

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 5

Artikel: Elektroakustische Grossanlagen
Autor: Müller-Strobel, Josef
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83596>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Inhalt: Elektroakustische Grossanlagen. – Flugtriebwerke gestern und morgen. – Ein Fest der Arbeit. – Wettbewerb für Wohnsiedlungen der bündner Anstalten Waldhaus Chur und Realta, Domleschg. – Mitteilungen: Nachträgliches vom Grossbrand im Grand Hotel St. Moritz. Endmasse, ihre Handhabung und Herstellung. Kurse für Personalchefs.

Die Arbeitsgemeinschaft S. I. A. - BSA - GAB Bern. Verbrauchslenkung in der Baustein-Industrie. – Nekrologe: Prof. Dr. Otto Blum. Rudolf Zeller. – Wettbewerbe: Gemeindehaus und Turnhalle in Frick. Landwirtschaftl. Siedlungsbauten im st. gallischen Rheintal. Primarschulhaus und Turnhalle in Rapperswil. – Mitteilungen der Vereine. – Vortragskalender.

Band 125 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet **Nr. 5**

Elektroakustische Grossanlagen

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

I. Allgemeiner Ueberblick

An Lautsprecheranlagen, die der Nachrichten- oder Musikübertragung in Versammlungslokale, Konzertsäle, Werkstätten, Bahnhofshallen, Schwimmbäder usw. dienen, werden heute sehr grosse Qualitätsanforderungen gestellt. Die tonliche Wiedergabe soll selbst in akustisch weniger idealen Räumen von Hörern mit musikalisch normal empfindsamen Ohren als gut bewertet werden können. Auch das architektonische und ästhetische Empfinden bei der Anordnung der Lautsprecher im Raum will befriedigt sein. Minimalster Aufwand und grösste Wirkung sind weitere Forderungen. Je nach Einteilung und praktischer Zweckbestimmung sind die Räume von einer einzigen oder von mehreren Sprechstellen einzeln und gleichzeitig zu besprechen. Eine möglichst grosse Verständlichkeit sollte überall, selbst in akustisch schlecht angeordneten Räumen, erreicht werden. Dies ist möglich, wenn man gewillt ist, eine genügende Anzahl von Lautsprechern anzuordnen. Aber eine solche physikalisch bedingte Massnahme verlangt als Folge den Einbau einer ausreichenden Anzahl von elektroakustischen Verstärkern mit der erforderlichen Verstärkerleistung.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Sprach- und Musikübertragungs-Anlagen. Bei den erstgenannten (auch als Kommandoanlagen bezeichnet) sind die Sprech- und Abhörstellen örtlich und deshalb auch akustisch getrennt. Verlangt wird bei ihnen eine optimale Sprachverständlichkeit selbst auf die Gefahr hin, an Natürlichkeit der Sprache einzubüßen. Andersartig sind die Anlagen, die der Übertragung und Verstärkung von Reden, Musikdarbietungen usw. dienen, wo Hörer und Sprecher oder Musikquellen gemeinsam im gleichen Raum sich befinden. Bei Musikdarbietung sind Einschränkungen bezüglich der Natürlichkeit der Wiedergabe niemals zulässig, ausgenommen die Übertragungen von Musik moderner Jazz-Kapellen, bei denen die Lautstärke, das Geräusch wichtiger ist, als die Musik. Die folgenden Ausführungen behandeln in der Hauptsache die sog. Kommandoanlage.

Ist die Wiedergabe in den zu besprechenden Räumen durch Geräusche (sog. Störlärm wie Publikumsgeräusche, Lärm von Zügen, von Geschirr, Registrierkassen usw.) gestört, so muss die Nutzlautstärke der im Lautsprecher ertöndenen Meldung der momentanen Störlärmstärke angepasst werden. Aus psychologischen und technischen Gründen ist es nicht möglich, dem Sprecher die Anpassung der Nutzlautstärke, etwa durch die Variation der Einsprachlautstärke ins Mikrofon zu überlassen, denn die Grösse des Störlärmpegels ist dem Sprecher meist gar nicht bekannt. Deshalb ist eine *automatische Regelung* der Nutzlautstärke vorzusehen.

Eine weitere Erschwerung für das Erreichen einer guten Verständlichkeit ist die Art, wie ungeübte Personen ins Mikrofon sprechen. Je nach psychischem Zustand ändert die Einsprachlautstärke, wobei die Sprache des laut Sprechenden meistens noch sehr undeutlich ist. In grösseren Anlagen, besonders wenn automatische Lautstärkeregelungen eingebaut sind, sieht man daher eine trägeheitslose, die Dynamik der Sprache berücksichtigende Regelung der Einsprachlautstärke vor. Der Sprecher spricht nach der Zwischenschaltung dieses Regelorganes im Lautsprecher «gleich laut».

Benötigt man mehrere Sprechstellen in einem Gebäude und sind mehrere Räume zu besprechen, so ist es aus wirtschaftlichen Gründen unerlässlich, alle kostspieligen Bauelemente einer Lautsprecheranlage optimal auszunützen. Eine solche Ausnutzung ist besonders bei den teuren Verstärkerkanälen mit den verschiedenartigen Regelvorrichtungen nötig. Die zweckmässige und wahlweise Umschaltung dieser Apparate erfolgt dann mittels einer eigens dazu entwickelten Automatik.

Es ist einzusehen, dass die Gesamtheit der genannten Forderungen beim Bau einer derartigen elektroakustischen Anlage das Zuschalten vieler neuartiger Hilfs- und Steuereinrichtungen verlangt. Einer solchen Anlage das Prädikat «gross» beizufügen und sie daher als elektroakustische Grossanlage zu bezeichnen, ist berechtigt.

II. Grundsätzlicher Aufbau

Die vom Albiswerk Zürich A.-G. erstellten elektroakustischen Grossanlagen bzw. Kommandoanlagen zeigen in Abb. 1 dargestellten Aufbau. Die Einsprache erfolgt in das Mikrofon M. Über einen Schalter wird die Verbindung mit dem Vor- und Regelverstärker RV hergestellt, während ein weiterer Schalter die Verbindung mit dem Endverstärker EV bewirkt. Der Ausgang des Endverstärkers EV ist über eine Sammelschiene Q an den automatischen Lautstärkeregler LR angeschlossen, während dieser Letzte vom Geräusch- oder Störlärmkondensator GM über den Störlärmverstärker LV automatisch geregelt wird. Die Lautsprechergruppe L ist mit dem Lautstärkeregler LR verbunden.

Abb. 1. Blockschema einer Lautsprecher-Grossanlage. Legende im Text

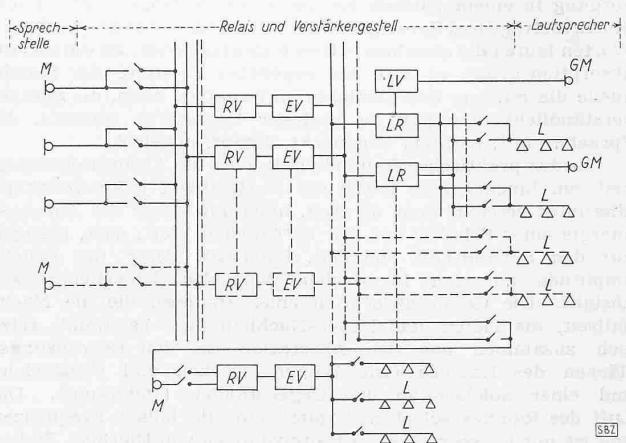


Abb. 2. Generelles Schaltschema einer Lautsprecher-Grossanlage mit Sprechstellen, Verstärker- und Relais-Gestell, Lautsprecher-Gruppen und Nebenstelle. Legende im Text

Sind mehrere Sprechstellen und Lautsprechergruppen vorhanden, wird nach Abb. 2 zwischen Besprechungsmikrofon M und Regelverstärker RV eine Sammelschiene Q geschaltet, um so die Besprechungsmikrofone M nach Belieben einem freien, nicht belegten Verstärkerkanal zuzuschalten zu können. Regel- und Endverstärker RV und EV werden somit in solchem Masse vermehrt, als es die installierte Lautsprecherleistung einerseits und die erwünschten Belegungsmöglichkeiten anderseits ökonomisch berechtigt erscheinen lassen. Die Ausgänge der Endverstärker EV führen wiederum auf eine Sammelschiene, mit der man die Lautsprechergruppen L direkt oder über die Störlärmregelorgane LR anschliesst.

Da die einzelnen Teile einer solchen Anlage in mehr oder weniger grosser Entfernung voneinander angebracht werden, ist es notwendig, mittels einer eigens entwickelten Wahlautomatik, die in einer Zentrale konzentriert ist, die elektrischen Verbindungen herzustellen. Nach Abb. 2 unterscheidet man drei Gruppen von Einrichtungen, nämlich: die Sprechstellen, das Verstärker- und Relaisgestell, die Lautsprechergruppen. Sind Kombinationen von Teilanlagen erforderlich, erfolgt die Zuschaltung einer Hilfszentrale oder einer Nebenstelle, indem sie gleich einer Lautsprechergruppe an die Hauptanlage nach Abb. 2 angeschlossen wird.

III. Sonderfragen der Akustik

1. Sonderfragen der Raumakustik

Um den Leser in die Problematik einführen zu können, sind vor der Erläuterung der elektrischen Apparate und ihrer Funktionen die grundsätzlich wichtigsten Sonderfragen der Raumakustik in aller Kürze zu erwähnen.

Für die Eignung von Innenräumen zur Schalldarbietung (sog. Hörsamkeit) grundlegend wichtig sind die Reflexions- und Absorptionseffekte an den Raumbegrenzungen. Obwohl jeder Reflexionsvorgang auch mit einem Absorptionsvorgang ver-

knüpft ist, empfiehlt es sich doch, die beiden getrennt zu behandeln. Die durch Reflexionseffekte bedingten Erscheinungen hängen wesentlich von der geometrischen Form der Räume ab, während diese für die Absorptionserscheinungen meist von untergeordneter Bedeutung ist. Für die Absorptionseffekte kommt es weniger darauf an, an welchen Raumstellen diese eintreten, als darauf, wie viel von der im gesamten Raum vorhandenen Schallenergie in der Zeiteinheit absorbiert wird.

Die Hörsamkeit von Innenräumen hängt von den durch Reflexionserscheinungen bedingten Echoeffekten stark ab. Trifft beispielsweise ein Echo einer Meldung auf das Ohr eines Zuhörers, so kann es dazu kommen, dass das Echo in die Pause zwischen Silben oder sogar auf spätere Silben fällt; die Sprachverständlichkeit wird dadurch wesentlich verschlechtert. Ist andererseits die Zeitdifferenz zwischen direktem und reflektiertem Schall wesentlich kleiner als 0,1 s (zu Null wird sie nie), so wirkt das Echo für das Ohr schallverstärkend. Die Verständlichkeit wird dadurch verbessert, Musik und Sprache sind wohlklingend, warm, plastisch. Die kritische Echozeit beträgt, da der Abstand zweier Silben bei normaler Redegeschwindigkeit rd. $1\frac{1}{5}$ s ist, die genannten 0,1 s. Für die Hörsamkeit von Innenräumen ist also die Frage, wie rasch im Raum vorhandene Schallenergie nach Abschalten der Schallquelle verschwindet (wie stark die Schallabsorption der Tiefen und Höhen ist), von grosser Bedeutung. Ist die Schallabsorption klein, so klingt der Schallvorgang in einem solchen hallenden Raum längere Zeit nach, Musikvorträge und Sprache klingen verwaschen, bei gesprochenen Wörtern laufen die einzelnen Silben ineinander über. Ist die Schallabsorption gross, so wird bei gegebener Leistung der Schallquelle die mittlere Energiedichte im Raum zu klein, die Sprachverständlichkeit wegen zu geringer Lautstärke schlecht, die Sprache matt, trocken, abgehackt, dumpf, unbelebt.

In der praktischen Raumakustik wird die Absorptionsfähigkeit von Innenräumen durch die Nachhallzeit gekennzeichnet. Hierunter versteht man die Zeit, innerhalb derer die Anfangsenergie eines Schalles auf den 10^{-6} -fachen Wert, oder, bezogen auf den Schalldruck, die Zeit, innerhalb derer die Druckamplitude auf den 10^{-3} -fachen Wert des Schwellendruckes absinkt. Die Gesamtabsorption eines Raumes, die die Nachhallzeit, die Tiefen- und Höhen-Nachhalldauer bestimmt, setzt sich zusammen aus der Absorption an den Begrenzungsfächern des Raumes (wie Wände, Decken und Fussböden) und einer solchen an den Gegenständen (Publikum). Die Luft des Raumes selbst absorbiert nur die hohen Frequenzen und ist nur bei sehr grossem Raumvolumen von Einfluss. Zudem erinnert man sich daran, dass das Schallschluckvermögen im allgemeinen stark frequenzabhängig ist.

Wie sehr die Silbenverständlichkeit in % von den akustischen Verhältnissen der Umgebung des Hörers, besonders der Nachhallzeit t des Raumes abhängig ist, zeigt generell Abb. 3. Diese Kurve gilt unter folgenden Voraussetzungen: die Lautstärke ist unabhängig von der Nachhallzeit t und auf den optimalen Wert von 70 Phon bei gleichmässiger Schallverteilung gehalten, irgend eine Beeinträchtigung durch Störlärm besteht nicht, der Hörer ist überwiegend dem indirekten Schall ausgesetzt. Wie verschiedenartig die Nachhallzeiten sein können, zeigen die Abb. 4a und b: im Kölner Dom sind die akustischen Verhältnisse vortrefflich, das Grossrestaurant dagegen ist ein hallender Raum, in dem zufolge Reflexionen Flatterechos und stehende Wellen entstehen, woraus sich eine äusserst schlechte Verständlichkeit und Lautstärkeverteilung im Raum ergeben.

Die Frage, welche Nachhallzeiten für Räume, in denen Sprachübertragungen stattfinden sollen, vorteilhaft sind, lässt sich durch

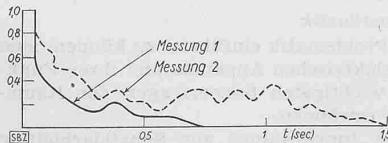


Abb. 4a. Oscillograph. Messungen des Nachhaltes im Hauptschiff des leeren Kölner Doms

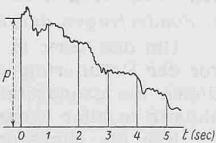


Abb. 4b. Nachhallmessung in Grossrestaurant mit schallhartem, kub. Raum. Grosser Nachhall

Silbenverständlichkeitsmessungen mit Logatomen weitgehend klären. Die Räume, in die Lautsprecheranlagen eingebaut werden sollten, sind meistens gegeben, sodass eine individuelle Anpassung der elektroakustischen Apparate unumgänglich ist.

Wie vorteilhaft Architekt und Elektroakustiker bzw. die Erstellerfirma solcher Anlagen bei der Projektierung von zu besprechenden Räumen bei Neu- oder Umbauten zusammenarbeiten können, lässt sich an vielen Beispielen zeigen. Wohin dann Eigenbrödelei, Verständnislosigkeit, Starr- und Eigensinn, das Uebel des Nichtzusammenarbeitens führen, ist gleichfalls demonstriert.

2. Das Hören

a) Das Ohr

Wie wir wissen, sind für die Frequenzabhängigkeit der Gehörempfindlichkeit nebst den mechanischen Eigenschaften des inneren Ohres in besonders starkem Masse auch physiologische und psychologische Momente von Bedeutung. Die Ohrenempfindlichkeit hängt von der Tonhöhe ab. Den Verlauf der Schwellwertkurven haben Fletcher und Munson erstmals festgehalten (siehe Bd. 111, S. 99, Abb. 1). Aus ihnen geht hervor, dass das Ohr im mittleren Hörbereich außerordentlich empfindlich ist. Bei 1000 Hz beispielsweise reicht ein Schalldruck von nur $2 \cdot 10^{-4}$ Watt · s/cm² aus, um eine Schallempfindung hervorzurufen. Die Empfindlichkeit hängt aber auch von der Lautstärke ab, weshalb ausser den Schwellwertkurven auch die Kurven gleicher Lautstärke in der genannten Abbildung eingetragen sind. Interessanterweise weist die Gehörempfindung bei grossen Schalldrucken nur eine geringe Frequenzabhängigkeit auf.

Ein weiteres interessantes Merkmal, das man bei automatischer Regelung der Nutzlautstärke in Funktion des Störlärms zu beachten hat, ist die Tatsache, dass die Empfindungsstärke beim Auftreffen vom Schall nicht sofort einsetzt. Es vergehen im Gegenteil bei mittlerer Lautstärke etwa 0,2 s, bis die dem Dauerzustand entsprechende Stärke erreicht ist.

Fällt auf das Wort ein lauter und ein leiser Ton von verschiedener Höhe, so wird, wenn der Lautstärkeunterschied gross genug ist, nur der laute Ton empfunden, der leise Ton verschwindet. Man nennt diese Erscheinung den Verdeckungseffekt; er wird als Verdeckungsgrad quantitativ angegeben. Dieser Verdeckungsgrad wächst bei Annäherung der Frequenz der beiden in Frage stehenden Töne zunächst an, dann aber, wenn die Frequenz des verdeckten und des zu verdeckenden Tones übereinstimmen, wird er wieder geringer. Diese Effekte spielen in lärmfüllten Räumen, wo Laute mit den verschiedensten Spektren oder sogar Musik übertragen werden sollen, eine wichtige Rolle.

Die Güte einer elektroakustischen Übertragungsanlage wird immer durch das schlechteste Glied in der Übertragungstechnik bestimmt. Ist eine Übertragungsanlage nur darauf abgestimmt, das gesprochene Wort in verständlicher Form, unabhängig von einer musikalisch wohlklingenden Wirkung darzubieten, so ist der technische Aufwand erheblich geringer, als wenn man eine ganz natürliche Wiedergabe fordert. In welcher Weise uns der Lärm beim Sprechen und Hören behindert und deshalb den Verständlichkeitsgrad beeinflusst, ist genau untersucht.

Betrachten wir zunächst den Einfluss des Lärms auf das Hören. In einem lauten Raum geht leise Sprache erfahrungsgemäß vollkommen unter; sie wird durch den Lärm völlig verdeckt. Andererseits bleibt aber die Hörschwelle (ja sogar die Schmerzschwelle) unserer Ohren erhalten, d. h. wir dürfen unserem Ohr nur eine bestimmte maximale Lautstärke zumuten, um eine Schmerzempfindung zu vermeiden. Der gesamte verfügbare Hörbereich ist bei Lärm also stark eingeengt; das hat zur Folge, dass wir die Sprache nur in einem wesentlich kleineren Lautstärkebereich gut verstehen. Diese Vorstellung liess sich durch Silbenverständlichkeitsmessungen bestätigen, indem sich sogar quantitative Zusammenhänge herleiten liessen. Silbenverständlichkeitsmessungen werden mit sinnlosen Silben, den Logatomen, gemacht, um die Kombinationsfähigkeit des Hörers auszuschalten. Der Zusammenhang zwischen Nutzlautstärke, Störlärm lautstärke in Phon und Silbenverständlichkeit in % geht aus Abb. 5 hervor. Diese Kurvenscharren geben an, um wieviel man die Hörschwelle der Nutzschallstärke bei Anwesenheit einer Störschallstärke erhöhen muss, um eine bestimmte Silbenverständlichkeit in % zu erreichen. Wünscht man beispielsweise in irgend einem lärmfüllten Raum eine Verständlichkeit von 70 % zu erreichen, der Störlärm beträgt aber 70 Phon, so ist eine Nutzschallstärke von mindestens 79 Phon nötig. Der Einfluss grosser Lautstärken und grosser Stärken der Schallempfindungen als Lautheit, ist deutlich aus dem Kurvenblatt ableitbar. Ist die Nutzlautstärke zu gross, so nimmt die Silbenverständlichkeit nach dem Über-

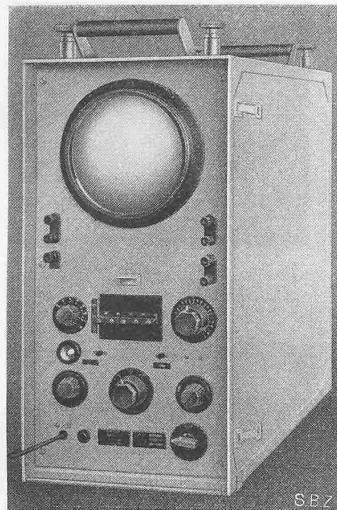


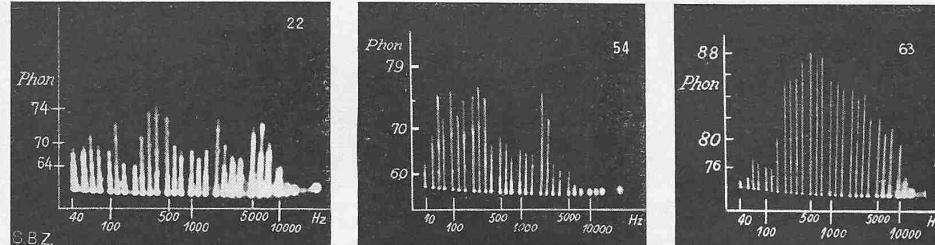
Abb. 6. Tonfrequenz-Spektrometer
36 bis 18000 Hz zum Untersuchen von elektrischen und akustischen Frequenzgemischen

Schallsender und Empfänger linearer Uebertragungssysteme, Frequenzbandbreite bis 10 kHz, und in Räumen mit Nachhalldauer Null oder für ideale Kopfhörer. Bei nicht linearer Uebertragung, wenn durch Uebersteuerungen oder Instabilitätserscheinungen Klirrfaktoren oder sonst Verzerrungen auftreten, wird die Silbenverständlichkeit hauptsächlich im Bereich der Optima stark vermindert. Messungen in der Technik der Störlärmtelephonie bestätigen diese Tatsache, indem man Kurven mit flachen Optima misst, während die Kurvenäste bei kleinen und grossen Lautstärken praktisch unverändert bleiben. Ein weiteres Merkmal des zur Messung der Kurven Abb. 5 verwendeten Störlärms ist sein Spektrum. Der künstlich erzeugte Störlärm enthält alle Frequenzen des Hörbereiches mit gleicher Energie (kontinuierliches Spektrum). Wie sich die Änderungen der Silbenverständlichkeit bei Änderung des Frequenzgehaltes des Störlärmspektrums verhalten, ist von Fall zu Fall verschieden und für die Ableitung von quantitativen Ergebnissen bedarf es besonderer Untersuchungen.

Erfahrungsgemäß gilt die folgende Bewertung der Silbenverständlichkeit in bezug auf die übertragene natürliche, nicht kommandohafte Sprechweise: Silbenverständlichkeit in Logatomen von 75% sehr gut, 65% ausreichend, 60% genügend, 55% ungenügend. Werden Kommandos übertragen, ist eine Herabsetzung auf etwa 50% der genannten Werte zulässig.

b) Die Geräuschanalyse

Um eine zweckmässige Regelung der Nutzschallstärke in Räumen mit Störlärm projektieren zu können, ist die Kenntnis des Charakters der verschiedenenartigen Störlärmspektren nötig. Wie sehr verschieden die Spektren des Lärmes in Grossrestaurants, bei ein- und ausfahrenden Zügen in Bahnhofshallen usw. sind, veranschaulichen die Spektrogramme, in denen als Abszisse einige der diskreten Frequenzen der 27 Komponenten, als Ordinate die approximative Phonwerte der Schallstärke angegeben sind. Die Ansicht eines Tonfrequenzspektrometers vermittelt Abb. 6. Die diskreten, von diesem Spektrometer aufge-



Tonfrequenz-Spektrograph:
Abb. 7. Geräusch in Bahnhofshalle

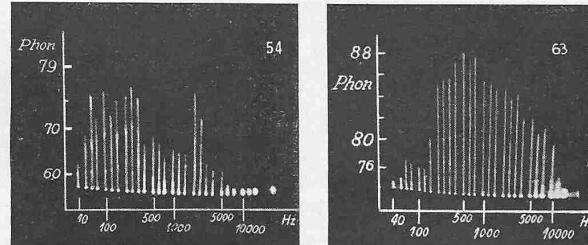


Abb. 8. Trampel-Geräusch
von vielen Reisenden

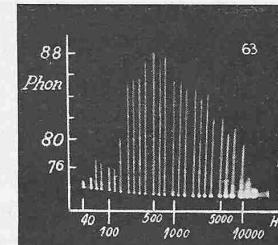


Abb. 9. Blasmusik in einer
Halle bei vollem Zusammenspiel

schreiten eines Maximums konsequent ab. Zu grossen Schalldrucke vermindern die Differenzier- und Analysierfähigkeit der Ohren, weshalb es das Bestreben jedes projektierenden Ingenieurs sein muss, die Schallstärken im Bereich der Kurvenoptima zu wählen.

Die Kurvenscharen der Abb. 5 gelten jedoch nur bei Benutzung idealer Uebertragungssysteme, Frequenzbandbreite bis 10 kHz, und in Räumen mit Nachhalldauer Null oder für ideale Kopfhörer. Bei nicht linearer Uebertragung, wenn durch Uebersteuerungen oder Instabilitätserscheinungen Klirrfaktoren oder sonst Verzerrungen auftreten, wird die Silbenverständlichkeit hauptsächlich im Bereich der Optima stark vermindert. Messungen in der Technik der Störlärmtelephonie bestätigen diese Tatsache, indem man Kurven mit flachen Optima misst, während die Kurvenäste bei kleinen und grossen Lautstärken praktisch unverändert bleiben. Ein weiteres Merkmal des zur Messung der Kurven Abb. 5 verwendeten Störlärms ist sein Spektrum. Der künstlich erzeugte Störlärm enthält alle Frequenzen des Hörbereiches mit gleicher Energie (kontinuierliches Spektrum). Wie sich die Änderungen der Silbenverständlichkeit bei Änderung des Frequenzgehaltes des Störlärmspektrums verhalten, ist von Fall zu Fall verschieden und für die Ableitung von quantitativen Ergebnissen bedarf es besonderer Untersuchungen.

Erfahrungsgemäß gilt die folgende Bewertung der Silbenverständlichkeit in bezug auf die übertragene natürliche, nicht kommandohafte Sprechweise: Silbenverständlichkeit in Logatomen von 75% sehr gut, 65% ausreichend, 60% genügend, 55% ungenügend. Werden Kommandos übertragen, ist eine Herabsetzung auf etwa 50% der genannten Werte zulässig.

b) Die Geräuschanalyse

Um eine zweckmässige Regelung der Nutzschallstärke in Räumen mit Störlärm projektieren zu können, ist die Kenntnis des Charakters der verschiedenenartigen Störlärmspektren nötig. Wie sehr verschieden die Spektren des Lärmes in Grossrestaurants, bei ein- und ausfahrenden Zügen in Bahnhofshallen usw. sind, veranschaulichen die Spektrogramme, in denen als Abszisse einige der diskreten Frequenzen der 27 Komponenten, als Ordinate die approximative Phonwerte der Schallstärke angegeben sind. Die Ansicht eines Tonfrequenzspektrometers vermittelt Abb. 6. Die diskreten, von diesem Spektrometer aufge-

zeichneten Frequenzen sind: 40, 50, 65, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800 Hz und 1, 1,25, 1,6, 2, 2,5, 3,2, 4, 5, 6,5, 8, 10 kHz.

Es bedarf einer grossen Anzahl von Aufnahmen der Tonfrequenzspektrogramme des Störlärms, um dessen wirklichen Charakter feststellen zu können. Nur zu oft werden die Messungen durch ortfremde Geräusche verfälscht. Ausgewählte und typische Momentanaufnahmen beim Empfang von indirektem Schall sind die der Abb. 7 bis 17 (S. 51/53).

Das Geräusch in Bahnhofshallen, entstanden durch fahrende Transportwagen auf hartem Asphaltboden mit Gummi- und Eisenbereifung, trampelndes und sprechendes Publikum, Ein- und Ausladen von Eilfrachtgütern bei mässigem, fast ruhigem Betrieb hat nach Abb. 7 eine Lautstärke von 65 bis 70 Phon. Es ist dies für Normalbetrieb die tiefst gemessene Störlärm-lautstärke. Die Optimal- und Minimalwerte der einzelnen Frequenzanteile schwanken zwischen 62 und 74 Phon. Auffallend ist die Spektralverteilung, nach der man nahezu gleiche Komponenten bei 125, 320, 400, 5000, 2000, 5000, 6500 und 8000 Hz registriert. Ausgeprägt ist die Komponente bei 2 kHz, die bei allen Trampelgeräuschen des Hartasphalten entsteht und deren Ursache in den schleifenden und reibenden Bewegungen der Schuhe mit Nägeln auf dem Boden zu suchen ist.

Reisende, die in gedrängten Reihen einen soeben angekommenen und vollbesetzten Zug in einer Halle mit Hartasphalt verlassen, erzeugen ein Spektrum nach Abb. 8. In diesen Geräuschen sind die Frequenzen zwischen 30 und 400 Hz ausgeprägt und erreichen Lautstärken bis zu 76 Phon. Ueber 400 Hz sind sie energieschwächer, mit Ausnahme der bei 2 kHz, die wie in Abb. 7 sehr markant in Erscheinung tritt. In Abb. 9 sind die Komponenten von 200 bis 5000 Hz besonders ausgeprägt und erreichen Lautstärken bis 88 Phon. Publikumsgeräusche in geschlossenen Lokalen, Sälen usw., bei der die Eigenresonanz irgend eines Raumgebildes akustisch wirksam angestossen und angehoben wird, veranschaulicht Abb. 10 mit der bevorzugten, um rd. 8 Phon überhöhten Frequenz von 160 Hz.

Ein in eine grosse Bahnhofshalle langsam einfahrender Zug kleiner Komposition erzeugt nach Abb. 11 eine effektive Lautstärke von rd. 83 Phon. Geräusquelle sind die Bremsklötze und Bremsgestänge, die Bewegungen der Wagen- und Lokomotivkästen und die Rollbewegungen der Räder auf den Schienen. Deutlich ist das Rollbahngeräusch im Spektrogramm Abb. 12 zum Ausdruck gebracht. Alle Formänderungen der von den Rädern gedrückten Schienenstücke, die Schwingungen der Wagenkästen der Leichtmetallwagen und die der Federn usw. verursachen tiefe, jedoch energiestarke Geräusche, weshalb die Lautstärke der Komponente niedrigster Ordnung über 90 Phon beträgt. Dass Publikumsgeräusche mit vermengt sind, beweist der schon mehrmals (Bild 7, 8, 10) beobachtete Frequenzanteil bei 2 kHz. Ändert die Zugskomposition, indem sie hauptsächlich aus Stahlwagen zusammengesetzt ist, so entsteht bei der Einfahrt in die gleiche Halle und bei gleicher Zuggeschwindigkeit ein Störlärmspektrum gemäss Abb. 13. Ausgeprägt sind die Frequenzen im Frequenzband von 50 bis 400 Hz. Der übrige Aufbau ähnelt sehr demjenigen von Abb. 12, nur ist kein Publikumsgeräusch vorhanden.

Charakteristisch ist die spektrale Verteilung beim Beifallklatschen eines versammelten Volkshaufens in einer Halle in Eisenkonstruktion nach Abb. 14. 650 und 800 Hz mit 86 Phon sind die Höchstwerte, während die übrigen Frequenzen, bezogen auf den Abszissenmaßstab gleichmässig abfallen. Beifallrufe, vermengt mit Trommelschlügen und Händeklatschen, lassen die Lautstärke nach Abb. 15 bis auf 96 Phon steigen. Mehr Höhen und Tiefen entstehen, das Frequenzband wird breiter.

Eine starke Verschiebung der spektralen Komponenten gegen höhere Frequenzen hin zeigen alle jene Geräusche, die ihre Ursache im Ausströmen von Luft aus Ventildüsen haben. Abb. 16

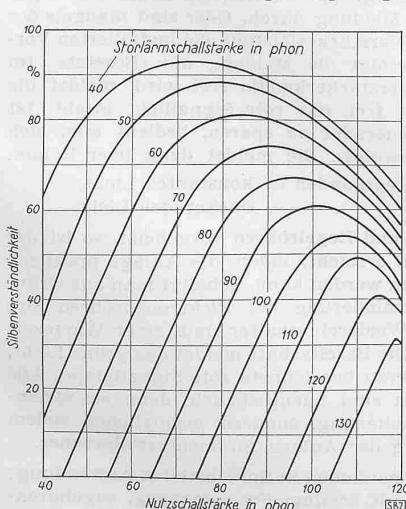
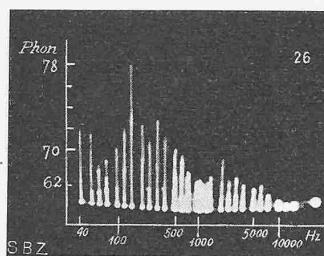


Abb. 5. Silbenverständlichkeit in % in Abhängigkeit von der Nutzschallstärke in phon. Der Störlärm besitzt ein kontinuierliches Spektrum des Sprachfrequenzgebietes



Tonfrequenz-Spektren:
Abb. 10. Publikumsgeräusch

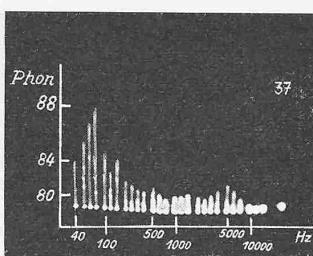


Abb. 11. Bremsgeräusch eines einfahrenden Zuges

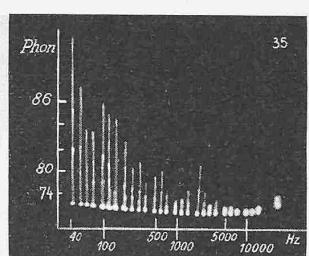


Abb. 12. Geräusch eines ausfahrenden Zuges

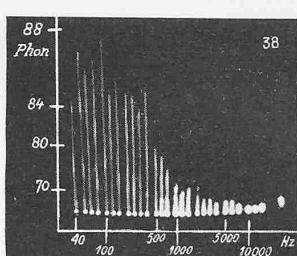


Abb. 13. Geräusch eines andern ausfahrenden Zuges

vermittelt das typische Spektrogramm eines solchen Geräusches, verursacht durch das Lösen der Luftdruckbremse bzw. das Nachfüllen der Pressluftbehälter bei gleichzeitigem Lüften der Bremszylinder. Viele zischende Geräusche mit Schallwellen von 5 bis 6 kHz sind vorhanden. Der übrige Anteil von 500 bis 16000 Hz mit Ausnahme der Erstgenannten bleibt nahezu konstant, während die Rollbahn- und Wagengeräusche 40 bis 500 Hz ähnlich sind denjenigen der Abb. 12.

Der Charakter des Lärms in einem schalltechnisch nicht gerade vorbildlichen Grossrestaurant ist in Abb. 17 wiedergegeben. Von der Registrierkasse werden die tieferen Komponenten, vom Anschlagen des Porzellangeschirrs die höheren herühren. Die erreichten Lautstärken von 80 Phon stören bereits sehr stark und man wird sich gerade durch objektive Messungen bewusst, wie wohltuend schalldämpfende und -dämmende Wandauskleidungen wirken können, die derartige Spitzen absorbieren.

Wie die Regelung der Nutzlautstärken an derartige tiefe, mittlere und hohe Lärmkomponenten angepasst werden kann, bedarf weitgehender Studien. Dass unter Betriebsverhältnissen mit so starken Störlärm-lautstärke-Schwankungen automatische Regelungen vorgesehen werden müssen, versteht sich von selbst. Bekannt ist, dass man in Grossanlagen für Sprachübertragung einerseits aus Gründen des wirtschaftlichen Aufwandes nicht ein beliebig breites Frequenzband der Sprache übertragen kann, anderseits aber auch eine Beschränkung derselben ohne merkliche Einbusse an Verständlichkeit berechtigt ist. In welchen relativen Massen die Frequenzbandbeschränkung auf die Silben-Verständlichkeit der übertragenen Sprache einwirkt, ist aus

Abb. 18 ersichtlich. Die gestrichelte Kurve stellt den approximativen Verlauf bei Begrenzung oder Abschränkung der hohen Frequenzen dar (Tiefpass), die ausgezogene Kurve den Einfluss beim Fehlen der tiefen Frequenzen (Hochpass). Wir entnehmen daraus, dass die hohen Frequenzen für die Sprachverständlichkeit weit wichtiger sind als die tiefen. Dies muss sich der Erbauer von Lautsprecheranlagen leider nur zu oft, wegen den vielfach sehr störenden Einflüssen des

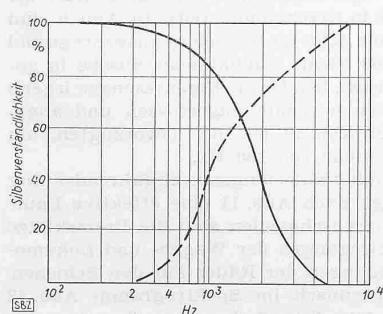


Abb. 18. Verständlichkeit in % in Funktion der Frequenzganggebiete bei Frequenzgangbeschneidung
— obere, — untere Grenzfrequenz

Nachhaltes in grossen Räumen, gewollt oder ungewollt zunutze ziehen.

3. Schlussfolgerungen

Mit aller Deutlichkeit geht aus Obenstehendem hervor, dass es eines besonderen Studiums bedarf, um eine elektroakustische Übertragungseinrichtung bzw. Kommandoanlage, besonders aber in lärmfüllten Räumen, mit hoher Silbenverständlichkeit zu erstellen. Das ineinander greifen von funktionell so sehr verschiedenen Größen, von denen bisher nur die rein akustischen, nicht aber die elektrischen besprochen wurden, stellen den Entwicklungingenieur nur zu oft vor nicht leicht lösbarer Probleme. Denn viele dieser Größen, sowie ihre «Gewichte», müssen meistens auf experimentellem und theoretischem Wege festgestellt werden. Scheut sich der Bauherr nicht vor den beträchtlichen Kosten, die für eine solche Anlage aufzuwenden sind, so ist es möglich, eine in jeder Hinsicht zufriedenstellende elektroakustische Anlage zu schaffen. Leider zeugen viele Anlagen davon, dass man bei deren Planung und Ausführung allseitig zu wenig Sorgfalt aufgewendet hat.

IV. Aufbau

1. Die Sprechstellen

a) Die Hauptsprechstellen

Haupt- oder Gemeinschaftssprechstelle einer Anlage ist die Sprechstelle, von der aus die wichtigsten und dringlichsten Meldungen gesprochen werden. Alle Lautsprecher und Lautsprechergruppen sind von ihr aus erreichbar. Zwei wichtige Elemente enthält die Sprechstelle, nämlich den Schallempfänger, Mikrophon genannt, und das Bedienungspult mit Bedienungsplatte. In lärmfüllten Räumen sind die Mikrophone gegen anfallenden Störlärm zu schützen, weshalb man beide Teile mit Vorteil in schalldichte Kabinen baut.

Die Bedienungsplatte (Abb. 19) enthält alle nötigen Druck-Tasten, Kippehebelschalter und die signalisierenden Rückmeldelampen. Entsprechend der Bedeutung der Hauptsprechstelle findet sich bei ihr die Taste des Generalrufes. Weiter sind vorhanden: die Mikrophontaste, Schalter für Lautsprechergruppen, Schalter für Telephonrundspruch (Nachrichtendienst), Programm-Wahltafel, Grammoschalter, Schalter für Kontroll-Lautsprecher des Telephonrundspruches und Grammo, Vorheizung usw. Um die Verbindung zwischen Lautsprecher und Sprechstelle herzustellen, ist das Umlegen des Schalters oder das Drücken einer Taste notwendig. Den Verbindungsauflauf bewerkstelligen die Relais. Zwei jedem Schalter zugehörige Lampen, Farbe rot und grün, dienen der Verständigung des Sprechers über den Schaltungszustand. Leuchtet beispielsweise die Lampe rot, ist die soeben gewählte Lautsprechergruppe besetzt, ein anderer Ansager gibt bereits über sie eine Meldung durch. Oder sind mangels der zur Verfügung stehenden Verstärkerleistung die installierten Verstärkerkanäle besetzt, erfolgt die Meldung mit «Besetzt». Im Moment wo einer der Verstärkerkanäle frei wird, meldet die Lampe mit grünem Licht frei, das rote Signallicht löscht. Ist man gezwungen eine Steuerader zu sparen, bedient man sich nur einer Signallampe «weiss». Sie meldet dann über Relais:

Sprechbereitschaft vorhanden = konstantes Licht,
Besetzt = flackerndes Licht.

Sind die Verstärker- und Regelröhren vorgeheizt, so ist der grösste Bereitschaftsgrad erreicht, indem die Anlage praktisch ohne Wartezeit besprochen werden kann. Schaltet man aus Gründen einer Verschleissverminderung der Elektronenröhren ihre Heizung aus, ist beim Wiedereinschalten mit einer Wartezeit von rd. 30 s zu rechnen. Die Bereitschaft meldet das grüne Licht, Störungen eine eigens hierzu bezeichnete rote Signallampe. Alle diese Signalvorrichtungen sind unentbehrlich, denn sie vereinfachen nicht nur die Bedienung, sondern ermöglichen zudem eine optimale Ausnutzung der Anlage für mehrere Sprecher.

Zwei Arten Mikrofone finden in Sprechstellen Anwendung: das Qualitätsmikrophon mit breitem Frequenzgang, zugehörigem Uebertrager und Verstärkervorstufe (dynamische Mikrophone mit Ausgangsspannungspegel am Uebertrager von rd. 5 mV), und das hochwertige Kommandomikrophon (Abb. 20) mit hohem Pegel (30 mV) und einem elektroakustischen Anlagen so angepassten Frequenzgang, dass eine genügend getreue Wieder-

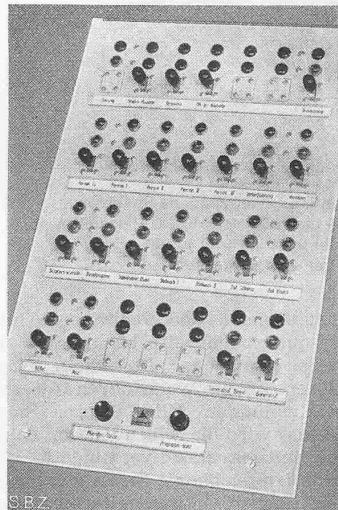
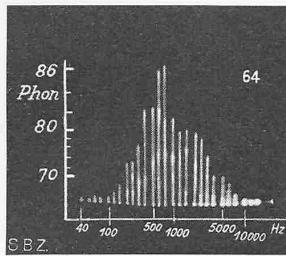


Abb. 19. Bedienungsplatte einer Hauptsprechstelle



Tonfrequenz-Spektren:
Abb. 14. Beifallklatschen

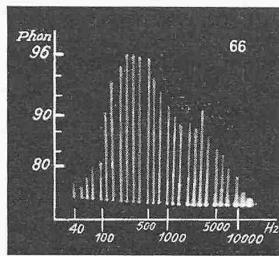


Abb. 15. Johlender Beifall mit Trommelschlägen

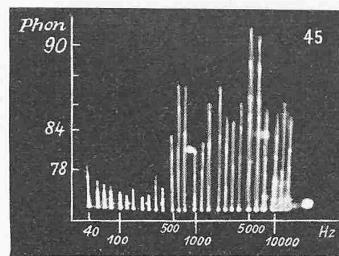


Abb. 16. Aus Bremsventilen ausströmende Luft

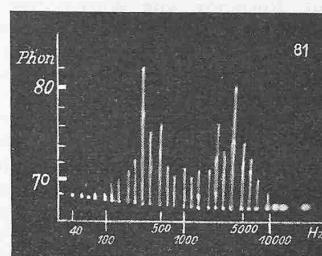


Abb. 17. Geschirr- und Registrierkassen-Geräusch

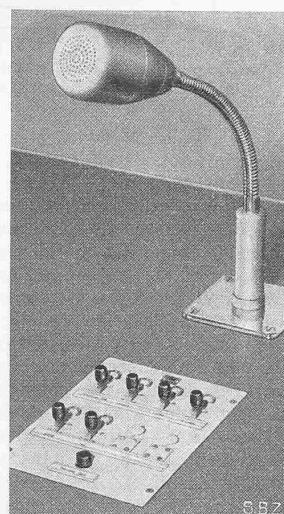
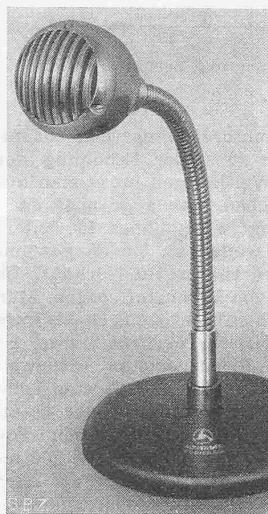


Abb. 20. Kommandomikrofon mit Gehäuse und Hals

Abb. 21. Nebensprechstelle mit Mikrofon u. Bedienungsplatte

gabe der Sprache erreicht wird. Dank dem hohen Ausgangspegel von 30 mV ist die Vorstufe überflüssig geworden und man kann den Grammoeingang eines Verstärkers benutzen.

An Stelle der Kipphebelschalter der Bedienungsplatten lassen sich auch Tasten, wie sie in der Nachrichten- und Starkstromtechnik üblich sind, verwenden. Diese Art der Steuerung bedingt jedoch einen grösseren Aufwand an Steueradern. Mithin tauscht man, je nach der Grösse der aufgewendeten Schaltmittel gegenüber der Kipphebelschalterbedienung, verschiedene Vor- und Nachteile ein. Es ist eine Ermessensfrage, ob man eine Ausführung mit Tasten oder die vom Albiswerk bevorzugte, billigere und doch sehr gefällige und praktische Ausführung mit Kipphebelschaltern (Abb. 19) wählt. Kippschalter sind beim Bau von Lautsprechergruppenanlagen mit zentralisierten Endverstärkern (wirtschaftlichste Bauart) vorteilhafter; bei dezentralisierten Endverstärkern dagegen, also bei einer Anordnung, wo jeder Lautsprechergruppe, unabhängig von der Verwendungszeit, ein eigener kostspieliger Endverstärker zugeschaltet ist, ist der Einbau von Tasten eher berechtigt. Mehraufwand von Relais entsteht dabei nicht.

b) Nebensprechstellen

Wie die Hauptansprechstellen, sind auch die Nebensprechstellen mit Mikrofon und Schalttableau ausgerüstet (Abb. 21). Von Nebensprechstellen aus kann nur eine beschränkte Anzahl von Lautsprechergruppen besprochen werden; mit dem Generalruf sind sie nicht ausgerüstet. Sperrsignale, Bereitschafts- und allfällige Störungsmeldungen erfolgen gleich wie bei einer Hauptansprechstelle. Ist der Generalruf, das Privileg der Hauptansprechstelle, eingeschaltet, werden alle neuen Belegungen von Seiten der Nebensprechstellen als «Belegt» mit rotem Licht gemeldet. Damit der Sprecher in der Nebenstelle weiß, wann die Hauptansprechstelle einen Generalruf vorbereitet und deshalb sämtliche Lautsprecher sperrt, ertönt in dem nicht besprochenen Lautsprechern als Warnung ein Ticksignal. — Vielbenützte Nebenstellen sind beispielsweise die in Küchen, Hausräumen, Zimmern, Service, Werkstätten, Lager usw. Mit Vorteil baut man für diese Zwecke sog. Einbaumikrofone in die Wand ein.

2. Anordnung der Lautsprecher

Lautsprecher in offener Bauweise sind architektonisch unschöne Gegenstände, wie das Klavier in der Wohn-

stube. Und doch muss man die Schallgeber in die zu besprechenden Räume einbauen und eine akustisch-technisch zweckmässige und ästhetisch befriedigende Lösung suchen. Bei Neubauten wird eine solche Lösung meistens gefunden, indem man die Wände mit schallschluckenden oder schalldämpfenden Auskleidungen versieht. Je nach den verfügbaren Geldmitteln strebt man heute nicht nur eine genügende Höhendämpfung an, sondern man baut die noch kostspieligeren, die tiefen Töne dämpfenden Stoffe und Konstruktionen ein. In solchen Fällen ist es ein leichtes, die Lautsprecher elegant in die Wände einzubauen und sie mit allenfalls vorhandenen oder vorgesehenen Verzierungen zu kombinieren. Der Akustiker kann bei solcher Anordnung der Lautsprecher dank der erlangten Freiheit eine gute Verteilung der Schallautstärke im ganzen Raum erreichen, der Nachhall verschwindet bis auf das erträgliche Mass. Die Sprache klingt in solchen Räumen angenehm, natürlich und weich. Eine Beschneidung des Frequenzgangs der Sprache erübrigtsich.

(Schluss folgt)

Flugtriebwerke gestern und morgen

Im folgenden wird ein Auszug aus dem Vortrag von Sir A. H. Roy Fedden wiedergegeben, der anlässlich der 32. Erinnerungsfeier der Royal Aeronautical Society in London gehalten wurde. Sir Roy Fedden ist der Schöpfer des Bristol-Schieber-Motors; er wurde vom englischen König für seine Verdienste um die englische Flugmotorenentwicklung geehrt.

Die Verwirklichung des Motorfluges wurde vor rd. 40 Jahren durch die Brüder Wright in Amerika erzielt, indem sie mit einem 40 PS-Motor flogen, den sie selbst entwerfen und bauen mussten. Seit nahezu 30 Jahren steht nun Sir Roy Fedden inmitten der Flugmotorenentwicklung, einer Entwicklung, die zu den grössten Erfolgen technischer Art in der Geschichte gehört. Leider wurde diese Entwicklung zum grossen Teil durch Furcht gefördert und durch die Vorbereitungen zu Kriegen vorwärtsgetrieben. Vom technischen Standpunkte aus gesehen, steht man heute an der Schwelle vielleicht der interessantesten Entwicklungsstufe des Flugzeugtriebwerkes. Fedden hofft, dass England, das in der Entwicklung der Flugmotoren heute an der Spitze marschiert, dafür sorgt, dass es diese Position auch in Zeiten beibehalten wird, die nicht durch ein Rüstungskrieg gekennzeichnet sind. Er glaubt, dass der beste Weg hierzu in der grosszügigen Ausbildung begeisterungsfähiger Ingenieure liege, denen entsprechende Forschungsstätten und Mittel zur Verfügung stehen.

Fedden gibt einen historischen Rückblick auf die Flugmotorenentwicklung seit 1910, wo 70 verschiedene Firmen sich mit diesem Problem befassten. Zwischen 1910 und 1914 wurde das Interesse durch die verschiedensten Rennen, Überlandflüge usw. geweckt, und war hauptsächlich eine Angelegenheit von Amateuren, wobei man schon damals den Kriegseinfluss bemerkte. Man wusste nichts vom Brennstoff, Vergasung und Zündung waren schlecht, Leichtmetalle vollkommen unentwickelt, die Geschwindigkeiten gering und die Kühlungsprobleme gross. Dann kam der erste Weltkrieg. Zuerst wurden Flugzeuge hauptsächlich für Aufklärung und als Artillerie-Beobachter verwendet, wobei Motoren von 70 bis 120 PS zur Anwendung gelangten. Der richtige Luftkrieg begann erst im Frühjahr 1916. Grossbritannien standen die Motoren Rolls-Royce-Eagle, Hispano (gebaut von Wolseley), Siddeley-Puma und Bentley zur Verfügung. Frankreich baute hauptsächlich die Rotationsmotoren und Deutschland steigerte seinen Reihenmotor mit sechs Zylindern nach und nach bis auf 300 PS. Die USA hatten den Liberty-Motor, der aber durch technische Schwierigkeiten derart spät zum Einsatz kam, dass die Reihenproduktion erst bei Friedensschluss zum Anlaufen kam. Man kann jedoch schon von dieser Zeit sagen, dass die Reihenfertigung der Motoren ein Erfolg war und bereits Ansätze