

Raumgebundenes Akustisches GPS zur Bestimmung von Koordinaten in Messräumen

Wolfgang Foken, Alexander Krauss, Bernd Mast, Bruno Eckert, Luis Fernando da Costa e Silva Mollo

Westfälische Hochschule Zwickau, Fakultät Kfz-Technik

E-Mail: wolfgang.foken@fh-zwickau.de; alexander.krauss@fh-zwickau.de

Einleitung

Akustische Untersuchungen in Messräumen erfordern häufig eine exakt reproduzierbare Positionierung von mehreren Mikrofonen, Versuchsträgern oder Versuchsständen. Herkömmliche Verfahren mit Gliedermaßstab oder Fotos haben hierbei entscheidende Nachteile:

- Erfassung bei vielen Messpunkten ist aufwändig,
- Dokumentation über Fotos ermöglicht nur eine Blick-Ebene,
- Bodenmarkierungen führen leicht zu Verwechslungen bei unterschiedlichen Messaufgaben,
- Aufwändige Generierung von Messnetzen zum Beispiel für Schallleistungsmessungen oder Modalanalysen bei Fehlen von CAD Daten.

Im Projekt „Raumgebundenes Akustisches-GPS“ wurde eine Methode verwendet, welche mithilfe akustischer Signale die Position von Mikrofonen in einem Messraum mit Referenz auf ein benutzerdefiniertes Koordinatensystem erlaubt. Das Ziel ist es, eine einfache räumliche Digitalisierung und erneute Visualisierung der Mikrofonpositionen zu ermöglichen. Das Paper stellt erste Ergebnisse vor, die an einem Beispiel validiert werden.

Messprinzip

Die Basis für die Ermittlung ist die Verwendung von Laufzeitunterschieden akustischer Signale. Hierfür sind im Messraum acht Lautsprecher in den Raumecken angebracht. Von diesen werden nacheinander „Klicksignale“ ausgesendet und von einem Messmikrofon aufgezeichnet. Durch die Ermittlung der Laufzeiten über eine Triggerung auf einen bestimmten Schalldruck und unter Verwendung einer Temperaturkompensation wird die Entfernung zwischen Lautsprecher und Mikrofon berechnet. Für die Bestimmung der Koordinaten muss die Position der Lautsprecher bekannt sein. Dies wird über eine Kalibrierung des Systems erreicht. Hierbei wird ein Koordinatensystem mit vier Kalibrierpunkten in festen Abmaßen nahe dem Messobjekt platziert und eingemessen (Platzierung des Messmikrofons nacheinander an den vier Kalibrierpunkten). Abbildung 1 zeigt den Messraum und veranschaulicht das verwendete Messequipment.

Anschließend findet die Bestimmung der Koordinaten der gewünschten Messpositionen statt. Es wird vorausgesetzt, dass eine direkte Sicht zu allen Lautsprechern gewährleistet ist. Durch Platzierung des Messmikrofons an den jeweiligen Punkten werden die Abstände zwischen den Lautsprechern und der jeweiligen Messposition bestimmt und als ASCII Files exportiert. Aus den Längenangaben werden mithilfe eines MATLAB-Skriptes die Koordinaten des

Mikrofons extrahiert. Das Verfahren arbeitet ähnlich wie ein GPS-System.

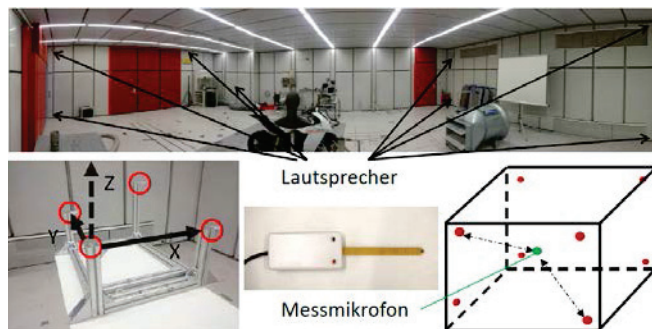


Abbildung 1: Messraum mit acht Lautsprechern, Referenz-Koordinatensystem und Messmikrofon

Visualisierung der Koordinaten

Die Visualisierung gemessener Koordinaten erfolgt unter Verwendung von „Augmented Reality“ (erweiterte Realität). Dies bezeichnet ein Verfahren, bei dem virtuelle Daten, z. B. eine CAD-Geometrie, mit einer realen Umgebung überlagert und auf einem Bildschirm gemeinsam dargestellt werden. Die Visualisierung im Raum erfolgt meist auf Geräten wie Smartphones oder Tablet-PCs. Zur Bestimmung der Ausrichtung der virtuellen Geometrie in der realen Umgebung wird ein sogenannter Marker benötigt. Dieser stellt ein Koordinatensystem dar, das über die Kamera im Smartphone oder Tablet-PC erfasst wird. Aus der Verzerrung des Markers berechnet die verwendete Software Position und Ausrichtung der CAD-Geometrie im Raum.

Die z. Z. verwendete Software verarbeitet jedoch keine Punktkoordinaten. Somit wird auf den gemessenen Punkten ein Würfel platziert, der eine Repräsentation des Punktes als Flächengeometrie erzeugt. Diese Geometrie wird tesseliert und als STL-Datei aus dem CAD-System exportiert. Im frei zugänglichen Programm „BLENDER“ kann die erzeugte STL-Datei in eine OBJ-Datei umgewandelt werden. Diese Daten werden anschließend an ein Smartphone mit Android Betriebssystem übertragen und mit der Freeware „AndAr Modelviewer“ dargestellt. Hierzu wird das Smartphone auf den Marker gerichtet, welcher im Nullpunkt des Referenzkoordinatensystems platziert und ausgerichtet ist. Als Beispiel zeigt Abbildung 2 den Marker und eine im Raum „fiktiv“ ausgerichtete CAD-Geometrie im Bildschirm des Smartphones.

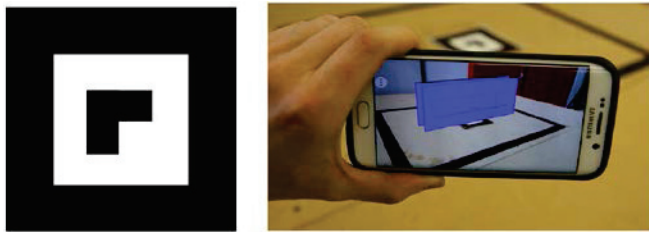


Abbildung 2: Marker und die im Raum fiktiv platzierte Beispielgeometrie

Beispiel

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, soll die Position des Mikrofones an einem Versuchsstand aufgezeichnet werden. Mit herkömmlichen Methoden ist die Bestimmung der Koordinaten schwierig, da die Wahl eines geeigneten Referenzpunktes ein Problem darstellt. Somit wird das Referenz-Koordinatensystem nahe dem Mikrophon positioniert und mit dem Messmikrophon die Positionen eingemessen, ohne dass sich der Versuchsträger (z. B. Motorrad) auf dem Versuchsstand befindet. Anschließend werden die Daten exportiert und mithilfe des MATLAB-Skriptes in Koordinaten umgewandelt.

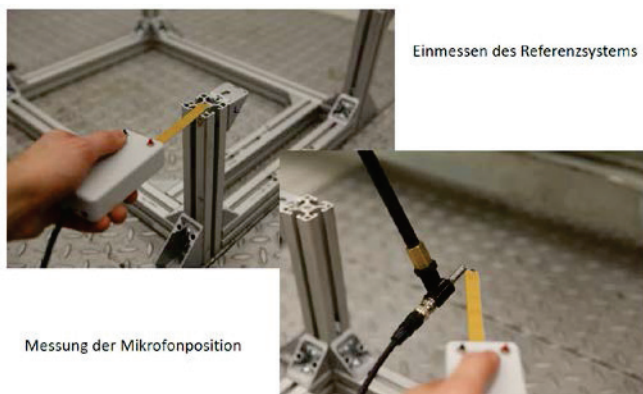


Abbildung 3: Referenz-Koordinatensystem, Messmikrophon und Mikrophon, dessen Koordinaten bestimmt werden sollen

Die Daten werden nun z. B. in CATIA rekonstruiert und für die Visualisierung vorbereitet. Die verwendete Kantenlänge des Würfels für die Mikrophonposition beträgt 25mm. Für die richtige Skalierung der Daten bei der späteren Visualisierung werden zusätzlich die Punkte des Markers mit konstruiert und als STL-File exportiert. Nach der Datenaufbereitung und dem Transfer auf das Smartphone kann nun eine Darstellung mittels Augmented Reality erfolgen. Nach einer richtigen Skalierung der Daten ist wie in Abbildung 4 gezeigt, eine Visualisierung der Mikrophonposition möglich.

Diskussion der Ergebnisse

Die entwickelte Methode stellt eine einfache und schnelle Möglichkeit zur Erfassung und Visualisierung von Mikrophonpositionen dar. Die dreidimensionalen Daten ermöglichen eine sehr gute Dokumentation, besonders für die Planung zukünftiger Prüfstände. Die Daten stehen ebenfalls für weitere Anwendungen, wie z.B. eine akustische Simulation zur Verfügung. Soll die entsprechende Messung wiederholt werden, kann eine Repositionierung der Mikrophone leicht über „Augmented Reality“ erfolgen.

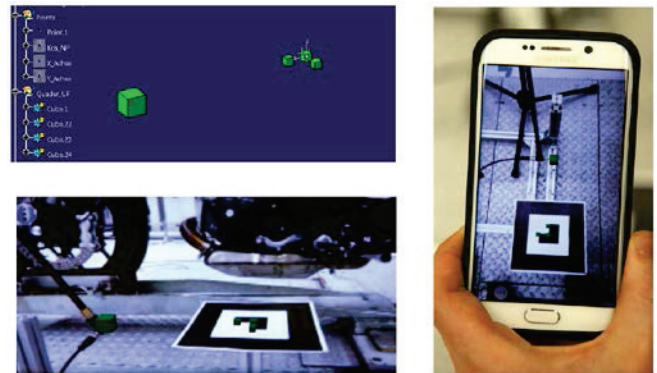


Abbildung 4: Rekonstruktion der Daten einschließlich Marker in CAD, Marker mit im Raum visualisierten Koordinaten (als Würfel dargestellt) und positioniertes Mikrophon

Allerdings weist die aktuelle Methode auch Nachteile auf. Die noch zu hohen Abweichungen bei der Koordinaten-ermittlung müssen über eine Verbesserung des Verfahrens zur Signal-Laufzeitermittlung kompensiert werden. Eine Möglichkeit ist hierbei die Laufzeitbestimmung mithilfe eines kreuzkorrelierten kontinuierlichen Signals. Weiterhin ist das Messvolumen derzeit sehr groß, was hohe Ungenauigkeiten verursacht. Eine Verwendung portabler Lautsprecher stellt dabei eine vielversprechende Lösung dar, wobei die Anzahl der Lautsprechern auf vier reduziert werden kann. Weiterhin ist die verwendete Software zur Darstellung der Positionen mithilfe von Augmented Reality für große Entfernungen ungeeignet, da nicht die volle Auflösung der Kamera ausgeschöpft wird. Somit sind die Bestimmung der Marker-Position und die Ausrichtung schwierig. Zudem muss der Marker immer im Sichtbereich der Kamera liegen.

Zusammenfassung

Es wurde ein Verfahren vorgestellt, bei dem über akustische Signale die Koordinaten eines Mikrofons in Bezug auf ein Referenzkoordinatensystem bestimmt werden. Mithilfe von Laufzeitunterschieden werden die Entfernungen zwischen Mikrophon und acht im Messraum befindlichen Lautsprechern ermittelt. Über ein entwickeltes MATLAB-Skript können mit diesen Informationen die Koordinaten der Messposition berechnet werden. Nach anschließender Übertragung und Aufbereitung der Daten an ein CAD-System, kann unter Verwendung der Freeware „BLENDER“ und „AndAr Modelviewer“ eine Visualisierung der Mikrophonposition mithilfe von „Augmented Reality“ auf einem Smartphone mit Android Betriebssystem erfolgen. Hierzu wird ein Marker im Nullpunkt des Referenzkoordinatensystems platziert. Über eine Kalibrierung der Skalierung wird eine vorerst hinreichend genaue Darstellung erreicht.