

## Funktionale Akustik für alle Nutzungen realer Räume

Helmut V. Fuchs

D-14129 Berlin, Email: [h.v.fuchs@hotmail.de](mailto:h.v.fuchs@hotmail.de)

Stimmen und Musik-Instrumente haben sich über Jahrtausende so entwickelt, wie sie heute klingen. Bei einer sich nur langsam wandelnden Architektur konnte man die Instrumente und Kompositionen an Raumformen und Baumaterialien anpassen, aber auch umgekehrt die Räume an die jeweilige Sprache und Musik; man denke z. B. an die Orgel während der Barockzeit [1]. Heute ändert sich der Baustil dagegen rasant; man möchte aber möglichst *alle* Musikstile und Instrumente in den dafür gebauten Räumen zu Gehör bringen. Das überfordert offenbar Akustiker. Wenn diese überhaupt von Architekten, Bauherren oder Nutzern nach ihrer Meinung gefragt werden, flüchten sie oft in die pauschale Erklärung, es gebe gar keine Raum-Akustik, die für alle Nutzungsarten gleichermaßen gut funktionieren könnte. Man brauche z. B. für Sprache eine ganz andere Akustik als für Musik. Für Darbietungen benötige man wiederum andere Akustik als für Aufnahmen. Die Hilflosigkeit gipfelt dann nicht selten im Ruf nach einer *variablen* Akustik.

Diese verbreiteten Lehrmeinungen beruhen aber auf Fehleinschätzungen, die den Einfluss jedes Raumes auf die tieffrequente Klangentfaltung unterschätzen und missverstehen. So wurde 2004 eine Norm [2] geschaffen, die nur sehr vage und irreführende Anforderungen formuliert, auf die sich aber nun viele Berater abstützen. DIN 18041 konzentriert sich auf die Nachhallzeit  $T_m$  bei mittleren Frequenzen (500 – 1000 Hz), für die auch strikte Vorgaben gemacht werden. Das Spektrum von  $T$  hingegen darf danach für Sprache von den hohen zu den tiefen Frequenzen auf den doppelten, für Musik sogar auf den dreifachen Wert ansteigen! Diese fahrlässige Toleranz und ausdrückliche Empfehlung, den Bassbereich für Musik anzuheben, sind sehr häufig der Grund für schlechte Verständlichkeit von Sprache und fehlende Klarheit von Musik.

Wenn die Bass-Konturen in einem Orchester-Tutti „untergehen“, führt man dies regelmäßig auf zu wenig Nachhall des Raumes anstatt auf fehlende Transparenz zurück. Bei vorgegebenem Volumen  $V$  in  $m^3$  des Raumes schrumpft der Hall-Abstand in  $m$

$$r_H = 0.057 \sqrt{\frac{V \gamma_S(f) \gamma_M(f)}{T(f)}}$$

nämlich in allen Richtungen zusammen, wenn bei tiefen Frequenzen Quellen (S) und Mikrofone (M) keine ausgeprägte Richtwirkung  $\gamma$  haben und wenn  $T$  in  $s$  dazu noch ansteigt. Außerhalb des Nahfeldes der verschiedenen Quellen treten aber besonders im Bassbereich schädliche Interferenzerscheinungen auf, stehende Wellen, Raum-Moden sowie Schall-

feld- und Klangverzerrungen. Weil die tiefen außerdem die hohen Frequenzen verdecken, leidet jede Verständigung untereinander, alle Stimmen sind nur unscharf durchzuhören; statt markanter Basslinien hört man einen unstrukturierten Klang-Mulm.

Dass es selbst unter schwierigsten Bedingungen auch anders geht, konnte im Großen Haus des Staatstheaters Mainz beispielhaft demonstriert werden [3]: Hier wurden die Decke des Zuschauer-raumes und Unterseiten der Balkone mit hochwirksamen Tiefen-Schluckern belegt. Tiefen-Absorber im Bühnenturm sorgen außerdem dafür, dass  $T$  sich kaum ändert, wenn der Vorhang aufgeht.



Abb. 1

Die *Jesus-Christus-Kirche* aus dem Jahr 1931 (Abb. 1) wäre in die Kirchengeschichte eingegangen, weil *M. Niemöller* während des Nationalsozialismus deutliche Worte von hier aussandte. Dass die *JCK* aber heute eines der am intensivsten auch für Konzerte und Aufnahmen genutzten Gotteshäuser ist, verdankt sie nur einem glücklichen Zufall! Als der Akustiker *J. Biehle* (KMD am Dom zu Bautzen, später Gründer des Instituts für *Raumakustik, Kirchenbau, Orgelbau und Glockenwesen* an der TH Berlin) den Entwurf des Architekten *J. Bachmann* mit den riesigen Abmessungen  $38 \times 18 m^2$  bei 22 m Giebelhöhe und den vielen schallharten Flächen sah, machte er wahrscheinlich eine Abschätzung – ganz so wie es ein Kollege wohl heute noch machen würde: Für Wände und Boden etwa  $\alpha = 0.05$ , für die Holzverschalte Balkendecke  $\alpha < 0.5$ , somit  $T_m > 3s$  ! Aktuell würde man diesen Wert mit den Anforderungen der Norm vergleichen und, ähnlich wie *J. Biehle*, schriftlich Bedenken anmelden: „Die durchgeführte Berechnung hat ergeben, dass der Raum für rednerische und sogar auch für musikalische Zwecke zunächst völlig unbrauchbar sein wird... ist eine Verständlichkeit der Rede nicht mehr zu erwarten ... ist als Maßnahme vorzusehen, dass die Kanzel in die Ecke des Saales verlegt wird“.

Der Architekt ist nur der letzten Empfehlung gefolgt und hat – heute können wir sagen: glücklicherweise! – an seinem akustisch so beängstigenden Design festgehalten. Es kam nämlich ganz an-

ders: Bereits bei der Eröffnung lobte man die Akustik dieses schlichten Raumes in den höchsten Tönen. Gott sei Dank, überstand er als einer der wenigen die Bomben des Krieges und wurden die Tonmeister *H. Opitz* und *P.K. Burkowitz* für das *RIAS* Sinfonieorchester bald danach auf diesen Saal aufmerksam. Dies ist in den Annalen der Gemeinde gut dokumentiert [4], aber leider nicht, was denn die Akustik so außergewöhnlich gut gemacht hat.

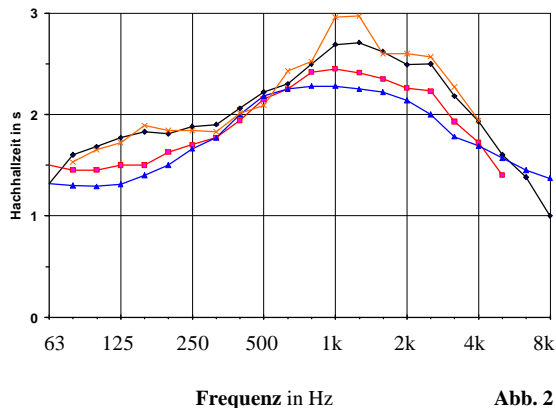


Abb. 2

Der Raum hat sicherlich keine schlechte Grobstruktur und Diffusität. Ganz entscheidend ist aber seine Nachhall-Charakteristik (**Abb. 2**): Mit  $T_m = 3 - 2.5s$  (je nach Belegung) widerspricht sie tatsächlich den in Lehrbüchern und Normen verbreiteten Vorstellungen, nämlich  $1.3 s$  für Sprache und  $1.8 s$  für Musik. Da  $T$  zu den Tiefen auf nur noch  $1.5 s$  bei  $63 Hz$  abfällt, lässt das Bass-Verhältnis  $BR = 0.7$  nach herkömmlicher Erwartung außerdem *Wärme, Tiefe, Fülle* u.s.w. für Musik vermissen. Der Artikulationsverlust  $AI_{cons} = 25 \%$  übersteigt bei Weitem den üblicherweise für gute Verständlichkeit von Sprache postulierten Wert, nämlich  $8 - 12 \%$ . Wie heute leider üblich, konzentrierte sich auch *J. Biehle* ganz auf die mittleren Frequenzen, indem er sich nur zur absorbierenden und streuenden Wirkung der fein strukturierten Lamellen unter der Holzdecke Gedanken machte. Einer möglichen Tiefenabsorption im fast meterdicken Hohlraum zwischen Außen- und Innenschalung, der über Schlitze an den Raum angekoppelt ist [3], schenkte er dagegen keinerlei Aufmerksamkeit. Diese ist aber mit einem Absorptionsgrad  $\alpha > 0.8$  bei  $63 Hz$  vor allem in der mit  $680 m^2$  riesigen Dachfläche für die unerwartet gute Akustik hauptverantwortlich.

Eigentlich hätte man sich schon bei der Planung der *JCK* berühmte Kirchen aus der Barockzeit als Vorbild nehmen können [5], die ähnliche Nachhall-Charakteristiken aufweisen, wenngleich mit ganz anderer Innen-Ausstattung, z.B. die *Bachkirche* in Arnstadt. Die *Thomaskirche* in Leipzig hat erst durch die Radikalsanierung um 2000 diese besondere, von J.S. Bach geschätzte Akustik eingebüßt. Die polyphone Musik sowie die verständliche Predigt in deutscher Sprache, wie sie sich in jener Zeit durchgesetzt hatten, und der barocke Baustil haben sich damals gewiss gegenseitig bedingt.

Was spricht überhaupt für eine *Anhebung* der Tiefen im Raum-Nachhall? 1. Alle Stimmen und Instrumente emittieren bei den Tiefen weniger stark. (Aber auch das Wenige kann mit dem Raum interferieren und die wichtigen Höhen verdecken!) 2. Das menschliche Gehör ist für die Tiefen weniger empfindlich (Aber der Raum stellt dafür einen leider ungeeigneten Verstärker dar!) 3. Die Kurven gleicher Lautstärke rücken bei den Tiefen enger zusammen. (Die Tiefen verklingen also stets zuerst. Aber gerade das fördert die Deutlichkeit von Sprache und die Klarheit von Musik!) Darum sollte man besser eine *Absenkung* des Tiefen-Halls anstreben: Man gewinnt dadurch mehr Freiheit zur raumakustischen Gestaltung, z.B. bei der Wahl von  $T_m$ , aber auch anderer Parameter wie  $C50$  und  $C80$ , die gemäß **Abb. 3** (untere und obere Kurve [6]) bei mittleren Frequenzen viel niedrigere Werte annehmen dürfen, wenn sie nur zu den tiefen stark ansteigen.

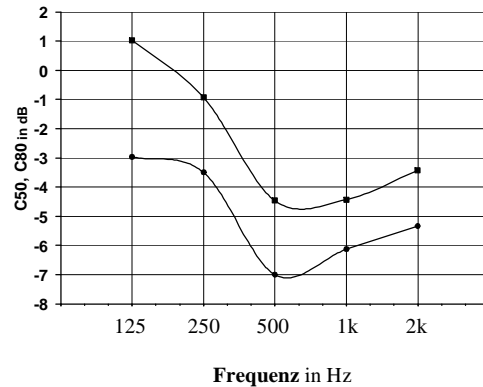


Abb. 3

So lässt sich der Raum ideal konditionieren für Musik und Sprache - bei Darbietung, Aufnahme und Wiedergabe. Kurz zusammengefasst:  $T$  ist nicht Alles, aber ohne das richtige  $T$  ist Alles nichts! Ausführliche Zitate in [3] aus [1 und 7 - 11] stützen diese eigentlich gar nicht so neue Erkenntnis.

### Literatur

- [1] Gehret, R. Bachs Schlosskirchenorgel in Weimar als gelungene Symbiose von Musikinstrument und Raum. In: Johann Sebastian Bach in Weimar. Göttingen: Hainholz, 2008
- [2] DIN 18041-2004 Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen
- [3] Fuchs, H.V. Schallabsorber und Schalldämpfer. Berlin: Springer, 2010
- [4] Dekara, O. 75 Jahre Jesus-Christus-Kirche. Ev. Kirchengemeinde Berlin-Dahlem, 2006
- [5] Meyer, J. Kirchenakustik. Frankfurt: Bochinsky, 2003
- [6] Weinzierl, S. Private Kommunikation, 2010
- [7] v. Békésy, G. (1931) Theorie der günstigsten Nachhalldauer von Räumen. Annalen Physik 8, 851-873
- [8] Skudrzyk, E. Die Grundlagen der Akustik. Wien: Springer, 1954
- [9] Lottermoser, W. Orgeln, Kirchen und Akustik. Frankfurt: Bochinsky, 1983
- [10] Winkler, H., Reichardt, W. Raumakustische Maßnahmen in Auditorien von Kultur- und Gesellschaftsbauten. In: Taschenbuch Akustik. Berlin: Verlag Technik, 1984
- [11] Kuttruff, H. Raumakustik. In: Taschenbuch der Technischen Akustik. Berlin: Springer, 1975