



Trennkörper- Mikrofonsysteme

Audiovisuelle Medien SS/2010
Ton Seminar (41201)
Prof. Oliver Curdt

Ivo Gatzmanga (Matrikel-Nr. 21176)
ig018@hdm-stuttgart.de

Merten Lindorf (Matrikel-Nr. 20268)
ml062@hdm-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Übersicht Stereomikrofonie-Verfahren.....	4
3. Geschichte.....	6
4. Grundlagen der Trennkörper-Mikrofonssysteme.....	7
5. Verfahren der Trennkörper-Mikrofonssysteme.....	8
• 5.1 Jecklin-Scheibe (OSS).....	8
• 5.2 Kugelflächenmikrofon (KFM).....	11
• 5.3 Surround Kugelflächenmikrofon.....	14
• 5.4 Sonstige Trennkörper-Mikrofonssysteme.....	16
• 5.4.1 CLARA.....	16
• 5.4.2 SASS.....	16
• 5.4.3 Grenzflächen-Stereomikrofon mit Trennkörper.....	17
6. Kunstkopf-Stereofonie.....	18
• 6.1 Richtungsbezogenes Hören.....	20
• 6.2 Originalkopf-Mikrofon (OKM).....	21
7. Vergleich zu herkömmlicher Stereomikrofonie.....	22
8. Soundbeispiele.....	24
9. Fazit.....	27
10. Quellen.....	28

1. Einleitung

Warum Stereomikrofonie?

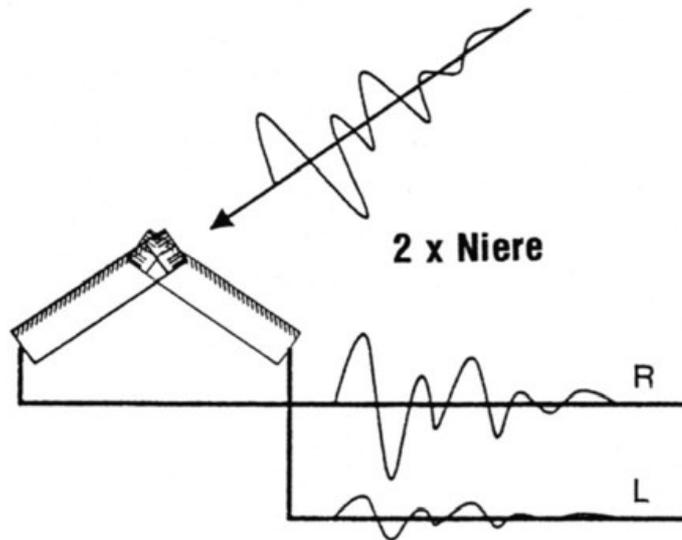
Bei Aufnahmen mit Raumklang entsteht mit nur einem Mikrofon ein unnatürlicher Höreindruck. Dieses Phänomen lässt sich durch das Ohr-Gehirn-System erklären. Die akustische Balance des aufzunehmenden Klangkörpers wird beibehalten (z.B. Orchesteraufnahmen, Overhead-Mikrofone beim Schlagzeug). Es gibt folgende unterschiedliche Verfahren: Intensitäts-, Laufzeit-, Äquivalenzstereofonie (Siehe Kapitel 2)

Warum Trennkörper-Stereofonie?

Bei Trennkörper-Stereofonie handelt es sich um eine Kombination aus Intensitäts- und Laufzeitverfahren. Dadurch erreicht man eine bessere Stereo-Trennung durch einen Trennkörper zwischen den beiden Mikrofonen. Zusätzlich erhält man noch Klangfarbenunterschiede zwischen den beiden Kanälen und erhält außerdem ein natürlicheren Höreindruck.

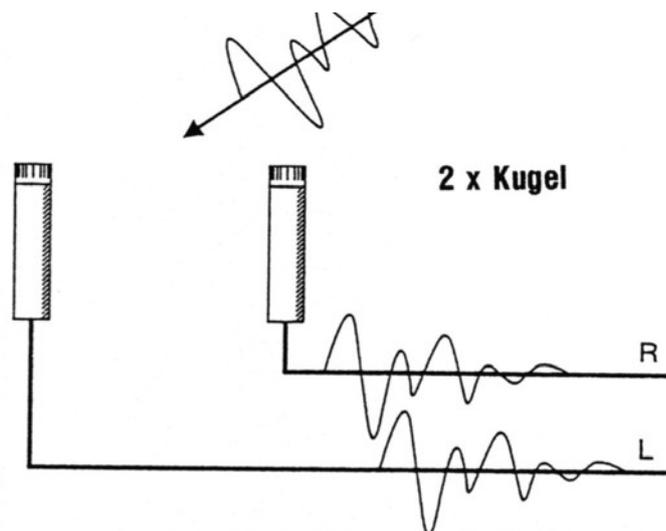
2. Übersicht der Stereomikrofonie-Verfahren

- Intensitätsstereophonie und -mikrofone (XY-/MS-Verfahren)



"Intensitäts"-Stereophonie (XY)
Nur Pegeldifferenzen ΔL

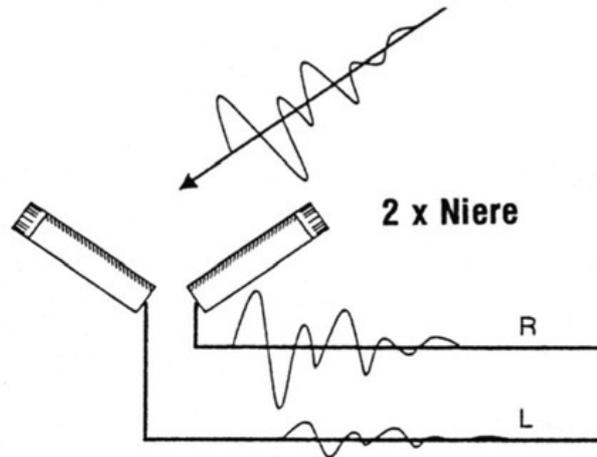
- Laufzeitstereophonie (AB-Stereophonie)



Laufzeit-Stereophonie (AB)
(Fast) nur Laufzeitdifferenzen (Δt)

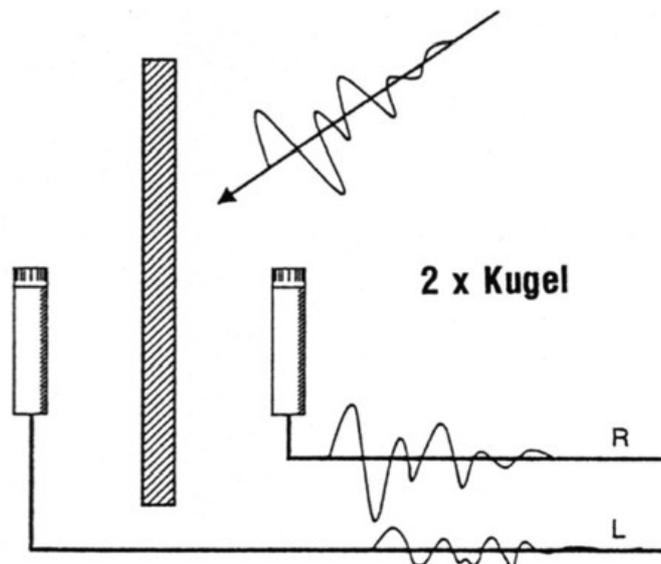
- Äquivalenzstereophonie und -mikrofone

Ohne Trennkörper: ORTF, NOS und Stereo 180°-Anordnung



Äquivalenz-Stereophonie (hier: ORTF)
Pegel- und Laufzeitdifferenzen
 ΔL und gleichsinniges Δt

Mit Trennkörper: OSS, Kugelflächenmikrofon, SASS, Grenzflächen-Stereomikrofon mit Trennkörper und CLARA



Trennkörper-Stereophonie (hier: OSS)
Pegel- und Laufzeitdifferenzen
und **Spektraldifferenzen** bei
seitlichem Schalleinfall

3. Geschichte

- ca. 1920 Ersten Versuche Fletcher
(Form des Kopfes einer Schneiderpuppe)
- 1954, tête Charlin (1)
- 1955, Schoeps-Laborprodukt (2)
- 1965, Kisselhoff
- 1980, "OSS", Jecklin-Scheibe (3)
- 1985, "Clara", (Prof. Peters) (4)
- 1985, Defossez
- 1990, Geller (5)
- 1990, SCHOEPS (6)
- 1999, Graf



4. Grundlagen der Trennkörper-Mikrofonsysteme

Ziel ist die bessere, natürlichere Darstellung eines Klangereignisses. Hierfür wird mit einem Trennkörper der zwischen den Mikrofonen der menschliche Höreindruck nachgebildet indem der Kopf simuliert wird.

Das Stereophonieverfahren ist hierbei ein gemischtes Verfahren aus Laufzeit- und frequenzabhängigen Pegelunterschiede.

Durch den Trennkörper ergeben sich unterschiedliche Frequenzgänge bei linkem und rechtem Mikrofon.

Ebenfalls wichtig ist, dass dieses Verfahren nur mit Druckempfängern (Kugel) funktioniert.

Man spricht auch von binauralen Mikrofonsystemen.

Psychoakustik:

Durch verschiedene Frequenzgänge kann das Gehirn ein Hörereignis aus verschiedenen Richtungen orten. Die Frequenzunterschiede ergeben sich durch Abschattung des Kopfes und Formung des Außenohrs. Die Interpretation von Hörereignissen erfolgt durch Erlernen von Geburt an.

Um im Nachhinein diesen Effekt zu simulieren benutzt man die *Head Related Transfer Function* (HRTF).

5. Verfahren der Trennkörper-Mikrofonsysteme

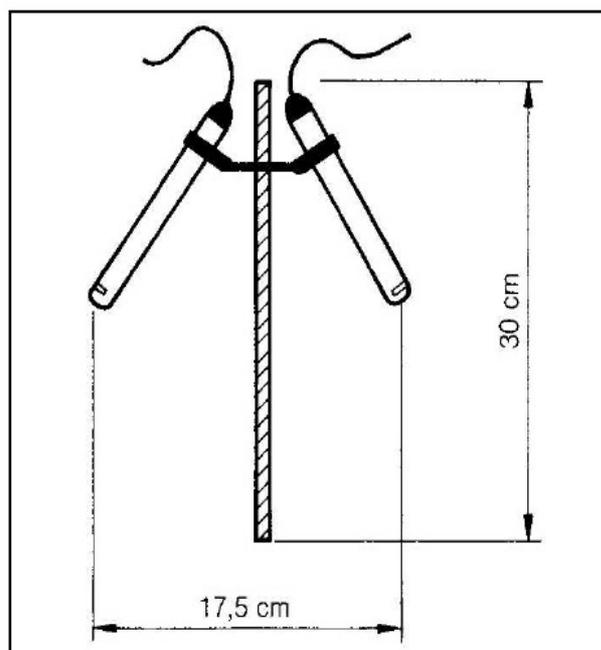
5.1 Jecklin-Scheibe (OSS)

Die Jecklin-Scheibe oder auch „Optimal Stereo Signal“ wurde vom schweizer Rundfunktonmeister Jürg Jecklin entwickelt.



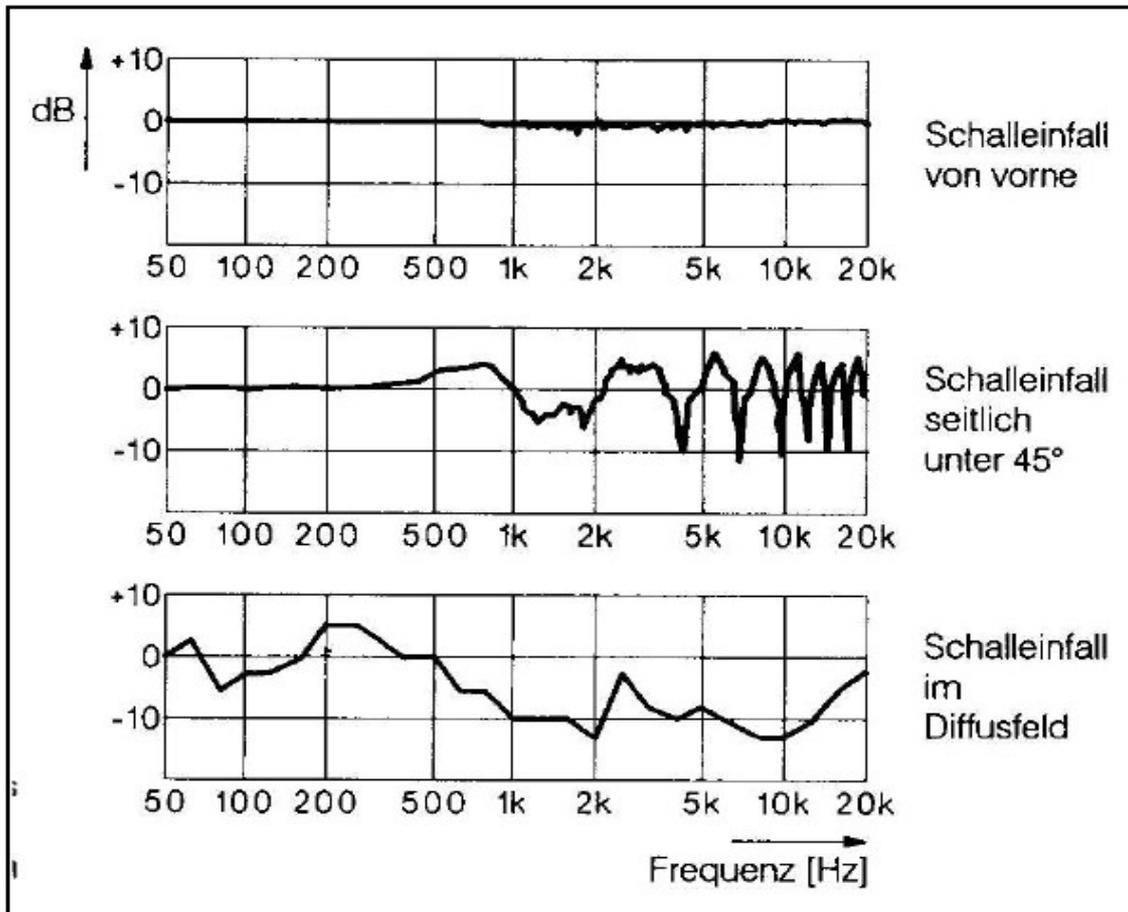
Aufbau:

- Schall absorbierende Scheibe
- 30 cm Durchmesser
- 3 cm Dicke
- Basisbreite 17,5 cm / 30 cm
- 60°-80° Öffnungswinkel
- Druckempfänger
(linearer Diffusfeldfrequenzgang)



Besonderheiten:

Direktschall von vorne wird färbungsfrei aufgenommen.
Bei seitlich einfallendem Schall kommt es zu kammfilterartigen Klangverfärbungen, da die schallharte Scheibe trotz Schaumstoffauflage stark schallreflektierend wirkt.



Frequenzgang bei verschiedenen Schalleinfallrichtungen

Durch den Einsatz der Jecklin-Scheibe als Hauptmikrofon in einem größeren Abstand von der Schallquelle, resultiert daraus auch ein großer Diffusschallanteil, durch den die störenden Kammfiltereffekte kaum in Erscheinung treten.

Unter 1kHz entstehen keine kopfähnlichen Spektralunterschiede, bei hohen Frequenzen dafür umso mehr.

Für den Einsatz ist eine gute akustische Umgebung absolute Voraussetzung.

Anwendungsbeispiele:

Eignet sich besonders für kleinere Ensembles wie z.B. Kammerorchester, Vokal-Gruppen ohne elektroakustische Verstärkung oder Raumklang-Aufnahme für Schlagzeug.

Vor- und Nachteile:

Vorteile	Nachteile
gute Tiefbasswiedergabe	Kammfilter durch Reflexionen an der Scheibe
gute Stereo-Trennung trotz ungerichteter Mikros	seitlicher Schall sehr spitz und aggressiv
Selbstbau der Trennscheibe möglich	seitlicher Schall sehr spitz und aggressiv
	geringe Basisbreite

5.2 Kugelflächenmikrofon (KFM)

Nach einem Vorschlag von Günther Theile in einem Vortrag auf der Tonmeistertagung in München zum Bau eines Kugelflächenmikrofons, wurde von den Mikrofonherstellern Schoeps und Neumann ein Serienprodukt entwickelt.



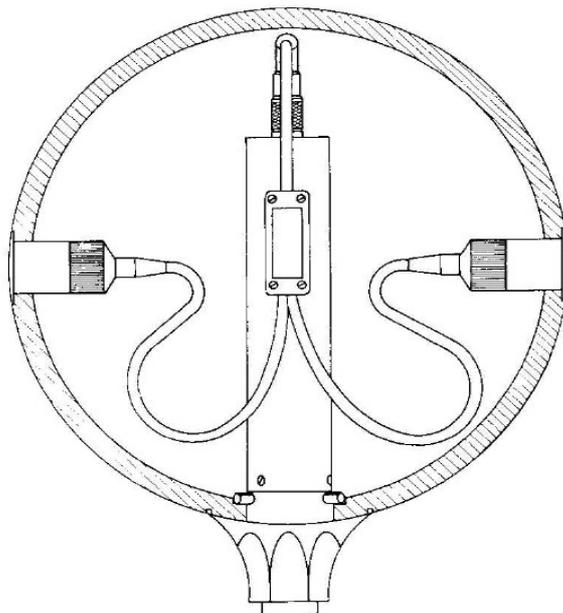
Günther Theile



KFM 6, SCHOEPS

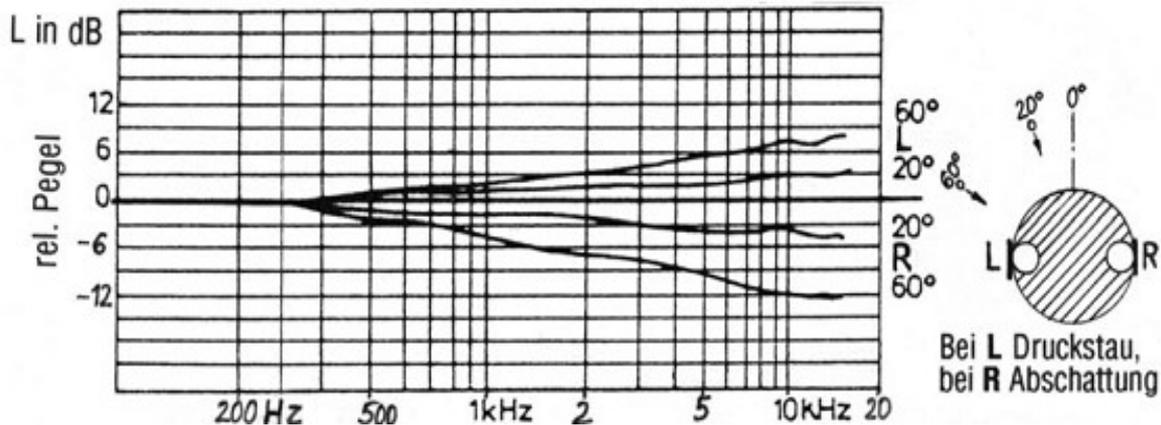
Aufbau:

- Kugel aus Kunststoff mit **20 cm** Durchmesser
- Druckempfänger **180°**, gegenüberliegend
- Aufnahmewinkel **90°**
- Membranen bündig mit Oberfläche (ähnlich PZM)
- Diffusfeldentzerrte Mikrofone

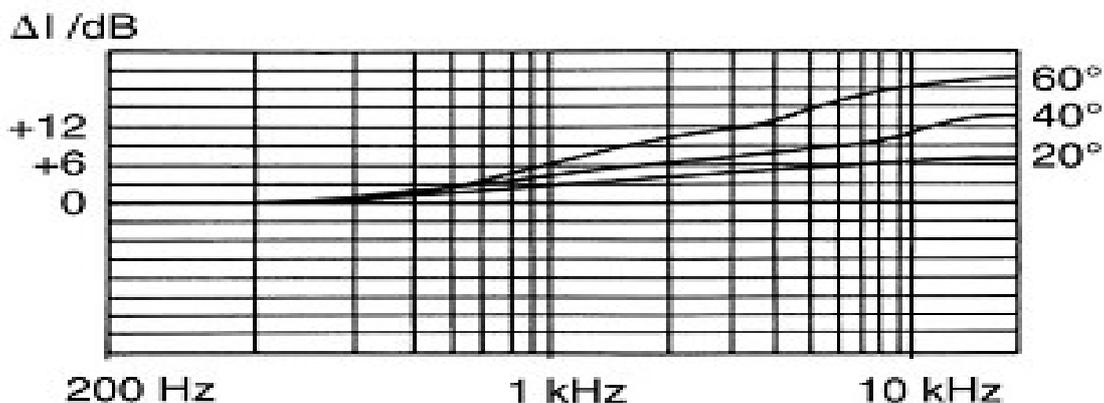


Besonderheiten:

Durch den bündigen Abschluss der Membran mit der Oberfläche der Kugel entstehen keine störenden Kammfiltereffekte, da Reflexionen nicht ins Mikrofon gelangen, vergleichbar mit einem Grenzflächenmikrofon. Daher ist der Frequenzgang von vorne sowie im diffusen Schallfeld linear.



Frequenzgänge KFM 6 aus verschiedenen Richtungen



Frequenzabhängigkeit der Pegeldifferenz zwischen L und R

Auch hier ist ein gut klingender Raum mit genügend Abstand zur Schallquelle erforderlich, da hohe Frequenzen bei zu geringem Abstand durch den entstehenden Druckstau überbetont werden. Zudem ist ein größerer Abstand bei breiten Klangkörpern nötig, da der Aufnahmebereich nur 90° beträgt. Bei der Kombination mit Stützmikrofonen gehen die positiven Eigenschaften des Mikrofons schneller verloren als bei anderen Hauptmikrofonsystemen.

Anwendungsbeispiele:

Eignet sich besonders bei Räumen mit hohem Anteil an diffusem Schall (Hall) wie z.B. Konzerthallen oder Kirchen. Vor allem in Kirchen ist es mit dem KFM möglich die ganze Atmo eines Gottesdienstes (vorne Pfarrer, hinten Orgel und Gemeinde) aufzunehmen.

Auch bei Hörspielaufnahmen und Atmo-Aufnahmen für Film wird es eingesetzt um einen besonders natürlichen Höreindruck zu erhalten. Gerade mit Kopfhörer ist der Effekt am deutlichsten.

Vor- und Nachteile:

Vorteile	Nachteile
gute räumliche Tiefe	nur in akustisch optimalen Räumen einsetzbar
gute Lokalisation der Schallquellen	Störschall von hinten wird laut mit aufgenommen
gute Abbildung tiefster Frequenzen	seitlicher Schall sehr spitz und aggressiv
	kleiner Aufnahmewinkel von 90°

5.3 Surround-Kugelflächenmikrofon

Aufbau:

- zusätzlich zu den Kugeln auf beiden Seiten jeweils eine Acht
- Achten zeigen nach vorn / hinten
- Aufnahmewinkel 120° (Stereo)
- DSP Prozessor für 5.1 Matrixierung notwendig



Schoeps DSP-4 KFM 360

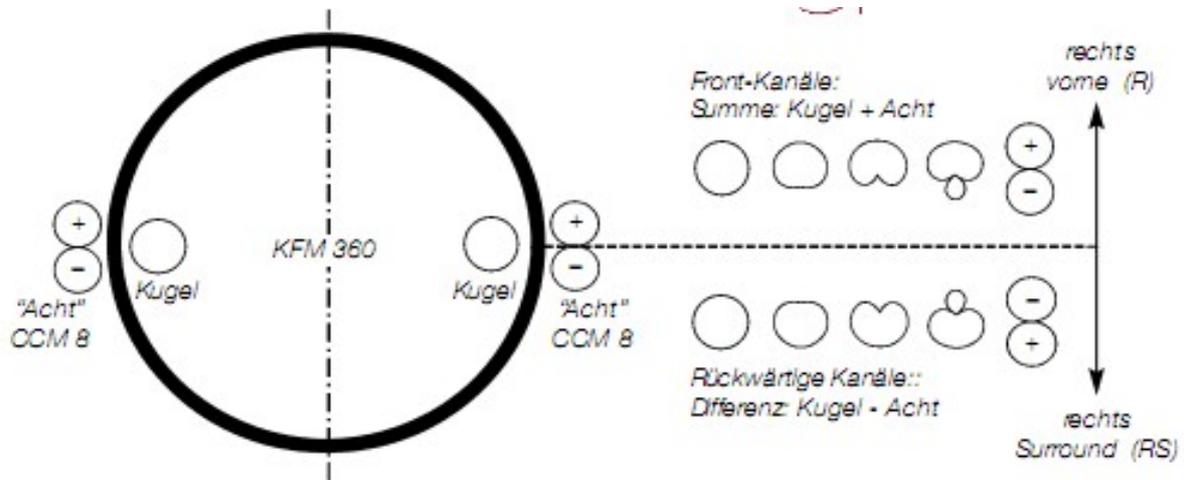


Schoeps KFM 360

Mit der Matrix lässt sich durch Verschaltung der Mikrofone (jeweils zwei Kugeln und Achten) verschiedene Richtcharakteristiken realisieren.

Dadurch hat man Einfluss darauf, wie viel Raum aufgenommen wird. Der Anteil des Schalls von allen Seiten kann somit geregelt werden, um z.B. Störsignale zu minimieren.

Ableitung der 5.1 – Kanäle:



CENTER - vordere Kanäle der Achten

LFE - Signale der Druckempfänger mit Tiefpass bis 80Hz (6dB abgesenkt)

L front - Kugel (L) + Acht (L, vorn)

R front - Kugel (R) + Acht (R, vorn)

L surround - Kugel (L) + Acht (R, hinten)

R surround - Kugel (R) + Acht (R, hinten)

5.4 Sonstige Trennkörper-Mikrofonsysteme

Neben den herkömmlichen Trennkörper-Mikrofonsystemen gab es immer wieder Versuche, die jeweiligen Eigenschaften zu verbessern und negative Effekte zu minimieren.

5.4.1 CLARA

Das System beruht auf der Idee von Prof. Johann Hinrich Peters und ist eine Verbesserung der Jecklin-Scheibe.

Auf jeder Seite des reflektierenden Acrylkörpers ist ein freifeldentzerrtes Druckmikrofon eingesetzt.

Die Plexiglasplatte ist schiffsbugähnlich gebogen um störende Reflexionen am Trennkörper zu vermeiden. Durch diese parabelförmige Rundung sind Klangfarbe und Schalldruckanstieg beider Seiten verbunden.



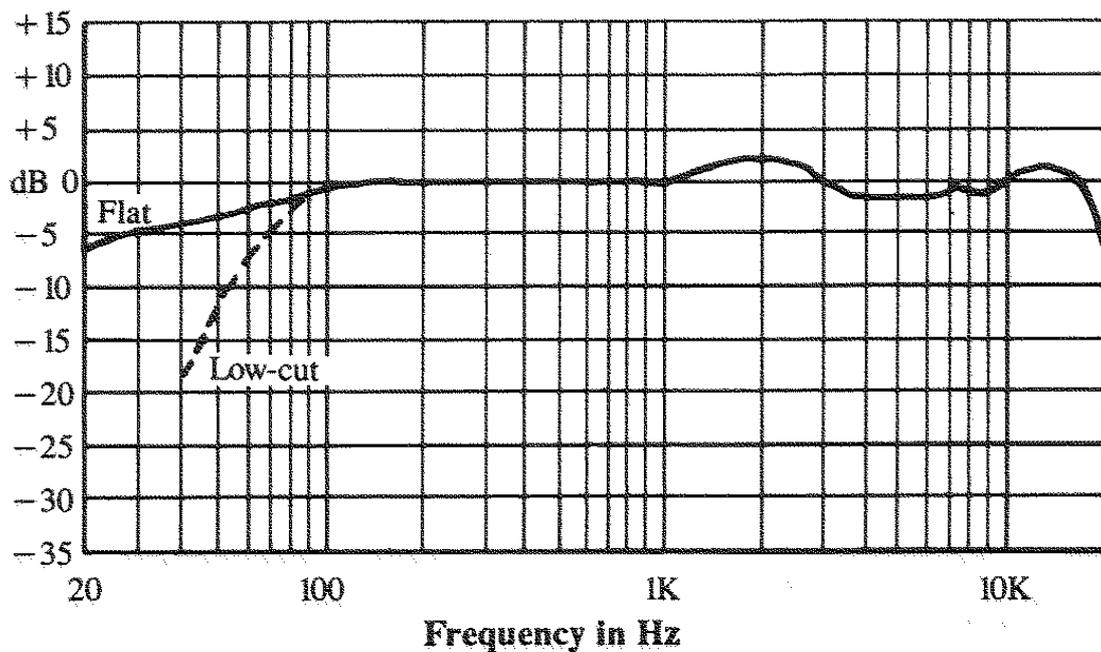
5.4.2 SASS (Stereo Ambient Sampling System)

Dieses System wurde von der Firma CROWN entwickelt und ist eine Annäherung an den Kunstkopf. Hierbei handelt es sich um einen schallabsorbierend-reflektierenden Trennkörper mit 17 cm Basisbreite.



An den sog. Ohren befindet sich jeweils ein Grenzflächen-Druckempfänger. Das System zeichnet sich durch seine Mono-Kompatibilität aus und besitzt wie auch alle anderen Systeme eine sehr gute Basswiedergabe.

Anwendungen finden sich bei akustischen Instrumenten wie z.B. Gitarre, Flügel oder Streichinstrumenten sowohl auch beim Filmtone.



Frequenzgang SASS-P, bei 0°

5.4.3 Grenzflächen-Stereomikrofon mit Trennkörper

Dieses mittlerweile nicht mehr hergestellte Mikrofon verbindet die Jecklin-Scheibe mit dem Grenzflächeneffekt.

Die zwei Druckempfänger-Kondensatorkapseln sind mit geringem Abstand über der Mikrofon-Grundplatte angeordnet.

Die Trennscheibe verbessert Kanaltrennung und Lokalisation der Phantomschallquellen, ähnlich wie bei der Jecklin-Scheibe.



MBC-622 von MBHO

6. Kunstkopf-Stereomikrofone

Das Kunstkopfaufnahmeverfahren zählt wie auch die vorher besprochenen zu den gemischten Aufnahmeverfahren. Bei diesem Aufnahmeverfahren wird eine Nachbildung des Kopfs mit Mikrofonen anstelle der Ohren hergenommen, als Modell dient dabei ein „Norm-Mensch“.



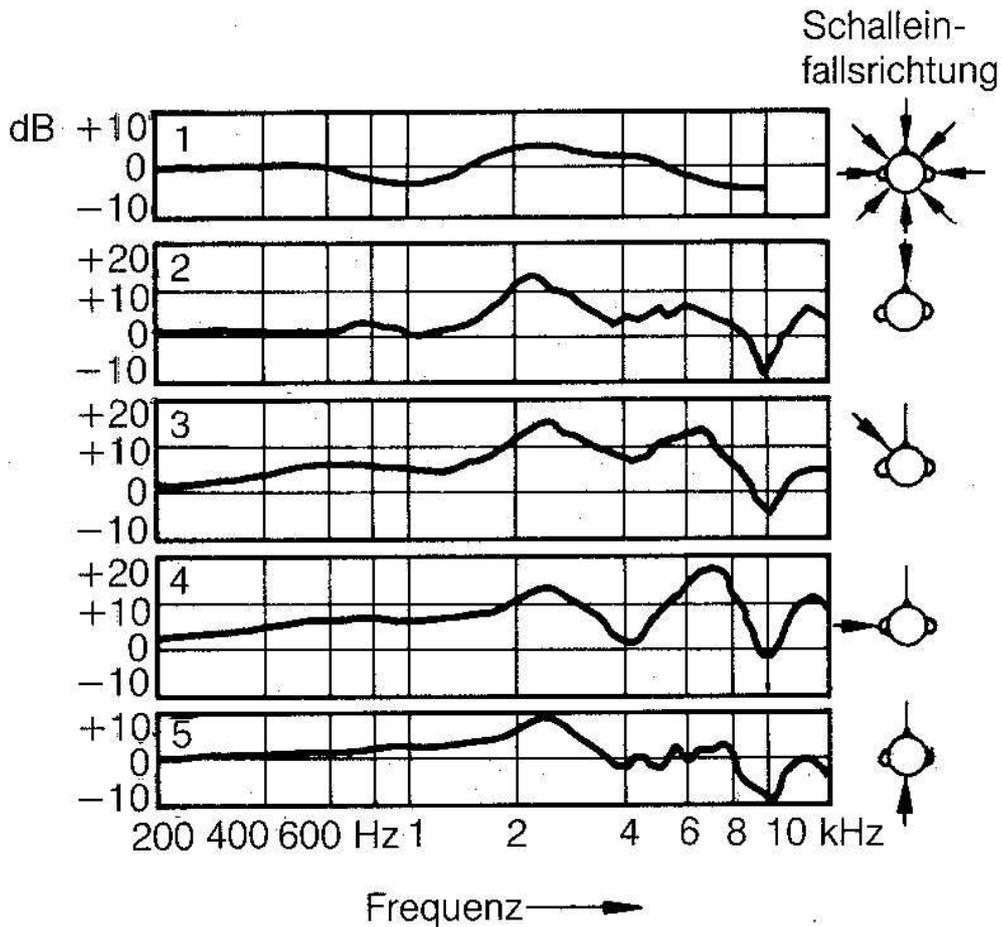
Neumann KU 100

An der Stelle des Trommelfells ist jeweils ein Druckempfänger montiert. Es ist grundsätzlich für die Kopfhörerwiedergabe vorgesehen und liefert damit ein sehr natürliches Klangbild.

Die Schallquellen sind sehr gut lokalisierbar (auch nach hinten und unten). Die Ortung der Richtung erfolgt mithilfe der Klangfärbung, die aus Abschattung des Kopfes und Formung des künstlichen Ohrs resultiert.

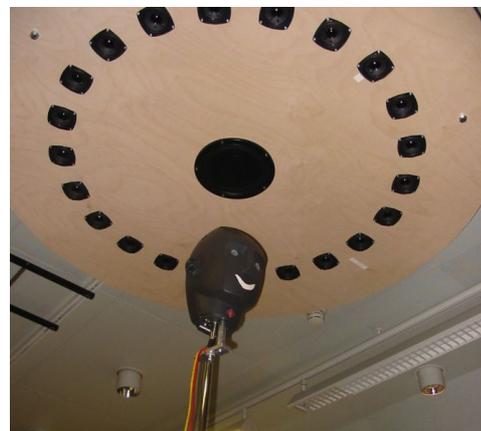


Frequenzgänge aus verschiedenen Schalleinfallsrichtungen sowie bei Diffusschall:



Bei der Wiedergabe über Lautsprecher werden die Veränderungen des Frequenzgangs des aufgenommenen Signals quasi zweimal vorgenommen: Einmal bei der Aufnahme durch den Kunstkopf, dann noch bei der Wiedergabe durch den eigenen Kopf bzw. Ohr. Für die Wiedergabe mit Lautsprechern muss das Signal entsprechend aufbereitet werden.

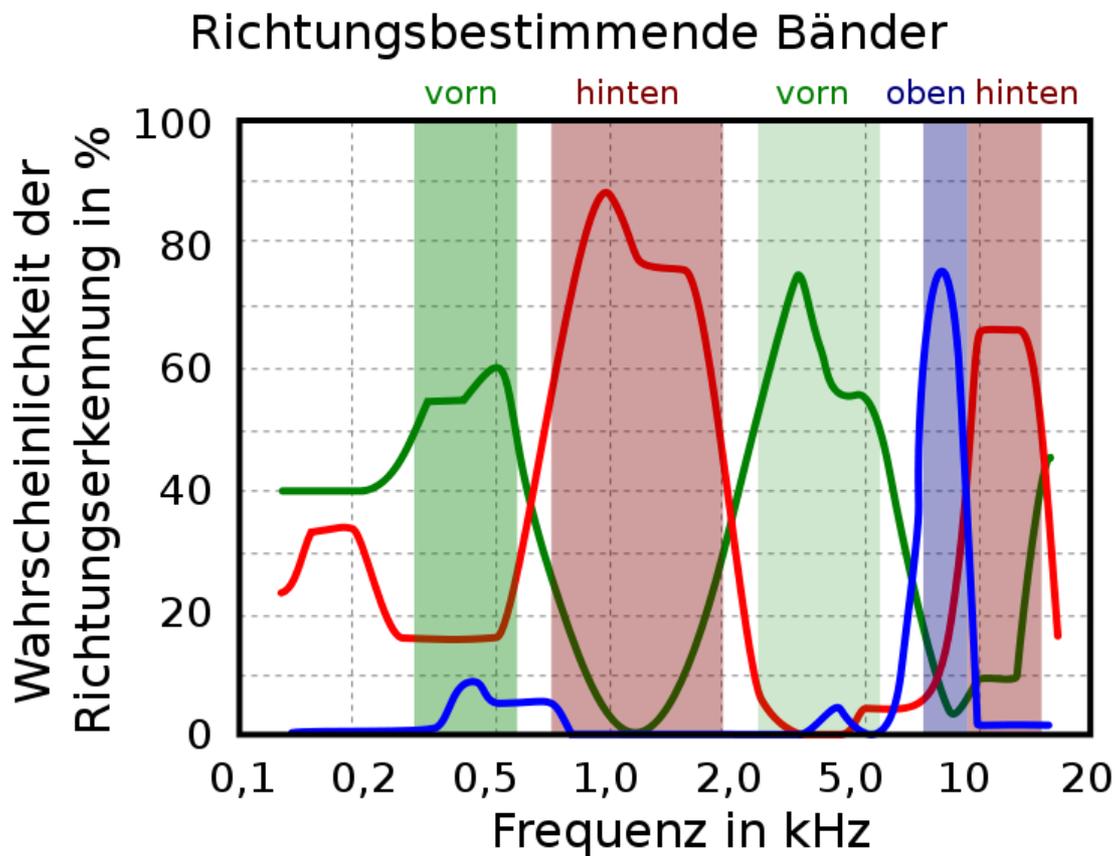
Mit dem „Binaural Sky“ am IRT in München ist es möglich eine Kunstkopfaufnahme ohne Kopfhörer zu hören.



6.1 Richtungsbezogenes Hören

Für das richtungsbezogene Hören sind die sog. Blauertschen Bänder verantwortlich.

Die individuelle Formung des Ohres erzeugt eine bestimmte Anhebung bzw. Absenkung des Frequenzgangs in bestimmten Frequenzbereichen, je nach Richtung des Schalls in der Medianebene (vorne, oben, hinten).



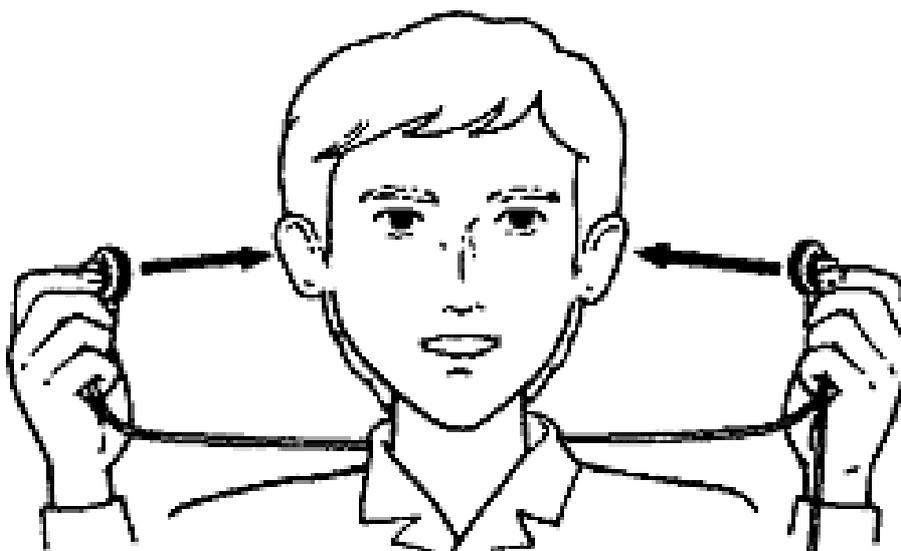
6.2 Originalkopf-Mikrofon

Hierbei handelt es sich um ein Elektret-Mikrofon mit Kugelcharakteristik, die man wie In-Ear Kopfhörer trägt.



Damit lassen sich individuelle Kunstkopf-Aufnahmen machen. Die Aufnahme entspricht dem subjektiven Höreindruck des Trägers. Nachteil ist dabei der hohe Anteil an Körperschall.

Musikaufzeichnungen lassen sich mit hervorragender Räumlichkeit, wie z.B. klassische Konzertaufnahmen oder Live-Konzerte realisieren. Praktisch sind diese Mikrofone auch bei Interviews oder Meetings.

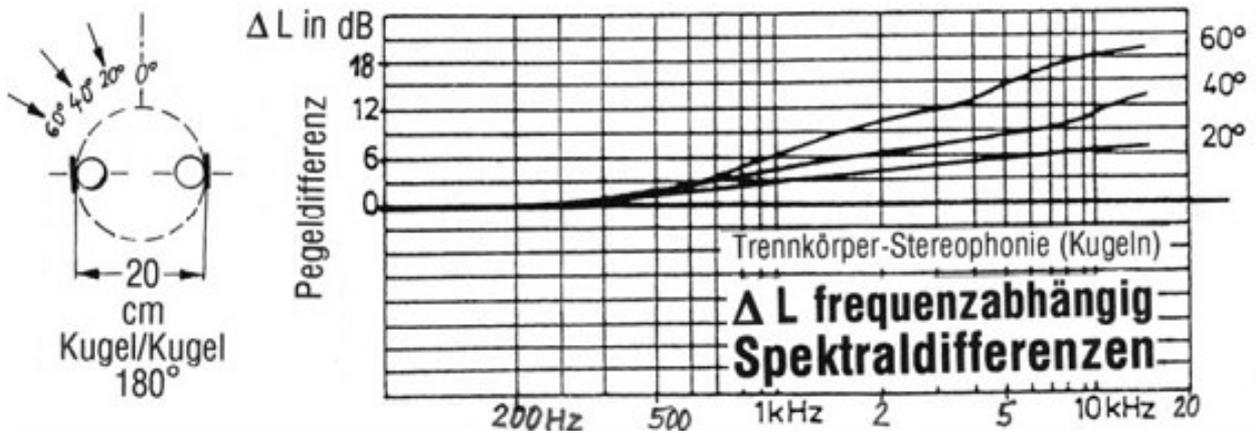


7. Vergleich zu herkömmlicher Stereophonie

Jecklinscheibe vs. XY, MS, ORTF, AB

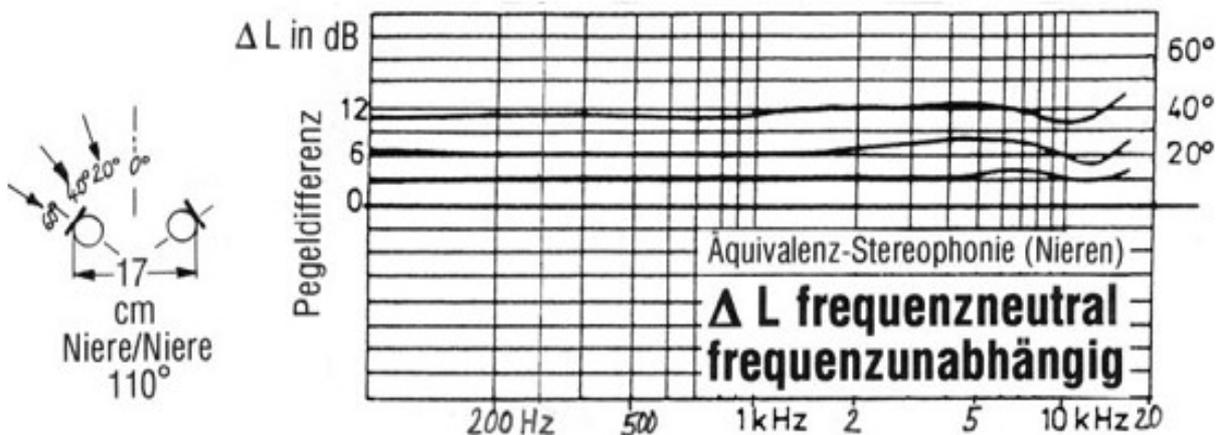
Stereo-Art	koinzidente Stereophonie	kleine Laufzeit- & Pegeldifferenz	Trennkörper-stereophonie	Laufzeit-stereophonie
Name	XY MS	z.B. ORTF	z.B. Jecklin-Scheibe	AB
Geometrie				
Mikrofon-abstand (d)	0cm	5cm – 30cm	abhängig vom Trennkörper	40cm – 80cm oder mehr (bis zu mehreren Metern)
Winkel zwischen den Hauptachsen der Mikrofone	meist übereinander 70° – 180°	Abstand und Winkel voneinander abhängig -90° 0°–180°	typisch 20°	0° – 90°
Akustisches Arbeitsprinzip des Mikrofons	Druckgradienten-Empfänger (z.B. SCHOEPS Niere MK 4 oder CCM 4)		meist Druck-Empfänger (Kugel) (z.B. SCHOEPS MK 2S oder CCM 2S)	
Klangbild	abhängig von den verwendeten Mikrofonen sauber, oft hell oder brillant voluminös, besonders gute Tiefenwiedergabe bei Verwendung von Kondensator-Kugelmikrofonen			
Räumlichkeit	räumliche Tiefe oft wenig ausgeprägt	ausgewogen	gut	sehr gut
Lokalisation (Ortung)	bei richtiger Winklereinstellung** sehr gut, aber meist betonte Mittenortung, außer bei der Acht	gut	ausreichend	verwaschen
	**Trennkörper- und Laufzeitstereophonie ist auch mit Druckgradienten-Empfängern möglich, wird aber selten angewandt. **Der richtige Winkel zwischen den Mikrofonen hängt von ihrer Richtcharakteristik und vom Aufnahmewinkel ab (das ist der Bereich, innerhalb dessen sich – vom Mikrofon aus gesehen – die Schallquellen befinden sollten).			

Unterschiede im Frequenzgang von Trennkörper- und Äquivalenzstereofonie:



Der Pegel nimmt bei hohen Frequenzen am linken Kanal stärker zu, je seitlicher der Schalleinfallswinkel ist..

Bei 90° ist die Abschattung am Rechten Kanal und der Druckstau am linken Kanal maximal. Es entsteht der größte spektrale Unterschied zwischen links und rechts.



Hier ist der Pegelanstieg frequenzunabhängig. Linker und rechter Kanal unterscheiden sich allein im Pegel.

8. Soundbeispiele

Verschiedene Verfahren:

Eigene Aufnahmen:

- OSS nach Jecklin



- Ball nach Geller



Trennkörper-Mikrofonsysteme, Merten Lindorf (20268) & Ivo Gatzmanga (21176)

- Kunstkopf mit Jonathan B.



- AB ohne Trennkörper



- ORTF



Kunstkopf-Aufnahmen:

- Jazzband
- virtueller Haarschnitt
- Box schütteln
- Frauenstimme

Kugelflächenmikrofon:

- Abenteuer Regenwald mit KFM 6

Vergleich zu herkömmlicher Stereomikrofonie:

- Vergleich von binauralen Aufnahmen (Kunstkopf, OSS, und ORTF)
- Neumann Contest 2003

9. Fazit

Aufnahmen mit Trennkörper-Mikrofonsystemen liefern über Kopfhörer abgehört verblüffende Ergebnisse. Gerade bei Hörspielen kann man die entstehenden Effekte besonders gut ausnutzen.

Jedoch überwiegen bei der klassischen Verwendung als Hauptmikrofon negative Eigenschaften wie Kammfilter-Effekte sowie die nicht ganz einfache Handhabung was den Aufstellungsort betrifft. In Räumen mit schwieriger Akustik oder wenn das Mikrofon aus Platzgründen nicht optimal im Raum aufgestellt werden kann, macht es wenig Sinn ein Trennkörper-Mikrofonsystem zu verwenden.

Beim Einsatz als Hauptmikrofon bei Musikaufzeichnungen ist man hier mit einem herkömmlichen Stereomikrofon-Verfahren besser beraten. Des weiteren gehen die positiven Effekte der binauralen Aufnahme wie die bessere Ortung und größere Tiefenstaffelung verloren, wenn man Stützmikrofone hinzu mischt, die oft unerlässlich sind.

Die Mikrofone konnten sich aufgrund ihrer schwierigen Handhabung während der Aufnahme, sowohl auch bei der Wiedergabe nicht gegen die bekannten Stereo-Aufnahmeverfahren durchsetzen.

Trotzdem füllen sie eine Nische und finden immer wieder Einsatz, wenn entweder ein guter Raum zur Verfügung steht oder für gezielte Stereo-Effekte, sowie beim Filmtone.

Dies bestätigte uns auch Jörg Wuttke, der als Technischer Direktor bei der Firma Schoeps maßgeblich an der Entwicklung des KFM-6 und der Surround-Version KFM-360 beteiligt war.

Unter Tonschaffenden ist der Einsatz von Trennkörper-Mikrofonsystemen stark umstritten. (siehe Sengpielaudio)

Aufgrund unserer Recherchen, den gefundenen Soundbeispielen und nicht zuletzt wegen der Erfahrungen, die wir bei unseren improvisierten Selbstbauten machten, finden wir, dass die Trennkörper-Mikrofonie durchaus ihre Berechtigung hat und bei korrektem Einsatz verblüffende Ergebnisse liefert.

10. Quellen

Theorie:

- Das Mikrophonbuch: Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne; Andreas Ederhof
- Schoeps Mikrophonbuch: Jörg Wuttke; Kap. 5, „Zwei Jahre Kugelflächenmikrofon“
- Theorie der Tontechnik, 3. Mikrophone: Jürg Jecklin Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, Institut für Elektroakustik, Studienrichtung Tonmeister, Theorie der Tontechnik
<http://www.mdw.ac.at/l101/iea/tm/scripten.php?navId=5>
- Äquivalenz- und Trennkörperstereomikrofonie: Harald Pfister
http://iem.at/~sontacchi/hoat/Hauptmikrofonverfahren_Aequivalenztechnik.pdf
- www.sengpielaudio.de
- <http://www.schoeps.de/E/kfm6.html>
- www.wikipedia.de
- www.hauptmikrofon.de
(Binaural Sky)
- www.neumann.com
- www.crownaudio.com/pdf/mics/126982.pdf
- <http://www.m7records.de/oss.html>
- <http://www.josephson.com/tn5.html>
(OSS Test)

Soundbeispiele:

- <http://www.binauralairwaves.com/>
- <http://www.terzoorecchio.com/mp3.html>
- <http://www.archive.org/details/AtTheFishBrook>
- <http://www.noogenesis.com/binaural/binaural.html>
- <http://www.binaural.com/serendipity/index.php>
- <http://ccgi.bluerabbit.plus.com/~bluerabbit/virtualarbershop/>
- <http://www.freesound.org/tagsViewSingle.php?id=1190>
- <http://www.fl-electronic.de/neuklang/kunstkopf.html>