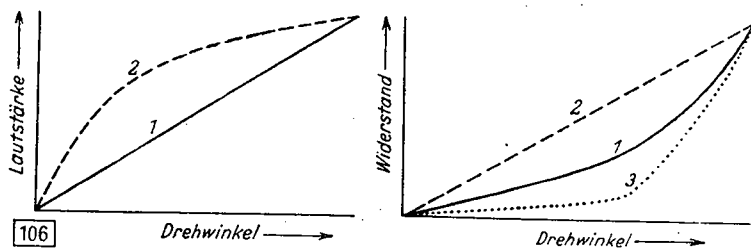


Abb. 17: Um eine geradlinig ansteigende Lautstärkekurve zu erzielen, darf der Drehspannungsteiler nicht geradlinig (Kurve 2), sondern muß rechtslogarithmisch regeln (Kurve 1). Bei hochfrequenten Reglern ist sogar eine Kurve nach Abb. 3 anzustreben (vgl. Abb. 8), insbesondere für Abbildung 4 und 7.

Ausgangsleistung empfunden, das Gehör folgt vielmehr einer logarithmischen Kurve. Aus diesem Grunde ist bei der niederfrequenten Lautstärkeregelung dafür zu sorgen, daß der Regelwiderstand einen logarithmischen Verlauf nimmt. Kurve 1 in Abb. 17 stellt die erstrebenswerte Lautstärkezunahme dar, die bei einer logarithmischen Regelkurve entsprechend der nebenstehenden Kurve 1 entsteht. Eine geradlinige Widerstandskurve, wie sie die gestrichelte Kurve 2 darstellt, wird anfangs eine steile Lautstärkezunahme, zum Ende des Regelbereichs nur noch einen geringen Lautstärkeanstieg bringen. Kritisch ist die Reglerfrage im Antennenkreis nach Abb. 4 und 7.

Hier muß der Anspringwert am Anfang des Spannungsteilers sehr niedrig liegen, um den Antenneneinfluß beim Empfang eines starken Ortssenders genügend herabsetzen zu können. Ferner muß eine gute Abschirmung dafür sorgen, daß die Feldstärke starker Sender nicht unmittelbar auf die Abstimmkreise einstreut oder auf dem Umweg über die Netzleitung in den Empfänger gelangt, was allgemein für jede hochfrequente Regelung gilt, Kurve 3 in Abb. 17 zeigt den Widerstandsverlauf eines Reglers, mit dem sich in Abb. 4 und 7 eine brauchbare Lautstärkeregelung erzielen läßt. Ersatzregler für ältere Empfänger sind unbedingt danach auszuwählen.

Bei der Gitterspannungsregelung (Abb. 5 und 6) ist der Anspringwert des Regelwiderstandes von untergeordneter Bedeutung, dagegen muß er in allen Spannungsteilerschaltungen weit unter 1% des Gesamtwiderstandes liegen, das gilt auch für die niederfrequente Regelung in Schaltungen nach den Abbildungen 10 bis 13. Unter dem Anspringwert ist der Widerstand zu verstehen, der zwischen dem linken Spannungsteileranschluß und dem Schleifer in der Ausgangsstellung (kleinster abgreifbarer Widerstand) auftritt.

Neben der Kurvenform und dem Anspringwert ist für Widerstandsregler die rauschfreie Einstellung ausschlaggebend, weniger Bedeutung hat die Belastung, da die Regler meist am Eingang der Verstärkerstufen liegen, wo nur mit sehr geringen Wechselspannungen zu rechnen ist. Für kleine Ohmwerte sind die Regler drahtgewickelt und besitzen dadurch auch größere Belastungsfähigkeit, was als Kathodenspannungsregler manchmal erwünscht sein kann (z. B. wenn  $R_1$  in Abb. 5 sehr klein ausfällt). Im Niederfrequenzverstärker sind hochohmige Spannungsteiler nötig, die als Masseregler ausgeführt werden. Durch geeignete Kontaktabnahme hat man das Reglerrauschen weit herabsetzen können, dennoch sollte bei ihrer Verwendung stets die nachfolgende Verstärkung berücksichtigt werden, d. h. die Regler sind möglichst in die letzten Verstärkerstufen zu verlegen. Je mehr Verstärkung einem niederfrequenten Regelwiderstand folgt, desto höhere Ansprüche sind an die Rauschfreiheit zu stellen.