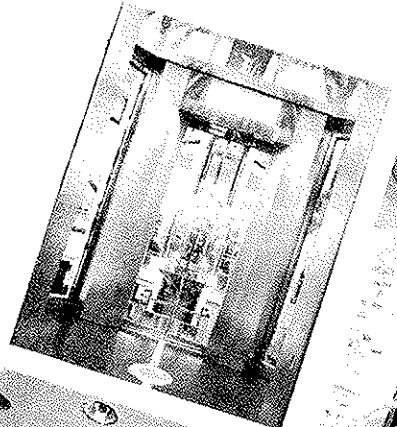


das bauzentrum

4/88

Fachzeitschrift für Architekten und Bauingenieure
Ausgabe Juli/August
ISSN 0006-688X

Aufsatz: Beschaltungstechnik in Mehrzweckgebäuden, Seite 5 — **Serie** Denkmalpflege: Erhaltung von Burgen, Seite 12 — **Wohnen**: Gestaltbauhaus, Seite 17 — **Wohnen**: Gedanken zur Baubiologie/ökologie, Seite 26 — **Porträt**: Caracalla Thermen Baden, Seite 36 — **Magazin**: Rund ums Dach, ab Seite 46 — **Grundrächer**, ab Seite 54 — **Reportage**: Sanierung eines Hirtendachs, Seite 64 — **Porzellan** und Architekt, Seite 72.



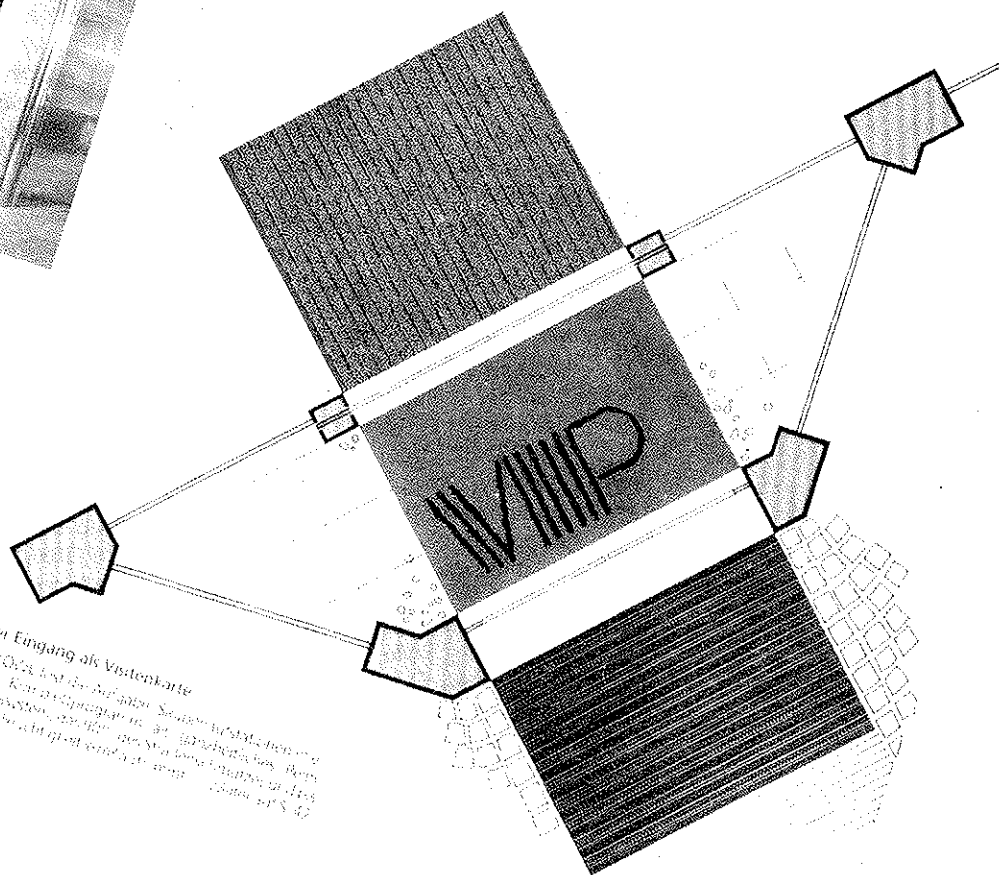
Der Eingang als Visitenkarte
Die Gestaltung des Eingangs ist ein zentraler Punkt der Architektur. Er sollte nicht nur funktionell, sondern auch ästhetisch und repräsentativ sein. Ein gut gestalteter Eingang vermittelt den Charakter des Gebäudes und lädt die Besucher ein.

das bauzentrum

3/88

Fachzeitschrift für Architekten und Bauingenieure
Ausgabe Mai/Juni
ISSN 0006-688X

Aufsatz: Beschaltungstechnik in Mehrzweckgebäuden, Seite 5 — **Praxis**: Beschaltungstechnik, Seite 11 — **Serie** Denkmalpflege: „Sammlung“ von Pressenputzen, Seite 17 — **Wohnen**: Das gefährliche Styrön? Seite 32 — **Bauschaden** durch mangelnde Koordination, Seite 40 — **Magazin**: Holz als Gestaltungsorientierung, ab Seite 47 — **Bauschaden**, Inneneinrichtung, Seite 58.



Der Eingang als Visitenkarte
Die Gestaltung des Eingangs ist ein zentraler Punkt der Architektur. Er sollte nicht nur funktionell, sondern auch ästhetisch und repräsentativ sein. Ein gut gestalteter Eingang vermittelt den Charakter des Gebäudes und lädt die Besucher ein.

Beschallungstechnik in Mehrzweckgebäuden

Volker Löwer*)

In dem folgenden Beitrag werden typische beschallungstechnische Probleme in Mehrzweckgebäuden behandelt. Er befaßt sich mit rein raumakustischen Fragestellungen. In einem zweiten Teil, der fürs nächste Heft vorgesehen ist, soll auf den elektroakustischen Aspekt der Beschallungstechnik eingegangen werden.

Einleitung

Der Begriff Mehrzweckhalle oder Mehrzwecksaal weckt unterschiedliche Assoziationen. Für Kulturinteressierte spannt sich eine ganze Palette von entsprechenden Veranstaltungen auf, an die meist positive Erinnerungen geknüpft werden. Für die Betreiber und Bauherren hingegen sind die Erfahrungen mit Mehrzweckgebäuden meist zwiespältig. Bedingt durch die angestrebte große Nutzungsvervielfältigung sind umfangreiche technische Einrichtungen für die diversen Veranstaltungen notwendig. Durch miteinander konkurrierende Anforderungen müssen Kompromisse eingegangen werden, deren Zweck- oder Unzweckmäßigkeiten maßgeblich von der genauen Erfassung der Nutzungsvarianten in der Planungsphase abhängen. Eine besondere Bedeutung erlangt heute die Integration moderner Technik in ein Gesamtkonzept.

Einen wesentlichen Aspekt bei der Planung von Mehrzweckgebäuden bildet die Beschallungstechnik, da gerade bei diesen Objekten die akustische Kommunikation eine zentrale Rolle spielt (Ansprachen, Diskussionen, Durchsagen, Musikdarbietungen etc.). Anforderungsgerechte beschallungstechnische Einrichtungen, mit oder ohne elektroakustische Hilfsmittel, erhalten dabei besondere Bedeutung. Die Vielfalt der Anforderungen, die gestiegenen Qualitätsansprüche und das breite Spektrum moderner technischer Möglichkeiten machen eine konzeptio-

nelle Fachplanung erforderlich. Erfahrungsgemäß werden beschallungstechnische Einrichtungen nicht mit der notwendigen Konsequenz konzipiert. Oft sind es gerade die Einweihungsveranstaltungen von Mehrzweckgebäuden, die die gravierenden Mängel der Einrichtungen in geradezu peinlicher Weise offenbaren. Mit den folgenden Fragen lassen sich die am häufigsten vorkommenden Mängel aufdecken.

Die häufigsten Fehler

Erscheint Ihnen der Nachhall zu lang oder zu kurz oder wird ein akustisches Ereignis mehrmals nacheinander gehört?

Klagen Akteure darüber, daß sie sich auf der Bühne nicht gut hören können?

Ist die Sprachverständlichkeit auf allen Zuhörerplätzen ausreichend?

Wird die Sprachverständlichkeit durch Zuschalten der Ela-Anlage**) verbessert?

Ist die Wiedergabelautstärke im ganzen Auditorium befriedigend?

Treten störende Nebengeräusche wie Brummen, Rückkopplung oder Rauschen auf?

Wird die Ausstattung den anfallenden Anforderungen gerecht (Bedienbarkeit, Bühnenstandorte, Lage und Anzahl der Mikrofonanschlüsse etc.)?

*) Dipl. Phys. Ing., Ingenieurbüro für Beschallungstechnik, 6094 Bischofsheim

**) Elektroakustische-Anlage

Um Mißverständnissen vorzubeugen soll vor den weiteren Ausführungen noch erläutert werden, was im einzelnen unter Beschallungstechnik zu verstehen ist. Die physikalischen Zusammenhänge des Themenkomplexes können in diesem Artikel nur angerissen werden; in Wirklichkeit sind die Wirkzusammenhänge diffiziler als es dieser Aufsatz beschreiben kann. Die wesentlichen Aspekte sollen jedoch so eingehend dargestellt werden, daß die Problematik sichtbar wird.

Begriffsbestimmung

Die Beschallungstechnik befaßt sich mit der Übertragung von Schallereignissen schlechthin, zum einen in Gebäuden, zum anderen auch im Freien, mit oder ohne elektroakustische Hilfsmittel. Die Beschallungstechnik sorgt dafür, daß die vorgetragenen Töne in der gewünschten Art und Weise beim Zuhörer ankommen. Ihre Hauptaufgabengebiete sind: die Raumakustik — Elektroakustik — Gehörphysiologie/Gehörpsychologie.

Die Raumakustik beschäftigt sich mit der bautechnischen Gestaltung von Räumen im Hinblick auf ihre akustischen Eigenschaften. Es sind besonders die Formgebung, die Materialauswahl des Innenausbaus und die Ausstattung von Räumen zu nennen, die dem jeweiligen Verwendungszweck akustisch angepaßt werden müssen. Hier ist auch die Grenze zwischen Raumakustik und anderen akustischen Gebieten der Bauphysik sichtbar, die alle dem Zweck dienen, Störpegel durch entsprechende bautechnische Maßnahmen unter bestimmten Grenzwerten zu halten (Schallschutz, Bauakustik).

Die Raumakustik kann als Grundlage aller Maßnahmen der elektronischen Beschallungstechnik angesehen werden. Es ist zunächst immer von Vorteil, allein durch raumakustische Maßnahmen, die letztlich bautechnische Ausführungen darstellen, die Hörsamkeit in einem Raum zu optimieren. Raumakustische Maßnahmen haben in der Regel keinen Wartungsaufwand und sind sicher vor Fehlbedienung.

Die Forderungen nach immer größeren zu beschallenden Flächen und nach größerer Flexibilität bringt die elektronische Beschallungstechnik, also einen bestimmten Teilbereich der Elektroakustik, immer mehr in den Vordergrund der gesamten Beschallungstechnik [1].

Die Fragestellung soll hier lauten: Wo sind die Grenzen von reinen bautechnischen Maßnahmen zur Erreichung von guter Hörsamkeit, und wo beginnt der sinnvolle Einsatzbereich von elektroakustischen Hilfsmitteln?

Weiterhin spielt für die Beschallungstechnik die Gehörphysiologie/Gehörpsychologie insofern eine Rolle, da sie immer das letzte Glied der Übertragungskette Akteur—Zuhörer ist. Liegen nämlich die objektiven physikalischen Parameter einer Übertragungskette fest, so spielen die gehörphysiologischen/gehörpsychologischen Vorgänge für das von den Zuhörern empfundene Ereignis eine entscheidende Rolle. Hierbei ist für die Beschallungstechnik von wesentlicher Bedeutung, welche physikalischen Effekte von Ohr und Gehirn sozusagen gehört oder überhört werden. Die Kenntnis der elementaren Zusammenhänge und deren zielgerichtete Ausnutzung ist ein ganz wichtiger Bestandteil der Beschallungstechnik [1, 2, 4].

Grundlagen der Gehörphysiologie/-psychologie

Die Schallwellen, die auf unsere Ohren einwirken, erzeugen eine Vielzahl von Reizmeldungen, die an das Gehirn zur Informationsverarbeitung weitergeleitet werden. Dort werden diese Informationsflüsse zu Wahrnehmungen und Empfindungen aufbereitet. Der wahrnehmbare Frequenzumfang erstreckt sich von etwa 16 Hz bis 20 000 Hz. Die Hörschwelle liegt bei 2×10^{-4} μ bar Schalldruck (= 0 dB Schalldruckpegel), die Schmerzgrenze wird bei 2×10^4 μ bar erreicht (= 140 dB Schalldruckpegel). Der Dynamikumfang des Ohrs entspricht damit einem Verhältnis von 1 zu 100 Million vom leisesten wahrnehmbaren Geräusch bis zur Schmerzgrenze. Die Richtungserkennung erfolgt

durch die Wahrnehmung von Lautstärkeunterschieden (Abschattung durch den Kopf) und Unterschieden zwischen den Ankunftszeiten der gleichen Schallwelle an beiden Ohren. Gegenüber der Medianebene des Kopfes sind damit Richtungsänderungen von 3 Grad noch erkennbar [5].

Eine weitere wichtige Frage ist, inwieweit unser Gehör in der Lage ist, nacheinander eintreffende Schallereignisse voneinander zu unterscheiden. Dabei muß differenziert werden, ob es sich bei den Schallereignissen um Gleiches oder Verschiedenes handelt. In der Beschallungstechnik ist der Fall, daß gleiche Ereignisse zu unterschiedlichen Zeiten an unsere Ohren gelangen, für die Verständlichkeit, den Lautstärkeindruck und die Ortbarkeit der Quelle entscheidend. Unterschiedliche Ankunftszeiten des gleichen Ereignisses können durch Reflexionen (Schallrückwürfe) an Begrenzungsflächen wie Decken und Wänden sowie durch den Einsatz von elektroakustischen Anlagen hervorgerufen werden. Die unterschiedlichen Ankunftszeiten des gleichen Schallereignisses am Ohr können sich sowohl positiv als auch negativ auswirken. Ob sie die Verständlichkeit und den Lautstärkeindruck fördern oder zu störendem, getrenntem Hören des Ereignisses führen, hängt von ihrer Lautstärkedifferenz und der Zeitdifferenz ihres Eintreffens ab. Der Zusammenhang ist in Abbildung 1 dargestellt [1, 4].

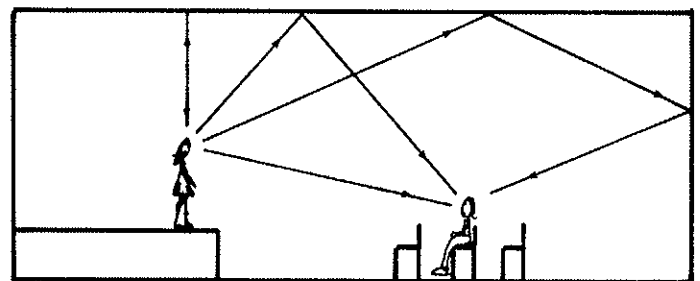
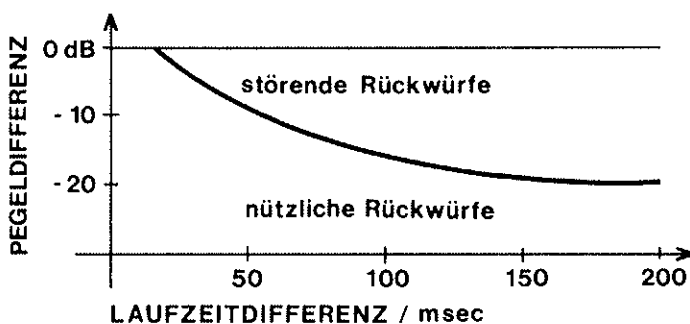


Abb. 1: Grenze zwischen einem nicht störenden, einzelnen Schallrückwurf mit wachsender Laufzeitdifferenz [4]. Rechts: Abb. 2: Direktschall und Reflexionen in einem Raum.

Die Raumakustik

Schallreflexionen

Um zu verdeutlichen, welchen Einfluß das Vorhandensein eines Raumes auf die Hörsamkeit hat, stellen wir uns folgendes Beispiel vor: Eine Person steht im freien Gelände etliche Meter von uns entfernt. Sie versucht uns etwas zuzurufen. Der Kraftaufwand der Sprechenden Person ist groß, und die Verständigung ist nicht gut.

Denken wir aber an eine Person, die in einem Raum in gleicher Entfernung von uns steht und mit uns spricht: Aus der Erfahrung wissen wir, daß die Verständigung in einem Raum weniger Kraftaufwand der Sprechenden Person erfordert. Der Raum scheint die Stimme zu unterstützen, zu tragen. Dies liegt darin begründet, daß ein Teil der beim Sprechen ausgesandten akustischen Energie unser Ohr erst über Umwege erreicht, zeitlich also später als der direkte Schall vom Sprechenden zum Zuhörenden eintrifft. Diese Umwege entstehen durch Reflexionen eines Teils der akustischen Energie, also der Schallwellen, an Decke, Boden, Wänden etc. (Abb. 2, linke Seite rechts unten).

Im freien Feld gibt es aber keine solchen Reflexionsflächen, die Energie verteilt sich nahezu gleichmäßig in alle Raumrichtungen, während der Raum die Lenkung der akustischen Energie ermöglicht.

Aus der Kenntnis dieser Zusammenhänge über unser Gehör läßt sich folgendes feststellen: Um gute Hörsamkeit zu erreichen, ist in erster Linie die Schaffung von nützlichen Reflexionen bei gleichzeitiger Vermeidung störender Reflexionen von größter Wichtigkeit. Die Schaffung reflektie-

render Flächen kann durch die Formgebung des Raumes und die Art und Anordnung der Innenausbaumaterialien erfolgen [4].

Die Fläche, die sich am besten zur Hervorbringung von nützlichen Reflexionen eignet, ist die Decke. Sie darf allerdings nicht höher als 8,5 Meter sein, damit die Reflexionen nicht zu spät beim Zuhörer eintreffen und dadurch schädliche Wirkung haben. Die meisten Gebäude haben geringere Deckenhöhe als 8,5 Meter. Die Gefahr einer Echobildung besteht damit nicht [2, 4].

In vielen Mehrzweckgebäuden wird diese wichtigste Reflexionsfläche durch eine abgehängte Akustikdecke wirkungsvoll außer Kraft gesetzt. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich, wenn in einem Gebäude sowohl kulturelle wie auch Sportveranstaltungen stattfinden sollen. Zur Senkung des Geräuschpegels bei Sportveranstaltungen werden meist Akustikdecken eingezogen, die ihre größte Schallschluckfähigkeit im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 8 kHz haben (Abb. 4). Dadurch ist mit nützlichen Deckenreflexionen in diesem für Sprache und Musik so wichtigen Frequenzbereich nicht mehr zu rechnen.

Selbst wenn die Messung der Nachhallzeit akzeptable Werte ergibt, führt eine schallabsorbierende Decke oberhalb der Bühnenfläche zu folgenden Effekten: Bei Sprachdarbietungen reicht die Verständlichkeit (ohne Ela-Anlage) nur bis in die vordersten Sitzreihen. Außerdem fehlt den Vortragenden das Gefühl, daß der Raum ihre Darbietungen unterstützt. Die Kontrolle des Vorgetragenen durch den Akteur selbst ist nämlich auch vom Vor-

handensein von entsprechenden Reflexionen abhängig. Weiterhin ist das Zusammenwirken von mehreren Vortragenden, z. B. eines Chores, beeinträchtigt, da die Akteure hier auf gutes „sich gegenseitig Hören“ angewiesen sind. Das wird auch durch entsprechende Schallrückwürfe stark unterstützt. Gerade im Bühnenbereich ist eine entsprechend gestaltete schallreflektierende Deckenkonstruktion von äußerster Wichtigkeit.

Ist die Decke eines Raumes nun durch eine schallabsorbierende Decke so absorptiv, daß von ihr keine nützlichen Reflexionen mehr ins Publikum gelenkt werden können, kann durch Anbringung von Reflektorelementen die Hörsamkeit verbessert werden. Die Reflektorelemente werden so angeordnet, daß ein möglichst großer Teil der von den Vortragenden ausgesandten akustischen Energie in entsprechenden Winkeln ins Publikum gelenkt wird (Abb. 3). Dabei ist dafür zu sorgen, daß auch ausreichende Diffusität der Reflexionen gewährleistet ist. Zu diesem Zweck werden die Reflektorelemente in viele verschiedene Teilelemente aufgelöst, die in Aufhängungswinkeln, Größe und Form variieren sollten. Als Werkstoff, aus dem die Reflektorelemente gefertigt werden können, eignen sich viele schallharte Materialien mit einem Flächengewicht von mindestens 20 kg/m², wie z. B. entsprechend dicke Plexiglas- oder Spanplatten. Auf weitere Einzelheiten der Erzeugung von nützlichen Reflexionen, auch durch andere Raumbegrenzungen als die Decke, kann hier nicht weiter eingegangen werden. Festzustellen bleibt, daß bei Räumen mit einem Volumen von nicht mehr als ca. 2000 m³ auf jeden Fall überprüft werden sollte, ob die Möglichkeiten nützliche Reflexionen zu schaffen ausgeschöpft worden sind und dadurch eine elektroakustische Übertragungsanlage eventuell überflüssig wird. Oftmals wird nämlich versucht, einen Raum mit schlechter Hörsamkeit durch eine Be-

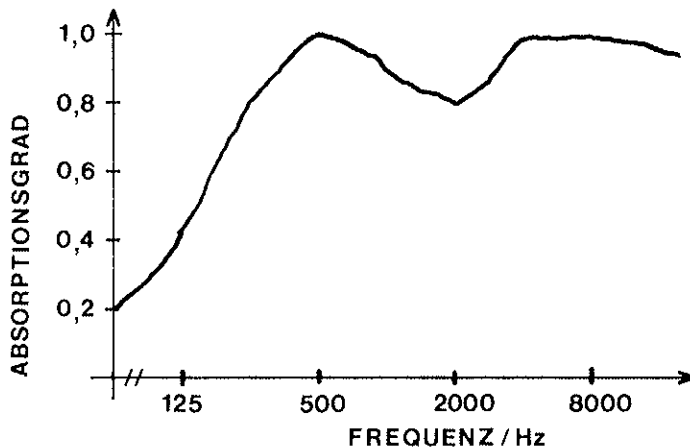
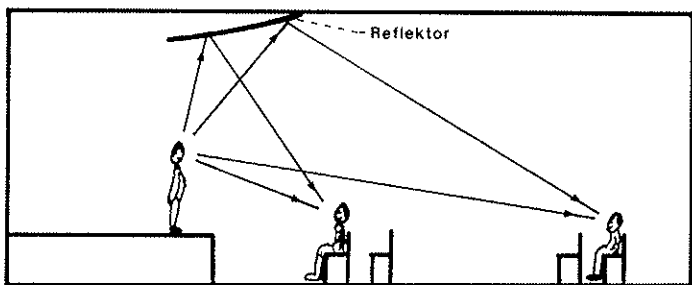


Abb. 4: Einsatz eines Reflektors über dem Bühnenbereich zur geometrischen Lenkung nützlicher Reflexionen. — Rechts: Abb. 3: Typischer Absorptionsfrequenzgang einer Akustikdecke.

schallungsanlage akustisch zu verbessern, ohne jedoch die Ursachen der schlechten Hörsamkeit in angemessener Weise zu berücksichtigen. Diese Ursachen müssen aber bei der Konzeption einer elektroakustischen Übertragungsanlage auf jeden Fall berücksichtigt werden, da die Gefahr besteht, daß die unerwünschten raumakustischen Eigenschaften verstärkt in Erscheinung treten [1, 2, 3, 4].

Die Nachhallzeit

ist für die Beurteilung der Raumakustik immer noch eines der wichtigsten Kriterien. Der Nachhall entsteht durch wiederholte Reflexionen des Schalls an den Raumbegrenzungen. Zur Erinnerung der physikalischen Definition sei noch bemerkt: Die Nachhallzeit T_{60} ist die Zeit, nach der die Energie eines Schallereignisses auf ein Millionstel abgefallen ist. Dies entspricht einem Abfall des Schalldruckpegels um 60 dB (Abb. 5) [3, 5].

Für den raumakustischen Entwurf ist die Festlegung der Nachhallzeit (genauer gesagt des Nachhallfrequenzganges, d. h. die Nachhallzeiten in verschiedenen Frequenzbändern) ein Hauptpunkt der Konzeption. Die Frage nach der optimalen Nachhallzeit wird immer wieder an uns herangetragen. Die Antwort ist: Für die verschiedenen Arten von Veranstaltungen und Raumgrößen ergeben sich verschiedene optimale Nachhallzeiten.

Aus Abb. 6 lassen sich die anzustrebenden Nachhallzeiten für Sprach- und Musikveranstaltungen für verschiedene Raumgrößen entnehmen. Es ist zu erkennen, daß für Musikveranstaltungen längere Nachhallzeiten zugelassen werden können als bei Sprachdarbietungen in gleichgroßen Räumen. Dies trägt unter anderem auch der Voreingenommenheit

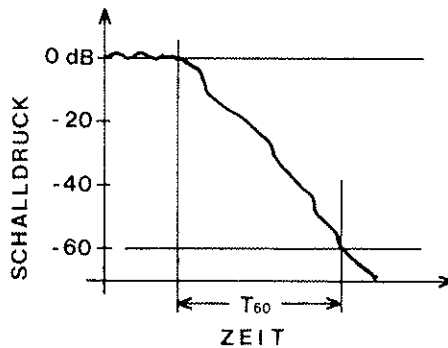


Abb. 5: Nachhallkurve (Abnahme des Schalldruckes nach Fortfall der Erregung).

der Zuschauer Rechnung, die von einem großen Raum auch eine längere Nachhallzeit als von einem kleinen Raum gewohnt sind. Die Unterschiede zwischen den erstrebenswerten Nachhallzeiten für Sprache und Musik erklären sich dadurch, daß bei langer Nachhallzeit eine Silbenverwischung der gesprochenen Worte einsetzt, die die Verständlichkeit von Sprache herabsetzt [1].

Bei Musik dagegen führt längere Nachhallzeit zu einem Eindruck von mehr „Klangfülle“. Die Silbenverständlichkeit spielt bei Musik, wenn überhaupt, dann nur eine untergeordnete Rolle; vielmehr ist die Verschmelzung der einzelnen Töne erwünscht.

Aber welche Faktoren bestimmen nun die Nachhallzeit? Sie wird durch das Verhältnis von vorhandenem Raumvolumen gegenüber der gesamten schallabsorbierenden Fläche des Raumes bestimmt. Dazu müssen jedoch die Absorptionskoeffizienten (Schallschluckgrade) aller Begrenzungsflächen bekannt sein, was die rechnerische Abschätzung meist sehr schwierig macht. Empfehlenswert ist immer die baubegleitende Überprüfung der Nachhallzeiten in den verschiedenen Bauphasen, mit der eine gezielte Beeinflussung der Nachhallzeit gewährleistet ist.

Als wesentliche Absorptionsfläche ist in jedem Fall auch das Publikum zu berücksichtigen. Allerdings hängt deren Einfluß

stark davon ab, wieviele Zuschauer sich in einem wie großen Volumen befinden. Die kritische Größe heißt Volumen pro Zuschauer. Es sind im folgenden nur die Tendenzen und Grenzwerte aufgeführt:

Bei 3 bis 4 m³ pro Person bilden allein die Zuschauer schon eine so große Absorption, daß die gewünschten Nachhallzeiten für mittlere und höhere Frequenzen oft schon unterschritten werden.

Bei mehr als 8 m³ pro Person vermindert sich der Einfluß der Zuschauer auf die Nachhallzeit so weit, daß zusätzliche absorptive Flächen geschaffen werden müssen, um die angestrebten Nachhallzeiten zu erreichen [2, 4, 6].

Die vorher erwähnten Akustikdecken mit starker Absorption im mittleren und höheren Frequenzbereich werden oft zur Steuerung der Nachhallzeit eingesetzt. Leider werden jedoch oft nur die Decken stark absorbierend ausgeführt, während alle anderen Raumbegrenzungen stark reflektierend, glatt und parallel, also ohne Gliederung gestaltet werden. Dies hat

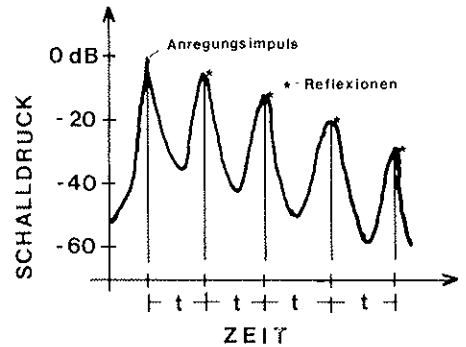


Abb. 7: Schalldruckverlauf eines typischen Flatterechos mit der Zeit (periodisch wiederkehrende Reflexion nach einmaliger Anregung z. B. durch einen Schuß oder Knall).

Deubau-Preis '89 für junge Architekten

Anläßlich der 14. Internationalen Baufachmesse Deubau '89 wird dieser mit 20000,— DM dotierte Preis für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet des Planens und Bauens wieder ausgeschrieben. Die Preisbewerber dürfen zum Zeitpunkt der Verleihung (24. Nov. 1988) das 39. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, und sie müssen die deutsche Staatsangehörigkeit besitzen. Die Arbeit soll einen praktischen oder theoretischen Beitrag zum Leitthema der Messe leisten: „Umweltgerechtes Bauen, fachgerechtes Modernisieren, gesundes Wohnen“. Information: Bund Deutscher Architekten BDA, Ippendorfer Allee 14B, 5300 Bonn 1.

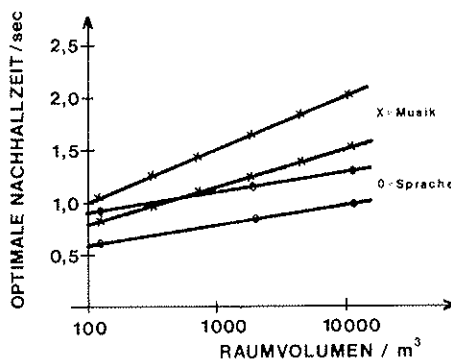


Abb. 6: Bereiche optimaler Nachhallzeiten für Sprache und Musik in Abhängigkeit vom Raumvolumen [4].

nicht nur zur Folge, daß nützliche Reflexionen verhindert werden, sondern führt auch nicht selten zur Ausbildung von sogenannten Flatterechos, die die Hörsamkeit wesentlich verschlechtern. Ein Flatterecho tritt nämlich immer dann auf, wenn der Schall zwischen zwei schallharten Wänden mehrmals reflektiert wird, ohne wesentlich an Pegel abzunehmen (Abb. 7). Bei kleinen Wandabständen entsteht so ein flatterndes Geräusch [1].

Dieser Effekt wird besonders dann hörbar, wenn er nicht vom Nachhallen des Raumes überdeckt wird. Die Hörbarkeit dieser störenden Erscheinung wird also durch das Vorhandensein einer stark absorbierenden Decke unterstützt, da sie den Nachhall schneller abklingen läßt und außerdem Reflexionen zwischen Boden und Decke verhindert, die die zeitlichen Lücken zwischen den einzelnen Echos ausfüllen könnten und durch einen gleichmäßiger abfallenden Nachhall ergäben (Abb. 8).

Dieser Effekt ist besonders häufig in Mehrzweckhallen mit rechteckigem Grundriß zu finden, die, mit Rücksicht auf

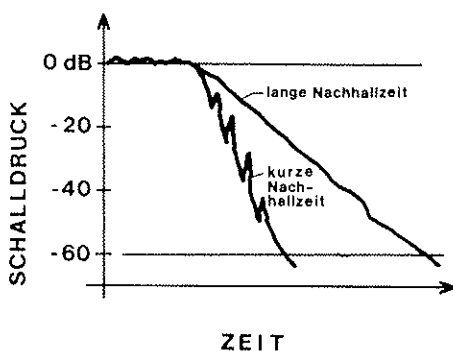


Abb. 8: Verdeckung eines Flatterechos durch Verlängerung der Nachhallzeit oder Hervortreten eines Flatterechos bei einer Verkürzung der Nachhallzeit.

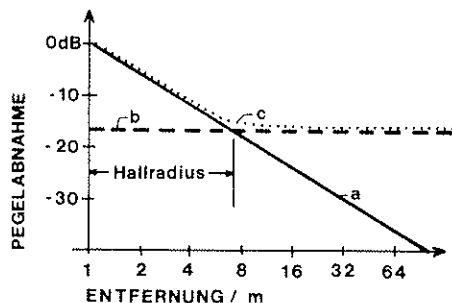


Abb. 9: Hallradius. — a) Schallpegelabnahme im freien Schallfeld; b) Nachhall im geschlossenen Raum; c) Resultierender Schallpegelverlauf von a) und b): Schallpegelabnahme in einem geschlossenen Raum in Abhängigkeit vom Abstand von der Schallquelle [5].

Sportveranstaltungen, eine stark absorbierende Decke bei sonst glatten, schallharten, parallelen Wänden aufweisen. Abhilfe kann geschaffen werden, indem die Flächen, die das Flatterecho erzeugen, teilweise mit absorptivem Material belegt werden. Noch besser ist, die reflektierenden Flächen so zu gliedern, daß eine größere Diffusität der Reflexionen entsteht. Dies sollte jedoch schon beim Entwurf solcher Bauten berücksichtigt werden [2, 4]. Die Aufgabe derjenigen, die Raumakustik betreiben, liegt also darin, die Formgestaltung und den Innenausbau eines Raumes so zu beeinflussen, daß die Bühne und das Auditorium mit nützlichen Reflexionen ausreichender Intensität und Diffusität versorgt werden. Gleichzeitig ist der Nachhallfrequenzgang des Raumes auf die entsprechenden Anforderungen auszulegen, für manche Anwendungen sogar variabel zu gestalten.

Mit der Kenntnis der Nachhallzeit und des Raumvolumens kann auch der Hallradius ermittelt werden. Er ist der Abstand von einer Schallquelle in einem Raum, bei wel-

chem der Pegel des Nachhalls genauso groß wie der Pegel des direkten Schalls ist (Abb. 9) [3, 5, 6]. Ab diesem Abstand von der Schallquelle gibt es keine gute Verständlichkeit mehr. Verbesserung kann durch näheres Herangehen an die Schallquelle erreicht werden, oder aber durch den Einsatz einer elektroakustischen Übertragungsanlage, die, wenn sie richtig konzipiert und ausgeführt wird, den Zuhörer gewissermaßen näher an die Schallquelle heranbringt.

Der zweite Teil dieses Beitrags wird sich mit dieser Thematik beschäftigen.

Literaturverzeichnis

- [1] Ahnert, W.; Reichardt, W.: Grundlagen der Beschallungstechnik. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1981.
- [2] Cremer, L.; Müller, H. A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik, Band 1. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1978.
- [3] Heckel, M.; Müller, H. A.: Taschenbuch der Technischen Akustik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1975.
- [4] Hartmann, G.: Praktische Akustik, Band 2. R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1968.
- [5] Veit, Ivar: Technische Akustik. Vogel Verlag, Würzburg, 1978.
- [6] Davis, Don; Davis, Carolyn: Sound System Engineering. Howard W., Sams & Co., 1987.