

Zur Kombination von Wellenfeldsynthese mit monoskopischer und stereoskopischer Bildwiedergabe

Frank Melchior¹, Sandra Brix², Diemer de Vries³

¹ Fraunhofer-Institut Digitale Medientechnologie, 98693 Ilmenau, Deutschland, Email: mor@idmt.fraunhofer.de

² Fraunhofer-Institut Digitale Medientechnologie, 98693 Ilmenau, Deutschland, Email: brix@idmt.fraunhofer.de

³ Technische Universität Delft, 2600 GA Delft, Niederlande, Email: diemer@akst.tn.tudelft.nl

Einleitung

Das Prinzip der Wellenfeldsynthese [1] steht als anwendbares Audiosystem in verschiedenen Ausprägungen zur Verfügung. Als Applikationen welche die Kombination mit Bild erfordern wurden bisher Kinoanwendung [2] und Videokonferenzen [3] zur Kombination mit monoskopischem Bild, sowie stereoskopische Projektion für Virtual Reality Anwendungen [4] untersucht. Dieser Beitrag liefert eine Zusammenfassung bisheriger Untersuchungen zur Wahrnehmung bei der Kombination von Wellenfeldsynthese mit Bildwiedergabe.

Bildwiedergabe für mehrere Betrachter

Bei der zweidimensionalen Darstellung von Bildern gehen die wichtigen binokularen Parallaxen verloren. Somit stehen als Merkmale für die Tiefenwahrnehmung nur noch die Größe sowie die relative Position der abgebildeten Objekte untereinander zur Verfügung. Ein weiteres Problem ergibt sich bei der Betrachtung eines Bildes von unterschiedlichen Positionen. Unter der Annahme, dass es sich bei dem Bild um eine 1:1 Abbildung handelt gibt es nur einen Punkt an dem das wahrgenommene Bild in der Perspektive mit dem Original übereinstimmt. Bei einer stereoskopischen Projektion können zwar die binokularen Parallaxen abgebildet werden jedoch treten bei verschiedenen Betrachterstandorten noch wesentlich stärker perspektivische Verzerrungen auf. Abbildung 1 zeigt diese Verzerrung der wahrgenommenen Objektpositionen O_0 des Referenzbetrachters P_0 . Die für den Betrachter P_i wahrgenommene Position O_i wird durch seinen vom Referenzstandpunkt abweichende Position deutlich gegenüber der Originalposition O_0 verschoben.

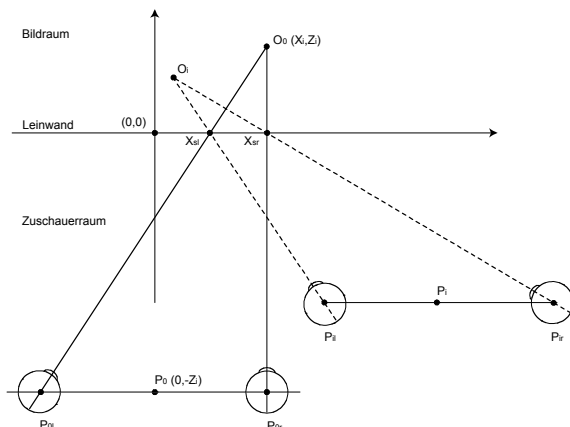


Abbildung 1 Verzerrung des Bildraums bei Betrachtung eines stereoskopischen Bildes von unterschiedlichen Betrachterpositionen [4]

Wellenfeldsynthese mit monoskopischer Bildwiedergabe

Bei der Kombination eines Audiowiedergabesystems basierend auf Wellenfeldsynthese mit großflächiger Bildwiedergabe für mehrere Betrachter tritt durch die für alle Betrachter stabilen Schallquellenpositionen eine Positionsdifferenz bzw. ein Fehler zwischen Bild und Ton auf. Dieser ist abhängig von der Position des Betrachters. Für Darbietung von audiovisuellem Material wird für monoskopische Bildwiedergabe ein Differenzwinkel von 6° - 7° als störend empfunden. 28 Probanden wurde bei einem am IDMT durchgeführten Test ein lebensgroßer Sprecher in einer 1:1 Projektion dargeboten. Abgefragt wurde die Bewertung beidseitiger Winkelabweichungen in 2° Schritten von 0° bis 16° [2]. Die Schwelle der Wahrnehmung für Positionsdifferenzen lag bei ca. 3° . In Wahrnehmungstests nach [3] konnte auch die Wahrnehmung der auftretenden geometrischen Verzerrungen bei monoskopischer Bildwiedergabe nachgewiesen werden.

Wellenfeldsynthese mit stereoskopischer Bildwiedergabe

Bei der Wiedergabe von stereoskopischem Bildmaterial treten größere betrachterabhängige Fehler auf. Sowohl die Tiefe als auch die Position der Objekte im Bild wird verzerrt. In einem Vergleichstest zur monoskopischen Bildwiedergabe konnte gezeigt werden, dass die Toleranzschwelle für Positionsdifferenzen bei stereoskopischer Bildwiedergabe jedoch etwas höher bei 7° - 9° liegt [4]. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Tests.

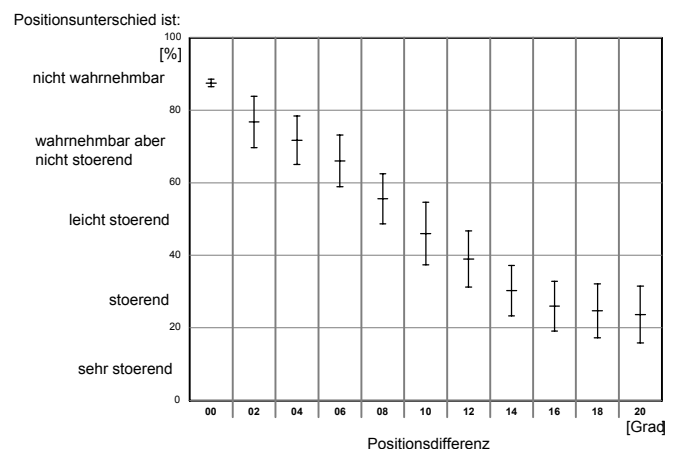


Abbildung 2 Bewertung der Winkeldifferenzen zwischen Bild und Ton, bei Klangwiedergabe mit WFS und stereoskopischer Bildwiedergabe. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle [4]

Die auftretenden geometrischen Verzerrungen und ihre Auswirkungen auf die Wahrnehmung konnten in einem zweiten Test nachgewiesen werden. Hier hatten die Probanden die Aufgabe, die Schallquelle mit einem projizierten dreidimensionalen Würfel in unterschiedlichen Tiefen (W1 –W3) in Deckung zu bringen. Dazu konnte die Schallquelle parallel zur Projektionsfläche mittels Buttons einer grafischen Oberfläche verschoben werden. Abbildung 3 zeigt die theoretischen geometrischen theoretischen Positionen der Objekte abhängig von der Betrachterposition (P0 und P3) in grün und blau gekennzeichnet die 95% Konfidenzintervalle der vorgenommen Positionierungen. Die Startpositionen der Schallquellen wurden jeweils zufällig gewählt. Grau gekennzeichnet ist die Positionsabweichung von $\pm 3^\circ$, als weiße Quadrate die berechnete Tiefenverzerrung der Objekte. Es zeigt sich, dass die Positionierungsgenauigkeit noch unterhalb der als störend angegebenen Schwelle des ersten Tests liegt. Dies ist mit der interaktiven Möglichkeit der Positionierung zu begründen. Weiterhin zeigt sich, dass die geometrischen Überlegungen zur Tiefenwahrnehmung sich in der Realität verifizieren lassen.

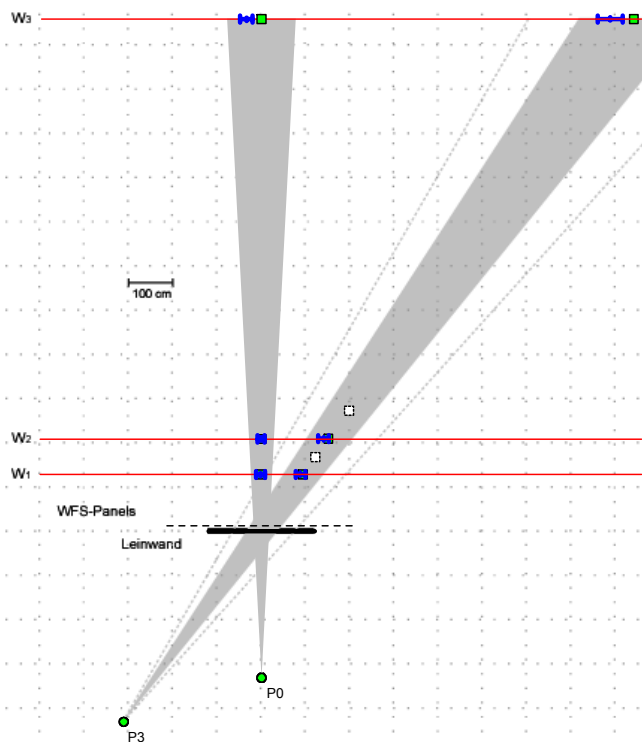


Abbildung 3 Positionierung der zum Bild korrespondierenden Schallquellen bei stereoskopischer Bildwiedergabe und zwei Hörerpositionen [4]

Berechnet man basierend auf diesen Tests die Positionsabweichungen für jeden Punkt des Zuschauerbereichs zeigt sich, dass bei gegebener Schallquellenposition nur ein Teil der Zuschauer eine Positionsabweichung unterhalb der Wahrnehmungs- bzw. Akzeptanzschwelle erhält. Abbildung 4 zeigt dies beispielhaft. Hier wurden die Positionsabweichungen für drei Schallquellenpositionen überlagert. Die drei Objekte befanden sich mittig sowie mit 2m Abstand zur Mitte nach links und rechts ausgelenkt 5,4m hinter der Leinwand. Die Parameter der Aufnahme stimmten mit denen der Hörtest überein und waren eine Stereobasis von 200mm und eine Brennweite von 11mm. Für jedes der Objekte wurde die Positionsabweichung im

Zuschauerbereich berechnet. Anschließend die einzelnen Grafiken überlagert. Die Abbildung zeigt also die Maxima der Positionsabweichungen im Zuschauerbereich.

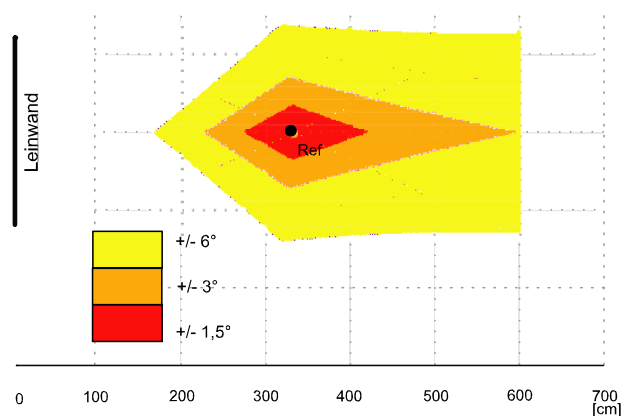


Abbildung 4 Maximalwerte der Positionsabweichungen zwischen Bild und Ton für 3 Schallquellen in 5,4m Tiefe in der Mitte und recht und links der Leinwand [4]

Zusammenfassung und Ausblick

Die Kombination von Wellenfeldsynthese mit Bildprojektion führt zu einem audiovisuellen System von hervorragender Qualität. Allerdings kann eine optimale Darstellung insbesondere bei stereoskopischer Bildprojektion nur für einen kleinen Zuhörerbereich sichergestellt werden. In anderen Bereichen kommt es zu wahrnehmbaren Positionsabweichungen zwischen Bild und Ton die sich durch eine dem individuellen Betrachterstandpunkt angepasste Bildwiedergabe kompensieren lassen. Daher erscheint auch die Kombination von Wellenfeldsynthese mit Systemen der Augmented Reality oder mit Multi-Viewer-Systemen optimal. Diese Kombinationen zur Anwendung in der Tongestaltung sind Gegenstand aktueller Forschung. Alternativ kann bei gegebenen Grenzen des Wiedergabebereichs durch eine Tiefenkompression der Schallquellen die Positionsabweichung den Wahrnehmungsschwellen angepasst werden [3]. In den vorgestellten Untersuchungen wurden fokussierte Quellen und bewegte Quellen bisher nicht berücksichtigt und bedürfen weiterer Forschung. Weiterhin ist es lohnenswert eine Trennung der geometrischen Tiefenwiedergabe von raumakustischen Merkmalen zu untersuchen, da in bisherigen Test nur Signale ohne Raumanteil verwendet wurden. Denkbar ist es das Direktsignal an einer der Bildgeometrie angepassten Position wiederzugeben, jedoch das Verhältnis von Raum- zu Direktsignal aus der realen Tiefe der Schallquelle abzuleiten.

Literatur

- [1] A. J. Berkhout, „A Holographic Approach to Acoustic Control,“ J. Audio Eng. Soc., vol. 36, pp. 977-995, 1988
- [2] F. Melchior, S. Brix, T. Sporer, T. Röder, B. Klehs, „Wave Field Synthesis in combination with 2D video projection,“ 24th AES Conference, Banff 2003
- [3] W. de Bruijn, „Application of Wave Field Synthesis in Videoconferencing,“ Dissertation, TU Delft 2004
- [4] S. Gramann, J.-O. Fischer, „Untersuchungen zur Kombination von Wellenfeldsynthese mit stereoskopischer Bildprojektion,“ Studienarbeit, Technische Universität Ilmenau 2004