

Überblick über Mikrofonaufnahmeverfahren: Einzel- und Mehrkanalmikrofonierung



1 Grundlagen: Richtcharakteristiken und Mikrofonaufnahmeverfahren

Mikrofone können für Schallwellen aus verschiedenen Richtungen unterschiedlich empfindlich sein. So lässt sich unerwünschter Schall allein durch die Aufstellung und Ausrichtung des Mikrofons ausblenden. Die Richtcharakteristik wird von der mechanisch-akustischen Konstruktion bestimmt. Spricht ein Mikrofon auf den Schalldruck an, so handelt es sich um eine kugelförmige Richtcharakteristik; spricht es auf den Druckgradienten oder die Schnelle an, so hat es eine gerichtete Aufnahmecharakteristik, z.B. die Form einer Acht, einer Keule oder einer Niere.

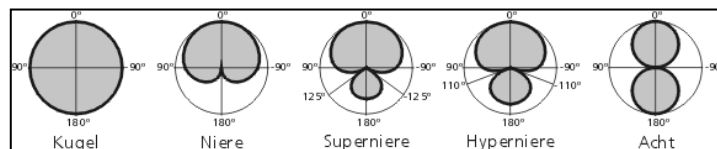


Abb. 1: Unterschiedliche Richtcharakteristiken im Vergleich

1.1 Richtcharakteristik von Schallquellen

Eine unendlich klein gedachte Schallquelle (ein so genannter Kugelstrahler nullter Ordnung) ist von einem Schallfeld umgeben, das bezüglich des Schallfeldparameters „Schalldruck“ keinerlei Richtungsabhängigkeit zeigt. Lediglich ein stetiger Pegelabfall nach einem einfachen Entfernungsgesetz,

$$p \sim 1/r \quad r = \text{Abstand von der Schallquelle,}$$

ist zu beobachten, da sich die (konstante) Schalleistung mit größer werdendem Abstand auf eine größere Hüllfläche verteilt.

Bei Schallquellen, die nicht mehr klein gegen die Wellenlänge sind, ergibt sich durch Beugungs- und Abschattungseffekte, aber auch durch Eigenschaften der abstrahlenden Fläche (Eigenmoden) häufig ein ausgeprägt richtungsabhängiger Schalldruckpegel. Durch den Zusammenhang mit der Wellenlänge ist in aller Regel diese Richtungsabhängigkeit auch von der Frequenz abhängig. Als Faustregel kann gelten, dass bei tiefen Frequenzen (z. B. 100 Hz) fast alle Schallquellen kugelförmig abstrahlen, bei hohen Frequenzen (einige Kilohertz) gibt es häufig eine Hauptabstrahlrichtung, während seitlich davon oder hinter der Quelle diese Frequenzen in abgeschwächter Form anzutreffen sind. Ein Beispiel für das Richtverhalten eines Musikinstruments zeigt die folgende Abbildung.

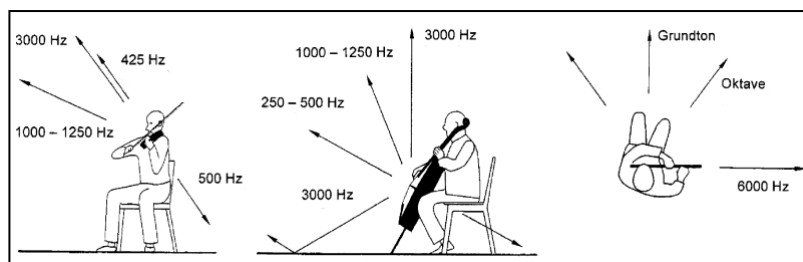


Abb. 2: Hauptabstrahlrichtungen Richtung für einige Frequenzen bei Streich- und Blasinstrumenten.

1.2 Druckempfänger

Bei einem Druckempfänger ist nur eine Seite der Mikrofonmembran dem Schallfeld ausgesetzt. Die Rückseite der Kapsel ist luftdicht abgeschlossen. Somit wird die Membran durch den Schalldruck zum Schwingen gebracht. Da der Schalldruck eine ungerichtete Größe ist, besitzt ein Druckempfänger keine Richtwirkung und hat daher eine kugelförmige Richtcharakteristik.

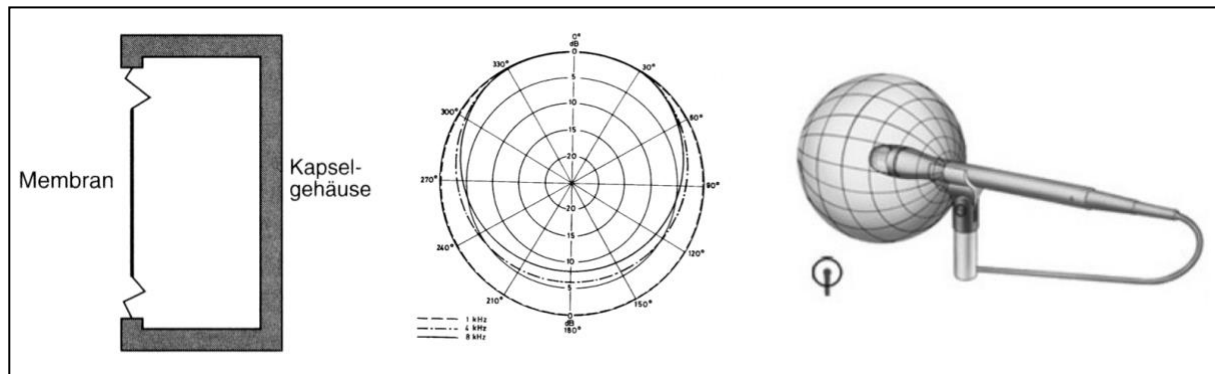


Abb. 3: Prinzip und Richtcharakteristik eines Druckempfängers bei verschiedenen Frequenzen.

1.3 Druckgradientenempfänger

Die Membran dieses Mikrophons ist mit beiden Seiten dem Schallfeld ausgesetzt. Für ihre Auslenkung ist damit der Unterschied des Schalldrucks vor und hinter der Membran maßgebend. Diese Differenz bezeichnet man als Druckgradient. Alle Druckgradientenempfänger haben eine Richtcharakteristik.

1.3.1 Achterrichtcharakteristik

In diesem Fall führt Schall aus einer Richtung von 0° oder 180° zur maximalen Druckdifferenz und bietet daher eine ideale Richtcharakteristik. Allerdings führt Schall, der auf die Membranrückseite trifft, im Vergleich zu von vorne kommendem Schall zu einer gegenphasigen Auslenkung. Trifft Schall aus 90° oder 270° , also seitlich auf das Mikrophon, so kommt es zu keinem Druckunterschied und folglich auch zu keiner Auslenkung. Diese Richtcharakteristik ist in der praktischen Anwendung dann von Vorteil, wenn seitlicher Schall ausgeblendet werden soll, was hauptsächlich in der MS-Stereoaufnahme-technik geschieht. Bei Aufnahmen ist daher wichtig zu wissen, in welche Richtung die Acht zeigt, um ungewollte Pegelabsenkungen zu vermeiden.

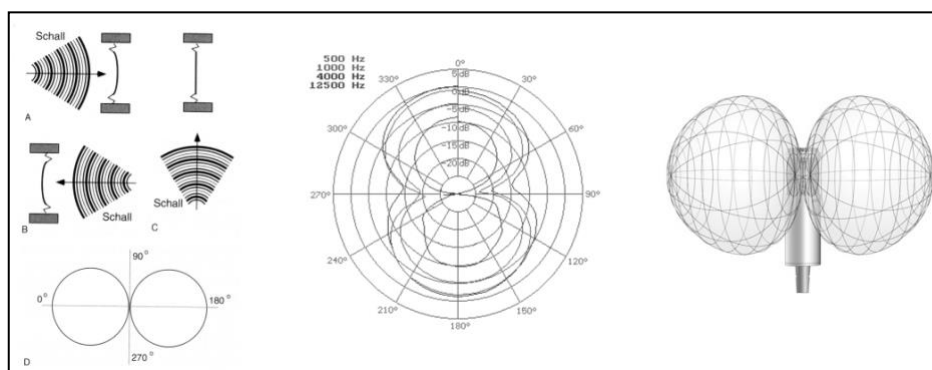


Abb. 4: Prinzip eines Druckgradientenmikrofons mit Achtercharakteristik.

1.3.2 Nierencharakteristik

Um diese Richtcharakteristik zu ermöglichen, sind die Wege des Schalls zu den beiden Membranseiten so zu beeinflussen, dass bei Schalleinfall von vorn (0°) der größte und bei Schalleinfall von hinten (180°) kein Druckunterschied auftritt. Ermöglicht wird dies durch sogenannte Laufzeitglieder vor der Membranrückseite. Auf dieselbe Art und Weise können Zwischenformen wie die Super- oder Hyperniere konstruiert werden. Deshalb besitzen Richtmikrophone zusätzliche, seitliche Schallöffnungen, die jedoch teilweise durch den Mikrofonkorb verdeckt sind. Jedoch kann es dann passieren, dass diese Öffnungen versehentlich teilweise oder ganz abgedeckt

werden, wodurch sich die Charakteristik zu einer Kugel hin verändern würde. Die nierenförmige Richtwirkung lässt zu den tiefen Frequenzen hin nach, da die notwendigen Laufzeitglieder in der relativ kleinen Mikrofonskapsel nicht mehr zu realisieren sind. Daher werden im Allgemeinen auch getrennte Kapseln für hohe und tiefe Frequenzen verwendet.

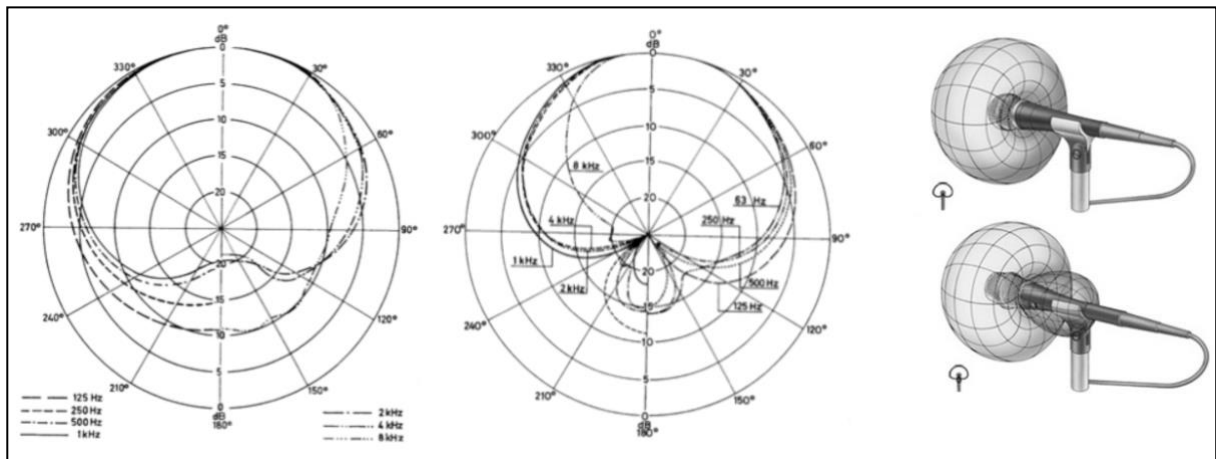


Abb. 5: Richtcharakteristiken von Niere (links) und Superniere (Mitte) für versch. Frequenzen.

1.3.3 Richtmikrofone

Um auch aus größerer Entfernung im Bereich von 3 m eine Schallquelle störungsfrei aufnehmen zu können, werden insbesondere bei Filmaufnahmen Rohrrichtmikrofone eingesetzt. Durch unterschiedlich lange Laufzeiten löscht sich seitlich einfallender Schall weitgehend aus, so dass eine stark bündelnde Richtcharakteristik entsteht. Allerdings muss ein derartig stark bündelndes Mikrofon immer auf eine Quelle ausgerichtet sein, um Pegelschwankungen zu vermeiden.

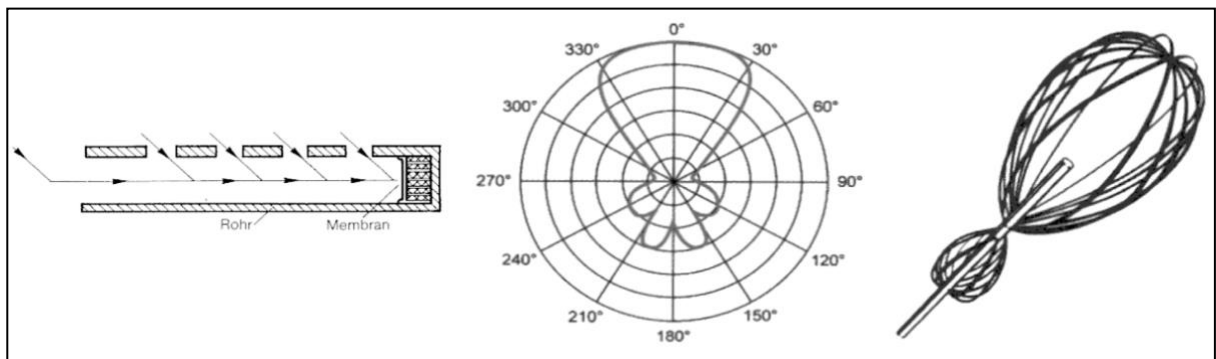


Abb. 6: Aufbau und Richtcharakteristik von Rohrrichtmikrofonen.

1.3.4 Nahbesprechungseffekt bei Druckgradientenempfänger

Beträgt der Abstand eines Druckgradientenmikrofons zur Schallquelle etwa einen Meter oder sogar weniger, so werden die Tiefenanteile am Mikrofonausgang angehoben. Dieses Phänomen, welches bei allen Mikrofonen dieser Art auftritt, bezeichnet man als Nahbesprechungseffekt:

Durch Annäherung an eine Schallquelle nimmt der Schalldruck proportional mit dem Abstand zu. Dies hat außerdem zur Folge, dass die frequenzabhängigen Druckgradienten ein frequenzunabhängiger Druckgradient überlagert ist, der aufgrund des unterschiedlichen Abstands von der Schallquelle zustande kommt. Dieser frequenzunabhängige Druckgradient hat seine stärkste Wirkung im Tiefenbereich, da hier der frequenzabhängige Druckgradient am kleinsten ist. Ist der Abstand größer als 1 m, so ist diese Tiefenanhebung nicht mehr wirksam. Zur Ausgleichung des Nahbesprechungseffekts besitzen die entsprechenden Mikrofone meist einen zuschaltbaren Filter. Die Mikrofone, bei denen der Nahbesprechungseffekt ausgefiltert werden kann, werden als Nahbesprechungsmikrophone bezeichnet. Andererseits lässt sich dieser Effekt auch zur Klanggestaltung einsetzen - beispielsweise bei Sängern, die dadurch das Volumen ihrer Stimme durch die Variation des Mikrofonabstands beeinflussen.

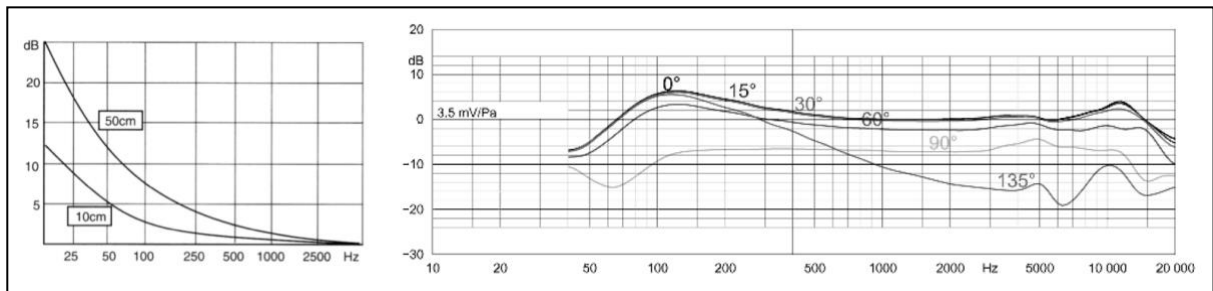


Abb. 7: Nahbesprechungseffekt durch Überlagerung des frequenzabhängigen und des frequenzunabhängigen Druckgradienten (links). Gemessene Frequenzgänge eines Nahbesprechungsmikrofons (Superniere) in $r = 0,1$ m Entfernung von einem künstlichen Mund (rechts).

1.3.5 Mikrofone mit umschaltbarer Richtcharakteristik

Kondensatormikrophone mit umschaltbarer Richtcharakteristik sind mit zwei Mikrophonkapseln ausgestattet, welche beide Nierencharakteristik besitzen. Jedoch sind hier zwei entgegengesetzt ausgerichtete Membranen und eine gemeinsame Gegenelektrode angebracht. Die Umschaltung der Richtwirkung erfolgt nun dadurch, dass die nach hinten gerichtete Kapsel mit einer veränderbaren Kapselvorspannung versorgt wird. Wenn an dieser Kapsel keine Vorspannung anliegt, so erhält man insgesamt eine normale Nierencharakteristik. Bei gleicher Vorspannung in beiden Kapseln addieren sich die Ausgangssignale gleichphasig und man erhält eine Kugelcharakteristik. Ist die Polarität beider Kapseln jedoch entgegengesetzt, addieren sich die Ausgangssignale gegenphasig und die Richtcharakteristik entspricht der einer Acht.

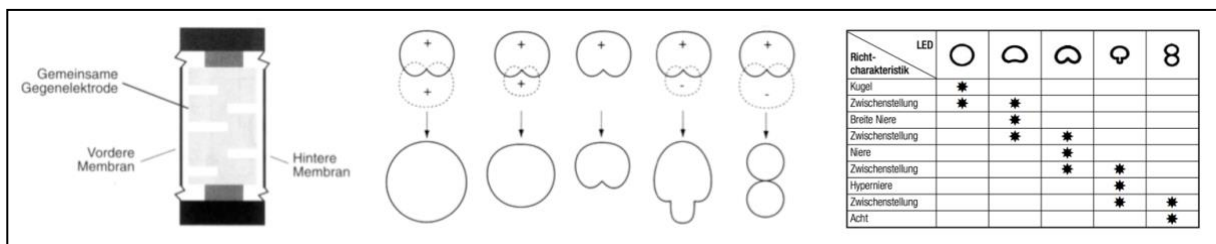
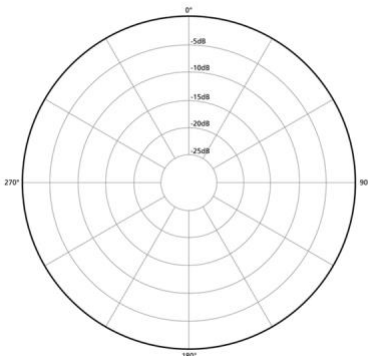


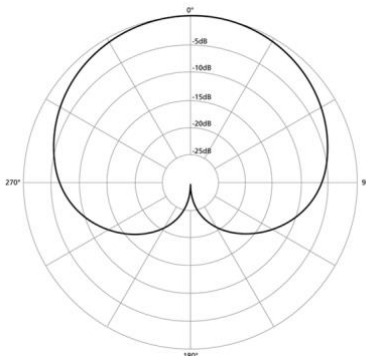
Abb. 8: Prinzip eines umschaltbaren Kondensatormikrofons (links). Erzeugung von Richtcharakteristiken durch Addition zweier Nieren (Mitte). Schalterstellungen bei Kondensatormikrofon mit umschaltbarer Richtcharakteristik AKG C 414 XLS bzw. AKG C 414 XLII (rechts).

1.4 Zusammenfassung Richtcharakteristiken

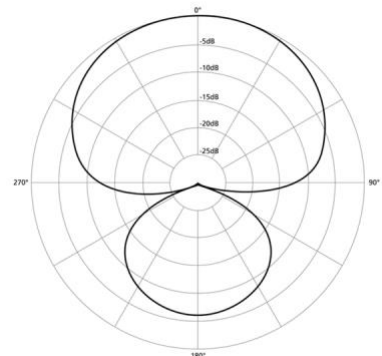
1 Kugel: Der Schall wird aus allen Richtungen gleich stark aufgenommen. Diese Charakteristik ist beim Film oft für Atmos, bei Ansteckmikrofonen oder Grenzflächenmikrofonen zu finden.



2 Niere: Am stärksten wird Schall aufgenommen, der vor dem Mikrofon auftritt. Dieser wird an den Seiten nur noch mit 50 % aufgenommen. Dies kann helfen, Hintergrundgeräusche auszugrenzen.

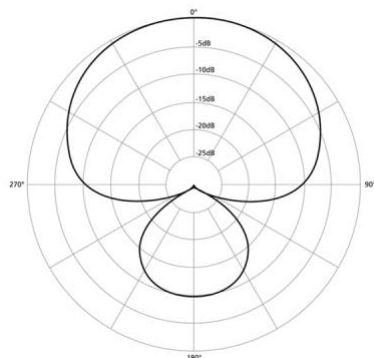


3 Superniere: Sie hat eine stärkere Richtwirkung als die Niere und kann deshalb noch stärker Raum und Hintergrund aussparen.

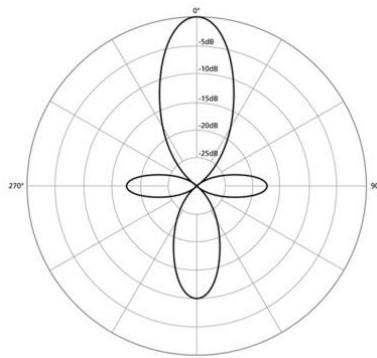


4 Superniere/Keule (Hyperniere):

Erheblich stärkere Richtwirkung, ohne aber den Frequenzbereich nach unten merkbar zu beschneiden. Diese Charakteristik eignet sich gut zum Angeln für Filmaufnahmen.



5 Keule: Sie hat die beste Richtwirkung und kann, wenn man genau auf den Mund der Sprecher zielt, auch aus größerer Entfernung laute Störgeräusche (Verkehrslärm etc.) am besten ausblenden. Nachteil hierbei: Dünne, höhenbetonte Aufnahme.



6 Acht: Eine Mikrofonart, die für das M/S Stereoverfahren entwickelt wurde und nachträglich die Beeinflussung der Stereobasis bis hin zu Mono ermöglicht.

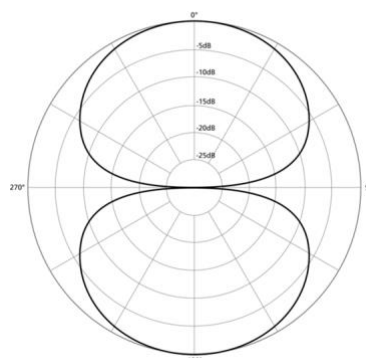


Abb. 9: Richtcharakteristiken im Überblick. Bitte beachten Sie, dass in der Zusammenfassung nur der Regelfall dargestellt ist und es selbstverständlich Ausnahmen zu den oben genannten Verwendungszwecken gibt.

1.5 Arten der Mikrofonaufnahmeverfahren

Um Klangkörper in ihrer räumlichen Breite und Tiefe abbilden zu können, werden drei verschiedene Hauptarten der Mikrofonaufnahmetechnik benutzt:

- Intensitätsstereophonie
- Laufzeitstereophonie
- Äquivalenzstereophonie

1.5.1 Intensitätsstereophonie

Für das stereophone Klangbild sind bei der Intensitätsstereophonie hauptsächlich Pegelunterschiede (=Intensitätsunterschiede) zwischen den beiden Stereosignalen L (links) und R (rechts) maßgebend.

Um ausschließlich Pegelunterschiede zwischen den beiden Stereokanälen zu erhalten, platziert man zwei identische Einzelmikrophone sehr dicht zueinander, so dass praktisch keine Wegunterschiede für den einfallenden Schall auftreten. Eine andere entsprechende Anordnung lässt sich mit einem Stereo-Koinzidenzmikrofon realisieren, bei denen jeweils zwei getrennte Mikrofonsysteme dicht übereinander angeordnet sind (koinzidieren = zusammenfallen). Die Laufzeit und damit die Phasenlage von der Schallquelle zu beiden Kapseln sind gleich groß.

Bei sorgfältiger Mikrofonaufstellung sind Aufnahmen mit guter Ortungsschärfe möglich. Allerdings lässt die Tiefenstaffelung bei der Intensitätsstereophonie noch Wünsche offen. Hier liefern andere Mikrofonverfahren, die mit Laufzeitdifferenzen arbeiten, bessere Ergebnisse. Die Vorteile der reinen Intensitätsstereophonie liegen aber u.a. in der einfachen und überschaubaren Technik.

Da die Intensitätsstereophonie die Möglichkeit bietet, auf einfache Weise aus den Stereosignalen ein einwandfreies Monosignal zu bilden (=Monokompatibilität), wird sie bei den Rundfunkanstalten bevorzugt.

Für intensitätsstereofone Aufnahmen sind zwei Mikrofonverfahren möglich:

- XY-Verfahren
- MS-Verfahren

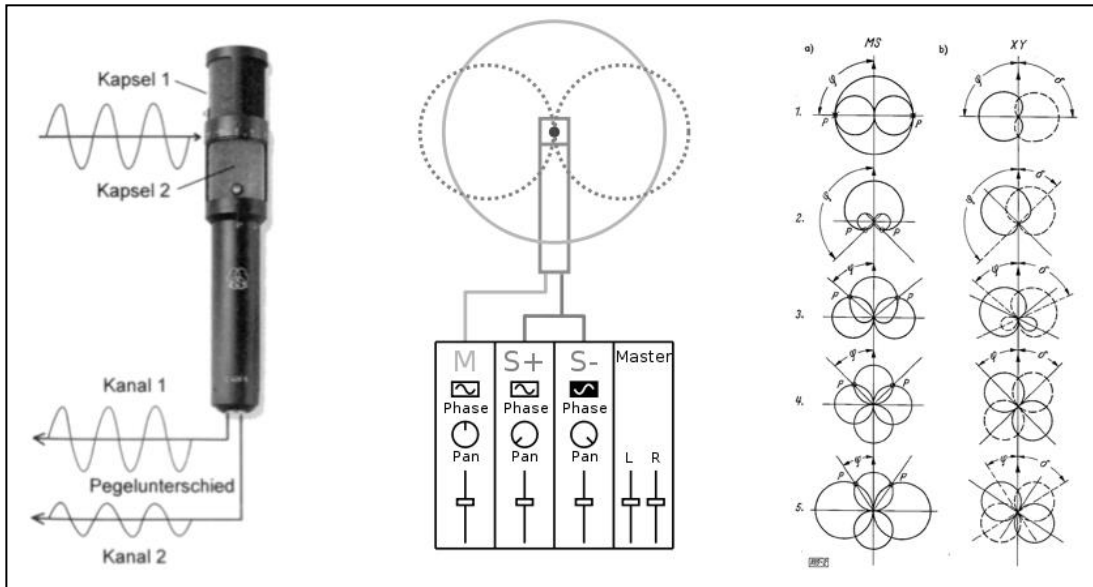


Abb. 10: Das Prinzip der Intensitätsstereofonie (links); Prinzip der MS-Stereofonie-Technik (Mitte); Gegenüberstellung äquivalenter Richtcharakteristik-Kombinationen in MS- (a) und XY-Technik (b).

1.5.1.1 XY-Verfahren

Die XY-Technik – das X bezeichnet den linken und das Y den rechten Stereokanal – ist in der praktischen Anwendung relativ einfach und unproblematisch.

Bei der Auswahl der Mono-Mikrofone muss darauf geachtet werden, dass diese paarweise selektiert sind, um sicherzugehen, dass keine allzu großen Toleranzunterschiede bestehen.

Bei diesem Verfahren besteht das Stereo-Mikrofon aus zwei Kapseln, die im Klangverhalten und in den elektrischen Übertragungseigenschaften (gleiche Richtcharakteristik) sorgfältig aufeinander abgestimmt, dicht übereinander angeordnet sind. Die Kapseln lassen sich gegeneinander verdrehen, um den erforderlichen Öffnungswinkel einzustellen. Durch diese Eigenschaft, dass die beiden Kapseln unmittelbar übereinander angeordnet liegen, treten praktisch keine Phasenunterschiede zwischen den Kapselsignalen auf.

XY-Anordnungen lassen sich mit Nieren-, Supernieren- oder Achtercharakteristik realisieren. Der Öffnungswinkel zwischen den zwei Kapseln hängt von der Ausdehnung des Aufnahmeobjekts ab.

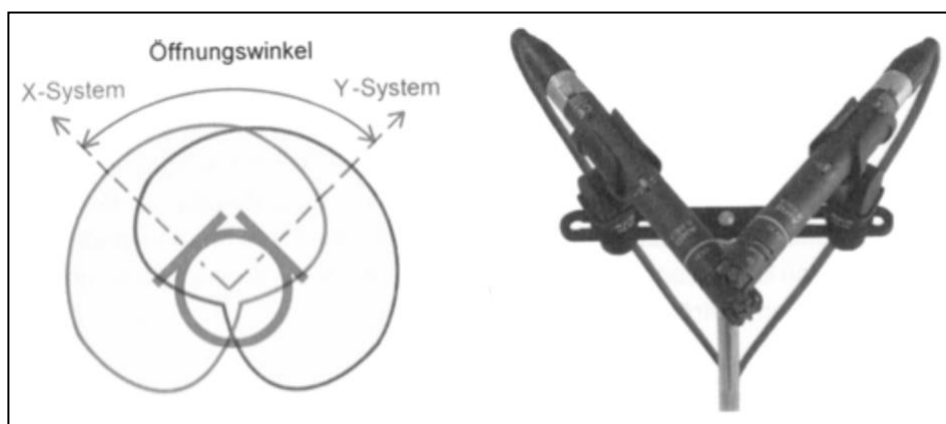


Abb. 11: Schematische XY-Anordnung (links); XY-Anordnung mit zwei Mono Mikrofonen (rechts).

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Summe beider Kapsel-Signale, die ein einwandfreies Monosignal ergeben. Der Nachteil der XY-Technik, der aber unter Mono-Gesichtspunkten zugleich ein Vorteil sein kann, ist die eher etwas enge Abbildung mit Neigung zur Mitte. Der Grund liegt in der sehr dichten Anordnung der beiden Mikrofonkapseln.

1.5.1.2 MS-Verfahren

Wie beim XY-Verfahren können entweder ein Stereo-Mikrofon oder zwei dicht übereinander montierte Mono-Mikrofone eingesetzt werden. Beim MS-Verfahren (M steht für das Mitten- und S für das Seitensignal) wird eine Mikrophonkapsel wie bei einer Monoaufnahme direkt auf den Klangkörper ausgerichtet. Dieses Mikrofon kann Nieren-, Kugel- oder Achtercharakteristik haben. Die zweite Kapsel hat Achtercharakteristik und wird um 90° zur M-Kapsel gedreht und damit nach links und rechts ausgerichtet. Diese zweite Kapsel nimmt vorwiegend die Seiteninformationen -S und +S auf.

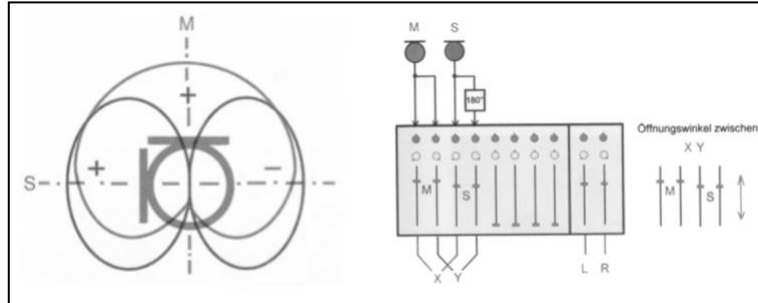


Abb. 12: Das Prinzip des MS-Verfahrens (links); Das Mischpult als Richtungsmischer (rechts).

Diese Mikrofonanordnung erzeugt die Signale für die beiden Stereokanäle nicht unmittelbar, sondern diese werden erst durch die Summen- und Differenzbildung aus M- und S-Signal gewonnen. Hier der Zusammenhang in Form einer Gleichung:

$$\begin{aligned} L &= M + S & (M+S=X) \\ R &= M - S & (M-S=Y) \end{aligned}$$

Überträgt man die beiden M- und S-Signale an eine Monoanlage, so fallen die Seitensignale weg. Das MS-Verfahren ist absolut monokompatibel, da nur das Mittelsignal bleibt:

$$(M+S) + (M-S) = 2M$$

1.5.2 Laufzeitstereophonie, AB-Verfahren

Durch den Abstand zweier Mikrophone erhält man unterschiedliche Laufzeiten des Schalls zu den Mikrofonen. Befindet sich die Schallquelle genau in der Mitte zwischen den Mikrofonen, so gibt es keinen Laufzeitunterschied, man erhält identische Signale auf beiden Kanälen. Befindet sich die Schallquelle auf einer Seite (z.B. links), so ist der Schall am linken Mikrofon früher als am rechten. Durch diese Wegstreckendifferenz erhält man Laufzeitenunterschiede. Im Beispiel eilt das L-Signal dem R-Signal vor, die Schallquelle wird in der linken Hälfte der Stereobasis abgebildet. Durch den Versatz der Mikrophone erhält man neben Laufzeitunterschieden auch Intensitäts- und Pegelunterschiede.

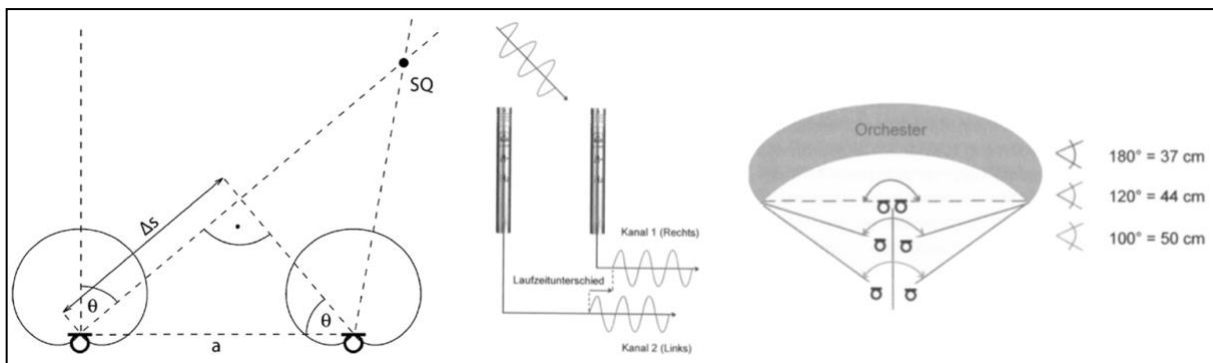


Abb. 13: Beispiel für AB-Stereophonie - $\Delta s = a \sin\theta$; Die Laufzeitunterschiede zwischen L und R ergeben sich als Funktion des Schalleinfallswinkels θ und des Basisabstands a . (links); Optimaler Abstand der AB-Mikrophone zueinander (rechts).

Bei der AB-Technik sind beide Mikrophone in einem entsprechend großen Abstand zueinander angeordnet. Wie das Bild zeigt, erreichen dabei die Schallwellen seitlich positionierter Instrumente zu unterschiedlichen Zeiten die Mikrofonkapseln. Um Pegelunterschiede zu vermeiden, sollte der Abstand beider Mikrophone zueinander kleiner sein als die Entfernung zur Schallquelle.

Der Abstand der AB-Mikrophone hängt vom entsprechenden Winkel ab, der bezogen auf die rechte und linke Seite zur Schallquelle zu den Mikrofonen entsteht. Als Faustregel gilt: Je größer der Abstand zur Schallquelle, umso größer auch der Abstand der AB-Mikrophone zueinander. Folgendes Bild zeigt den erforderlichen Abstand der Mikrophone für drei unterschiedliche Aufstellungen.

AB-Aufnahmen vermitteln einen überbetonten räumlichen Eindruck mit allerdings guter Tiefenstaffelung. Negativ wirkt sich die verhältnismäßig schlechte Lokalisierbarkeit einzelner Instrumente oder Instrumentengruppen aus. Bei ungünstiger Mikrofonaufstellung, beispielsweise einem zu großen Abstand der Mikrofone zueinander, wird das gesamte Klangbild extrem links- oder rechtslastig; in der Mitte bildet sich sozusagen ein instrumentales Niemandsland („Loch in der Mitte“). Falls bei der Wiedergabe Monokompatibilität verlangt wird, sollte man eher auf die Mikrofonverfahren mit Intensitätsstereofonie, also XY oder MS, zurückgreifen, denn die unterschiedliche Phasenlage der Laufzeitstereofonie führt zu mehr oder weniger starken Klangfärbungen bzw. Auslöschungen bei der Monobildung.

1.5.3 Äquivalenz-Stereofonie

Alle Aufnahmeverfahren, die sowohl Pegel- als auch Laufzeitunterschiede zur Abbildung benutzen, werden als gemischte Verfahren oder Äquivalenzstereofonie bezeichnet. Die Berechnung ihres Aufnahmewinkels beruht auf der Annahme, dass sich die Wirkung von Pegel- und Laufzeitunterschieden auf die Lokalisation der Phantomschallquelle annähernd linear überlagert.

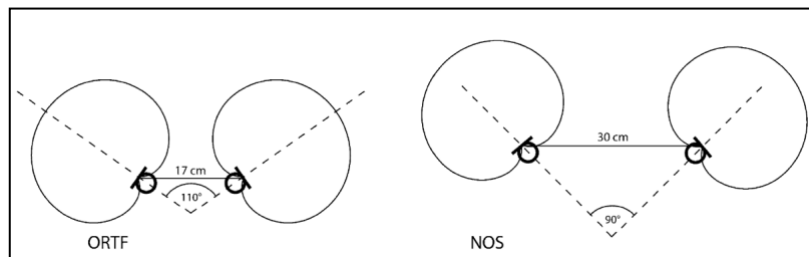


Abb. 14: Varianten der Äquivalenzstereofonie (gemischte Verfahren): ORTF und NOS.

1.5.3.1 ORTF-Anordnung

ORTF ist ein gemischtes Aufnahmeverfahren, das genau wie unser Gehör sowohl Pegelunterschiede als auch Laufzeitdifferenzen auswertet. Diese Aufnahmetechnik wurde vom Französischen Rundfunk entwickelt und nach ihm benannt (ORTF = Office de Radiodiffusion Télévision Française). Dabei werden zwei gerichtete Mikrofonkapseln (Niere oder Hyperniere) im Abstand von 17 cm und einem Öffnungswinkel von 110° montiert. Die Ortungsschärfe, also die präzise Abbildung auf der Stereobasis und gute Räumlichkeit und Tiefenstaffelung machen die ORTF-Technik zu einem beliebten und oft eingesetzten Aufnahmeverfahren. Aufnahmen in ORTF sind mehr oder weniger monokompatibel, denn bei einem Mikrofonabstand von 17 cm treten eventuelle Klangfärbungen des Monosignals durch die Vorteile, die sich durch das gemischte Verfahren ergeben, in den Hintergrund.

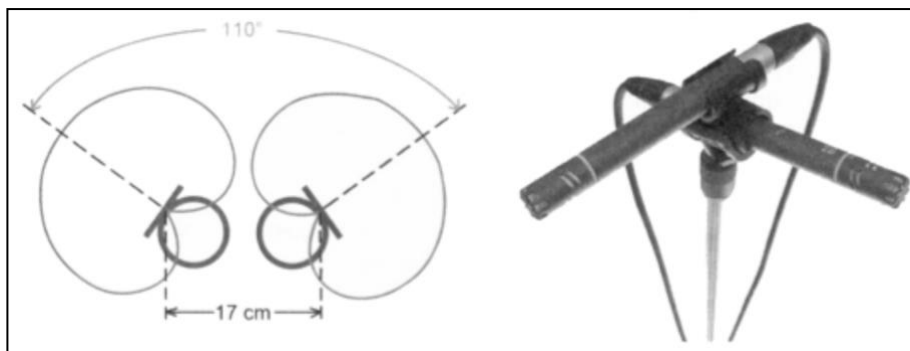


Abb. 15: ORTF-Anordnung mit 110° Öffnungswinkel (links); ORTF-Technik mit zwei Mono-Mikrofonen (rechts).

1.5.3.2 NOS-Anordnung

Die NOS-Anordnung (Nederlandsche Omroep Stichting), ebenfalls ein gemischtes Aufnahmeverfahren, ist ein Vorschlag des holländischen Rundfunks mit folgenden Festlegungen:

- Die Kapseln sind Druckgradientenempfänger mit Nierencharakteristik.
- Der Kapselabstand beträgt 30 cm.
- Der Öffnungswinkel der Mikrophone beträgt 90° .

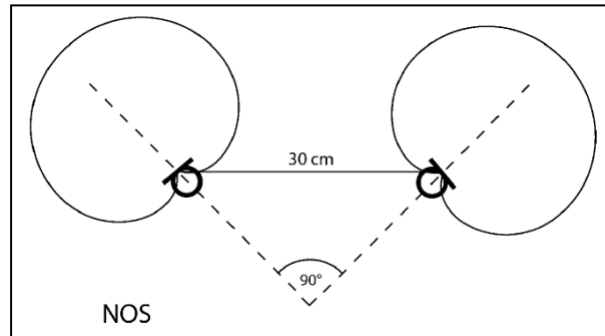


Abb. 16: NOS-Anordnung mit 90° Öffnungswinkel.

1.5.3.3 OSS-Technik

Diese Mikrofonvariante wurde von J. Jecklin (einem Schweizer Tonmeister) entwickelt. Es handelt sich ebenfalls um ein gemischtes Verfahren, das Intensitäts- und Laufzeitunterschiede nutzt. Das System ist wie folgt aufgebaut:

Zwei Druckempfänger sind im Abstand von 17 bis 20 cm an der Mittelachse einer runden Trennscheibe etwa 30 cm links und rechts montiert. Die Scheibe (Jecklinscheibe) besteht dabei aus absorbierendem Material wie etwa Schaumstoff oder Filz und ist 3 bis 5 cm dick.

Schallanteile, die frontal auf die Anordnung treffen, werden ohne große Klangverfärbungen übertragen. Seitlicher Schall dagegen wird von der Scheibe reflektiert, wodurch es zu mehr oder weniger starken Klangfärbungen kommt. Diese Klangfärbungen verringern sich, wenn die Anordnung weniger Direktschall aufnimmt. Für gute Aufnahmen sind deshalb größere Mikrofonabstände, bei denen der Diffusschallanteil überwiegt und natürlich akustisch ausgeglichene Aufnahmeräume Voraussetzung.

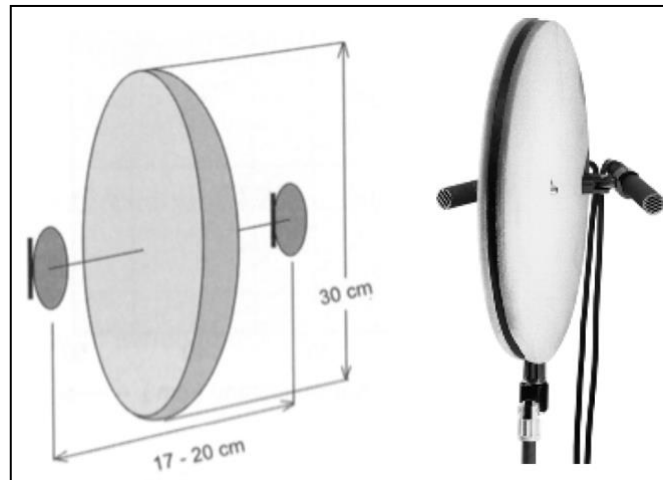


Abb. 17: OSS-Anordnung mit Jecklin-Scheibe.

1.5.4 Zusammenfassung der unterschiedlichen Stereoaufnahmeverfahren

Mikrofonverfahren	räumliche Eigenschaften des Klangbilds	besonders geeignet für
	exakte räuml. Abbildung gute Räumlichkeit gute Raumtiefe besondere Präsenz	U-Musik u. ä. E-Musik aktuelles und dokument. Wort Hörspiel, Feature
Koinzidenzmikrofonverfahren	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Einzelmikrofonverfahren	☺	☺ ☺ ☺
Laufzeitmikrofonverfahren	☺ ☺	☺
Stützmikrofonverfahren	☺	☺
Kunstkopfverfahren	☺ ☺ ☺	☺

Bezeichnung	Erläuterung	mathematische Zusammenhänge
L, R	L (linker Kanal) und R (rechter Kanal) werden für die Stereosignale in der Tonregie, bei der Tonübertragung, -aufzeichnung und -wiedergabe unabhängig von der jeweiligen Mikrofon-Aufnahmetechnik verwendet, nicht jedoch für Mikrofon-Signale.	$L = (M + S) \cdot \sqrt{2}$ $R = (M - S) \cdot \sqrt{2}$
M, S	M (Mitten-, Mono-, Summensignal) und S (Seiten-, Differenz-, Richtungssignal) sind die Mikrofon-Signale bei Intensitätsstereofonie nach dem MS-Mikrofonverfahren; sie sind in LR-Signale umwandelbar.	$M = (L + R) \cdot \sqrt{2}$ $S = (L - R) \cdot \sqrt{2}$
X, Y	X (linker Kanal) und Y (rechter Kanal) sind die Mikrofon-Signale bei Intensitätsstereofonie nach dem XY-Mikrofonverfahren; X und Y entsprechen unmittelbar den Signalen L und R.	$X \triangleq L$ $Y \triangleq R$
A, B	A (linker Kanal) und B (rechter Kanal) sind die Mikrofon-Signale bei Laufzeitstereofonie; A und B entsprechen unmittelbar den Signalen L und R.	$A \triangleq L$ $B \triangleq R$
Kompatibilität	Ein Stereosignal ist dann kompatibel, wenn bei seiner Mono-wiedergabe $- M \cdot (L + R) \sqrt{2}$ eine Aufnahme entsteht, die nicht merklich schlechter ist als eine unter vergleichbaren Bedingungen entstandene Monoaufnahme.	
Kohärenz	Die Signale L und R sind kohärent, wenn sie von derselben Schallquelle kommen. Dabei können frequenzunabhängige Pegel- und Laufzeitdifferenzen auftreten. Auch bei frequenz-unabhängiger Phasendrehung um 180° von L und R gegeneinander bleibt die Kohärenz bestehen.	
Korrelation	Die Korrelation eines Stereosignals ist das Maß der Verwandtschaft zwischen L und R, unabhängig von ihrem Pegel. Der Korrelationsgrad r ist mit Werten zwischen -1 und +1 die Meßgröße.	für Sinussignale: $r = \cos \varphi$ für Musik und Sprache nur statistisch zu erhalten

Abb. 17: Gegenüberstellung von Stereo-, Aufnahme- und Mikrofonierungsverfahren (A links oben); Abbildung eines Klangkörpers bei der Stereowiedergabe (B links unten); Räumliche Eigenschaften des Klangbilds und seine bevorzugten Anwendungsbereiche bei den verschiedenen Verfahren bei der Stereoaufnahme (C rechts oben); Grundlegende Begriffe für Stereosignale (D rechts unten).

1.5.5 Einzelmikrofonverfahren

Bei komplexen Klangkörpern gelingt es häufig nicht, mit einem einzigen stereofonen Hauptmikrofon eine befriedigende Klangbalance zu erreichen. In diesem Fall ist der Einsatz von Stützmikrofonen üblich. Im Bereich der Pop- und U-Musik wird mit dem so genannten Einzelmikrofonverfahren, auch Polymikrofonie oder Multimikrofonie genannt, gearbeitet. Im Extremfall wird im Nahbereich jeder Schallquelle (Sprecher, Publikum, Instrumente, etc.) jeweils ein Mikrofon aufgestellt, welches möglichst wenig Diffusschall und Schall von benachbarten Schallquellen aufnehmen soll. Damit unterscheiden sich die Signale der einzelnen Mikrofone sehr deutlich voneinander (bei einer Übersprechdämpfung von mindestens 15 dB sind zwei Mikrofone ausreichend akustisch voneinander getrennt) und können dadurch nacheinander im Mischpult zu einem Stereo-Klangbild zusammengesetzt werden.

Dieses Verfahren lässt sich jedoch nicht ohne weiteres auf klassischer Musik übertragen, denn dort werden hohe Anforderungen an die Durchsichtigkeit und Brillanz und an die zu übermittelnde Raumillusion gestellt. Dynamik und Klangverschmelzung sind hier wichtige Ausdrucksmittel.

Um das gewünschte Klangbild zu verwirklichen, wird die Hauptmikrofontechnik eingesetzt und falls nötig, verwendet man im Nahbereich der Instrumente zusätzlich so genannte Stützmikrophone. Einzelne Instrumente werden durch ein meist in einem Abstand von 1–2 m angebrachtes Einzelmikrofon zusätzlich aufgenommen und dem Hauptmikrofon zugemischt. Die Funktion des Stützmikrofons kann sein:

- Die mikrofonierte Quelle in der Mischung lauter erscheinen zu lassen.

- Den wahrgenommenen Entfernungseindruck zur mikrofonierten Quelle zu verringern, indem dem Hauptmikrofon durch das Stützmikrofon ein (aufgrund des geringeren Mikrofonabstands) vorseilendes Signal hinzugefügt wird.
- Durch das vorseilende Signal einen aufgrund des Präzedenzeffekts¹ dominierenden Lokalisationsreiz zu erzeugen, der erfahrungsgemäß auch die Lokalisationsschärfe der Abbildung erhöht.
- Der Klangfarbe der Quelle durch das dicht abgenommene Mikrofonensignal einen höhenbetonten Klanganteil hinzuzufügen, dadurch insbesondere hochfrequente Geräuschanteile (Anblas- bzw. Anstrichgeräusche, Atmen) hörbar zu machen und bei Gesangsstimmen und Sprechern die Textverständlichkeit zu erhöhen.

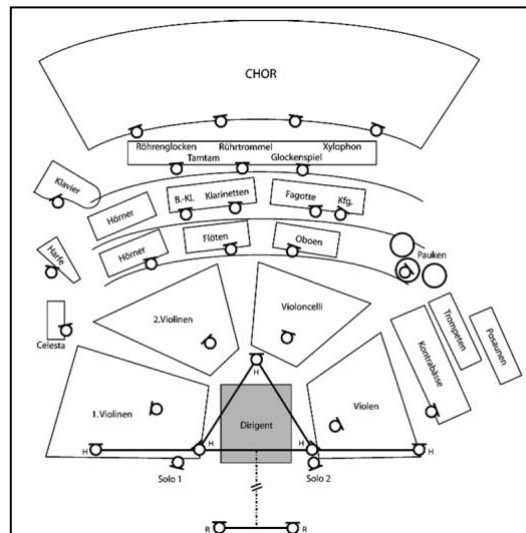


Abb. 18: Mikrofonierung mit Haupt- und Stützmikrofonen bei einer Orchesteraufnahme.

2 Mehrkanalstereofonie / Surround Mikrofonierung

Bei mehrkanalstereofonen Aufnahmen werden Schallquellen durch Laufzeit- und/oder Pegelunterschiede zwischen mehr als zwei Kanälen kodiert, um bei der Wiedergabe über mehrkanalige Wiedergabesysteme eine räumliche Abbildung durch die Ausbildung von Phantomschallquellen zwischen den Lautsprechern zu erzielen. Im Gegensatz zu einzelmikrofonierten Aufnahmen dürfen die Laufzeit- und Pegeldifferenzen, mit der eine Schallquelle auf verschiedene Kanälen aufgezeichnet wird, hier nicht zu groß sein, damit bei der Wiedergabe eine Phantomschallquelle zwischen den Lautsprechern entstehen kann.

2.1 OCT

2.1.1 OCT-Schiene

Das OCT (optimized cardioid triangle) ist ein Surround-Aufnahmeverfahren für die Frontkanäle bei Musikdarbietungen. Die bevorzugte Anordnung für OCT geht von einer nach vorne weisenden Niere für den Center-Kanal aus. Für die vorderen L- und R-Kanäle werden zwei Supernieren an den beiden Enden einer gedachten Geraden positioniert, die 8cm hinter dem Center-Mikrofon verläuft. Der Abstand zwischen diesen beiden Mikrofonen beträgt 40 bis 90cm – abhängig vom Aufnahmewinkel. Sie weisen exakt nach links/ rechts.

Das Prinzip: Gute Trennung zwischen den Sektoren Links/Center und Rechts/Center.

Schall, der z.B. von der rechten Seite kommt, wird von der linken Superniere nur wenig aufgenommen. Kommt der Schall exakt von rechts (Extremfall), so wird er vor allem von der rechten Superniere übertragen. Natürlich findet die Übertragung auch von der Niere statt, jedoch 6dB schwächer und später. Das Signal an der linken Superniere kommt noch später an und hat ca. 10dB weniger Pegel. Außerdem überträgt die rückwärtige Empfindlichkeitskeule der Superniere gegenphasig. Aus diesem Grund kommt es zu keiner irritierenden Phantomschallquelle im linken Wiedergabesektor aufgrund einer rechten Schallquelle.

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Präzedenz-Effekt>, Zugriff 27.11.2011

Man erhält einen sauberen Center-Kanal, weil frontaler Schall vor allem von der zentralen Niere aufgenommen wird. Die seitlich gerichteten Supernieren nehmen ihn unter 90° auf und liefern daher – bei gleicher Empfindlichkeit – ca. 10dB weniger Pegel.

Bei einer um 8cm nach vorne versetzten Niere ergeben sich – abhängig vom Abstand zwischen den Supernieren – folgende Aufnahmewinkel:

40cm: 160°	50cm: 140°
60cm: 120°	70cm: 110°
80cm: 100°	90cm: 90°

Der Abstand sollte im Zweifelsfall eher größer gewählt werden um eine zu mittige Abbildung zu vermeiden. Insbesondere die seitliche Beschallung der Supernieren erfordert die Verwendung von Kleinmembran Mikrofonen, da nur bei ihnen der Frequenzgang genügend unabhängig vom Einfallswinkel ist.

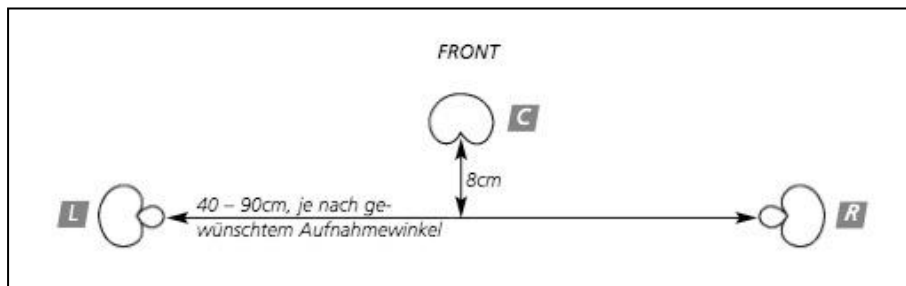


Abb. 19: OCT-Frontsystem (einfachster Aufbau).

Da die verwendeten Supernieren - wie alle richtenden Mikrofone (Druckgradientenempfänger) - tiefste Frequenzen nicht so perfekt übertragen wie Druckempfänger, können ergänzend die Signale von einer oder zwei Kugeln im Bereich tiefster Frequenzen zu L und R gemischt werden. Durch einen Tiefpassfilter (Grenzfrequenz: 40Hz) wird der Frequenzgang unterhalb 100Hz (Flankensteilheit) auf ein konstantes Niveau angehoben.

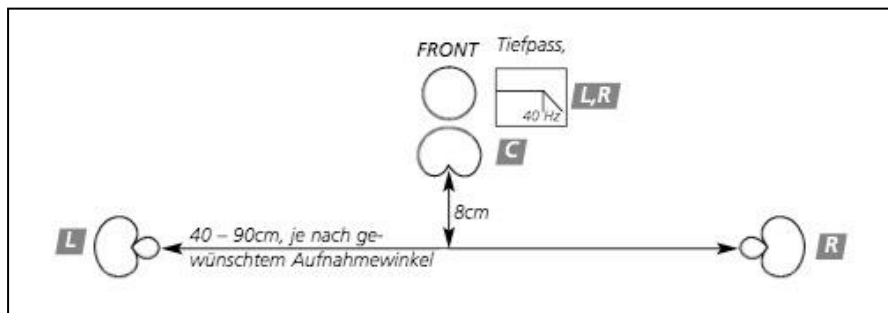


Abb. 20: OCT-Frontsystem plus Kugel für verstärkten Tiefbass.

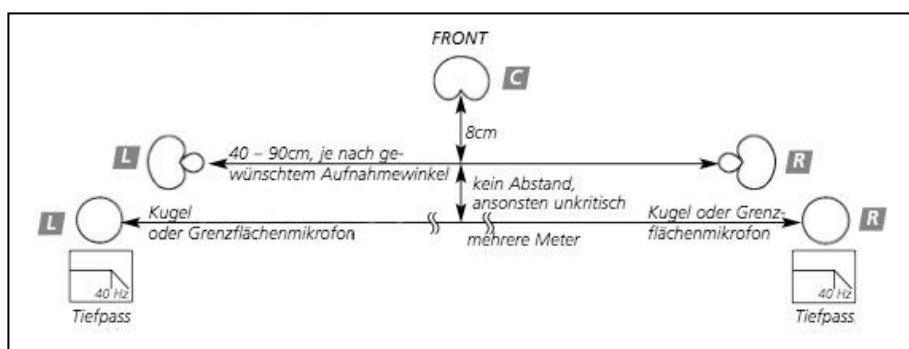


Abb. 21: OCT-Frontsystem plus zwei Kugeln.

Durch die Verwendung von zwei zusätzlichen Druckempfängern in großem Abstand zueinander sind die Bassanteile nicht mehr voneinander abhängig. Das heißt bei tiefen Frequenzen wird der Pegel durch die Druckempfänger gegenüber einer Aufnahme mit Supernieren nicht nur angehoben, sondern die Unterschiede zwischen links und rechts werden zusätzlich vergrößert und sind somit eindeutiger auf beide Kanäle verteilt.
Ergebnis: mehr Räumlichkeit.

2.1.2 OCT-Surround

Ebenso wie bei den OCT Systemen für Frontkanäle gibt es auch für die rückwärtigen Surroundkanäle drei Varianten. Erweitert man das OCT-Frontsystem um eine Verbindungsstange und eine weitere Schiene, welche die Mikrofone für die rückwärtigen Kanäle aufnimmt, so erhält man eine OCT-Surround-Anordnung.

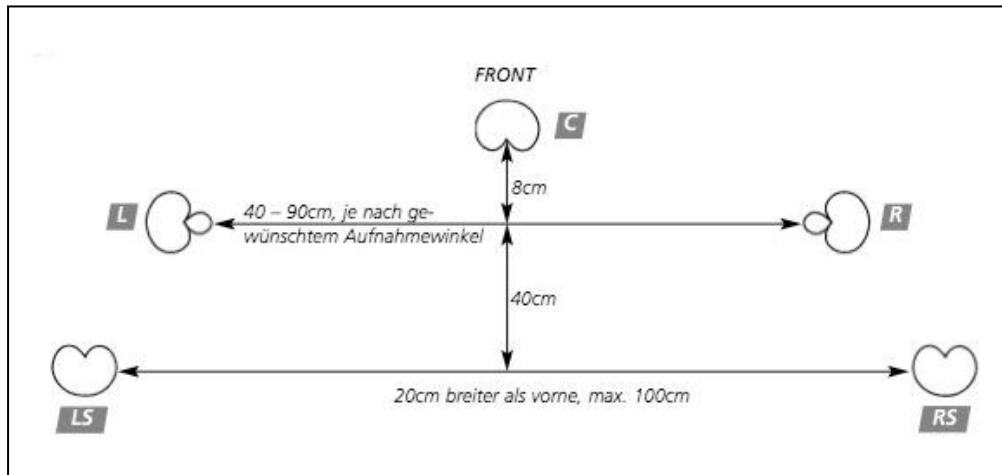


Abb. 22: Die einfachste Surround-Aufnahmeanordnung mit OCT.

Die Nieren weisen nach hinten, um die Aufnahme von Direktschall zu unterdrücken. Die Laufzeit- und Intensitätsunterschiede zwischen Superniere und Niere sind so bemessen, dass der Seitenschall in ähnlicher Weise wie der Schall von vorne jeweils stereofon aufgenommen wird. Das heißt wenn der Zuhörer sich zur Seite dreht stimmt die Abbildung auch in den Sektoren zwischen L und LS (Links Surround) bzw. R und RS (Rechts Surround). Diese korrekte Wiedergabe der seitlichen Reflexionen führt zu einer guten Reproduktion der räumlichen Perspektive.

Bei den beiden folgenden Mikrofonanordnungen wird jeweils eine Gruppe von vier richtenden Mikrofonen einige Meter hinter dem OCT-System platziert. In beiden Fällen werden die Signale der vorderen Mikrofone des zusätzlichen Systems jeweils unbearbeitet dem linken bzw. rechten Kanal zugemischt. So wird das Zerfallen in ein vorderes und hinteres Klanggeschehen verhindert. Die räumliche Trennung zwischen Front und hinterem System ermöglicht die unabhängige Optimierung des direkten Schalls einerseits und des indirekten Schalls andererseits.

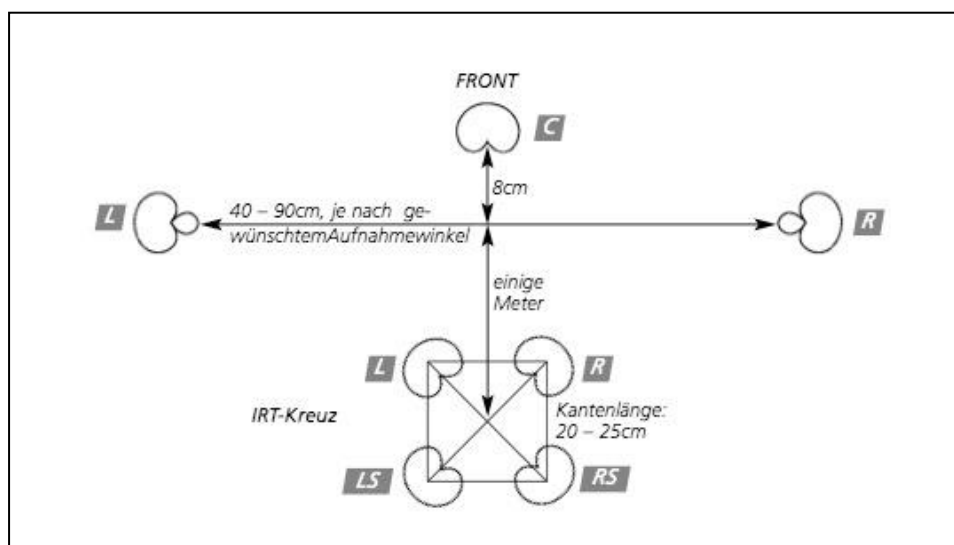


Abb. 23: OCT-Frontsystem plus 4-Kanal-Raummikrofon (IRT-Kreuz).

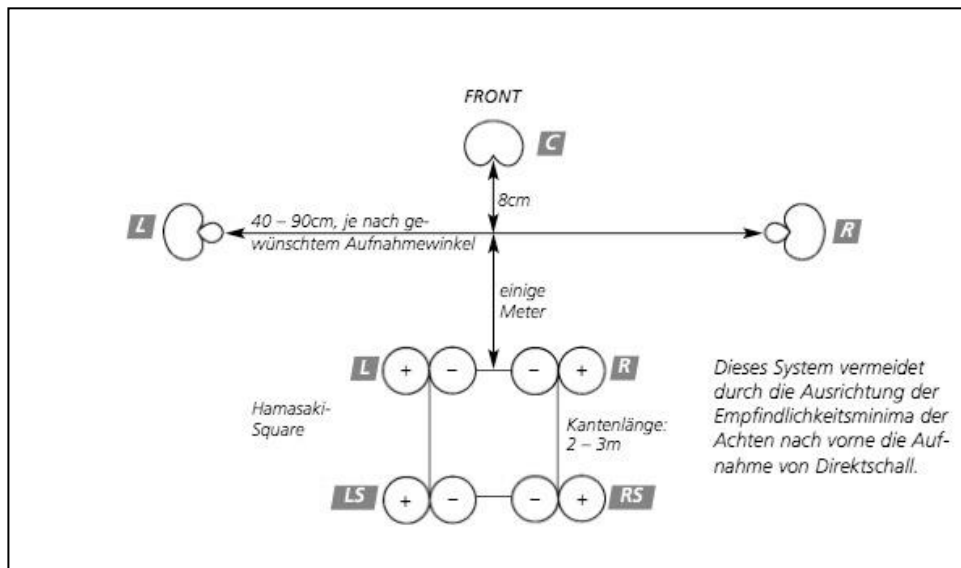


Abb. 24: OCT-Frontsystem plus 4-Kanal-Raummikrofon (Hamasaki Square).

2.2 Doppel MS-Verfahren

Das Doppel MS-Verfahren ist eine Aufnahmetechnik für Zwei- und Mehrkanalstereofonie, die ausschließlich auch Pegeldifferenzen beruht. Die Idee hinter der Doppel MS-Anordnung ist die Bündelung zweier MS-Mikrofonpaare. Dadurch kann man ein Mikrofon einsparen, da die Acht für beide Paare verwendet wird. Das Doppel MS-System besteht somit aus drei Mikrofonen.

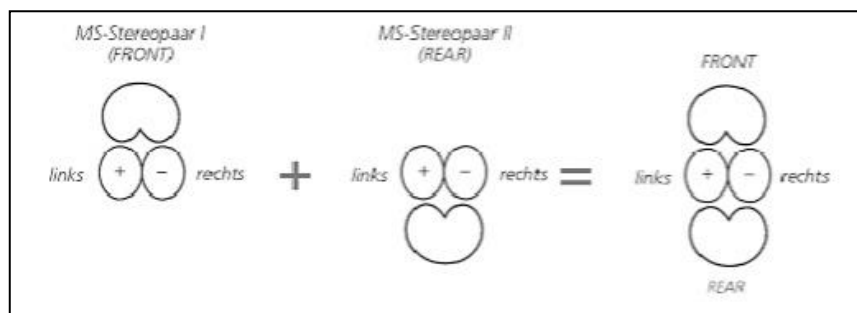


Abb. 25: Schematische Darstellung des Doppel MS-Verfahrens.

Die drei Mikrofonkanäle werden folgendermaßen benannt:

- M_{front}
- S
- M_{rear}

Durch die Verwendung von nur drei (Kleinmembran-)Mikrofonen kann erreicht werden, die Mikrofone quasi koinzident, also an einem Punkt anzubringen. Aus diesen drei Mikrofonensignalen können nun Signale sowohl für Zweikanal- als auch Mehrkanal-Stereofonie generiert werden. Den Center-Kanal erhält man direkt durch das Mitten-Mikrofon des nach vorne gerichteten Systems. Ein solches Doppel-MS-System gestattet für beide MS-Mikrofonpaare die bekannten Einstell- und Nachbearbeitungsmöglichkeiten der Zweikanal-MS-Technik. Dies kann prinzipiell durch eine konventionelle Matrix geschehen, wobei eine Matrix zur Generierung der Signale L/R aus M_{front} /S verwendet wird, und eine weitere Matrix zur Generierung der Signale LS/RS aus M_{rear} /S. Außerdem wird der Center optional mit dem Signal des M_{front} -Mikrofons gespeist.

Die Doppel-MS Codierung macht jedoch eine weitaus bessere Dekodierung möglich:

Der Nachteil einer MS-Anordnung liegt schließlich darin, dass die Richtcharakteristik der dematrizierten virtuellen Mikrofone vom Mischungsverhältnis zwischen M und S abhängt. In der nachfolgenden Grafik (nächste Seite) zu

sehen: Mit zunehmenden Pegel des Signals verschiebt sich die resultierende Richtcharakteristik von der Niere zur Acht.

Dadurch, dass sich in einer Doppel-MS Anordnung aus einer Mischung der nach vorne und der nach hinten gerichteten Nieren jede beliebige Richtcharakteristik 1. Ordnung erstellen lässt, kann die Richtcharakteristik des dekodierten virtuellen Mikrofons nun frei bestimmt werden (Grafik unten).

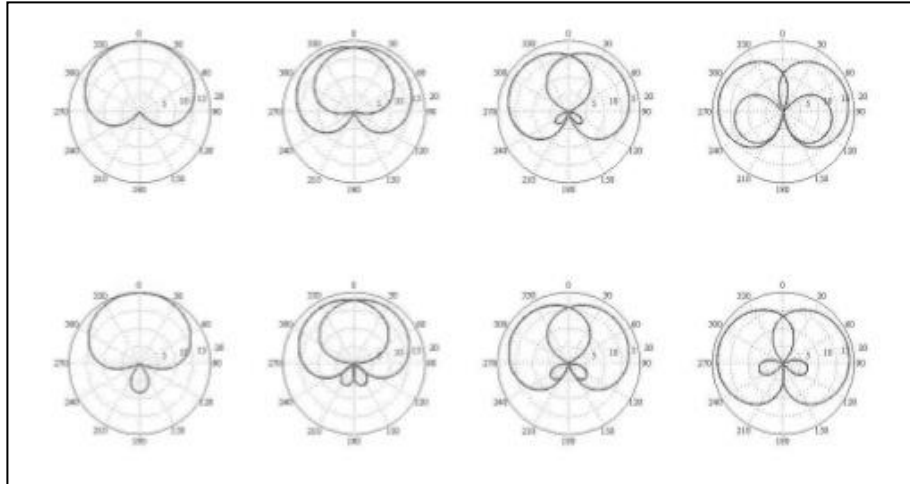
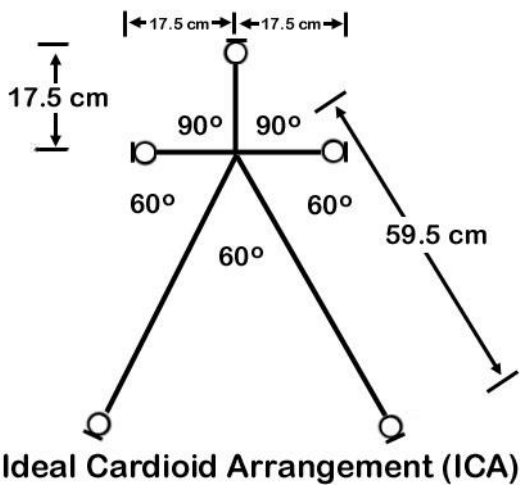


Abb. 26: Doppel-MS Anordnung aus einer Mischung der nach vorne und der nach hinten gerichteten Nieren. Jede beliebige Richtcharakteristik 1. Ordnung lässt sich einstellen.

2.3 INA3/INA5



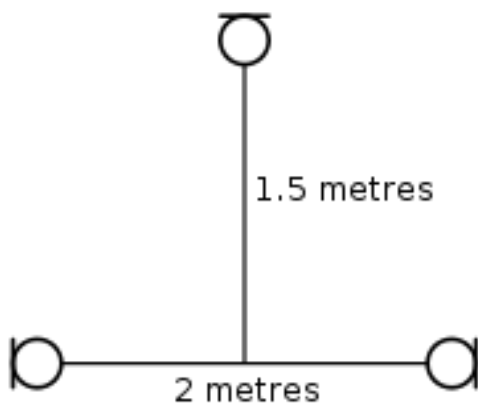
Das System INA-3 (Ideale Nierenanordnung) oder "Ideal Cardioid Arrangement" (ICA) ist der am weitesten verbreitete Standard. INA 5 beschreibt eine Anordnung gleicher Mikrofone mit Nierencharakteristik, um eine uneingeschränkt ITU 775-kompatible akustische Aufnahme zu ermöglichen. Die Werte für Aufnahmewinkel und Abstand der Mikrofone sind voraus berechnet, unter der Bedingung, dass sich die beiden Aufnahmebereiche zwischen L-C und C-R nicht überschneiden. Da Nierenmikrofone eingesetzt werden ist auch noch der Versatzwinkel der beiden äußeren Mikrofone von Bedeutung. Er ist immer halb so groß wie der gesamte Aufnahmewinkel. Da bei dieser Anordnung auch Pegelunterschiede aufgezeichnet werden verbessert sich im Vergleich zur ABC-Anordnung in geringem Maße die Kanaltrennung. Die Linearität im Bass geht jedoch, da Gradientenempfänger eingesetzt werden, verloren.



Die **INA 5** Anordnung - **I**deale **N**ieren **A**nordnung - ist eine Erweiterung der Stereoanordnung INA 3 für Surround-Aufnahmen. INA 3 und INA 5 sind voll kompatibel zum 3/2-Stereoformat nach ITU 775.

2.4 Decca-Tree

Zwei Druckempfänger werden im Abstand von mindestens zwei Metern aufgestellt. Ein dritter Druckempfänger wird dazwischen, jedoch um mindestens 1,5m nach vorne gerückt, platziert. Sollen besonders große Schallquellen aufgenommen werden können seitlich noch zwei zusätzliche Druckempfänger aufgestellt werden. Es bilden sich keine Phantomschallquellen.



2.5 Fukada-Tree

Der Fukada-Tree ist eine mehrkanalige Mikrofonanordnung für das 5.1-Surround-Tonformat benannt nach dem japanischen Toningenieur Akira Fukada.

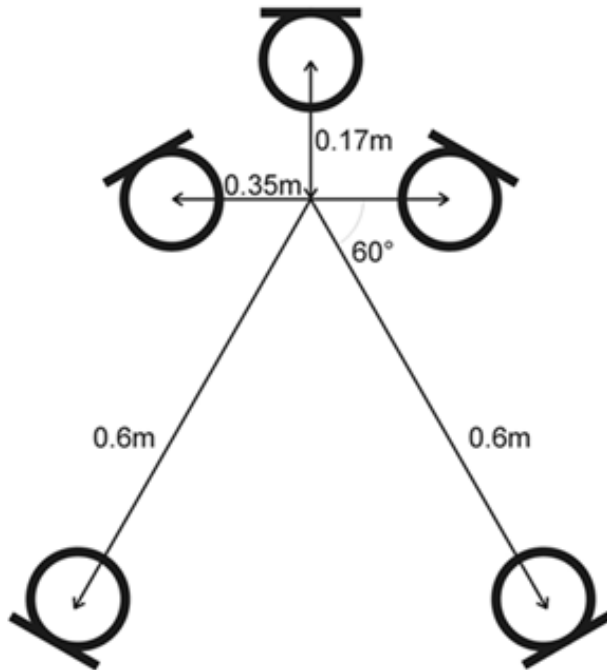
Die Anordnung basiert auf dem klassischen „Decca-Tree“. Der Decca-Tree, der sich seit den 1960er Jahren in vielen Klassik-Aufnahmen bewährt hat, wird in modifizierter Form für die Kanäle L, C und R verwendet. Anstatt Druckempfänger werden Mikrofone mit Nieren-Richtcharakteristik für L, C, R, RS und LS eingesetzt um den Diffusschallanteil in den Frontkanälen zu reduzieren.

Die zusätzlichen, außerhalb des LCR-Dreiecks angeordneten Kugel-Mikrofone LL und RR sollen einen besseren Eindruck des Orchesters vermitteln und eine Verbindung zwischen vorne und hinten herstellen.

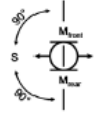
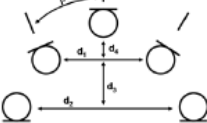
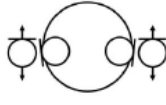
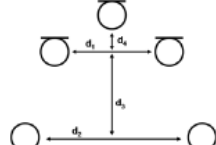
Durch die großen Abstände des LCR-Dreiecks ist diese Konfiguration nicht geeignet um eine exakte Ortung zu erreichen. [THEILE Günther, Multichannel Natural Music Recording, Seite 10]

Der Fukada-Tree wird eher verwendet um einen offenen, räumlichen Klang zu erreichen. Deswegen lässt er sich auch als reines Raummikrofon verwenden. Durch das Center-Mikrofon wird eine gute Abbildung der zentralen Quellen gewährleistet.

Wegen der weiten Abstände lässt sich auch kein Aufnahmewinkel definieren. Alle Quellen im Bereich $\pm 45^\circ$ werden im oder nahe dem Centerkanal abgebildet. Die Quellen außerhalb des Bereiches $\pm 70^\circ$ werden im oder nahe dem linken bzw. rechten Kanal abgebildet.



2.6 Zusammenfassung und Anwendung (Firma Schöps)

Category of microphone arrangement →	Coincident placement	Near-coincident placement	Microphones separated by an acoustic baffle	Spaced microphones
Principle by which the stereo effect is obtained	level differences	level plus minor arrival-time differences	frequency-dependent level and time differences	arrival-time differences primarily
Typical setups	Double M/S, First-order Ambisonics	OCT Surround, MMAD, INA 5, IRT Cross	KFM 360 system	Decca Tree, Omni Curtain, Polyhymnia Array, Hamasaki Square
Geometry				
Distance between microphones	0 cm	15 - 100 cm	15 - 20 cm	100 - 500 cm
Microphone types used	pressure-gradient transducers (e.g. SCHOEPS cardioid CCM/MK 4, supercardioid CCM/MK 41, figure-8 CCM/MK 8)		SCHOEPS KFM 360/ DSP-4 KFM 360	mainly pressure transducers (e.g. SCHOEPS CCM/MK 2H), also possible with cardioids or wide cardioids
Sonic impression (depending on which microphones are used)	clean, clear, often bright	natural, clean, clear	natural	spacious
			full low-frequency reproduction when omnidirectional microphones are used	
Spaciousness*	often limited; depends on M/S decoding parameters	natural, transparent, good depth	natural	good, enhanced (can become exaggerated)
Localization*	good; depends on decoding parameters	very good	generally fairly good	somewhat indistinct
Size of listening area*	small; better when additional delay is employed	large	rather large	depends on microphone distances
Envelopment*	limited; better when supplemented by an A/B pair	good envelopment possible		
Downmix compatibility	two-channel and/or mono (!)	two-channel compatibility can be good if considered in the array design (e.g. OCT 2)	perfect	potentially good, but this requirement must be taken into account and the setup tested for this purpose



DPA 5100

- ✓ Plug-and-Play-Lösung für 5.1-Aufnahmen
- ✓ fünf Miniatur-Druckempfänger
- ✓ Multipin-Steckverbinder mit allen sechs Kanälen mit elektronisch symmetrierte Ausgängen
- ✓ Maße (B x H x T): 248 x 139 x 202 mm
- ✓ Gewicht: 450 g



Zur Produktseite



Setup	Application	Consists of...
OCT page 3	music recording natural scene recording	<ul style="list-style-type: none"> - 1 x CCM 4 + 2 x CCM 41(V) - stereo bar MAB 1000 - optional CCM 2 + LP 40
OCT Surround page 4	music recording natural scene recording	OCT Surround set: <ul style="list-style-type: none"> - OCT (see above) - 2 x CCM 4 - one additional MAB 1000 - CB-MAB
Double M/S page 8	production sound for TV/movie/drama production coincident music recording	Double M/S set: <ul style="list-style-type: none"> - shock mount + windscreen WSR DMS LU - 2 x CCM 4V + 1 x CCM 8 - XLR-7 cable KDMS 5U - DMS-Splitter or decoder MDMS U or adapter cable AK DMS 3U
IRT Cross page 7	ambience in production sound for TV/movie/drama production ambience recording which can be integrated with L/C/R setup	<ul style="list-style-type: none"> - CB 200 (or CB 250 or CB 140) - 4 x CCM 4
KFM 360 system page 11	natural scene recording	KFM 360 set: <ul style="list-style-type: none"> - KFM 360, 2 x CCM 8 - DSP-4 KFM 360 processor
Decca Tree page 12	music recording	<ul style="list-style-type: none"> - 5 x CCM 2H (or CCM 2 or CCM 2S) - optional sphere attachments for the corresponding CMC microphones - optional cable hanger HC (for CCM) or H 20g (for CMC)
Hamasaki Square page 7	ambience recording together with L/C/R setup	- 4 x CCM 8

For further information see:

www.schoeps.de

www.hauptmikrofon.de

(Both sites offer all information in English as well as in German.)

weitere Quellen:

Cubeaudio: www.cubeaudio.de, Zugriff 27.10.2011

Friedrich H.J.: Tontechnik für Mediengestalter. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.

Schoeps: Broschüren unter <http://www.schoeps.de>, Zugriff 20.01.2011

Tontechnikpraktikum Prof. Dr.-Ing. G. Krump V5

Weinzierl S.: Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.

Wittek H./Haut C./Keinath D.: Doppel-MS – eine Surround-Aufnahmetechnik unter der Lupe. 2006.

http://www.hauptmikrofon.de/HW/TMT2006_Wittek_DoubleMS_neutral.pdf, Zugriff 27.10.2011.

<http://holmberg.de/mikg.html>, Zugriff 20.01.2011

http://www.shure.de/imaging/text_image_para_half/dms/shure/support_downloads/education/de_images/mikrofon_kugelcharakteristik/mikrofon_kugelcharakteristik.jpg?1260176248, Zugriff 20.01.2011

http://www.shure.de/supportdownload/tipps_grundlagen/mikrofone/mikrofone-richtcharakteristik, Zugriff 20.01.2011

http://www.shure.de/supportdownload/tipps_grundlagen/mikrofone/mikrofone-richtcharakteristik, Zugriff 20.01.2011

<http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:Galak76>, Zugriff 20.01.2011

http://www.delamar.de/wp-content/uploads/2008/05/homerecording_mikrofone_acht.png

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/MS_stereo.svg/220px-MS_stereo.svg.png, Zugriff 20.01.2011