

Elektroakustische Grossanlagen

Autor(en): **Müller-Strobel, Josef**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **125/126 (1945)**

Heft 6

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83599>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Inhalt: Elektroakustische Grossanlagen. — Brücken-Umbauten auf der Strecke Herzogenbuchsee-Solothurn-Busswil. — Kleines Wohnhaus am Zürichberg. — Mitteilungen: 50 Jahre Giesserei Bern. Die heutige Bewertung des Hubschraubers. Schweizer Mustermesse Basel. Bekämpfung der Quarzstaublunge (Silikose). Gewitterschäden an Luzerner Stras-

sen. Subventionierung der Anschaffung landwirtschaftlicher Maschinen. Persönliches. Eidg. Techn. Hochschule. — Nekrologe: Hans E. Bucher. — Wettbewerbe: Bezirks- und städtische Bauten in Zofingen. — Literatur. Mitteilungen der Vereine. Vortragskalender.

Band 125

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verbandsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 6

Elektroakustische Grossanlagen

Von Dr. sc. techn. JOSEPH MÜLLER-STROBEL, Dipl. Elektro-Ing.
Entwicklungsabteilung der Albiwerk Zürich A.-G., Zürich

(Schluss von Seite 53)

Grosse Schwierigkeiten für eine gute Sprachwiedergabe treten meist in den schallharten, mit zu grossem Nachhall behafteten kahlwandigen, viereckigen Räumen auf. Tiefe Töne stossen solche Räume akustisch an und es entstehen die bereits in Kap. III erwähnten Effekte. Beispielsweise sind die Frequenzgänge von in Eisen konstruierten grossen Hallen, wegen dem Vorhandensein von sehr vielen, durch tiefe und hohe Sprachschwingungen anregbaren Schwingssystemen sehr unregelmässig. Eine starke Frequenzabhängigkeit der Reflektions- und Absorptionseffekte ist zu verzeichnen, was recht unangenehme Folgen hat. Stimmlose Laute vermögen den Raum anzustossen, ihre Lautstärke am Ohr des Hörers wird erhöht. Stimmhafte Konsonanten oder alle höheren Sprachkomponenten, die sog. Sprachformanten dagegen, die den wesentlichsten Teil zu einer guten Verständlichkeit beitragen, werden unterdrückt. Jeder Klang und jedes Klanggemisch werden dadurch verzerrt. Es bedarf umsichtiger Massnahmen, um die gewünschten Frequenzgangkorrekturen vornehmen zu können. Erst das Studium der Frequenzgänge einerseits und der Klanganalysen andererseits gibt die nötigen Unterlagen für den Bau der ganz individuell herzustellenden Korrekturfilter oder Korrekturglieder. Gleichmässigkeit der Lautstärkeverteilung und Verständlichkeit ist ebenfalls anzustreben; eine Forderung, die wegen den von Laufzeitunterschieden bzw. Interferenzen hervorgerufenen Effekten nur beim Einbau einer genügenden Anzahl von Lautsprechern erfüllbar ist. Anhand von Diagrammen der Schallintensität des Schallfeldes und der bekannten Relation zwischen relativer Schallstärke und Abhängigkeit der Entfernung mehrerer Lautsprecher voneinander bei zusammengesetzter Lautsprecheranordnung (dem sog. Reverberationseffekt), lassen sich die Lagen der Schallquellen theoretisch feststellen. Kuppelähnliche Räume und Hallen verlangen, sofern es die Raumgestaltung zulässt und Wandlautsprecher unwirksam sind, den Einbau eines Pilzlautsprechers nach Abb. 22.

Langgestreckte Räume sind, wenn mangels Seitenwänden keine Lautsprecher angebracht werden können, wie z. B. in Bahnhofhallen, mit Strahlern mit ausgeprägter Richtwirkung auszurüsten. Man hat es in der Hand, durch direkte Schallstrahlung in der allernächsten Umgebung des Hörers die Schallstärke und damit die Verständlichkeit zu erhöhen. Zudem ist mit dieser Massnahme eine beachtenswerte akustische Wirkungsgradverbesserung verbunden, die gemeinsam mit der Schallstärkeerhöhung am Ort des Hörers eine wesentliche Einsparung an installierter Leistung der Endverstärker bewirkt. Einfach- und Doppelstrahler mit Exponentialtrichtern oder ähnlichen Formen kommen zur Anwendung. Das Polardiagramm für gleiche Lautstärke oder die Richtwirkungskurve eines schräg zur Horizontalebene $x-y$ strahlenden Teiles eines Doppelstrahlers bei 2500 Hz veranschaulicht Abb. 23. Die Peilschärfe, d. h. der Winkel φ , bei dem die Schallenergie um die Hälfte des Maximalbetrages abgesunken ist, beträgt rd. 27°. Die Ansicht einer konstruktiven Ausführung von Strahlern mit starker Bündelung vermittelt Abb. 24.

Vorteilhaft ist der Gebrauch solcher Strahler in Räumen, die durch grosse Öffnungen miteinander verbunden sind und deshalb die Gefahr der akustischen Rückkopplungen besteht. Man

schaft damit eine ganz natürliche Trennung, eine Selektion mit den allereinfachsten Mitteln. Schaltungstechnisch ist eine weitere Massnahme zur Unterbindung akustischer Kopplungen durch die in Kap. III a zu besprechende «Nebenraumsperre» getroffen worden.

Wie eingangs erwähnt, ist in lärmgefüllten Hallen der Einbau einer automatischen Lautstärkeregelung unerlässlich. Wie gross die Regelstufen, also der Sprung von der einen zur andern Lautstärke, zu wählen sind, hängt unter Umständen sehr vom spektralen Charakter des Störlärms ab. Das Zurückregeln der Sprach- oder Nutzlautstärke ist nach tieferen Stufen einzuleiten, als es der zugehörigen Ansprech- oder Anschwelllautstärke entspricht. Die Rückwärtsregelung ist gegenüber der Vorwärtsregelung um eine Stufe verzögert. Diese Besonderheit ist physiologischen Effekten des Hörens angepasst, indem die Adaption des Ohres bei an- und abschwelldem Störlärm verschieden ist. Lauscht der Hörer mit gleicher Konzentration, so verlangt er bei anschwelldem Störlärm sofort, d. h. ohne Verzögerung, eine höhere Nutzsprachlautstärke bei gleicher Verständlichkeit; die Reizschwelle wird sogleich gehoben. Umgekehrt wirkt die Adaption bei abschwelldem Lärm so, dass die Nutzsprachlautstärke mindestens eine Stufe höher über der Störlärlautstärke belassen werden muss, als bei der Aufregelung.

Ein wichtiger akustischer Vorteil der Störlärmregelung ist die durch sie bewirkte Verminderung des Echos in wenig gedämpften Räumen, also dort, wo die Regelung meistens eingebaut wird. Durch sie steigt bei richtiger Wahl der Stufung der Nutzlautstärkepegel nur so viel über denjenigen des Störlärms, dass der akustische Raum nicht durch Sprachschwingungen zu ausgeprägten Eigenschwingungen angeregt wird, die die Verständlichkeit wesentlich herabzusetzen vermögen. Ändert sich die Dämpfung des Raumes durch einströmendes Publikum, ist der Nachhall kleiner und seine Wirkung wird verringert. Gefahr besteht in erhöhtem Masse bei kleinem Störpegel im leeren Raum mit grossem Nachhall. Hierin ist die Regelwirkung bezüglich der Unterbindung der Nachhallenflüsse auf die Verständlichkeit am wirksamsten. Dank des kleinen, jedoch genügend grossen Nutzpegels bleibt trotz Nachhall die Qualität der Sprachwiedergabe ausreichend.

3) Verstärker und Relaisgestelle

a) Das Relaisgestell enthält alle mit Steuerströmen gesteuerten Schaltelemente zum Aufbau der Verbindung zwischen Sprechstelle und Lautsprecher. Wie erwähnt, werden bei zentralisiertem Aufbau der Endverstärker verschiedene durch den Betrieb der Anlage bedingte Einschränkungen nötig. Diese Schaltfunktionen tätigen die Relais des

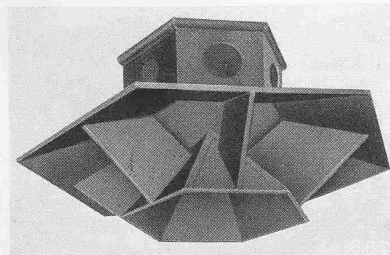


Abb. 22. Pilzlautsprecher

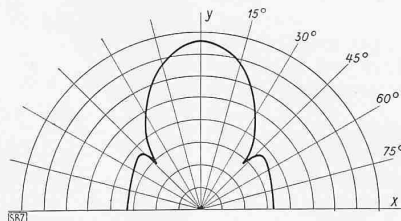


Abb. 23. Polardiagramm auf horizontaler Ebene eines schräg strahlenden Schallstrahlers

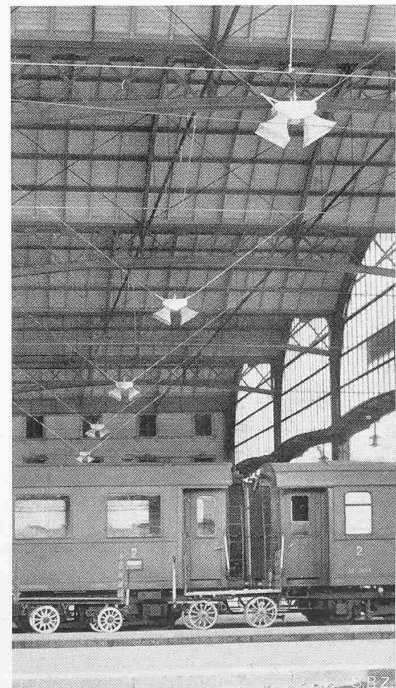


Abb. 24. Schallstrahler in einer Bahnhofshalle

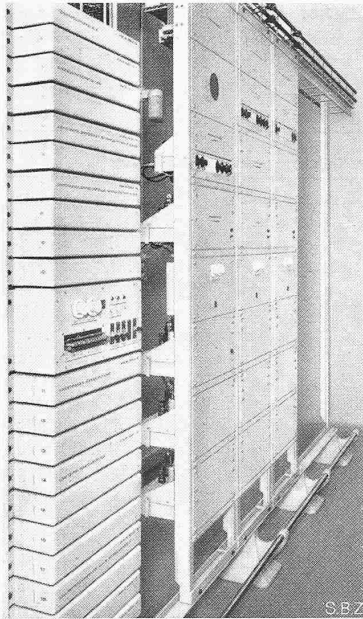


Abb. 25

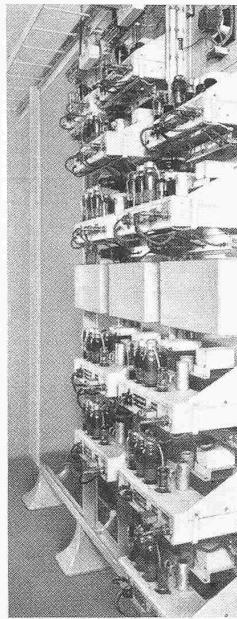


Abb. 26

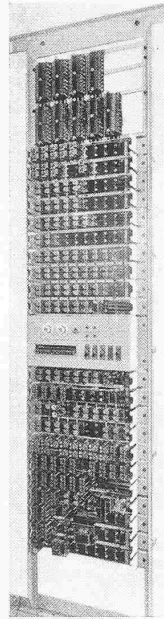


Abb. 27

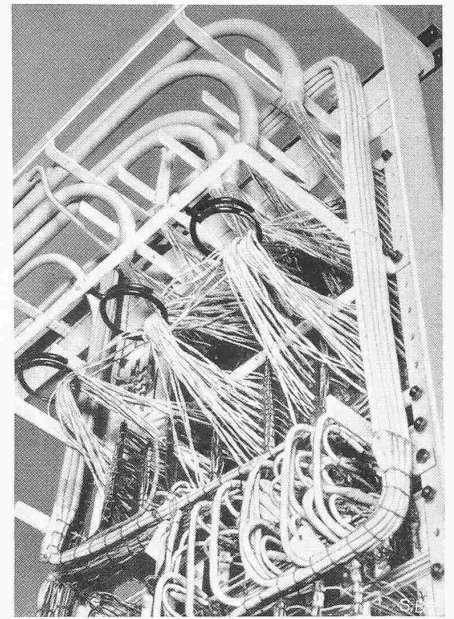


Abb. 28

Zentrale einer elektroakustischen Grossanlage: Abb. 25 Relaisgestell und drei Verstärkergestelle; Abb. 26 Rückansicht davon
Abb. 27 Abgedecktes Relaisgestell mit einer Haupt- und sieben Nebenstellen und mehreren Lautsprechergruppen
Abb. 28 Einführung der Tonfrequenzkabel- und Signalleitungen in das Relaisgestell

Relaisgestelles. So wird beispielsweise die Kontrolle, ob eine Gruppe belegt oder nicht belegt ist, durch Prüfreis vorgenommen. Das Gesprächsende, also die Freigabe des Kanals, meldet die grüne Lampe. Verbunden mit dieser Automatik ist die sogenannte Gewichtskontrolle. Durch sie verhindert man Überlastungen der Verstärkerkanäle. Benötigt man durch gleichzeitiges Anschalten mehrerer Sprechstellen eine grosse Leistung, indem eine Anzahl von Lautsprechern gespeist werden müssen, werden alle installierten Verstärkerkanäle automatisch freigegeben und durch Parallelschaltung zu einem einzigen Kanal vereinigt. Diese Durchschaltung erfolgt aber erst, wenn keiner der Verstärker mehr von einer Sprechstelle belegt ist. Damit ist gesorgt, dass keinem der Sprecher das Wort «abgeschnitten» wird. Diese Massnahmen dienen zum Schutz der Endverstärker vor Überlastungen. Ähnlich funktioniert dieses Zuschalten der Verstärkerkanäle beim Generalruf. Störungen werden mit der roten Signallampe oder mit Flackerlicht gemeldet.

Wichtige Funktionen besitzen auch die *Nebenraumsperren*. Wird nämlich im Raum X gesprochen und besteht zwischen diesem und einem Raum Y eine Öffnung bzw. akustische Kopplung, so dürfen diese beiden Räume nicht gleichzeitig besprochen werden. Deshalb besteht eine Selektion in dem Sinne, dass der erstgerufene Raum X freigegeben wird, während der später gerufene Y bis zum Ende der Besprechung von X gesperrt bleibt. Bei Gesprächsende wird der Kanal des Raumes Y durch Meldung mit grüner Lampe freigegeben. Ausgenommen von dieser Sperre ist der Generalruf, bei dem ohnehin die selben Laute in allen Lautsprechern gleichzeitig ertönen und die Gefahr des Rückkopplens naturgemäss sehr vermindert ist.

Um die vielen Schaltungen, Meldungen und Überwachungen zustande zu bringen, bedarf es bei einer Lautsprecheranlage von rd. 250 Lautsprechern und einer Haupt- und sieben Nebenstellen, einer *Zentrale* vom Typus Abb. 25 und 26. Man beachte die Gestellreihe: im Vordergrund das Relaisgestell, anschliessend daran die Gestelle der End-, Vor-, Regel- und Störlärmverstärker. Ein geöffnetes Relaisgestell zeigt Abb. 27. In der obersten Reihe sind die hochempfindlichen Tonfrequenzrelais angeordnet, die eine äusserst geringe Kapazität zwischen den Kontaktlamellen besitzen, um eine Übersprechdämpfung auf einer mit 200 Ohm abgeschlossenen Leitung bei 10 kHz von mindestens ≥ 60 db zu erreichen.

Leitungsführung und Kabellegung der Tonfrequenz- und Signal-Leitungen erfordern viel Sorgfalt. Das Einschalten von Entzerrer- und Dämpfungsgliedern ist unerlässlich, denn alle Ausgleichsvorgänge, das unliebsame Knacken der Schalter und Relais usw., können die Ursache von Instabilitätserscheinungen in den mehrmals unterteilten und geregelten Kanälen werden. Sind solche Vorgänge, wenn auch nur in geringem Masse, eingeleitet, entstehen nichtlineare Verzerrungen, die entweder eine Modu-

lation der Sprache erzeugen oder die Eigenfrequenz des Systems anregen (Pfeifen). Sehr unangenehm macht sich die Sprach-Modulation in Verbindung mit dem Lärm bemerkbar, indem die bekannten halb kreischenden, halb quackenden Sprachgemische entstehen. Wie die Zuführung der abgeschirmten Tonfrequenz-Kabel und der Signalleitungen zu geschehen hat, vergegenwärtigt Abb. 28.

b) Regelverstärker (Begrenzungsverstärker)

Nach Abb. 1 dient er der Regelung der Ausgangsspannung der zu besprechenden Mikrophone M. Die Zwischenschaltung dieses Regelgliedes ist deshalb eine Notwendigkeit, weil die dem Mikrophon zugeführte Schallenergie wegen den sehr ungleichen Lautstärken und Artikulierungen der Sprache des Sprechers starken Schwankungen unterworfen ist. Man denke nur daran, wie verschieden die sehr energiestarken Explosivlaute p, t, k, die Zischlaute und Konsonanten bei mehreren Sprechern tönen, wie veränderlich die Gemütszustände und der Grad der Nervosität beim Sprechen der Meldung sind. Hierzu kommen die beim nicht geübten Sprecher unbemerkt auftretenden Lautstärke-schwankungen während des Satzes. Befindet sich der Sprecher auch im schwachen Störlärm, treten weitere Unregelmässigkeiten in der Aussprache auf, denn der Lärm hat auf die Sprachbil-

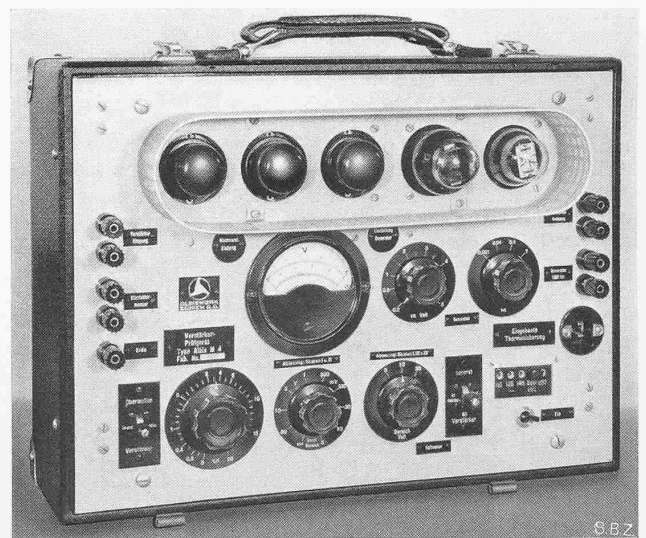


Abb. 31. Verstärkerprüfgerät, Vorderansicht

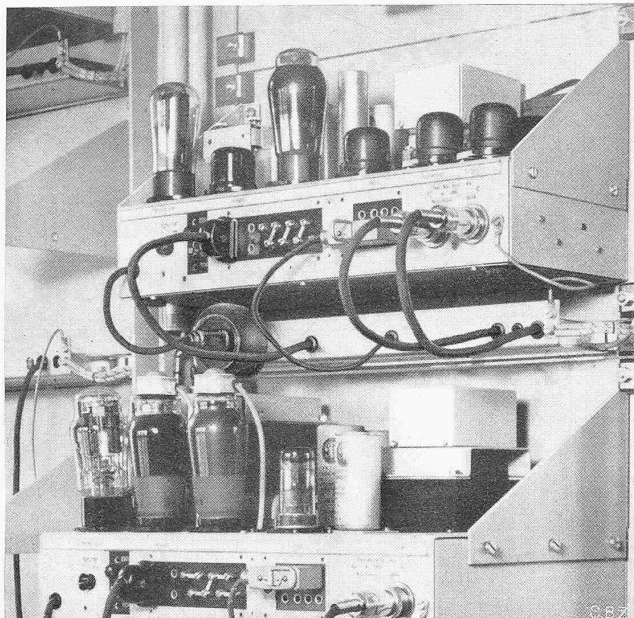


Abb. 29. Regelverstärker im Gestelleinbau

dung einen mittelbaren und unmittelbaren Einfluss. Unter dem unmittelbaren Einfluss versteht man die Schalldrucktransformation am Kopf und die Resonanzregung der Mundhöhle durch den Lärm. Diese Einflüsse bringen es mit sich, dass das Lärm-Schallfeld in unmittelbarer Nähe des Kopfes bzw. des Mundes objektiv grösser als im Schallfeld ist und auch subjektiv als solches empfunden wird. Der mittelbare Einfluss des Lärms geht auf die Verschlechterung des Hörens zurück; man spricht nämlich so laut, dass wir uns selbst mit einer uns gewohnten Lautstärke hören. Wird unser Hörvermögen durch den Lärm geschwächt, dann steigert der Sprecher unwillkürlich und unbewusst die Sprachlautstärke. Dabei enthält die laute Sprache bedeutend mehr und höhere Komponenten als die normale.

Sprachunregelmässigkeiten solcher Art würden zwangsläufig auch die automatische Lautstärkeregelung fortlaufend zum Regeln zwingen, obschon kurzzeitige Lautstärkeschwankungen dank dem Einbau von Verzögerungsschaltungen nicht ausgeglichen werden. Ein Auf- und Abregeln würde trotzdem eintreten und damit eine störende Instabilität verursachen. Die Uebersteuerung der Verstärkerkanäle bei brüllender Einsprache als Nebenerscheinung wurde noch nicht erwähnt.

Alle die physiologisch, physikalisch und persönlich bedingten Unregelmässigkeiten der Einsprache verlangen eine automatische Regelung der Lautstärken eingangsseitig der Endverstärker. Eine Ansicht des Regelverstärkers, eingebaut in ein Gestell, vermittelt Abb. 29.

Falls eine Musikdarbietung über Kommandoanlagen in Räume gewünscht wird, bei denen der Frequenzgang der elektroakustischen Organe nicht zu stark beschnitten ist, ist der vorgängig beschriebene Begrenzungsverstärker für Sprachregelung

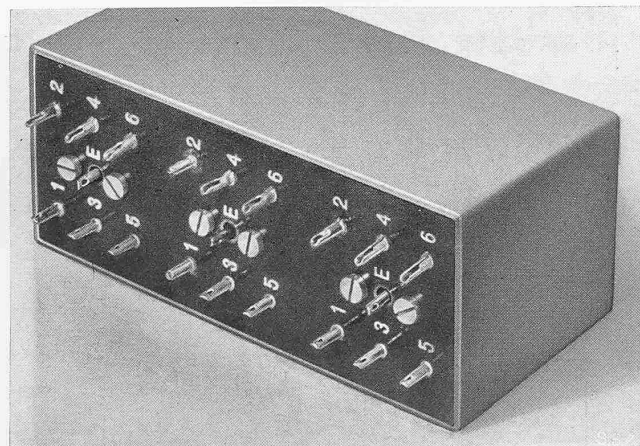


Abb. 32. Korrekturfilter, Ansicht



Abb. 30. Endverstärker

wegen seiner Regelcharakteristik nicht verwendbar. Es besteht aber die Möglichkeit, eine musikalische Darbietung durch das Abspielen einer Grammoplate wiederzugeben. Zu diesem Zweck ist ein Grammoeingang vorgesehen, der den Begrenzungsverstärker umgeht und die Verbindung direkt mit den Endverstärkern und Lautsprechern herstellt. Sollten Musikdarbietungen über Mikrophone aufgenommen werden und ist eine Regelung erwünscht, sind Regelverstärker mit anders gearteten Kompressionscharakteristiken einzubauen.

c) Endverstärker

Als Endverstärker werden normalisierte Ela-Verstärker mit 20 und 65 Watt Ausgangsleistung verwendet. Ihre Stabilität ist vorzüglich. Nebst den Pegelregelpotentiometern sind Tiefen- und Höhenregler eingebaut; für leichte Auswechselbarkeit des ganzen Chassis sowie der Röhren ist gesorgt. Zwischen Gestell und Chassis dienen Tonfrequenzstecker und abgeschirmte Kabel als elektrische Verbindungen. Die Stromversorgung jedes einzelnen Verstärkers ist dezentralisiert, d. h. jeder Verstärker besitzt eine eigene Stromversorgung. Der Aufbau eines solchen Endverstärkers ist aus Abb. 30 ersichtlich. Wartung und elektrische Ueberwachung dieser zentralisierten Apparate sind äusserst einfach, daher betriebssicher und wirtschaftlich. In der oberen Partie des Gestelles (Abb. 25) ist ein Kontrolllautsprecher sichtbar.

Die Ueberwachung der End-, Vor- und Störlärmverstärker hat am vorteilhaftesten mit den eigens hierzu entwickelten Verstärkerprüfgeräten (Abb. 31) zu erfolgen. Man misst zwischen Ein- und Ausgang den Klirrfaktor, den Verstärkungsgrad bei 1000 Hz und die Fremdspannungen. Wegen des Röhrenverschleisses ist eine Kontrolle bzw. Ueberwachung der Verstärker von Zeit zu Zeit notwendig.

Eine zentrale Frage bei der Projektierung lärmgesteuerter Anlagen ist die Wahl der Grösse der installierten Verstärkerleistung. Bekanntlich ist die Beziehung zwischen Schallenergie N und Lautstärke P in phon eine Exponentialfunktion mit dem Exponent P . Eine Lautstärkesteigerung von 90 auf 100 phon, also um rd. 11 %, entspricht einer Leistungszunahme vom Faktor 10, bzw. 1000 %. Dieses so ungünstige Verhältnis zwischen den beiden Grössen verlangt ein Untersuchen aller betrieblichen und akustischen Begleiterscheinungen bei den verschiedenen Nutzlautstärken, um die wirtschaftlich tragbare Grenze der Lautstärkeregelung festlegen zu können. Inwieweit umfangreiche theoretische und experimentelle Arbeiten für eine Entschlussfassung nötig sind, wird von Fall zu Fall verschieden sein.

d) Störlärmverstärker und Störlärmmikrophon

Der Störlärmverstärker ist dazu bestimmt, die von einem eigens hierzu gebauten Störlärmmikrophon erzeugten Spannungen zu verstärken. Diese Spannung ist ein Mass für den resultierenden Störlärmpegel im Raum, wobei nur Teile der Frequenzen des Störlärmspektrums wirksame Verwertung finden. Welche Schwingungen des Schallfeldes, also der Kombination aus Nutz- und Störlärmschallfeld, zur Regelung nutzbar gemacht werden,

