



# Angewandte Raumakustik

## Optimierung eines Tonstudios Teil 2: Zielsetzung

## Von Werner Schwierzock

Im ersten Teil hatte ich beschrieben, welche Eigenschaften eines Raumes den Akustiker interessieren. Dabei habe ich erläutert, wie unser Tonstudio vor der Umgestaltung aussah. Im zweiten Teil geht es darum zu beschreiben, was wir verändern wollen, damit der Raum für die Nutzung akustisch optimiert wird.

Damit wir überhaupt eine sinnvolle Aussage darüber treffen können, was optimal ist, muss uns klar sein, was der Raum können bzw. nicht können soll. Was wir wollen, ist eine von uns gefertigte Aufnahme unter neutralen Bedingungen abzuhören, also ohne Veränderungen bei der Wiedergabe.

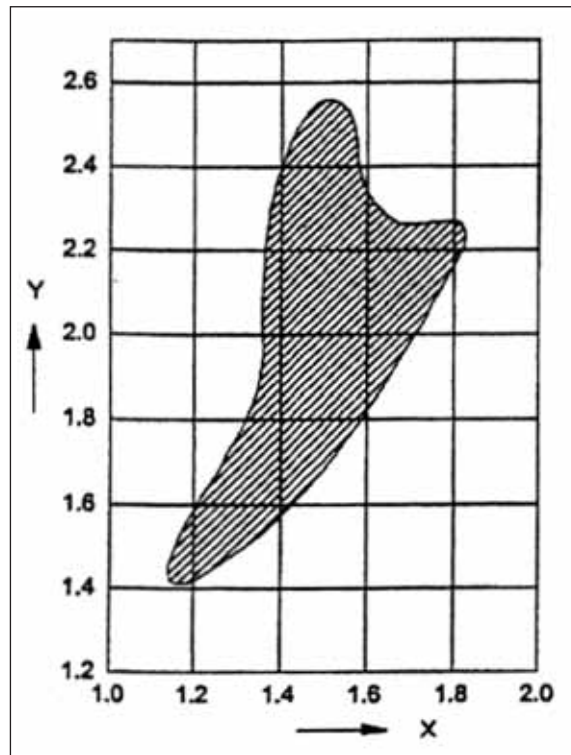
Die Qualität vor allem der Klangfarbe und der räumlichen Abbildung soll ohne störenden Raumeinfluss beurteilt werden können. Denken wir an einen Maler und sein Bild, der dieses auch nur im rechten Licht beurteilen kann. Welcher Raum der richtige ist und wie ein guter Regieraum aufgebaut sein soll, ist gar nicht so einfach zu beantworten, denn es gibt hierzu eine Reihe von verschiedenen Meinungen. Sehen wir uns daher doch mal die nationalen und internationalen Normen und Regelwerke über Studio- bzw. Abhörräume an. Im Wesentlichen lassen sich daraus fünf wichtige Kriterien herauslesen, die im Kasten „Anforderungen an Hör- und Regieräume“ sowie in Abbildung 1 zu finden sind.

Was steckt nun hinter diesen fünf Kriterien? Zuerst die Raumabmessungen. Neben den ganz grundlegenden Aspekten der Größe und Höhe, welche das Raumgefühl stark beeinflussen, bestimmen die Abmessungen die Ausbildung der Raummoden. Erinnern wir uns an den ersten Teil, in dem ich beschrieben habe, dass bis etwa 200 Hz das Schallfeld im Raum sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Erst bei mittleren und hohen Frequenzen erreicht unser Ohr dann annähernd das Schallfeld, welches auch vom Lautsprecher erzeugt wurde. Wir können mit der Wahl der Raumabmessungen zwar nicht die Entstehung von Raummoden verhindern, wohl aber deren Zusammensetzung bei den einzelnen Frequenzen gestalten. Günstig sind dabei Verhältnisse von Länge, Breite und Höhe wie sie bei unseren fünf Kriterien dargestellt sind.

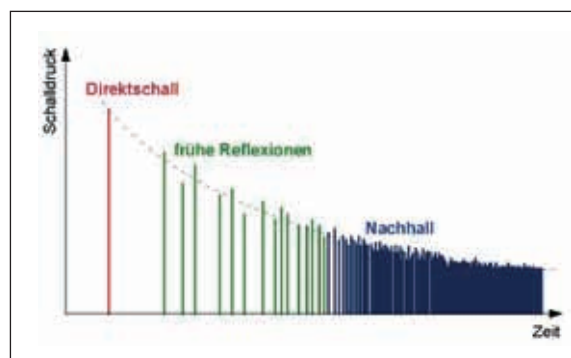
Wenn wir günstige Raumabmessungen haben, verteilen sich die Raummoden insgesamt gleichmäßiger auf die einzelnen Frequenzbereiche und nehmen dabei stetig in der Anzahl wie bei einer Treppe zu. In unserem Studio ist die Aufteilung nicht ganz optimal. Bei 31,5 Hz fallen zwei Moden zusammen, bei 40 Hz gibt es dagegen keine. Allerdings ist die Moden-Verteilung ab 50 Hz aufwärts in Ordnung. Unser Studioraum kann in seinen Abmessungen nachträglich nicht mehr wesentlich verändert werden, wir müssen also mit diesem Problem leben. Bei Neuplanungen ist es aber ratsam, günstige Raumproportionen bereits von vorneherein zu schaffen.

## Nachhall

Der zweite Punkt ist die Gestaltung der Nachhallzeiten. Für das vorliegende Volumen wäre nach Norm eine mittlere



Günstige Raumproportionen für Rechteckräume mit den Relativabmessungen 1:X:Y



Direktschall, frühe Reflexionen und Nachhall

Nachhallzeit von rund 0,3 s optimal. Bei tiefen Frequenzen darf diese bis 0,6 s ansteigen, bei hohen Frequenzen bis 0,2 s abfallen. Dabei sollte der Verlauf insgesamt ausgewogen sein. Um die Nachhallzeit zu gestalten, brauchen wir bestimmte Schallabsorber im Raum. Im ersten Teil habe ich dargestellt, welche Typen von Absorbieren es gibt und wie diese wirken. Doch wo werden diese Absorber nun aufgebaut? In den meisten Fällen eignet sich hierfür die Decke und ein Teil der Wände. Um ausgewogene

# Anforderungen an Hör- und Regieräume

## 1. Raumabmessungen

Der Raum soll eine Grundfläche von etwa 30 - 70 m<sup>2</sup> aufweisen.

Die Abmessungen sollen in folgendem Bereich liegen:

$(1,1 \times \text{Breite} : \text{Höhe}) < (\text{Länge} : \text{Höhe}) < ((4,5 \times \text{Breite} : \text{Höhe}) - 4)$   
und  $(\text{Länge} < 3 \times \text{Höhe})$  und  $(\text{Breite} < 3 \times \text{Höhe})$

## 2. Reflektionen

Frühe Reflektionen am Hörplatz bis ca. 15 ms nach Eintreffen des Direktschalls sollen mind. 10 dB unter dem Direktschallpegel liegen.

## 3. Nachhallzeit

Die Nachhallzeiten im Frequenzbereich von 200 – 4.000 Hz sollen  $0,2 \text{ s} < T_m < 0,4 \text{ s}$  betragen. Das Toleranzband beträgt zwischen 200 – 8.000 Hz +/- 0,05 s bzw. unter 200 Hz bis zu + 0,3 s.

## 4. Fremdgeräusche

Fremdgeräusche sollen die Kurve NR < 10 bis 15 dB nicht überschreiten

## 5. Lautsprecher und Hörplatz

Das akustische Zentrum der Lautsprecher soll am Hörplatz auf Ohrhöhe, das heißt ca. 1,2 m über Oberkante-Fußboden liegen.

Der Abstand Lautsprecher – Wand soll mindestens 1 m, der Abstand Hörplatz – Wand wenigstens 1,5 m betragen.

Für viele Toningenieure ist eine hohe Bedämpfung des Raumes akzeptabel, und es treten nicht selten Nachhallzeiten von nur noch 0,2 s auf. Für viele Musiker ist dies aber schon viel zu viel bedämpft, und sie fühlen sich in solchen Räumen nicht mehr wohl. Es ist also wichtig, vorher mit dem Auftraggeber zu besprechen, was er möchte und welche Akustik für ihn noch angenehm ist. Wir haben uns in unserem Studio auf etwa 0,4 s geeinigt, was etwas über den Normwerten liegt.

Die Art und Platzierung der Absorber ergibt sich im Weiteren aufgrund der benötigten Fläche und der erforderlichen Lage, um frühe Reflektionen zu bedämpfen. Bevor wir aber zu diesem dritten Punkt kommen, möchte ich noch kurz beschreiben, wie unsere Absorber für das Studio aussehen sollen. Für die tiefen Frequenzen verwenden wir an zwei Wänden vollflächige Aufbauten aus Gipskartonplatten und einem Hohlraum dahinter, der akustisch bedämpft wird. Den genauen Aufbau und die Lage werde ich im dritten Teil dieser Serie beschreiben. Für den Mittelhochtonbereich setzen wir hochabsorbierende Platten aus Polyesterfasern ein. Alternativ könnten auch geeignete Akustik-Mineralfaserplatten oder Melaminharzschaumstoffplatten verwendet werden. Ein Teil der Platten kommt an die Decke und der Rest an die vorderen Wandflächen. Da wir den Raum gar nicht so übermäßig bedämpfen wollen, setzen wir das Material sparsam ein.

## Frühe Reflektionen

Jetzt zu den frühen Reflektionen. Gemeint sind starke, also energiereiche Reflektionen, welche bis etwa 15 ms nach der Direktschallwelle am Ohr eintreffen. Um zu verstehen, was diese hervorrufen können, unternehmen wir im Info-Kasten „Frühe Reflektionen“ einen kleinen Ausflug in das Reich der Psychoakustik. Diese frühen Reflektionen können die Klangfarbe und die räumliche Darstellung verändern. In unserem Studio treffen sie am Abhörplatz über die niedrige Decke und die vorderen Seitenwände ein. Wir können also gezielt an diesen Stellen Absorber platzieren, um diese stark abzumindern. Alternativ könnten wir auch Diffusoren einsetzen, die eine gerichtete Reflektion verhindern (siehe Abb. 3 und 4).

akustische Verhältnisse zu schaffen, ist es meist ratsam, die Absorber an verschiedenen Flächen im Raum zu verteilen. Wenn wir die Absorber geschickt platzieren, können wir damit auch die frühen Reflektionen am Abhörplatz sinnvoll beeinflussen. Bei der Frage der richtigen Raumbedämpfung scheiden sich aber schnell wieder die Geister.

Abb. 3

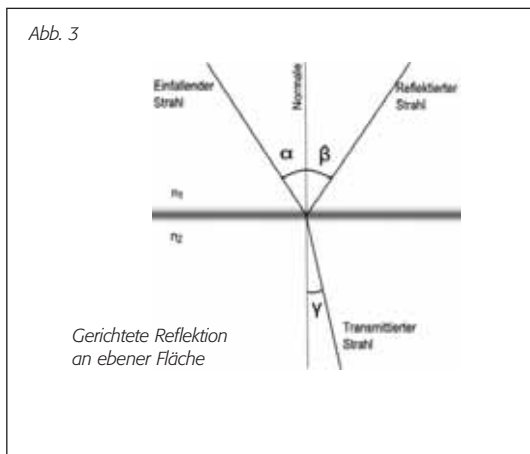
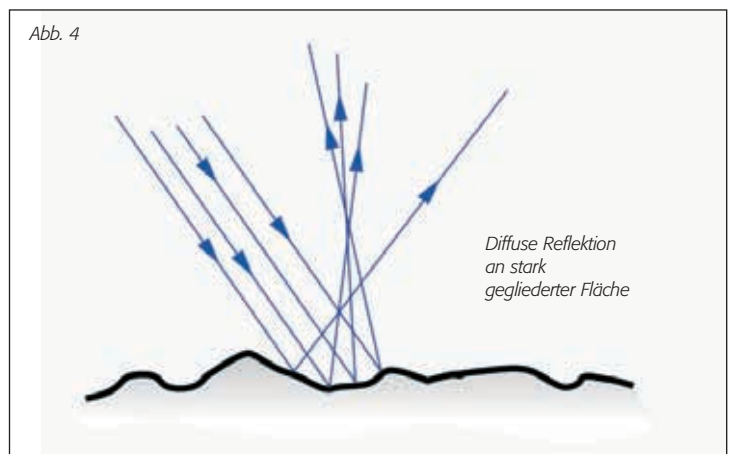


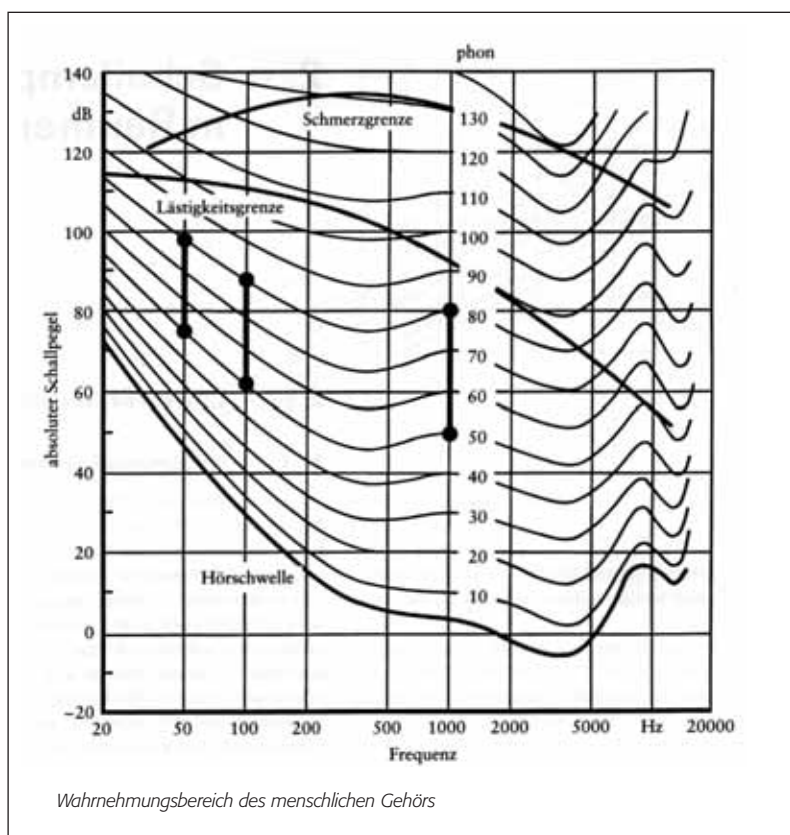
Abb. 4



In unserem Studio gibt es noch einen weiteren Verursacher von frühen Reflektionen – die Arbeitsplatte auf der die Lautsprecher aufgestellt sind. Wir werden also die Größe der Platte wesentlich verändern müssen. In vielen Regieräumen bleibt aber immer noch das Mischpult als massive Reflektionsfläche. Hier gibt es meines Wissens noch keine wirklich gute Lösung.

Die Fremd- oder Störgeräusche im Raum spielen bei der Wiedergabe ebenfalls eine wichtige Rolle. Da unser Gehör keinen linearen Frequenzgang hat, muss das Störgeräusch auch frequenzabhängig bewertet werden. Die hierzu vorliegenden NR-Kurven bilden annähernd unseren Hörverlauf nach. Dabei wird berücksichtigt, dass unser Gehör bei sehr niedrigen Lautstärkepegeln tiefe und hohe Frequenzen wesentlich schlechter wahrnimmt als mittlere Frequenzen (vgl. Abb. 5). In vielen Fällen ist das Thema Störgeräusche eine große Herausforderung für den Akustiker, da sowohl Verkehrsgeräusche von außen, Geräusche aus baulich verbundenen Räumlichkeiten und Geräusche aus technischen Geräten und haustechnischen Anlagen stören können. Einen ruhigen Studioraum zu schaffen erfordert daher eine sorgfältige Planung und sollte dem Fachmann überlassen werden. Bei unserem Tonstudio können wir uns aber getrost zurücklehnen, da wir keine problematischen Störgeräusche haben.

Nun zur Aufstellung der Lautsprecher. Die DIN-Norm gibt vor, diese in Ohrhöhe aufzustellen. Dies muss nicht immer eine Höhe von 1,2 m über Fußbodenoberkante sein. Schließlich ist das Größenwachstum und damit die Ohrhöhe individuell. Ein genaues Ausrichten der einzelnen Lautsprecher auf den Hörplatz ist ebenfalls wichtig. Größere Lautsprecher lassen sich in die Wandfläche einbauen. Dies vermindert unter anderem das Auftreten früher Reflektionen. Wichtig ist dabei, dass die Lautsprecherfrequenzweiche angepasst bzw. der Frequenzgang entzerrt wird, da Lautsprecher vom Hersteller meist für eine freie Aufstellung optimiert wurden. Wesentlich für die Klangbildung der Lautsprecher ist übrigens das Rundstrahl-



Wahrnehmungsbereich des menschlichen Gehörs

verhalten. Aber dies wäre ein Thema für einen eigenen Artikel.

Nun wissen wir, welche Parameter für die raumakustische Gestaltung wichtig sind. Im dritten Teil werden wir uns näher ansehen, wie diese in unserem realen Studio umgesetzt werden. Dabei werden wir auch ein modernes Simulationsprogramm kennen lernen. ■

## Frühe Reflektionen

Treffen Reflektionen bis zu ca. 15 ms nach dem direkten Schallfeld am Ohr ein, nehmen wir vor allem folgende Veränderungen wahr:

- der Klang wird lauter
- die Klangfarbe ändert sich
- das Schallquellenabbild verbreitert sich und/oder
- das Abbild verschiebt sich.

Werden diese Reflektionen im Pegel stark abgeschwächt, also um mindestens 10 dB, oder wird die Schallwelle stark gestreut, verschwinden diese Effekte im Allgemeinen.

## INFO

<http://de.wikipedia.org/wiki/Akustik>  
(Allgemeine Informationen zur Akustik)

<http://mcsquared.com/modcalc.htm>  
(Berechnung von Raummoden)

**DIN 18041** – Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

**DIN 15996** – Bild- und Tonbearbeitung in Film-, Video- und Rundfunkbetrieb

**ITU-R BS 1116/775-1** Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems