

Sphärische Schallfeldsynthese für eine musikethnologische Ausstellung

Alexander Poletajev, Alexander Lindau und Stefan Weinzierl
Technische Universität Berlin, Audio Communication Group



Hintergrundfoto: Sebastian Bolesch

EINFÜHRUNG

Im Äußeren eine Rekonstruktion des wilhelminischen Gebäudes wird das Berliner Stadtschloss in seinem Inneren mit einem modernen Konzept verschiedene Einrichtungen des öffentlichen Kultur- und Bildungswesens beherbergen. So wird man dort auch Teile der Sammlung des Ethnologischen Museums Berlin besichtigen können.

Dabei bietet der Wiederaufbau des Schlosses auch Raum zum Experimentieren: Um neue und innovative Ausstellungskonzepte testen zu können, hat das Ethnologische Museum das Fachgebiet Audiokommunikation der Technischen Universität Berlin und das Humboldt Lab Dahlem beauftragt, einen *Hörraum* mit einer Anlage für sphärische Schallfeldsynthese^[1] auszustatten.

Im akademischen Umfeld sind moderne Verfahren der Schallfeldsynthese wie Higher Order Ambisonics (HOA) oder Wellenfeldsynthese (WFS) inzwischen gut erforscht. Auch im Consumer-Bereich werden periphonische, d.h. den Hörer um-

schließende Audiosysteme zukünftig stärkere Verbreitung finden. Durch die Vielzahl ihrer potentiellen gestalterischen Freiheitsgrade sind diese Systeme besonders für künstlerische Anwendungen interessant: So ermöglichen sie eine echtzeitfähige Bewegung von virtuellen Schallquellen im dreidimensionalen Raum, ebenso wie deren gezielte Manipulation im Hinblick auf Lautstärke, Räumlichkeit, Entfernung, Ausdehnung oder Klangfarbe. Die erreichbare Qualität der räumlichen Abbildung hing dabei bisher wesentlich von der jeweiligen – oft äußeren Zwängen unterliegenden – Geometrie der Lautsprecheranordnung ab. Erst in jüngerer Zeit wurde mit All-Round-Ambisonics-Panning (ALLRAP) ein Verfahren^[2] vorgestellt, welches dafür optimiert ist, robust auf verschiedenste Lautsprecheranordnungen zu reagieren.

Dieses Poster beschreibt die Umsetzung eines 21-kanaligen Ambisonics-Systems und dessen Betrieb in einem kulturvermittelnden Kontext.

SPHÄRISCHE SCHALLFELDSYNTHESE

Die Aufgabe von Ambisonics besteht darin, das zu einem Schallereignis gehörende Audiosignal $s(t)$ durch eine – z. B. im Hinblick auf eine in Richtung der virtuellen Schallquellenposition maximale Wiedergabeenergie optimierte – Gewichtung auf ein vielkanaliges Lautsprechersystem zu verteilen (Bild 2, links). Die Lautsprechersignale ergeben sich dann wie folgt [2]:

$$x_l(t) = g_l s(t)$$

Die Gewichte g_l können im Zuge einer Zerlegung in Kugelflächenfunktionen an den Lautsprecherpositionen gefunden werden.

$$g_l = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{4\pi} P_n(\langle \theta_s, \theta_l \rangle)$$

P_n : Legendre Polynome
 θ_s, θ_l : Koordinaten virtueller Schallereignisse und realer Lautsprecher
Weil man im Anwendungsfall keine unendliche Summe verarbeiten kann, wird die Zerlegung üblicherweise nach Erreichen einer Ordnung N abgebrochen.

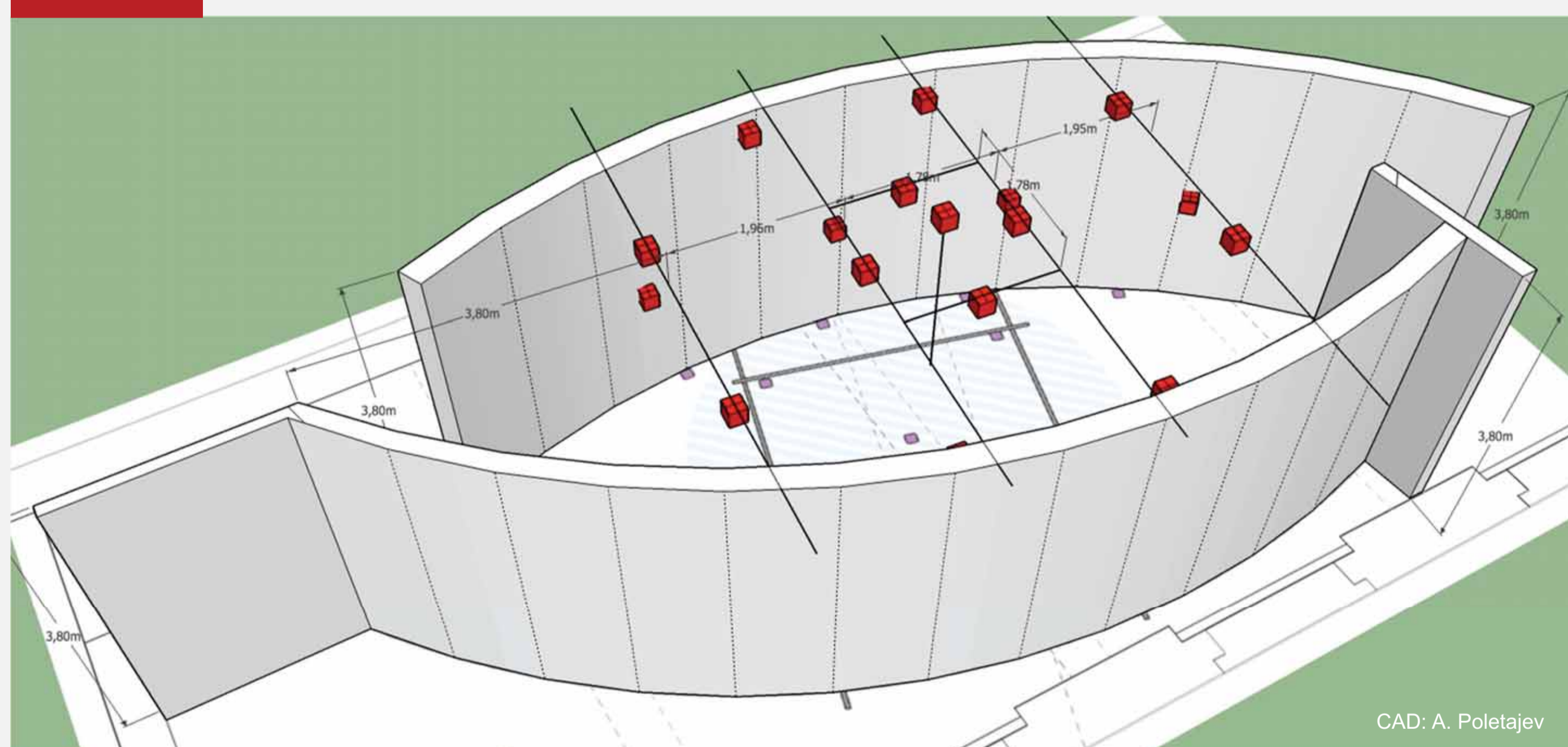
$$g_l = \sum_{n=0}^N a_n \frac{2n+1}{4\pi} P_n(\langle \theta_s, \theta_l \rangle)$$

Der Faktor a_n dient hierbei zur Unterdrückung von

Nebenkeulen, die als Artefakte aus dem Abbruch der unendlichen Summe resultieren.

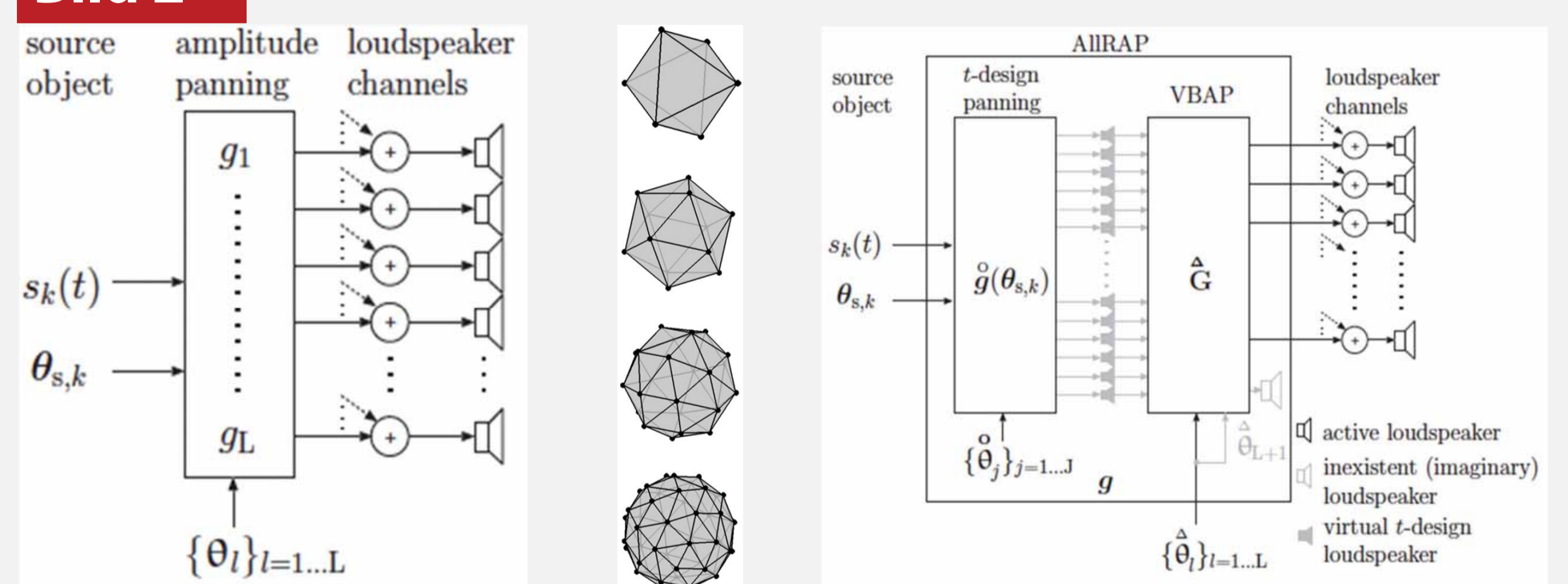
Wiedergabeverfahren dieser Art sind empfindlich gegenüber der verwendeten Lautsprechergeometrie – ideal sind Verteilungen, welche die Kugelfläche in gleich große Flächen aufteilen. Solche Verteilungen werden als *t-Designs* bezeichnet (Bild 2, Mitte) und sie existieren nur für eine bestimmte Anzahl an Lautsprechern. Um eine gute Abbildung auch für eine nicht-ideale Lautsprecher-Konstellation zu erreichen, bedient man sich eines Kunstgriffs. Anstelle einer Zerlegung an den realen Lautsprecherpositionen wird das Schallfeld an einem virtuellen *t-Design* mit vielen Lautsprechern entwickelt und mithilfe des sogenannten Vector-Base-Amplitude-Panning (VBAP), d.h. durch die Positionierung von Schallereignissen innerhalb einer durch je drei Lautsprecher aufgespannten Ebene mittels abstandsabhängiger Gewichtung, auf die reale Anordnung abgebildet (Bild 2, rechts). Diese, ALLRAP^[2] genannte Wiedergabeart ermöglicht die Nutzung beliebiger Lautsprecheranordnungen.

Bild 1



CAD: A. Poletajev

Bild 2 [2]



TECHNOLOGIE

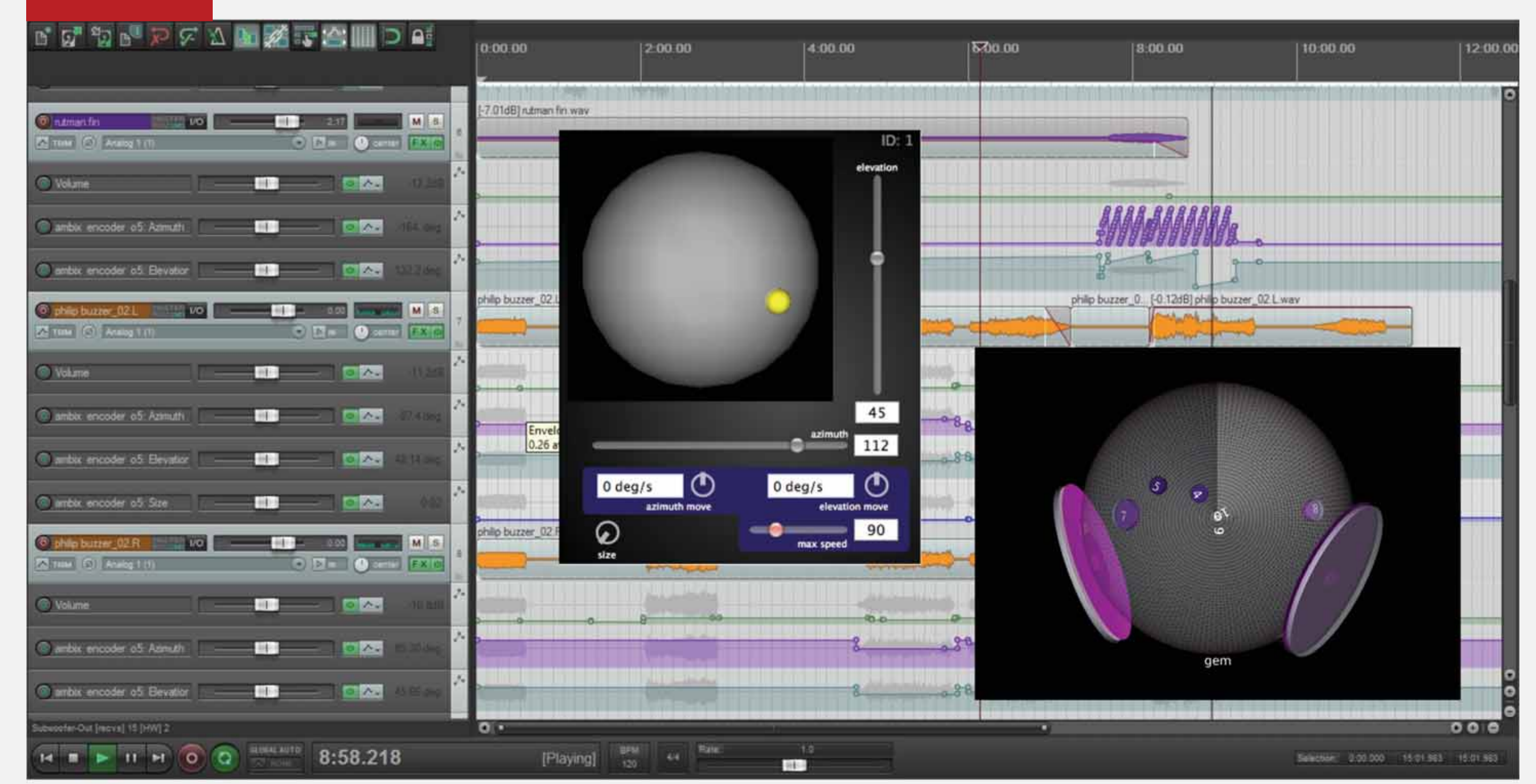
Der prinzipielle Aufbau der Anlage im *Hörraum* ist in Bild 1 dargestellt. Das System umfasst 21 kleinere Vollbereichslautsprecher und zwei Subwoofer. Die 21 Lautsprecher sind annähernd gleichverteilt auf einer in Kopfhöhe beginnenden Halbsphäre von ca. 6 m Durchmesser positioniert. Durch die Form des Raums bedingte Abweichungen von diesen Idealpositionen wurden individuell je Lautsprecher mittels Laufzeit-, Klangfarben- und Lautstärkekompensationen kompensiert.

Betrieben wird das Wiedergabesystem mit der „AmbiX Plug-in Suite“^[3]. Diese enthält die für die Wiedergabe in Ambisonics erforderliche Signalverarbeitung und kann im Zusammenspiel mit der populären Audiobearbeitungsumgebung „Reaper“ verwendet werden. Im Zentrum steht dabei der „AmbiX-Encoder“ (Bild 3, oben rechts). Mit diesem Plug-In können vertikale und horizontale Richtung sowie die räumliche

Ausdehnung jedes Audiosignals, bzw. jedes Szenenobjekts, individuell eingestellt und auch automatisiert verändert werden. Bei Bedarf kann eine echtzeitfähige Visualisierung der aktuellen Positionen, Ausdehnungen und Lautstärken aller Szenenobjekte der Komposition anzeigen (Bild 3, unten rechts). Mit Hilfe weiterer Plug-Ins können auch andere Manipulationen, wie Bearbeitungen der Klangfarbe oder des Nachhalls, durchgeführt werden.

Schließlich kann eine Komposition nicht nur ein über ein reales Lautsprecher-Array, sondern – durch binaurale Simulation des Lautsprechersystems – auch über Kopfhörer wiedergegeben werden. Auf diese Weise müssen komplexe Vorproduktionen nicht im *Hörraum* selbst erfolgen, sondern könnten auch bequem an einem entsprechend ausgestatteten Computer durchgeführt werden.

Bild 3



QUELLEN

- [1] Weinzierl, S.; Slavik, K. (2008): "Wiedergabeverfahren", in: Weinzierl, S. (Hrsg.): *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin: Springer
- [2] Zotter, F.; Frank, M. (2012): "All-Round Ambisonics Panning and Decoding." In: *J. Audio Eng. Soc.* **60**(10): 807-820
- [3] Kronlachner, M. (2014): "Plug-in Suite for Mastering the Production and Playback in Surround Sound and Ambisonics." Presented at the 136th AES Convention, Berlin