Anwendung neuer Methoden zur raumakustischen Analyse in einem Regieraum der WDR-Hörspielstudios

Philipp Stade[1], Johannes Arend[1] und Karl Goebels[2]
[1] *FH Köln, Institut für Nachrichtentechnik, Email: philipp.stade@fh-koeln.de, johannes.arend@gmx.de*
[2] *Westdeutscher Rundfunk Köln, Email: karl.goebels@wdr.de*

Einleitung

Untersuchungen der Raumakustik basieren in der Regel auf Messung der omnidirektionalen Raumimpulsantwort, deren Auswertung die Bestimmung gängiger raumakustischer Kritierien ermöglicht. Allerdings verringert sich die Aussagekraft herkömmlicher Verfahren insbesondere bei der Analyse des Reflexionsverhaltens komplexer Raumkonstellationen. Der Einsatz von Wellenfeldanalyseverfahren auf Basis von Mikrofonarrays ermöglicht hingegen eine detaillierte richtungsbezogene Auswertung des Reflexionsverhaltens und neue Visualisierungsmethoden des Schallfeldes [1].
Motiviert durch eine problembehaftete Abhörsituation in einem Regieraum der WDR-Hörspielproduktion wurden Methoden der virtuellen Akustik zur raumakutischen Analyse eingesetzt. Im Vorfeld durchgeführte Hörversuche zeigten in der vorliegenden Regie (im Vergleich zu anderen Abhörräumen des WDR) eine schlechtere Tiefenstaffelung. Demnach konnte in dieser Regie die Entfernung von Schallereignissen schwieriger korrekt eingeschätzt werden, als in anderen Abhörräumen. Daher galt es den Originalzustand zu analysieren um gezielte Raummodifikationen zur Verbesserung der akustischen Situation planen zu können. Die Wirksamkeit dieser Umbaumaßnahmen sollte darüber hinaus durch Vergleiche mit dem Originalzustand verifiziert und grafisch anschaulich dargestellt werden. Als Messsysteme wurden ein hochauflösendes Mikrofonarray zur Schallfeldanalyse, gedrehte Kunstkopfaufnahmen zur Auralisierung und Kugelpanoramabilder zur Visualisierung der Messergebnisse eingesetzt.

Messung und Reflexionsanalyse

Die Grundlage der hier aufgezeigten Reflexionsanalyse stellt eine hochauflösende Messung vor Ort mit dem *VariSphear*-Mikrofonarray dar. Die Auswertung dieser Daten ermöglicht einen differenzierten Blick auf das Reflexionsmuster des vermessenen Abhörraums, sodass Raumodifikationen sehr gezielt geplant werden können.
Mit Verfahren aus der Wellenfeldanalyse wird eine Schallfeldzerlegung durchgeführt, mit dem Ergebnis einer Raum-Zeit-Intensitätsmatrix des Schallfeldes. Reflexionen repräsentieren sich in dieser Matrix durch lokale Maxima und können mittels eines Algorithmus detektiert werden. So erhält man für jede detektierte Reflexion frequenzabhängig Auskunft über deren Pegel, Einfallswinkel und Einfallszeitpunkt. Dies erlaubt eine genaue örtliche Zuordnung der Reflexionen zu konkreten Raumbegrenzungsflächen und eine Abschätzung des zu erwartenden Einfluss auf das Hörempfinden durch Vergleiche mit Erkenntnissen aus [2]. Die detektierten Reflexionen lassen sich zudem zur Visualisierung mit einem CAD-Modell des Raumes verknüpfen. Der Einfallswinkel der Reflexion wird durch einen Strahl symbolisiert, der abhängig vom Pegel entsprechend eingefärbt wird. Die Einfallszeit ist proportional zur Wegstrecke vom Zentrum zu einem kleinen Kreis auf dem Strahl; fortlaufende Nummern repräsentieren dabei zeitlich die Reflexionen. Ein Beispiel auf Basis der Array-Daten findet sich in Abbildung 1. Des Weiteren können die detektierten Reflexionen in einem Panoramabild visualisiert werden. Hierzu wird an der Position des Arrays zusätzlich ein fotografisches Kugelpanorama angefertigt. In einem nächsten Schritt werden die Reflexionen mit entsprechender Farbcodierung zur Beschreibung der Intensität dem Foto überlagert, siehe Abbildung 2. Beide Visualisierungsformen sollen einen einfachen Zugang zu der Thematik ermöglichen und die Ergebnisse der komplexen Messtechnik leicht verständlich und anschaulichen darlegen.

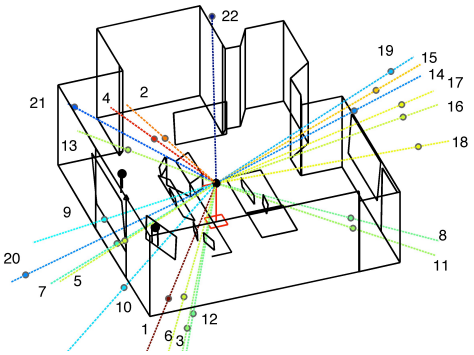

Abbildung 1: Visualisierung des Reflexionsmusters ohne Direktschall mit *CAD Reflection Analysis* [1]

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden die stärksten frühen Reflexionen innerhalb der ersten 50 ms nach Eintreffen des Direktschalls betrachtet. Erwartungsgemäß treffen die ersten und stärksten Rückwürfe von Decken- und Bodenflächen sowie von der Mischpultoberfläche innerhalb der ersten 10 ms am Hörort ein. Weiterhin wurden deutliche Reflexionen an einem schallharten Deckenvorsprung im hinteren Raumbereich detektiert, die in einem Zeitraum von 20-30 ms sowie nach 40 ms am Hörort eintreffen. Aufgrund der Verzögerungszeit zum Direktschall und des Pegels sind diese Rückwürfe als kritisch zu betrachten, da die *absolute Wahrnehmbarkeitsschwel-*

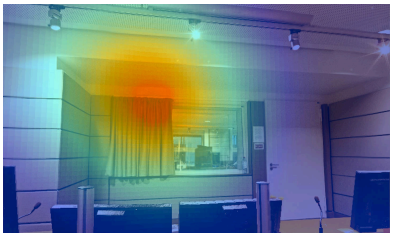

Abbildung 2: Visualisierung einer Reflexion (15) mit *Panoramic Reflection View* [1]

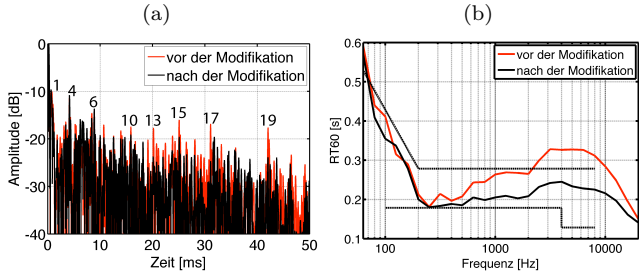

Abbildung 3: (a) Energie-Zeit-Verlauf vor (rot) und nach (schwarz) der Modifikation mit Reflexionen aus Abbildung 1; (b) Vergleich der gemessenen Nachhallzeiten vor (rot) und nach (schwarz) der Modifikation

le überschritten wird und so diese Reflexionen maßgeblich die Lokalisationsgenauigkeit beeinträchtigen können [2] [3] . Zudem traten die stärksten Reflexionen im für die Beurteilung von Sprachsignalen kritischen Frequenzbereich zwischen 1000 und 4000 Hz auf.
Die Analyse basiert auf einer Mikrofonarraymessung mit einem 434 Punkte *Lebedev*-Grid auf einem Radius von 0,25 m und Verwendung eines *Microtech Gefell M900* Kondensatormikrofons. Zur Auswertung und Visualisierung wurde die *SOFiA-Toolbox* [4] eingesetzt.

Auswirkungen der Raummodifikationen

Um die detektierten Reflexionen zu verringern, wurden anhand von Erkenntnissen aus der Reflexionsanalyse strategisch wichtige Flächen provisorisch mit Molton (150 g/m^2) und Basotect (d=50 mm) verkleidet. Hierbei wurden insgesamt ca. 30 m^2 Absorptionsfläche in den Raum eingebracht (siehe Abbildung 4). Dies führte zu einer Bedämpfung der detektierten Rückwürfe (vor allem vom hinteren Deckenvorsprung) um bis zu 8 dB. Des Weiteren wurden Mehrfach-Reflexionen zwischen Vorder- und Rückwand in ihrer Intensität verringert. Tendenziell lässt sich auch im Verlauf der omnidirektionalen Raumimpulsantwort (siehe Abbildung 3a) der Einfluss der Modifikationen erkennen, eine Gegenüberstellung der Intensitätsmatrizen mit Kenntniss der Einfallswinkel erlaubt allerdings einen genaueren Vergleich jeder Reflexion. Vor den Raummodifikationen zeigten sich im Verlauf der Nachhallzeiten über der Frequenz Abweichungen zu allgemein bekannten Empfehlungen (vgl. [5]). Der Anstieg der Nachhallzeiten zu hohen Frequenzen hin konnte abgemildert werden, sodass diese nun innerhalb der EBU-Toleranzbereiche liegen (siehe Abbildung 3b)

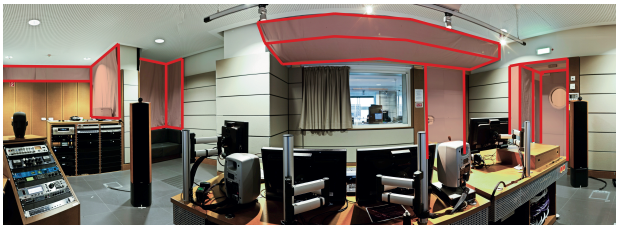

Abbildung 4: Panorama-Ansicht des hinteren Raumbereichs der Regie (modifizierte Flächen rot eingefärbt)

Fazit

In einem Abhörraum des WDR wurden raumakustische Analysen auf Basis von Mikrofonarraymessungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurden gezielte Raummodifikationen geplant und umgesetzt, um eine Verbesserung der Abhörsituation zu erreichen. Durch die Auswertung der Messungen nach den baulichen Maßnahmen konnte die Wirksamkeit der provisorischen Modifikationen verifiziert werden: Die Nachhallzeiten entsprechen nun der EBU-Empfehlung und die ausgeprägten Rückwand-Reflexionen wurden abgeschwächt. Durch Kenntnis der genauen Reflexionsorte können in einem nächsten Schritt Akustikelemente gezielt und möglichst effizient positioniert werden. Des Weiteren konnte mit der Visualisierung der Reflexionen im CAD-Modell sowie im Kugelpanorama, die Auswirkung der Raummodifikationen auch fachfremden Personen verständlich erläutert werden. Über die Umbaumaßnahmen hinaus ist eine psychoakustische Untersuchung und ein Vergleich beider Zustände auf Basis der Kunstkopfmessungen mit Hilfe dynamischer Binauralsynthese denkbar. Eine vorläufige Befragung der Toningenieure ergab bereits, dass die Abhörsituation durch die Modifikationen wesentlich verbessert wurde und so nun ein genaueres Arbeiten ermöglicht.

Förderung

Diese Forschungsaktivitäten werden finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Kennzeichen 17009X11-MARA und 03FH005I3-MoNRa. Wir bedanken uns für die Unterstützung.

Literatur

[1] B. Bernschütz, P. Stade und M. Rühl, “Sound Field Analysis in Room Acoustics,“ in *Proceedings of the VDT International Convention*, 2012

[2] S. E. Olive und F. E. Toole, “The Detection of Reflections in Typical Rooms,“ in *Journal of the Audio Engineering Society (AES)*, 37(7/8) S. 539-553, 1989

[3] H. Haas, “Über den Einfluss eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache,“ in *Acustica*, 1(49-58), 1951

[4] B. Bernschütz, C. Pörschmann, S. Spors und S. Weinzierl, “SOFiA Sound Field Analysis Toolbox,“ in *Proceedings of the International Conference on Spatial Audio (ICSA)*, S. 7-15, 2011

[5] EBU Tech 3276 2nd Edition, “Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic,“ 1998