

Die Elbphilharmonie im Vergleich mit anderen Konzertsälen von Rang

Helmut V. Fuchs

Stiftung Casa Acustica, Berlin, <hvfuchs@hotmail.com>

Auch für zeitgenössische Konzertsäle gilt der 'Schuhkarton' Musikvereinssaal Wien mit einer Nachhallzeit von 2 s bei mittleren und bis 3 s bei tiefen Frequenzen als goldenes Vorbild. Die *Berliner Philharmonie* als erste 'Weinberg'-Architektur "has become one of the models of successful acoustical designs ... A number of terraced surround halls have been built, though none have been as acclaimed" [1, S. 297]. Die *Elbphilharmonie* ist für Chefdirigent *Hengelbrock* dennoch "anders als alle anderen – ein phänomenales Wunderwerk". Beide Planungen haben aber das eigentlich angestrebte Bassverhältnis verfehlt, indem sie die Absorption der Begrenzungsflächen deutlich unterschätzten. Ihre fast konstante Nachhallcharakteristik hat nach unisono vertretener Meinung von Musikern und Zuhörern in der *Elbphilharmonie* zu einem verblüffenden, hellen, durchsichtigen, klaren und wichtigen Klang geführt. Dies hat tatsächlich etwas mit der außerordentlich photogenen, extra schweren und teuren, aus 10.287 individuell vorgefertigten faserverstärkten Gipsplatten zusammen gesetzten 'Weißen Haut' zu tun. Allerdings nicht, wie von ihren Erfindern wortreich verbreitet, dank der darin nach akustischen Berechnungen aufwendig gefrästen Vertiefungen zwischen 5 und 90 mm. Man kann stattdessen wohl eher, wie 1931 bei der *Jesus-Christus-Kirche* und 1963 der *Philharmonie* in Berlin, von einem weiteren glücklichen Zufall sprechen, obgleich oder gerade weil die Ergebnisse in einem wichtigen Punkt nicht der vorherrschenden Lehrmeinung und den Erwartungen der Planer entsprechen. Die Diskussion derselben durch die verantwortlichen Akustiker könnte nicht unterschiedlicher sein [2] [3] und reizt zu weiteren Vergleichen.

Hintergrund: Von den sehr zahlreich diskutierten Güte-Kriterien zur Akustik in anspruchsvollen Räumen für musikalische und verbale Nutzungen spielt die Nachhallzeit nach [4] seit über hundert Jahren auch nach ISO 3382-2009 die zentrale Rolle. Obgleich der raumakustisch relevante Bereich auch nach DIN 18041-2016 von 63 bis 8000 Hz definiert ist, beschränken sich Messungen oft nur auf die mittleren Frequenzen (500 bis 1000 Hz). Deren Absorption wird wesentlich durch Bestuhlung und Belegung des Raumes bestimmt. Zur Erzielung eines ausreichenden Nachhalls ist man daher stets bemüht, ein möglichst großes Verhältnis von Rauminhalt V zu Sitzplatz n zu erhalten und alle übrigen Begrenzungsflächen stark reflektierend zu belassen. Dabei sind frühe Reflexionen mit Laufzeitunterschieden bis zu 100 ms besonders wertvoll, weil sie den Direktschall durch energetische Überlagerung unterstützen – ein weites Feld auch für Schall lenkende Maßnahmen [5, Abschn. 12.1.3].

Man tut aber gut daran, sich ebenso intensiv um die tiefen Frequenzen zu kümmern, die ein festes Fundament für jede Musik von Wert bilden. Aber ganz anders als bei hohen und mittleren Frequenzen führen Reflexionen bei den tiefen vielfach zu Problemen. In kleineren Räumen interferieren Schallwellen zu diskreten Stehwellen (Raum-Moden). In größeren überlagern sich direkte und reflektierte Wellen ebenfalls destruktiv, hier ähnlich wie beim bekannten 'Kammfilter'-Effekt [5, Abschn. 11.5]. Statt scharf konturierter Basslinien kommt nur unklarer 'Mulm' im Ensemble wie im Auditorium an. Da helfen weder energetische Verstärkung durch schallharte Begrenzungen noch Verdopplung der Bassinstrumente, allenfalls eine Aufstellung derselben unmittelbar vor einer massiven Rück-

wand. Nur 'Tiefenschlucker' im Raum können dem Direktschall zu unverfälschtem Klang verhelfen.

Ziel sollte also sein, die Nachhallzeit zu den Tiefen bestenfalls abfallen, mindestens aber nicht ansteigen zu lassen. Dass dies selbst bei ungünstigster Grobstruktur des Raumes mit marktüblichen Materialien heute gelingen kann, zeigt das Große Haus im *Staatstheater Mainz* [5, Abschn. 12.1]. Ein bei Musikern weltweit berühmtes Beispiel für eine von 3 s bei 1000 Hz auf 1,5 s bei 63 Hz abfallende Nachhall-Charakteristik bei unbesetztem harten Gestühl findet man z.B. in der 1931 erbauten *Jesus-Christus-Kirche* in Berlin [5, Abschn. 11.7.1].

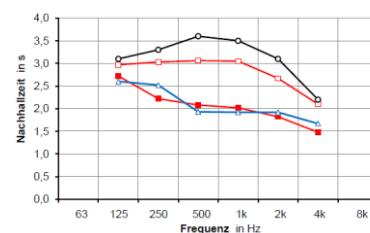


Abb. 1: Nachhallzeiten im *Musikvereinssaal* ($V = 15.000 \text{ m}^3$), unbesetzt vor 1960 (\circ), mit neuen $n = 1.680$ Sesseln (\square) nach [1, S. 594] und besetzt (\blacksquare) sowie in der (alten!) *Berliner Philharmonie* ($V = 18.000 \text{ m}^3$, besetzt) (\blacktriangle) nach [2, Bild 3]

Musikvereinssaal Wien: Gemäß **Abb. 1** hatte dieser Raum mit einem früher relativ harten Gestühl unbesetzt tatsächlich sein Nachhall-Maximum von 3,5 s zwischen 500 und 1000 Hz. Das um 1960 eingebaute, etwas stärker gepolsterte Gestühl führt im unbesetzten Zustand zu einer zwischen 125 und 1.000 Hz konstanten Raumdämpfung, und erst bei voller Besetzung stellt sich heute eine zu den Tiefen kontinuierlich ansteigende Nachhallzeit ein. Zu allen Zeiten und bei beliebigen Besetzungen und Darbietungen hat aber dieser Saal nicht nur mit

seinem Gold sondern auch mit seiner Akustik bei Musikern wie bei Zuhörern wunderbar brilliert.

Boston Symphony Hall: Schon an der Schwelle zur akustischen Wissenschaft hat *Sabine* um 1900 mit diesem Konzertsaal ein wegweisendes Zeichen gesetzt. Der Abfall von 2,7 auf 2,1 s in **Abb. 2** ist nach [1, S. 47-50 und 586] in diesem nach dem alten Gewandhaus in Leipzig konzipierten 'Schuhkarton' mit nur $V = 8.750 \text{ m}^3$ für $n = 2.625$ dem großflächig schwingfähigen Innenausbau zu danken: 1,25 bis 2,5 cm dicke Holzplatten bis 152 cm hohl liegend an Saal- und Podiumsboden sowie Teilen der Wände und 1,9 cm Putz auf Drahtnetzen unter der Decke abgehängt sowie an Teilen der Wände abgesetzt. Wenn das minimal gepolsterte Gestühl voll besetzt ist, ergibt sich eine von mittleren bis zu tiefen Frequenzen konstante Nachhallzeit. Aber über ihre Arbeit in Proben, Darbietungen und Aufnahmen sind hier alle Musiker nach [1] voll des Lobes, unabhängig von der jeweiligen Besetzung: „*an excellent hall, there is none better ... its sound is clear, live, warm, brilliant, balanced*“.

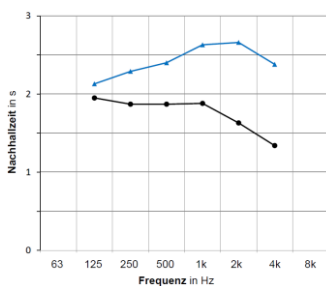


Abb. 2: Nachhallzeiten in der *Symphony Hall*; unbesetzt (▲), besetzt (●)

Berliner Philharmonie: Dieses von seiner äußeren wie inneren Erscheinung schon vor seiner Eröffnung 1963 als geradezu revolutionär angesehene Bauwerk wurde von allen damals hinzugezogenen Akustikern (darunter auch *Beranek*) während seiner Planung als akustisch äußerst riskant eingestuft, s. [5, Abschn. 11.8.4]. Nachdem es aber von Musikern und Zuhörern durchweg begeistert aufgenommen und in [1, S. 297] sogar als „*one of the models of successful acoustical designs*“ geadelt wurde, diente seine 'Weinberg'-Struktur bei zahlreichen später errichteten Konzertsälen ebenso häufig wie der 'Schuhkarton' als leuchtendes Vorbild.

Im löblichen Gegensatz zu ähnlich spektakulären Neubauten hat der hier verantwortliche Akustiker sofort nach dessen Eröffnung alle seine Planungsdetails den späteren Messergebnissen gegenübergestellt und freimütig veröffentlicht. Aus [2] kann man z.B. herauslesen, dass auch *Cremer* sich, wie allgemein üblich, zunächst auf die Nachhallzeit bei 500 bis 1.000 Hz konzentriert hat. Er berichtet aber zugleich von „*sorgfältiger ingenieurmäßiger Abschätzung*“ der eingeplanten Absorption, „*wobei wir bei hohen Frequenzen wissen wollten, welche niedrigsten Werte (der Nachhallzeit) wir zu befürchten hatten, bei den tiefen welche höchsten*“.

In einem ersten Schritt wurde das Volumen auf für $n \approx 2.300$ angemessene $V = 26.000 \text{ m}^3$ angeho-

ben und die zeltartig konvex gekrümmte Decken-Konstruktion gefunden. Aus [2, Bild 7 und 5] kann man auf die prognostizierte und die tatsächlich erreichte Nachhallzeit schließen, s. **Abb. 3**. Als Tiefen-Absorber waren eine dünne, teilweise perforierte Holzverschalung vor einem variierenden Luftkissen an den oberen Wandflächen sowie 136 *Helmholtz*-Resonatoren unter der Decke geplant.

Die beiden unteren Kurven in **Abb. 1** zeigen den in [2] eigentlich angestrebten steilen Anstieg des Nachhalls zu den Tiefen. Die unterste Kurve in **Abb. 3** zeigt aber, dass dieser (glücklicher Weise!) nicht zustande kam. Dies ist wohl auch der riesigen, leichten, vielfach unterbrochenen, nur 1,2 bis 1,5 cm dicken *Rabitz*-Decke (Mörtelputz auf Drahtgeflecht) zu verdanken, die meterweit von der Betondecke abgehängt ist. In gewisser Analogie zum Baugeschehen der *Jesus-Christus-Kirche* wurde hier also wiederum ein in der großen Deckenfläche verborgener 'Tiefenschluckler' mit einer äquivalenten Absorptionsfläche von immerhin $A \approx 300 \text{ m}^2$ bei 125 Hz übersehen.

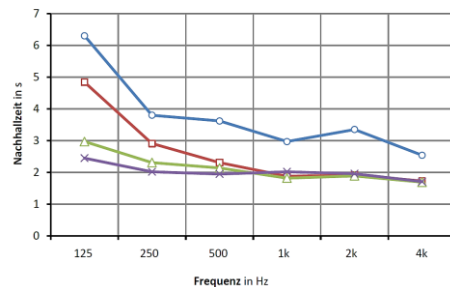


Abb. 3: Nachhallzeiten in der *Berliner Philharmonie*; errechnet aus Daten in [2]: unvermeidliche Absorption plus gepolsterte Sitze (○), plus Publikum (□), plus Tiefen-Absorber (△), und tatsächlich gemessen (x)

Elbphilharmonie Hamburg: Für diese am 11.1.2017 eröffnete 'Surround'-Architektur geben die verantwortlichen Akustiker in [3] nur einen viel versprechenden Einzahlwert von $T = 2,4 \text{ s}$ im unbesetzten Saal preis. Die teils sehr nebulöse, teils ungewöhnlich euphorische Berichterstattung fast aller Akteure in den Monaten vor und nach der Eröffnung ließ daher reichlich Raum für Spekulationen in den populären Medien. In [6] wird von einem Phono-Experten resümiert: „*In einem Punkt herrscht Einigkeit: Der Klang ist klar, hell, durchsichtig und direkt*“. Der Counter-Tenor *Jaroussky* lobt im Einklang mit vielen Musikern und Dirigenten: „*Es klingt sehr warm und sehr klar ... Hier habe ich das Gefühl, eine sehr große Stimme zu haben – das ist unglaublich*“. Worauf aber dieser Klangeindruck zurückzuführen ist, erscheint vielen, wie eigentlich jede Akustik, geheimnisvoll.

Auch von den Planern [3] wird alle Aufmerksamkeit ganz auf die 'Weiße Haut' gelenkt, die auf 6.000 m^2 die Decke und alle Wände innen überspannt (**Abb. 4**). Sie wurde aus 10.287 individuell gefertigten faserverstärkten Gipsplatten mit einem mittleren Flächengewicht von 125 kg/m^2 extra schwer gemacht, „*because we needed these panels*

to have sufficient weight to effectively reflect sound even at low frequencies“ [3]. In diese wurden über eine Million muschelartige Vertiefungen alle individuell 10 bis 90 mm tief mit einem mittleren Durchmesser von 80 mm nach einem 'kalkulatorischen Meisterwerk' den Anforderungen der Akustiker gehorchend, gefräst. Diese sollen „serve the role of promoting acoustical diffusion for the hall's acoustics“. Das kann allerdings wohl nur im höheren kHz-Bereich gelungen sein.

Bild kann vorübergehend
nicht angezeigt werden
(Februar 2021)

Abb. 4: Die schwere 'Weiße Haut' mit feinstrukturierter Oberfläche an Decke und Wänden der 'Elphi', die für angemessene Reflexion und Streuung der Schallwellen sorgen soll (Quelle: Nagata Acoustics [3])

Über die 'interior design materials' heißt es in [3] leider nur, dass sie „include not only the materials and finishes that are visible to the eye, but also the structure and properties of the underpinnings and backings of every interior element“. Dabei lohnt nach [7] unbedingt ein Blick auf die Stahl-Unterkonstruktionen der 'Weißen Haut' (Abb. 5). Man

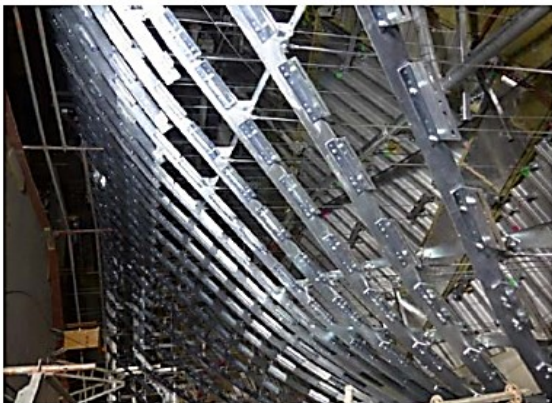


Abb. 5: Die Stahlkonstruktion hinter der 'Weißen Haut' unter der Decke des Großen Saals der 'Elphi' (Foto: Peuckert GmbH)

kann zwar kaum exakt berechnen, bei welchen Frequenzen diese als Feder zusammen mit den gemäß Abb. 6 daran über U-Profile befestigten Gipsplatten

als Masse von den auftreffenden tieffrequenten Schallwellen zum Mitschwingen angeregt wird. Dies und über verbliebene Schlitz angekoppelte Hohlräume dahinter haben aber vermutlich das so unerwartet gleichmäßige Spektrum in Abb. 7 mit einer Nachhallzeit von nur 2,5 s bei 63 Hz ergeben.



Abb. 6: Rückseitige Befestigung eines Gips-Panels an einer Unterkonstruktion wie in Abb. 5 (Foto: Peuckert GmbH)

Angeblich war auch für diesen Saal mit $V = 23.000 \text{ m}^3$, $n = 2.100$ und einer insgesamt 8.500 m^2 großen Oberfläche ein zu den Tiefen hin stark ansteigender Nachhall gemäß Abb. 7 geplant. Um auf die maximal ca. 4 s bei 63 Hz zu kommen, hat man wohl einen mittleren Absorptionsgrad der Flächen von $\alpha \approx 0.1$ zugrunde gelegt. Behielte man diesen in einer Nachrechnung nur für die 2.500 m^2 außerhalb der 'Weißen Haut' bei, so verblieben immerhin $A \approx 1.250 \text{ m}^2$, die dieser eigenartigen Vorsatzschale zugerechnet werden können. Das daraus sich ergebende $\alpha \approx 0,2$ ist durchaus vergleichbar mit dem üblicherweise z.B. für Fenster, Spiegel, Parkett (auf Leisten hohllegend) nach [8, Tab. 4.9] geplanten.

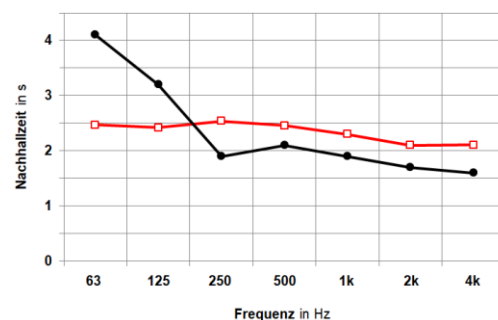


Abb. 7: Nachhallzeit im Großen Saal der Elbphilharmonie; unbestätigte Prognose für den besetzten Saal (●), 2016 gemessen im unbesetzten Saal (□) (Quelle: Nagata Acoustics)

Pierre-Boulez-Saal Berlin: Für die vielen zuvor von Nagata Acoustics bearbeiteten Konzertsäle ist ein zu den Tiefen ansteigender Nachhall charakteristisch. Erst kürzlich wurden so die geplanten und gemessenen Nachhallzeiten des Pierre-Boulez-Saals mit $T = 3 \text{ s}$ bei 63 Hz für diesen mit nur 7.600 m^3 für $n = 682$ viel kleineren Saal veröffentlicht, siehe Abb. 8. Hier sind, anders als in der 'Elphi', alle wesentlichen Begrenzungsflächen tatsächlich auch für tiefe Frequenzen massiv und schallhart [9].

