

handensein oder Fehlen von Reflexionen in Impulsantworten bei der binauralen Synthese vor allem Auswirkungen auf die Externalisierung des simulierten Lautsprechers hat und diese mit HRTFs ohne Reflexionen nur sehr schwer zu erzielen ist.

Binaurale Synthese von Lautsprechergruppen

Zur Untersuchung der Schallfeldsynthese mit Hilfe binauraler Synthese ist nicht nur die Simulation eines einzelnen Lautsprechers notwendig, die im vorherigen Kapitel untersucht worden ist, sondern in der Regel die Simulation beliebig komplexer Lautsprechergruppen. Daher werden in der Regel nicht die HRTFs der gesamten Gruppe, sondern die eines einzelnen Lautsprechers gemessen. Anschließend wird aus diesen HRTFs durch Extra- und Interpolation die Gruppe virtuell aufgebaut. Auf diese Weise kann es zu Abweichungen von der realen Lautsprechergruppe kommen. Völk et al. haben gezeigt, dass es einen Unterschied von bis zu 4 dB in der gemessenen HRTF geben kann, wenn diese in An- bzw. Abwesenheit benachbarter Lautsprecher gemessen wird [3].

Hier soll nun der Einfluss der Lautsprecherdirektivität untersucht werden. Wird eine Lautsprechergruppe durch einen einzelnen Lautsprecher aufgebaut, ist jeder einzelner dieser virtuellen Lautsprecher in Richtung des Zuhörers ausgerichtet (vgl. die untere Gruppe in Abb. 2). Im Gegensatz zu dem Fall einer realen Lautsprechergruppe (vgl. die obere Gruppe ebenda). Um den Unterschied zu quantifizieren ist der Unterschied im Frequenzgang der beiden Gruppen mit Hilfe einer Gammatonfilterbank mit einer Auflösung von 1 ERB berechnet worden. In Abb. 2 ist der Unterschied an den Mittenfrequenzen der Filterbank dargestellt. Die Position der einzelnen Lautsprecher ist dabei farblich markiert, wobei hellere Linien Lautsprecher am Rand der Gruppe markieren. Es ist zu erkennen, dass für hohe Frequenzen ein klarer Effekt der Direktivität zu erkennen ist, der sich in einem Unterschied von bis zu 15 dB bemerkbar macht.

Im Rahmen von WFS sei darauf hingewiesen, dass dort in der Theorie ebenfalls davon ausgegangen wird, dass die Lautsprecher keine Direktivität aufweisen. Daher kann es interessant sein, dass sich dieser Fall durch binaurale Synthese herstellen lässt.

Binaurale Synthese und Psychoakustik der WFS

In den vorherigen Kapiteln wurden physikalische und perzeptive Unterschiede zwischen einer realen und einer binaural simulierten Lautsprechergruppe aufgezeigt. In diesem Kapitel soll nun abschließend diskutiert werden, welchen Einfluss diese Unterschiede auf die zu untersuchenden psychoakustischen Größen Klangfarbe und Lokalisation in der WFS haben.

Die binaurale Synthese einer Lautsprechergruppe kann zu einer Klangverfärbung verglichen mit der realen Gruppe führen (vgl. Abb. 1). Gleichzeitig beschränkt sich die

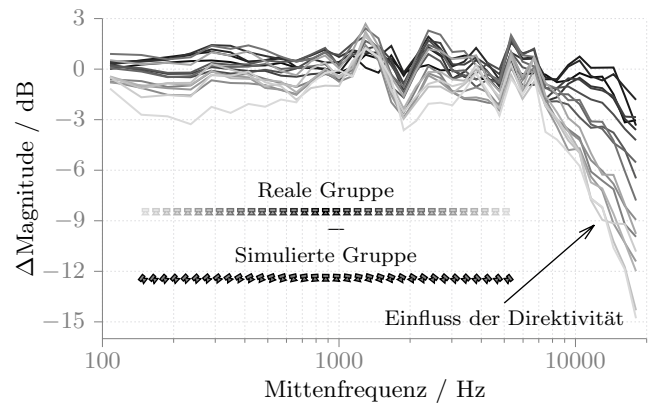


Abbildung 2: Unterschied im Frequenzgang zwischen einer gemessenen Lautsprechergruppe und einer mit einem einzelnen Lautsprecher simulierten Gruppe. Die Frequenzauflösung ist dabei der des Gehörs angepasst, indem eine Gammatonfilterbank mit einer Auflösung von 1 ERB gewählt wurde.

Untersuchung der Klangfarbe bei der Wellenfeldsynthese oft auf die Fragestellung eines direkten Vergleichs verschiedener Aufbauten oder zu einer bestimmten Referenz (z.B. Stereophonie). Das heißt es gilt nur den Unterschied in der Klangfarbe zwischen diesen zu bewerten und nicht die absolute Klangfarbe. Daher ist davon auszugehen, dass eine leichte Abweichung der absoluten Klangfarbe durch die binaurale Synthese keinen Einfluss auf die zu untersuchenden Klangunterschiede haben wird.

Zu der Fragestellung nach der Auswirkung der binauralen Synthese auf die Lokalisation liegen Ergebnisse vor, die keine Beeinträchtigung von Richtungsexperimenten zeigen [4]. Gleichzeitig müssen komplexere Szenarien, bei denen die Externalisierung eine Rolle spielt, mit Vorsicht untersucht werden. Wie in Abb. 1 zu erkennen ist, kann diese bei unzureichenden Impulsantworten stark beeinträchtigt sein.

Andererseits ermöglicht das Verfahren der binauralen Synthese zur Zeit als Einziges eine gezielte Untersuchung der Abhängigkeit von psychoakustischen Größen von der Geometrie der Lautsprechergruppe und dem Ort im Zuhörerbereich. Daher wird im Rahmen der psychoakustischen Untersuchung der WFS gewinnbringend zu Fragen der Lokalisation und Klangverfärbung einsetzbar sein.

Danksagung

Diese Studie wurde gefördert durch DFG RA 2044/1-1.

Literatur

- [1] Berkhout AJ, de Vries D, Vogel P. J Acoust Soc Am (1993), 2764-78
- [2] Wittek H. University of Surrey, 2007
- [3] Völk F, Faccinelli E, Fastl H. DAGA (2010), 1069-70
- [4] Völk F, Konradl J, Fastl H. J Acoust Soc Am (2008), 1165-70