



Angewandte Raumakustik

Optimierung eines Tonstudios

Teil 1: Bestandsaufnahme



Eingang zum Studio



Rückwand mit Rear-Abhörlautsprechern

Von Werner Schwierzock

Nachdem Christian Boche mit der letzten Ausgabe seine Serie abgeschlossen und mich freundlicherweise gleich angekündigt hatte, möchte ich mich zuerst vorstellen: Ich bin seit fast 20 Jahren in einem Planungsbüro für Bauphysik als Akustiker tätig. Daneben bin ich auch Inhaber des Büros Akustik Labor Feucht. Schwerpunkte meiner Tätigkeit sind die Raumakustikplanung, die Entwicklung von Lautsprechern und die Veranstaltung von Akustikseminaren.

Nun zum Thema: Die Aufgabe, welche ich hier beschreiben möchte, war, ein schon länger bestehendes Tonstudio in der Nähe von Nürnberg akustisch zu optimieren. Dessen Inhaber war auf der Suche nach einem erfahrenen Raumakustiker, der ihn diesbezüglich beraten und bei der Ausführung unterstützen konnte. Nach einem Vorgespräch begann im Frühjahr 2007 der erste Teil meiner Arbeit: die Bestandsaufnahme.

Was interessiert dabei den Raumakustiker? Die wesentlichen Punkte fasse ich vorab zusammen, um sie dann im Weiteren näher zu erläutern:

1. Abmessungen und Form des Raumes
2. Lage des Raumes im Gebäude
3. Raumboflächen und Möblierung
4. Akustische Messdaten

Zum ersten Punkt. Die Abmessungen des Raumes, also Länge, Breite und Höhe und die Form, weisen einen rechteckigen Raum mit den Maßen 5,52 x 4,97 x 2,4 m aus. Die Grundfläche beträgt rund 27 m², das Volumen etwa 65 m³. Dieser recht kleine Raum befindet sich im Keller eines Einfamilienhauses in einer recht ruhigen Wohnumgebung. Der Boden ist mit Teppich ausgelegt, die Decke

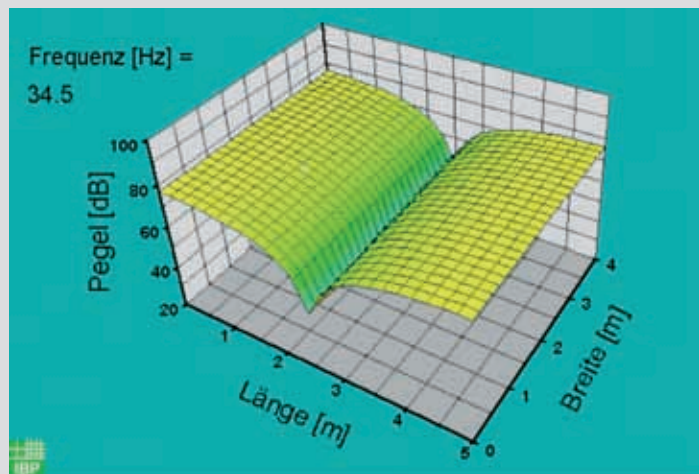


Abb. 4: Raummode bei 34,5 Hz (Grundwelle) in einem Raum mit 5 m Länge

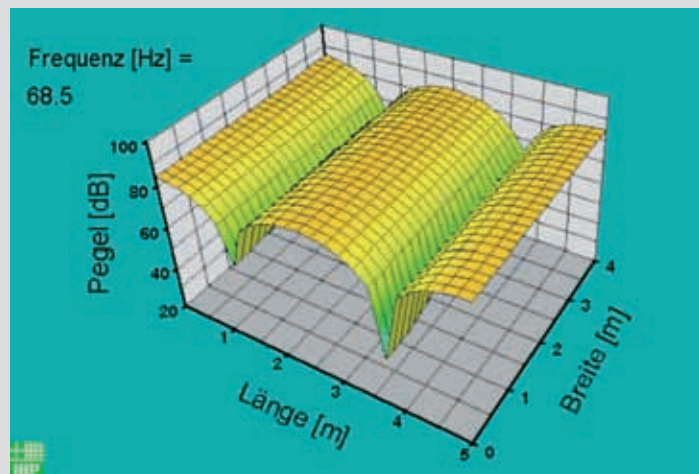


Abb. 5: Raummode bei 68,5 Hz (1. Oberwelle) in einem Raum mit 5 m Länge

Raumresonanzfrequenzen					
Fortlfd. Nr.	n_x	n_y	n_z	f_n	Terz
1	1	0	0	31,1	31,5 Hz
2	0	1	0	34,5	31,5 Hz
3	1	1	0	46,4	50 Hz
4	2	0	0	62,1	63 Hz
5	0	2	0	69,0	63 Hz
6	2	1	0	71,1	80 Hz
7	0	0	1	71,5	80 Hz
8	1	2	0	75,7	80 Hz
9	1	0	1	77,9	80 Hz
10	0	1	1	79,4	80 Hz
11	1	1	1	85,2	80 Hz
12	2	2	0	92,9	100 Hz
13	3	0	0	93,2	100 Hz
14	2	0	1	94,7	100 Hz
15	0	2	1	99,3	100 Hz
16	3	1	0	99,4	100 Hz
17	2	1	1	100,8	100 Hz
18	0	3	0	103,5	100 Hz
19	1	2	1	104,1	100 Hz
20	1	3	0	108,1	100 Hz
21	3	2	0	116,0	125 Hz
22	2	2	1	117,2	125 Hz
23	3	0	1	117,4	125 Hz
24	2	3	0	120,7	125 Hz
25	3	1	1	122,4	125 Hz
26	4	0	0	124,3	125 Hz
27	0	3	1	125,8	125 Hz
28	4	1	0	129,0	125 Hz
29	1	3	1	129,6	125 Hz
30	3	2	1	136,2	125 Hz
31	0	4	0	138,0	125 Hz
32	3	3	0	139,3	125 Hz
33	2	3	1	140,3	125 Hz
34	1	4	0	141,5	160 Hz
35	4	2	0	142,2	160 Hz
36	0	0	2	142,9	160 Hz
37	4	0	1	143,4	160 Hz
38	1	0	2	146,3	160 Hz

Abb. 6: Eigenfrequenzen unseres Studios zwischen 31,5 Hz und 160 Hz

besteht aus Beton, und die Wände sind mit Holztafeln gestaltet, die teilweise als gelochte Absorberflächen ausgeführt sind. In der Mitte des Raumes befindet sich ein hufeisenförmiges, selbstentwickeltes Möbel, in welchem die Geräte, ein Keyboard und der PC untergebracht und somit auf kürzestem Wege zu erreichen sind. Eine mechanische Lüftung oder Klimatisierung ist nicht vorhanden.

Datenlage

Für den Akustiker ergeben sich daraus bereits eine Menge an Informationen. Sehen wir uns diese einmal näher an: Die primäre Raumform zeigt einen rechteckigen Raum mit ebenen Flächen. Der Raum ist, wie die meisten Regieräume, klein. Länge und Breite sind dabei recht ähnlich; die Raumhöhe lässt kaum Spielraum für Gestaltungen. Wichtig in der Raumakustik ist das Verhältnis von Raumabmessung und Wellenlänge. Erinnern wir uns: Eine Frequenz von 100 Hz hat eine Wellenlänge von rund 3,4 m, eine Frequenz von 50 Hz 6,9 m, und bei 25 Hz sind es 13,7 m. Bei mittleren und hohen Frequenzen haben wir dagegen Wellenlängen im Zentimeterbereich. Die großen Wellen können sich in kleinen Räumen nicht mehr einfach ausbreiten und bilden daher so genannte stehende Wellenfelder oder Raummoden aus. Man spricht auch von den Eigenfrequenzen eines Raumes. In unserem Raum sieht das dann in etwa so aus wie in den Abbildungen 4 und 5 (diese Bilder stammen vom Fraunhofer Institut für Bauphysik, für deren Zustimmung zur Veröffentlichung ich mich hier bedanken möchte). Zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden entsteht ein Wellenfeld mit stark unterschiedlichem Schalldruckpegel. Ist bei der ersten Grundwelle in der Raummitte ein Minimum, also sehr wenig Schalldruckpegel vorhanden, bildet sich bei der ersten Oberwelle an der gleichen Stelle ein Maximum mit hohem Schalldruckpegel aus. Übrigens auch in Räumen mit nichtparallelen Wänden bilden sich stehende Wellenfelder.

Erzeugen wir noch mit unserem Lautsprecher einen geraden Frequenzgang, wird am Hörplatz daraus ein sehr stark welliger Verlauf. Je nachdem, wo sich unser Hörplatz befindet, hören wir mehr oder weniger Basstöne heraus. In der Raummitte nehmen wir kaum den Basston von 34,5 Hz wahr, dabei hilft es auch nicht, den Verstärker weiter aufzudrehen. Bewegen wir uns dagegen in Richtung Wand, nimmt der Basston im Pegel deutlich zu. Dabei treten durchaus Pegelunterschiede von 20 - 30 dB im Raum auf. Egal welchen Lautsprecher wir verwenden - dieser Effekt ist immer da. Für unser Studio können wir mit einem Rechenprogramm alle Eigenfrequenzen genau bestimmen und ordnen diese dabei den einzelnen Terzbändern zu (Abbildung 6). Zeichnet man das Ganze als Diagramm, dann sehen wir einen Verlauf wie in Abb. 7: Bei 31,5 Hz gibt es zwei Eigenfrequenzen, bei 40 Hz keine und bei 80 Hz sechs. Bei 200 Hz sind es bereits 35, ab dieser Frequenz wird die Anzahl der Eigenfrequenzen so groß, dass wir schon fast ausgewogene Schalldruckpegel-Verhältnisse bekommen. Über 200 Hz brauchen wir uns also mit dem Thema Raummoden nicht mehr beschäftigen.

Kommen wir nun zur Lage des Raumes. Da der Raum in einem eigenen Wohngebäude liegt, lassen sich gegenseitige Störungen nach Bedarf vermeiden. Auch mit den

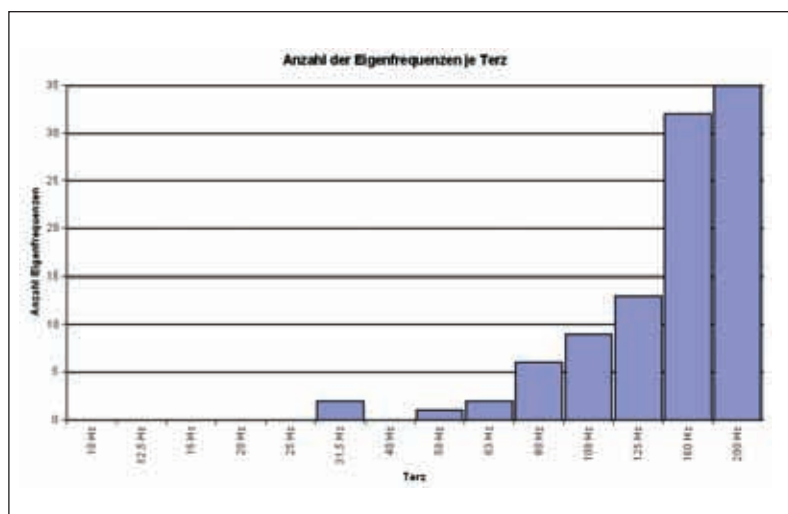


Abb. 7: Anzahl der Eigenfrequenzen unseres Studios je Terzband