



Mikrofonen
Dokumentation

Grundinformation

Für die Entwicklung eines funktionalen binauralen Kunstkopfes ist die Auswahl geeigneter Mikrofone ein zentraler Bestandteil. Die Mikrofone übernehmen im Kunstkopf die Funktion des menschlichen Trommelfells und müssen daher möglichst realitätsnah die akustischen Signale erfassen, die auch im menschlichen Gehörgang auftreten würden. Entscheidend sind dabei insbesondere die Baugröße der Mikrofone, ihr Eigenrauschen, ihre Empfindlichkeit sowie ihr Frequenzgang.

Für das Projekt wurden mehrere Mikrofontypen untersucht, um deren Eignung für den Einsatz im BinKo-Kunstkopf zu bewerten. Dazu gehören zwei Varianten von Elektret-Mikrofonkapseln unterschiedlicher Größe sowie mehrere professionelle binaurale Mikrofone der OKM-Serie von Soundman. Ziel dieser Untersuchung war es, sowohl kostengünstige DIY-Lösungen als auch professionelle Referenzsysteme zu vergleichen.

Elektret-Mikrofone

Elektret-Mikrofone gehören zu den am häufigsten verwendeten Mikrofonarten in kompakten Audiogeräten. Sie basieren auf dem Prinzip des Kondensatormikrofons, bei dem eine elektrisch geladene Membran auf Schallwellen reagiert und dadurch ein elektrisches Signal erzeugt. Im Gegensatz zu klassischen Kondensatormikrofonen besitzen Elektret-Mikrofone jedoch eine dauerhaft geladene Elektret-Schicht, wodurch keine externe Polarisationsspannung benötigt wird. Dadurch können sie sehr kompakt, kostengünstig und energieeffizient hergestellt werden.

Diese Eigenschaften machen Elektret-Mikrofone besonders interessant für Anwendungen, bei denen wenig Platz zur Verfügung steht, wie beispielsweise in Smartphones, Headsets oder In-Ear-Mikrofonen. Auch für binaurale Aufnahmen eignen sie sich grundsätzlich, da sie klein genug



Abbildung 1 - Großen Elektret-Mikrofone



Abbildung 2 – Elektret-Mikrofone von Sony

sind, um in der Nähe des Gehörgangs positioniert zu werden.

Ein weiterer Vorteil liegt in der einfachen Integration in elektronische Systeme. Elektret-Kapseln besitzen in der Regel bereits einen integrierten Vorverstärker (FET), wodurch sie direkt an Audiointerfaces oder Recorder angeschlossen werden können.

Referenzmikrofone: Soundman OKM-Serie

Neben den Elektret-Mikrofonkapseln wurden auch mehrere Mikrofone der OKM-Serie des Herstellers Soundman untersucht. Diese Mikrofone sind speziell für binaurale Aufnahmen konzipiert und werden häufig im Bereich der Kunstkopf- und In-Ear-Aufnahmen eingesetzt.

Die OKM-Mikrofone sind so konstruiert, dass sie direkt im Ohr oder in unmittelbarer Nähe des Gehörgangs positioniert werden können. Dadurch erfassen sie die natürlichen akustischen Einflüsse des Kopfes und der Ohrmuschel besonders realistisch. Diese Einflüsse werden in der Akustik als Head-Related Transfer Function (HRTF) bezeichnet und sind entscheidend für die räumliche Wahrnehmung von Schall.

Die Modelle OKM 1, OKM 2 Classic und OKM 2 Studio unterscheiden sich unter anderem in ihrer Empfindlichkeit, ihrem Frequenzgang sowie ihrer technischen Ausstattung. Durch den Vergleich dieser Mikrofone mit den selbst verwendeten Elektret-Kapseln kann beurteilt werden, wie nahe die DIY-Lösung an professionelle binaurale Systeme herankommt.

Resümee der Mikrofonuntersuchung

Die durchgeführten Akustiktests zeigen, dass die Auswahl und Positionierung der Mikrofone einen wesentlichen Einfluss auf die räumliche Wahrnehmbarkeit binauraler Aufnahmen haben. Zwischen den getesteten Mikrofonvarianten traten deutliche Unterschiede in der Ortbarkeit von Schallquellen sowie in der Ausgewogenheit des Klangbildes auf. Dadurch wird ersichtlich, dass nicht allein die grundsätzliche Funktionsfähigkeit eines Mikrofons entscheidend ist, sondern vor allem dessen Eignung im konkreten Zusammenspiel mit Kopfmateriale, Ohrgeometrie und Einbauposition.

Die großen Elektret-Mikrofone erwiesen sich im vorliegenden Testaufbau als nur eingeschränkt geeignet. Zwar waren seitliche Bewegungen hörbar, die räumliche Zuordnung im Frontbereich sowie bei Bewegungen von hinten nach vorne war jedoch deutlich limitiert. Vor allem im Bereich der Nasenspitze und im vorderen unteren Bereich konnte die Schallquelle nicht präzise identifiziert werden. Für eine Weiterentwicklung des Kunstkopfes lässt sich daraus ableiten, dass größere Mikrofonkapseln zwar technisch verwendbar sind, jedoch aufgrund ihrer Baugröße und

der damit verbundenen schwierigeren Positionierung im Ohrbereich akustische Nachteile mit sich bringen können.

Die kleineren Elektret-Mikrofone lieferten im Vergleich dazu ein deutlich ausgewogeneres Ergebnis. Der Wechsel zwischen linkem und rechtem Kanal war klarer wahrnehmbar, wodurch seitliche Bewegungen besser nachvollzogen werden konnten. Auch die Ortung im Frontbereich war präziser. Dies deutet darauf hin, dass kleinere Mikrofonkapseln aufgrund ihrer kompakteren Bauform besser in den relevanten Bereich des Gehörgangs integriert werden können. Für zukünftige Entwicklungsstufen des Kopfes sind daher kleinere Kapseln grundsätzlich zu bevorzugen, insbesondere wenn eine kostengünstige und kompakte DIY-Lösung angestrebt wird.

Die Mikrofone der Soundman-OKM-Serie zeigten insgesamt die besten Ergebnisse im Hinblick auf räumliche Wahrnehmung und Nachvollziehbarkeit von Bewegungen um den Kopf. Dabei fiel auf, dass insbesondere das Modell **OKM 2 Studio** im TPU-Aufbau das ausgewogenste Gesamtbild erzeugte. Die seitliche Bewegung war sehr klar wahrnehmbar, die Ortung vorne funktionierte gut und das Signal wirkte insgesamt ausgeglichener als bei den übrigen getesteten Varianten. Das **OKM 1** zeigte ebenfalls eine sehr gute Frontortung, wirkte jedoch im Vergleich etwas weniger symmetrisch. Das **OKM 2 Classic** war räumlich klarer als die großen Elektret-Mikrofone, erreichte jedoch nicht die Ausgewogenheit der kleineren Elektret-Kapseln oder der anderen OKM-Varianten.



Im Rahmen des Testaufbaus wurde zusätzlich ein Adapter zur Integration der Mikrofone in den Kunstkopf verwendet. Dieser Adapter war für die Montage notwendig, beeinflusste jedoch die akustischen Bedingungen im Bereich der Mikrofonposition. Insbesondere bei den größeren Soundman-Mikrofonen zeigte sich, dass die zusätzliche bauliche Einbindung über den Adapter nachteilige Auswirkungen auf die Aufnahme haben kann. Aufgrund ihrer größeren Bauform waren diese Mikrofone stärker von den räumlichen Einschränkungen und der veränderten Positionierung innerhalb des Kopfes betroffen. Dadurch ergaben sich Nachteile bei der Sprachverständlichkeit sowie bei der klaren räumlichen Zuordnung einzelner Schallereignisse.

Für die Weiterentwicklung des BinKo-Kopfes lassen sich daraus mehrere zentrale Erkenntnisse ableiten. Erstens sollte bei zukünftigen Versionen eine möglichst kleine Mikrofonbauform bevorzugt werden, da diese eine präzisere Platzierung im Gehörgangsbereich ermöglicht. Zweitens ist die Symmetrie der Mikrofonmontage ein kritischer Faktor, da bereits geringe Unterschiede zwischen linker und rechter Seite zu einem unausgewogenen Klangbild führen können. Drittens zeigt sich, dass professionelle binaurale Mikrofone im direkten Vergleich eine wertvolle Referenz darstellen, um die Qualität selbst integrierter DIY-Lösungen realistisch einordnen zu können.

Für nachfolgende Entwicklungsarbeiten ist daher zu empfehlen, die Mikrofonwahl nicht isoliert zu betrachten, sondern stets gemeinsam mit Ohrform, Gehörgangsgeometrie, Material des Kopfes und exakter Einbauposition zu optimieren. Die bisherigen Ergebnisse sprechen dafür, dass kleinere Elektret-Mikrofone eine praktikable und wirtschaftliche Lösung darstellen können, während Systeme wie das OKM 2 Studio als qualitative Referenz für eine möglichst ausgewogene räumliche Abbildung herangezogen werden sollten. Das vorliegende Testset bietet somit eine belastbare Grundlage für weitere Optimierungsschritte im Bereich der Mikrofonintegration des BinKo-Kunstkopfes.