

SAE Institute
in association with
University of Middlesex
Bachelorarbeit

Module Name: Research Projekt

Module Number: RA 303

Date Submitted: 27.03.2009

Award Name: Bachelor of Arts (Hons.) Recording Arts

Year: 2007 / 2009

Name: Sebastian Salb

City: Berlin

Country: Germany

Module Leader: Peter Duhr

Word Count: 13206 Wörter

Vergleich der Soundman OKM II Studio Klassik mit dem Neumann-Kunstkopf KU 81i nach technischen und klanglichen Aspekten.

These:

Soundman bewirbt seine Produkte als ausgezeichnete, preiswerte mobile Lösung für stereofone, kopfbezogene Aufzeichnungen. Für einen Musik- und Tontechnikerlaien ist, trotz gravierender technischer Differenzen zwischen den Soundman OKM und dem Neumann Kunstkopf, überhaupt kein Unterschied zu hören und auch ausgebildete Tontechniker können nicht immer, bei einer Auswahl von mehreren Klangbeispielen, die Aufnahme eines Neumann Kunstkopfes bestimmen.

Zielsetzung

Durch Hörversuche soll gezeigt werden, dass ein tontechnischer Laie die Kunstkopfaufnahmen mit dem Neumann KU 81 und die Aufnahmen mit den Soundman OKM II Studio Klassik nicht voneinander unterscheiden kann und es auch für einen angehenden Tontechniker schwierig ist, den qualitativ hochwertigeren Neumann Kunstkopf im direkten Vergleich zu erkennen. Des Weiteren werden mit beiden Mikrofonen Testaufnahmen durchgeführt, um die technischen Gegebenheiten und Probleme, wie den Frequenzgang oder den Klirrfaktor, aufzuzeigen und vergleichen zu können.

Einleitung

Interessant könnten die Soundman OKMs, bei einem positiven Ergebnis der These, für normale Konsumenten sein, die zum Beispiel auf einfache Weise einen Konzertschnitt machen möchten. Durch die OKMs erreicht der Konsument ein „Livegefühl“, wenn er die Aufnahmen über Kopfhörer wiedergibt. Gerade in einer Zeit, in der sehr viel Musik über Kopfhörer konsumiert wird, sind Kunstkopfaufnahmen sicherlich interessant.

Auch für Tontechniker könnten die OKMs eine flexible und schnell einsetzbare Alternative sein, wenn nicht die Zeit besteht, einen Kunstkopf und ein entsprechendes Aufnahmesystem zu installieren. Diese Arbeit soll zeigen, ob die Soundman OKMs wirklich hervorragende Qualität im direkten Vergleich mit dem hochwertigen Neumann KU81i bieten können.

3.1 Binaurale Signale

Bei binauralen Aufnahmen, die mit einem Kunstkopf oder den Soundman OKM Mikrofonen aufgenommen worden sind, handelt es sich um „Ohrsignale“. Hiermit werden „Stereo“-Signale bezeichnet, die auf das Trommelfell auftreffen und schon verschiedensten Veränderungen unterworfen sind. Diese Veränderungen werden unter anderem durch die Formung unseres Ohrs, durch Reflexionen und Raumeigenschaften beeinflusst. Für die bestmögliche Wiedergabe sollten Kopfhörer verwendet werden, da es bei einer Wiedergabe über Kopfhörer zu einer erneuten Veränderung der Signale durch den menschlichen Körper und die Umgebung kommt. Ein professioneller Begriff für Ohrsignale ist „Head-related transfer function“ (HRTF), was auf deutsch in etwa „kopfbezogene Übertragungsfunktion“ bedeutet. „Diese Außenohrübertragungsfunktion, HRTF-Funktion [...] beschreibt für einen bestimmten Schalleinfallswinkel die Schallübertragung aus dem Freifeld an einem Punkt am Eingang des Gehörgangs (Ohrkanal).“⁴ Einfacher gesagt, beschreibt die HRTF ($H(f)$) den Unterschied zwischen dem Frequenzspektrum, das ein Signal im Freifeld besitzt (Output (f)) und dem, das im Innenohr ankommt (Input (f)) und verarbeitet wird. Eine Formel kann wie folgt formuliert werden: $H(f) = \text{Output}(f) / \text{Input}(f)$

⁴ Sengpielaudio: Kopfbezogene Übertragungsfunktion HRTF

Die kopfbezogene Stereophonie

Die Übertragungsfunktion und deren genaue Kenntnis werden heute zur Entwicklung von Kunstkopfaufnahmen und Kopfhörern verwendet oder für die akustische Messung beim Bau von Räumen genutzt, die akustisch optimiert werden müssen. Auch in der Computerspielentwicklung spielt die Übertragungsfunktion eine Rolle. Hier wird versucht, durch die HRTFs eine „Virtual Reality“ zu erzeugen, um dem Konsumenten ein Gefühl von „mitten drin“ zu vermitteln.

Jede Schallquelle erfährt, aus welcher Richtung sie auch kommt, eine bestimmte Filterung. Diese wird verursacht durch unseren Oberkörper, den Kopf und die Ohrmuscheln. Das Gehirn erkennt die Filterung und kann daraus die Richtung des Schallereignisses ausmachen. Diese Filterung kann auch in den HRTFs festgehalten werden. Durch die Informationen, die diese HRTFs besitzen, kann ein Computerprogramm Signale so berechnen und verfremden, dass sie aus einer bestimmten Richtung zu kommen scheinen, indem die HRTF-Informationen einfach auf das Audiosignal gerechnet werden. Verwendet wird dabei ein Mittelwert, da jedes menschliche Ohr leicht variierende Filterungen der Signale an einem bestimmten Punkt aufweist. Die folgenden drei Grafiken (Abb.7) zeigen in schwarz die unterschiedlichen Filterungen von mehreren linken Ohren bei Einfallswinkeln

von -90° , 0° und 180° . Als dicke weiße Linie wird der Mittelwert, der für die HRTF verwendet wird, dargestellt.

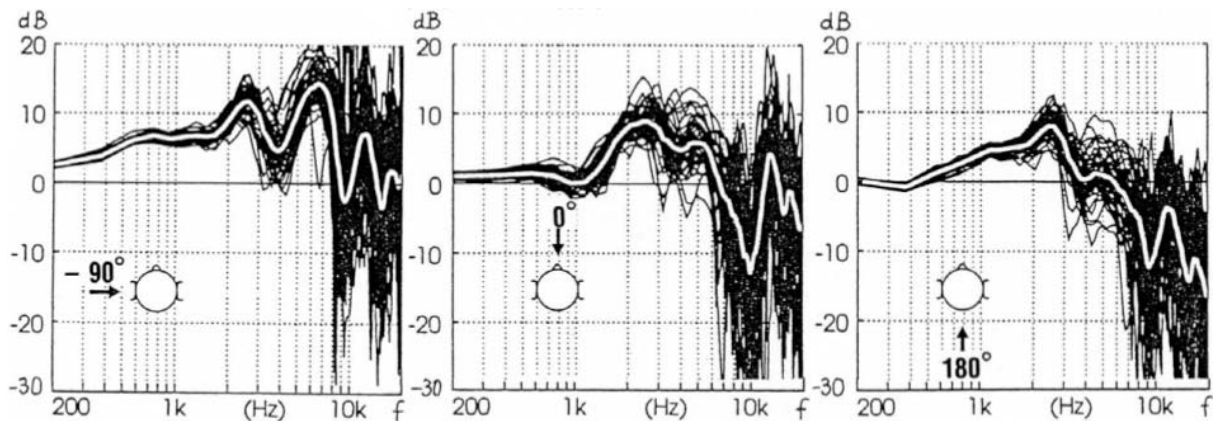


Abb. 7: Drei Filterungen durch linkes Ohr, bei veränderter Schalleinfallrichtung

3. Besonderheiten kopfbezogener, stereofoner Audiosignale

Die kopfbezogenen, stereofonen Audiosignale erlauben es dem Hörer, einen einzigartigen Raumeindruck zu genießen, wenn er die Aufzeichnung über einen Kopfhörer anhört. Es ist möglich, Signale überall im Raum zu orten. Sie können nicht nur auf der frontalen Transversalebene ausgemacht werden, sondern auch hinten so wie oben und unten. Das Panorama bzw. die akustische Umgebung bewegt sich bei einer Kopfdrehung immer mit. So kann sich ein Hörer nicht zu einem hinter ihm tönenden Geräusch umdrehen, da es bei einer Kopfdrehung immer hinter ihm bleiben wird. Da es sich bei den aufgezeichneten Signalen schon um Ohrsignale handelt, kommt es zu Klangverfärbungen, wenn eine Wiedergabe über Lautsprecher stattfindet. Dadurch können die Signale nicht mehr richtig lokalisiert werden.

Anwendungsbereiche

In der heutigen Zeit werden kopfbezogene, stereofone Aufnahmen eher selten erstellt. Dies mag zum Einen daran liegen, dass die Anschaffungskosten z.B. für einen Neumann-Kunstkopf enorm hoch sind. Ein weiterer Grund könnte sein, dass der Hörer eingeschränkt wird, da er die Aufnahmen nicht über Lautsprecher wiedergeben kann. Da aber der Kunstkopf besser als alle anderen Hauptmikrofonverfahren in der Lage ist, die Raum- und Richtungsinformationen einer Schallquelle aufzuzeichnen, gibt es dennoch einige Bereiche, in denen der Kunstkopf verwendet wird:

- Musikaufnahmen – besonders beliebt bei Konzertlivemitschnitten oder in akustisch komplexen Räumen wie z.B. Kirchen
- Messmikrofon zur Untersuchung der Lärmbelastigung am Arbeitsplatz, in der Industrie oder dem Stadtverkehr
- Messmikrofon zur akustischen Optimierung von Konzert- oder Opernhäusern
- Messmikrofon für die Hörsamkeit z.B. einer Autokommunikationsanlage oder sonstiger akustischer Übertragungsanlagen
- Messmikrofon für Kopfhörer etc.
- Hörspielproduktionen

Gerade in der heutigen Zeit wären solche Aufnahmen sicher interessant, da viele Menschen ihre Musik über Kopfhörer in der Öffentlichkeit konsumieren.

Vergleich der beiden Aufnahmesysteme in technischer Hinsicht Frequenzverlauf im Vergleich mit Messmikrofon

Wie aus den Herstellerdaten ersichtlich wird, übertragen die Mikrofone laut Hersteller unterschiedlich große Frequenzbereiche. So wird dieser Bereich von Soundman mit 20-20000Hz angegeben. Dies entspricht in etwa dem menschlichen Hörvermögen. Der Kunstkopf dagegen deckt einen etwas geringeren Bereich ab. Die Angaben des Herstellers gehen von 40-16000Hz. Bei Soundman wurden Angaben zu den Unterschieden der Pegel zwischen linkem und rechtem Kanal gemacht. Dieser soll nicht mehr als 1dB betragen. Bei der Studioversion der Mikrofone, wie sie hier in der Arbeit verwendet werden, soll der Kanalgleichlauf sogar nur maximal 0,5dB im für das Richtungshören relevanten Frequenzbereich sein. Beim Neumann KU81i sind dazu keine Angaben zu finden. Voraussichtlich wurde auch dort sehr genau auf den Kanalgleichlauf der beiden Mikrofone bei der Produktion geachtet. Es ist wohl davon auszugehen, dass es sich um die qualitativ besseren Mikrofone handelt, die eingebaut wurden.

Mit dem Geräuschspannungsabstand wird das Verhältnis von einem Nutzsignal (UN) zu einer Geräuschspannung (UG) bezeichnet. Er ist für das subjektive Empfinden von Qualität ausschlaggebend und berechnet sich wie folgt: $20 \times \log(UN/UG)$. Der KU81i hat mit 71dB einen um rund 10dB höheren Geräuschspannungsabstand als die OKMs. Daraus lässt sich schließen, dass beim Neumann-Mikrofon eine größere Dynamik (vor allem in Richtung leiser Signale) möglich ist und somit auch das Rauschen geringer ist.¹¹ Mit dem Grenzschalldruckpegel wird der „[...] Schalldruckpegel angegeben, unterhalb dessen der Hersteller die Einhaltung eines bestimmten Klirrfaktors [...] garantiert“¹². Bei Kondensatormikrofonen liegt der Wert bei etwa 120-140dB. Dies ist bei beiden Mikrofontypen der Fall. Bei den OKMs (Elektretmikrofone) werden die 125dB jedoch nur mit dem A3 Adapter erreicht. Diese Angaben können vom Autor bestätigt werden, da beim Einpegeln der Aufnahmesignale die Soundman-Mikrofone ohne den Adapter deutlich schneller verzerrt klangen als der KU81i. In den tiefen Bereichen folgt der KU sehr schön dem Verlauf des Messmikrofons. Die OKMs weisen einen deutlich höheren Bassanteil auf. Zwischen 200-1000Hz verlaufen die Kurven relativ identisch. Beide Aufnahmesysteme weisen entgegen dem Messmikrofon einen „Peak“ bei ca. 1,5kHz auf. Im weiteren Verlauf folgen die Kurven in etwa dem Messmikrofon, wobei die OKMs im empfindlichen Bereich des menschlichen Ohrs um etwa 3kHz lauter sind (wichtiger Bereich für die Sprachverständlichkeit). Sie weisen weiter einen starken Einbruch bei 8kHz auf und bei den KU-Mikrofonen sind Spitzen bei 6kHz und 12kHz zu sehen. Der Frequenzverlauf des KU fällt dann zum Ende deutlich schneller ab als das Messmikrofon und die OKMs.



¹¹ <http://www.soundland.de/catalog/wiki.php/w/Ger%20spannungsabstand>

[10.03.2009; 12:00Uhr MEZ].

12 Dickreiter, Michael: *Handbuch der Tonstudioteknik - Band 1*; 1997; S.157.

5. Kriterien zur Kategorisierung der Versuchspersonen

Zur Kategorisierung der Testpersonen gibt es eine Frage im Onlinefragenkatalog, in der die einzelnen Versuchspersonen nach ihren bisherigen Erfahrungen mit Kunstkopfaufnahmen und ihrem Hintergrund / ihrer Beziehungen zur Tontechnik differenziert werden können. Da der Onlinebogen über die SAE und spezielle Foren verteilt wird, ist davon auszugehen, dass es sich bei den Testpersonen vorwiegend um erfahrenere Leute aus dem Audiobereich handelt.

Auswertung des Fragebogens der Probanden

7. Welche tontechnischen Kenntnisse besitzt du?

34,72% geben an, keine tontechnische Kenntnisse zu haben. Für 18,06% der Probanden ist die Tontechnik lediglich ein Hobby, welches sie gelegentlich ausüben. Diesen „Laiengruppen“ stehen in etwa genau so viele ausgebildete / hauptberufliche Tontechniker gegenüber. 34,72% der Probanden sind ausgebildete Tontechniker, die aber nicht / noch nicht in diesem Berufsfeld arbeiten. Dazu kommen noch 12,5%, die hauptberuflich mit der Tontechnik beschäftigt sind. Aus diesen Ergebnissen lassen sich später Aussagen über die These der Arbeit treffen. Die tontechnischen Kenntnisse werden im weiteren Verlauf auch als Gruppen / Berufsgruppen bezeichnet. Gruppe 1 sind die hauptberuflichen Tontechniker, Gruppe 2 ausgebildete Tontechniker, Gruppe 3 Hobbytontechniker und Gruppe 4 Probanden ohne tontechnische Kenntnisse.

Auswertung des Fragebogens: Lokalisationsschärfe (Metronom)

Bei welcher Aufnahme findest du die Lokalisationsschärfe besser?

Hier glauben 55,56% der Probanden, dass die Lokalisationsschärfe der OKMs besser ist. 33,33% entscheiden sich für den Neumann Kunstkopf und 9,72% für ein in etwa gleich gutes Niveau. Lediglich einer empfindet die Lokalisation bei beiden schlecht. Die Bewertungen für das OKM-Metronom kommt wieder überwiegend aus dem Bereich der ausgebildeten Tontechniker und den Probanden ohne Kenntnisse. Sie machen zusammen 72,5% der OKM Wertungen aus. Für den Kunstkopf wird aus allen Kenntnisbereichen in etwa gleichmäßig gestimmt. Die Lokalisationsschärfe für dieses Signal scheint unabhängig von der Qualität der Kopfhörer zu sein. So sind billige als auch Kopfhörer aus dem Bereich von 100-200€ zahlreich vertreten. Das Ergebnis ist doch etwas überraschend, da die OKMs im Ohr des Autors bei der Aufnahme getragen wurde und es sich hierbei nicht um ein errechnetes Durchschnittsohr handelt. Trotzdem erreichen die OKMs ein besseres Ergebnis als der KU81i.

Bei welchem Beispiel findest du das Grundrauschen stärker?

Hier entscheiden sich 90,28% für das mit den OKMs aufgenommene Metronom. Jeweils 2 Probanden wählen den KU, „bei beiden gleich“ und für „Ich kann kein Grundrauschen hören“. Lediglich einem ist nicht bekannt, was Grundrauschen ist.

Wo ist der Aufnahmeraum am deutlichsten wahrzunehmen?

Etwas mehr als die Hälfte aller Befragten entscheidet sich für die OKMs. Den Kunstkopf wählen 30,56%, 8,33% finden ihn bei beiden gleich und kein Raum ist für 2,78% zu hören.

Sechs der neun Probanden aus der Gruppe 1 (hauptberufliche Tontechniker) stimmen für die Soundman-Mikrofone. Mit Wertungen muss bei dieser Frage jedoch vorsichtig umgegangen werden, da jeder Mensch andere Höreigenschaften hat.

Welche Aufnahme gefällt dir besser?

Hier stimmen 59,72% für den KU, obwohl der Raumeindruck und die Lokalisationsschärfe bei den OKMs besser bewertet werden. Dies liegt wohl daran, dass das Rauschen der Soundman-Mikrofone für viele störend wirkt. Der Rest der Befragten wählt die OKMs.

Auswertung des Fragebogens: **Raumwahrnehmung (Atmosphäre)**

Bei welcher Aufnahme findest du den Raumeindruck besser?

Es sind mit 59,72% deutlich mehr für die OKMs als mit 13,89% für den KU81i. 23,61% finden den Raumeindruck bei beiden in etwa gleich gut und nur 2 Probanden bei beiden schlecht. 2/3 der Gruppe 1 und 2 entscheiden sich für die OKMs. Etwas weniger der Gruppe 3 und etwas weniger als die Hälfte der Gruppe 4 sind auch für diese Antwort. Die zweite Hälfte der Gruppe 4 findet den Raumeindruck bei beiden gut. Dies sind natürlich gute Ergebnisse für die OKMs, da sich gerade aus dem Bereich der professionellen Tontechniker viele für diese Mikrofone entschieden haben.

Welche Aufnahme gefällt dir besser?

In diesem Fall tippen 70,83% auf die OKMs. Wieder entfallen mehr Prozent bei der subjektiven Empfindung auf die billigeren Mikrofone. 77% der Gruppe 1, 80% der Gruppe 2, 69,2% der Gruppe 3 und 60% der Gruppe 4 wählen die OKM-Aufnahme.

Welches ist die Aufnahme des KU81i?

Die Verteilung der Antworten sind hier fast gleich geblieben. Nur jeweils ein Proband der Gruppe 1 und 2 wechselt von der subjektiven Vorliebe für die OKMs zur richtigen Antwort. Diese Ergebnisse sind sehr erstaunlich und sprechen für die Soundman-Mikrofone.

Bessere Sprachverständlichkeit (A Cappella Aufnahme)

7.4.4 Wo ist die Sprachverständlichkeit besser?

Bei diesem Beispiel entscheiden sich 44,44% für die OKMs, 34,72% für den KU81i und der Rest für eine gleich gute Verständlichkeit bei beiden Mikrofonen. Die Tendenz zu den OKMs kommt sicher aus dem schon gezeigten Frequenzverlauf und der daraus ersichtlichen Mehrbetonung der sprachlich relevanten Frequenzen als beim KU81i. Bei den Gruppen 1, 3 und 4 sind die Antworten in etwa gleich auf die Mikrofone verteilt oder es wird „bei beiden in etwa gleich gut“ gewählt. Nur bei den ausgebildeten Tontechnikern geht die Tendenz stark zu den OKMs.

7.4.5 Welche Aufnahme gefällt dir besser?

Hier ist die Verteilung, wie es schon aus der vorangegangenen Frage zu erwarten war, fast gleich. Bei zwei Enthaltungen waren 50% für die OKMs und 47,22% für den Kunstkopf. Es gibt keine eindeutige Richtung bei den einzelnen Gruppen zu einem Favoriten.

Auswertung des Fragebogens: **Aufnahme (Rock Band)**

7.5.2 Bei welchem Beispiel ist tontechnischer weniger nachzuarbeiten?

Die Befragten entscheiden sich hier zu 76,39% für die OKMs. 16,67% für die Kunstkopf-Aufnahme und 6,94% für „bei beiden in etwa gleich viel“. Interessant ist, dass 66,7% der hauptberuflichen und sogar 84% der ausgebildeten Tontechniker auf die OKMs tippen. Dies spricht doch sehr für die Qualität der OKM-Mikrofone. Auch in den weniger professionellen Gruppen ist die Verteilung ähnlich.

Wie empfindest du die Wahrnehmbarkeit der Instrumente im Raum?

Beim Kunstkopf empfinden es 36,11% als „Klangbrei“ ohne gute räumlich Trennung der Instrumente. Fast die Hälfte der Gruppe 1 und 3 und jeweils 1/3 der Gruppen 2 und 4 empfindet dies genauso. 20,83% behaupten, dass sich alles gut trennen lässt (darunter auch 1/3 der Gruppe 2) und 43,06% machen einen Unterschied zwischen den einzelnen Instrumenten aus. Bei der OKM-Aufnahme hingegen empfinden nur 6,94% (darunter nur ein Proband aus der Gruppe 1) keine gute räumliche Trennung. 65,28% der Probanden sind der Meinung, dass sich hier die Instrumente sehr gut voneinander abtrennen. Dieser Meinung sind 66,7% der Gruppe 1, 76% der Gruppe 2, 69,2% der Gruppe 3 und 52% der Gruppe 4. 27,78% glauben, dass sich einige Instrumente besser lokalisieren lassen als andere. Auch hier ist das Ergebnis wieder so, dass sich die billigen Mikrofone deutlich vom Kunstkopf abheben.

Welches Instrument lässt sich am besten lokalisieren?

Die häufigsten Angaben sind hier die Gitarren. Sie spielen sich sehr stark im Frequenzbereich ab, der für uns gut zu lokalisieren ist. Außerdem handelt es sich um ein uns wohl vertrautes Instrument, was die Ortung einfach macht.

Welche Aufnahme gefällt dir besser? *Subjektiv bessere Klangqualität (Rock Band)*

Es entscheiden sich wieder eine deutliche Mehrheit für die OKM-Aufnahme. Nur 18,06%, im Vergleich zu den 80,56% bei den OKMs, wählen die Kunstkopfaufnahme. Es gibt eine Enthaltung. In den ersten drei Gruppen liegen die Bewertungen für die OKMs jeweils über 84%. Nur in der Gruppe 4 sind lediglich 2/3 für die OKMs.

Wie oft hast du den Unterschied der Mikrofone richtig erkannt?

Die Antworten pendeln sich in der Mitte zwischen zwei und drei der vier Beispiele ein. 34,72% sind für zwei und 38,89% für drei richtige Antworten. Für eine richtige Antwort entscheiden sich 11,11% und für vier richtige 15,28%. Aus der Gruppe 1 liegen die Antworten gleichmäßig verteilt zwischen zwei und vier. In Gruppe 2 verstärkt auf drei Richtigen. Die unprofessionelleren Gruppen orientieren sich mehr zu einer oder zwei richtigen Antworten. Schlussfazit.

Schlussfazit

Diese Arbeit brachte für mich doch so manche überraschende Ergebnisse. Ich hätte nicht vermutet, dass sich auch die OKMs in machen Aufzeichnungen gegen den KU81i behaupten können. Auch mir persönlich haben die Ergebnisse, die die Soundman OKMs in den Hörbeispielen 2 und 4 liefern, wie den meisten Probanden, besser gefallen als die des Neumann KU81i. Interessant ist auch, dass die subjektiven Entscheidungen wie im A Cappella Beispiel zu den OKMs tendieren, in der nächsten Frage (Welches ist die Aufnahme des KU81i) aber die Probanden sich richtig für den KU entscheiden. Es bleiben zwar die absolute Mehrheit bei ihrer subjektiven Meinung aber ein paar Probanden können immer den Unterschied zum teureren Gerät richtig erkennen. Bei dem zuletzt untersuchten Problem der Vorne-Hinten-Vertauschung ist ein wichtiger Punkt festzustellen. Es scheinen Probanden, die

das Problem der Vorne-Hinten-Verwechslung bei Kunstkopfaufnahmen kennen, häufiger die Richtungen zu vertauschen, als Personen, die dieses Problem nicht kennen. Es liegt auch nicht am Aufnahmesystem, dass diese Vertauschung auftritt. Vielmehr wäre hier ein visueller Reiz wichtig, um richtig zu orten. Bei einer reinen akustischen Wiedergabe der Signale ist dies jedoch relativ schwierig. Noch problematischer wäre es wohl, wie schon erwähnt, bei impulshaften Signalen. **In der These der Arbeit wurde vermutet, dass es gravierende technische Unterschiede zwischen den beiden Aufnahmesystemen gibt und tontechnische Laien überhaupt keinen Unterschied erkennen können, sowie ausgebildete Tontechniker auch nicht immer die richtige Antwort liefern können.** Zu den technischen Unterschieden ist natürlich schon festzuhalten, dass der Neumann Kunstkopf zumindest in der Fertigung einen deutlich aufwändigeren Prozess durchläuft als die OKMs. Auch die verbauten Materialien und Mikrofone sind wohl beim KU81ii deutlich hochwertiger. Wie in Punkt 4 jedoch zu erkennen war, haben beide Systeme ihre Stärken und Schwächen in ihrem Frequenzverlauf. Zusammenfassend ist zu sagen, dass der KU81i das qualitativ deutlich hochwertigere Mikrofon ist, was auch den Datenblättern entnommen werden kann.

Anmerkung v. Soundman: Das KU 81 Kunstkopf-Mikrofon von Neumann wird für ca. Euro 6000,-- angeboten.

Wir bedanken uns bei Stephan Salb und allen Beteiligten für die Bereitstellung der Ergebnisse dieser Untersuchungen. Die hier vorgestellte Arbeit konnte nur in Auszügen präsentiert werden. Bei Interesse an der gesamten Arbeit, insbesondere der wissenschaftlichen Details und statistischen Daten, bitte bei Soundman melden.

Soundman
R. Ruff