

VDT-Regionalgruppe Berlin

Besuch im Fachgebiet Audiokommunikation der TU Berlin am 31.10.2018

Text Martin Schlaud, Fotos Georg Fett

Wie viele Menschen konnten die Reden Caesars und Ciceros auf dem historischen Forum Romanum seinerzeit überhaupt verstehen? Wie mag ein in Planung befindlicher Konzertsaal wohl räumlich klingen? Mit diesen und anderen Fragen beschäftigt sich Prof. Dr. Stefan Weinzierl im Fachgebiet Audiokommunikation an der Technischen Universität Berlin, der am 31.10.2018 25 Mitglieder der VDT-Regionalgruppe Berlin im elektronischen Studio der TU begrüßte.

Das Fachgebiet ist in drei Arbeitsschwerpunkte untergliedert: (a) Musikwissenschaften, (b) Ingenieurwissenschaften der Akustik und Audiotechnik sowie (c) Psychoakustik und Psychologie der Musikwahrnehmung. Insgesamt 25 Wissenschaftler (Doktoranden, Post-Doktoranden, Stipendiaten) arbeiten zu diesen Themen, u. a. an der akustischen Nachbildung des Höreindrucks physikalischer, also realer, oder virtueller Räume mittels Schallfeldsynthese und dynamischer Binauralsynthese.



Damit die Modellierung möglichst gut gelingt, sind zum einen umfangreiche Messungen des räumlichen Abstrahlverhaltens aller gängigen Musikinstrumente notwendig. Dies geschieht im reflexionsarmen („schall-toten“) Raum mittels 32 identischer Mikrofone, die kugelförmig um ein Instrument herum angeordnet sind. Eine zweite Herausforderung besteht in der Aufnahme nachhallfreien Quellmaterials, das die Grundlage für räumliche Modellierungen bildet. Hierzu wurden von experimentierfreudigen Berufsmusikern klassische Stücke im reflexionsarmen Raum eingespielt, wobei für die Musiker über Kopfhörer der Eindruck eines virtuellen Raums erzeugt wurde. Den erstaunten Mitgliedern der VDT-Regionalgruppe wurden Hörbeispiele klassischer Stücke ohne Raumreflexionen vorgespielt, die seltsam befremdlich und fast bizarr klangen. Als dritte Voraussetzung einer realitätsnahen akustischen Raummodellierung wurden im Projekt *Ground Truth for Room Acoustical Simulation* (GRAS) im reflexionsarmen Raum typische raumakustische Szenen aus verschiedenen Materialien und Anordnungen aufgebaut und bezüglich Reflektion, Beugung, Streuung und anderer raumakustischer Maße ausgemessen. Die so gewonnenen material- und szenespezifischen Messreihen sind in einer Datenbank abgelegt, die öffentlich zugänglich ist ([doi:10.14279/depositonce-6726](https://doi.org/10.14279/depositonce-6726)). Ein Vergleich der Messungen mit bislang verfügbaren Raumsimulationsprogrammen ergab, dass die meisten raumakustischen Szenarien nur sehr unvollkommen modelliert werden. Denn insbesondere Beugung und Streuung sind schwer zu simulieren.

Ein weiterer Grund mag darin liegen, dass die menschliche Wahrnehmung von akustischen Raumeindrücken noch nicht restlos verstanden ist. Um dem abzuhelpen, wurden im Fachgebiet Audiokommunikation umfangreiche empirische Messreihen mit Testpersonen durchgeführt, die unter standardisierten Bedingungen

sprachliche und musikalische Eindrücke in simulierten Räumen unterschiedlicher Größe und Beschaffenheit und an unterschiedlichen virtuellen Positionen anhörten und bewerteten. Dabei erwiesen sich die in den 1960er und 1980er Jahren erarbeiteten Bewertungskriterien als relativ schlecht reproduzierbar und damit wenig geeignet, akustische Raumeindrücke zu charakterisieren. Deshalb wurde in einer Expertendiskussion ein zunächst sehr breites Spektrum von rund 50 sprachlichen Charakterisierungen von Raumeindrücken als vorläufiges *Room Acoustical Quality Inventory* (RAQI) entwickelt und anschließend in Hörversuchen mit Testpersonen erprobt. Mittels multivariater statistischer Verfahren wie der Faktorenanalyse gelang es, die ursprünglich 50 Items deutlich zu reduzieren und auf wenige, von einander unabhängige Bewertungsdimensionen („Faktoren“) zurückzuführen. So lassen sich die wesentlichen akustischen Raumeindrücke über die vier Faktoren Qualität, Stärke, Halligkeit und Brillanz darstellen, die ihrerseits über lediglich 14 Fragen bzw. Charakterisierungen beschrieben werden können (4-factor RAQI). Für differenziertere Beschreibungen können über weitere Fragen die zusätzlichen Dimensionen Hall-Irregularität und Klangverfärbung (6-factor RAQI) sowie Klarheit, Lebendigkeit und Intimität (9-factor RAQI) ergänzt werden. Auch das RAQI ist frei zugänglich (doi:10.1121/1.5051453).



Eines der wichtigsten Kriterien für die Erkennung realer akustischer Raumsituationen ist dagegen simpel, kann aber mit herkömmlichen Kopfhörern nicht erfüllt werden: die Veränderung des räumlichen Höreindrucks bei Kopfbewegungen. Um auch dies binaural simulieren zu können, wurden Musikproduktionen wie z. B. die *Eroica* im Saal ihrer Erstaufführung in Wien mittels einer etwa handballgroßen Kugel aufgenommen, die an ihrem Äquator rundum mit Mikrofonskapseln bestückt ist, so dass alle Raumrichtungen gleichzeitig erfasst werden. Über spezielle Umrechnungsalgorithmen und einen Kopfhörer mit Richtungssensor können räumliche Höreindrücke den Kopfbewegungen angepasst werden. Davon konnten sich die anwesenden VDT-Mitglieder persönlich überzeugen und die Aufführung der *Eroica* per Kopfhörer im *Motion Tracked Binaural Format* erleben, ebenso wie die Raumsimulation des großen Saals im geplanten „Konzerthaus im Münchener Werksviertel“ in dynamischer Binaural-synthese. Die Höreindrücke waren durchaus beeindruckend, wenn auch das reale Erleben mit seinen visuellen und sozialen Dimensionen natürlich nicht 100%ig nachgebildet werden kann.

Zu guter Letzt wäre dann noch eine Frage zu klären: Wie viele Menschen konnten denn nun die Reden auf dem historischen Forum Romanum verstehen? Simulationsrechnungen unter Einbeziehung der damaligen baulichen Gegebenheiten ergaben eine Fläche von 3.432 m², auf der ein STI von mehr als 0,4 vorgeherrscht haben muss. Demnach hätten – je nach Aufmerksamkeit oder Unruhe des Publikums – bis zu 10.000 Menschen die Reden durchaus verstehen können. Und das ohne jede elektronische Verstärkung.

