

# Stereofonie - Aufnahmeverfahren



**Diplomarbeit von Florian Parzer an der SAE – Wien**  
**Studentennummer: W83856 | Kurs: BRPS 09/03**

Wordcount: 9551

## Vorwort

Auf die Idee das Thema Stereophonie-Aufnahmeverfahren für meine Diplomarbeit zu wählen kam ich schon zu Beginn meines SAE-Studiums. Es stellte für mich immer eine Herausforderung dar, mit möglichst geringen Mitteln ein ansprechendes Ergebnis zu erzielen. Dies bedeutet zum Beispiel auch, ein Schlagzeug mit nur zwei Mikrofonen aufzunehmen und trotzdem einen ausgewogenen und zum Musikprogramm passenden Klangcharakter zu schaffen. Da ich bezüglich Mikrofonierung hierbei bislang Bauchentscheidungen getroffen habe, kam auch mir der Vergleich der verschiedenen Verfahren anhand einer Schlagzeugaufnahme zu Gute. Ich habe nicht nur für den praktischen Sektor durch diese Arbeit dazugelernt, sondern auch mein Fachwissen in punkto Mikrofone erweitern können. Die Kunst der richtigen Mikrofonie nämlich stellt als erstes Glied der Aufnahmekette meiner Meinung nach noch immer eine der wichtigsten Kriterien einer gelungenen Aufnahme dar.

Dankende Worte gelten vor allem Sebastian Sigl, der sich ohne weiteres für diese Aufnahmen zur Verfügung stellte und geduldig Take für Take über sich ergehen ließ.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Räumliches Hören.....</b>	<b>6</b>
2.1 Räumliches Hören in natürlicher Umgebung.....	6
2.2 Räumliches Hören bei Lautsprecherwiedergabe.....	10
2.3 Räumliches Hören bei Kopfhörerwiedergabe.....	14
<b>3. Wichtige Begriffe und Formeln.....</b>	<b>14</b>
3.1 Monokompatibilität.....	14
3.2 Versatzwinkel / Öffnungswinkel.....	15
3.3 Aufnahmewinkel / Aufnahmebereich.....	15
3.4 Berechnung des Aufnahmewinkels / Aufnahmebereichs.....	16
3.4.1 bei Intensitätsstereofonie / XY.....	16
3.4.2 bei Laufzeitstereofonie.....	17
3.4.3 bei Äquivalenzstereofonie.....	18
<b>4. Stereoaufnahmeverfahren.....</b>	<b>19</b>
4.1 Intensitätsstereofonie.....	19
4.1.1 X/Y-Verfahren.....	20
4.1.2 Blumlein-Verfahren.....	23
4.1.3 M/S-Verfahren.....	25
4.2 Laufzeitstereofonie.....	28
4.2.1 AB-Verfahren.....	29
4.2.2 Faulkner AB.....	31
4.3 Äquivalenzstereofonie.....	32
4.3.1 ORTF-Verfahren.....	35
4.3.2 NOS-Verfahren.....	37
4.3.3 DIN-Verfahren.....	37
<b>5. Anwendung der Verfahren bei einer Schlagzeugaufnahme..</b>	<b>38</b>
5.1 Testaufbau.....	38
5.2 Vergleich.....	40
5.2.1 Ambience-Aufstellung.....	40
5.2.2 Overhead-Aufstellung.....	43
<b>6. Fazit.....</b>	<b>46</b>
<b>7. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>47</b>
<b>8. Anhang.....</b>	<b>49</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 2.1</b> - Laufzeitdifferenz zwischen den Ohrsignalen.....	6
<b>Abb. 2.2</b> - Richtungswahrnehmung durch Pegelunterschiede.....	7
<b>Abb. 2.3</b> - Unterschiede der Phasenlage an beiden Ohren bei verschiedenen Frequenzen.....	8
<b>Abb. 2.4</b> - Kopfbezogenes Koordinatensystem beim Menschen.....	9
<b>Abb. 2.5</b> - Testergebnisse für Lokalisationsschärfe.....	9
<b>Abb. 2.6</b> - Richtungsbestimmende Frequenzbänder zur Wahrnehmung in der vertikalen Ebene.....	10
<b>Abb. 2.7</b> - Stereoaufstellung bei Lautsprecherwiedergabe.....	11
<b>Abb. 2.8</b> - Hörereigniskurven nach Sengpiel.....	12
<b>Abb. 2.9</b> - Stereo-Hörfläche / „sweet-spot“ .....	13
<b>Abb. 4.1</b> - Intensitätsstereofonie – XY-Anordnung.....	20
<b>Abb. 4.2</b> - Pegelverteilung bei einem „optimalen Öffnungswinkel“ von XY.....	22
<b>Abb. 4.3</b> - Frequenzabhängige Richtcharakteristik bei Niere.....	23
<b>Abb. 4.4</b> - Blumlein-Verfahren.....	24
<b>Abb. 4.5</b> - Entstehungsursache von Überbasis beim Blumlein-Verfahren.....	24
<b>Abb. 4.6</b> - M/S-Verfahren.....	25
<b>Abb. 4.7</b> - Matrizierung durch M/S-Matrix bzw. durch ein Mischpult.....	26
<b>Abb. 4.8</b> - M/S-Aufstellungen und ihre zugehörigen XY-Pendants.....	27
<b>Abb. 4.9</b> - Kammfiltereffekte in Abhängigkeit der Mikrofonbasis bei AB.....	29
<b>Abb. 4.10</b> - Laufzeitstereofonie - AB-Verfahren.....	30
<b>Abb. 4.11</b> - Faulkner AB.....	31
<b>Abb. 4.12</b> - SRA-Diagramm nach Williams.....	34
<b>Abb. 4.13</b> - ORTF-Verfahren.....	35
<b>Abb. 4.14</b> - Einstellen des ORTF-Winkels anhand eines A4-Blatts.....	36
<b>Abb. 4.15</b> - Schoeps ORTF-Mikrofon.....	36
<b>Abb. 4.16</b> - NOS-Anordnung.....	37

# 1. Einleitung

Zweikanal-Stereofonie<sup>1</sup> (im Folgenden kurz Stereofonie genannt) spielt heutzutage trotz ihres gehobenen Alters und der anwachsenden Verbreitung von Mehrkanal-Stereofonie noch immer eine wichtige Rolle bei Tonaufnahmen. So werden sowohl Fernsehen, Radio als auch Musikproduktionen hauptsächlich für Zweikanal-Hörer gefertigt, was sich voraussichtlich erst ändern wird, wenn die Zahl der Mehrkanal-Stereofonienutzer die der Stereohörer ebenbürtig ist bzw. sich Musikindustrie und Rundfunkgesellschaften auf einen neuen Standard und die Durchsetzung ebendieses einigen können.

Obwohl das stereofone Hören unser tägliches Leben bestimmt und begleitet, machen sich nur wenige Menschen Gedanken darüber bzw. sehen es als alltäglich an. So ist es auch nicht verwunderlich, dass trotz des hohen Alters der Stereofonie eine Vielzahl der Stereohörer aufgrund von falscher Boxenaufstellung nicht in den Genuss von einer eigentlichen Stereoabbildung gelangen. Für einen Tontechniker sind jedoch das Verständnis und der richtige Umgang mit der Stereofonie unabdinglich, um etwa die Vorgaben eines Musikers oder Produzenten umsetzen zu können. Diese Arbeit soll beleuchten, wie das stereofone Hörereignis entsteht, viel wichtiger aber noch wie ein gezieltes Hörereignis über Lautsprecher produziert werden kann. Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle und wie beeinflussen sie eine stereofone Aufnahme? Gibt es zum Beispiel bei einer Schlagzeugaufnahme ein Patentrezept, wie zwei Mikrofone angeordnet werden sollen um ein perfektes Ergebnis zu erhalten?

---

<sup>1</sup> Stereos, gr. = fest, starr, räumlich, körperlich, ausgedehnt.

## 2. Räumliches Hören

Die Evolution hat dem Menschen sowohl ein Augen- als auch ein Ohrenpaar gegönnt, damit er seine Umgebung räumlich erfassen kann. Dies ist aus evolutionstechnischer Sicht vor allem als Schutz für den Menschen gedacht. So kann uns das Gehör zum Beispiel vor annahenden Gefahren warnen, die sich nicht in unserem Blickfeld befinden. Würden wir nur ein Ohr besitzen, wäre es schwierig in kürzester Zeit zu evaluieren, aus welcher Richtung eine Schallquelle ertönt.

### 2.1 Räumliches Hören in natürlicher Umgebung

Das stereophone Hörereignis beruht auf zweierlei Komponenten: Richtungs- und Entfernungshören. Für die Richtungswahrnehmung in der Horizontalebene zeigen sich sowohl Pegel-, Phasenunterschiede, als auch Klangverfärbungen verantwortlich. Tiefe Frequenzen mit einer Wellenlänge größer dem doppelten Kopfdurchmesser werden teilweise bis vollständig um den Kopf gebeugt und treffen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten an beiden Ohren an. Die maximale Verzögerung einer um den Kopf gebeugten Schallwelle wird gemeinhin als „interaurale Laufzeitdifferenz“ tituliert und mit 0,63ms angegeben. Dies entspricht bei einer Schallgeschwindigkeit von 340m/s einem Ohrabstand von ca. 21,4cm und stellt einen Mittelwert dar, denn die Laufzeitunterschiede sind gleichsam von der Kopfform als auch der Frequenz abhängig (siehe Abb. 2.1).<sup>2</sup>

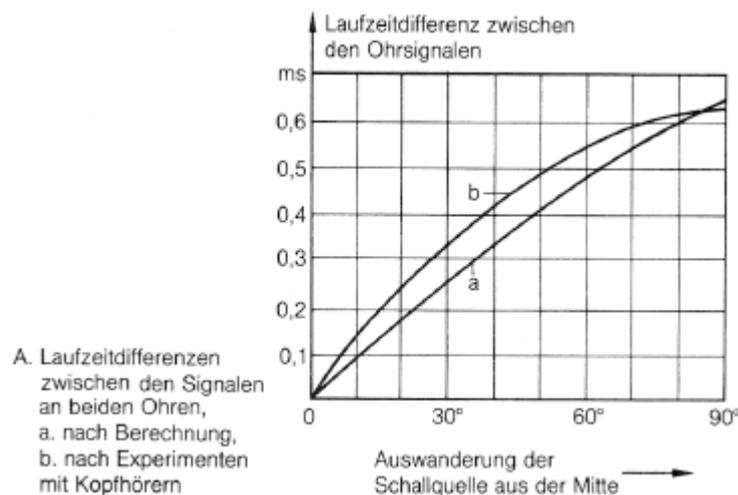


Abb. 2.1 - Laufzeitdifferenz zwischen den Ohrsignalen<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 172ff.

<sup>3</sup> Abbildung: Dickreiter, 2003, S. 117.

Geht man von einem gemittelten Abstand von 21,4cm aus, bedeutet dies, dass Frequenzen bis zu ca. 800Hz um den Kopf gebeugt werden und die daraus resultierenden Laufzeitdifferenzen in diesem Frequenzbereich zur Ortung beitragen. Frequenzen, deren Wellenlänge kleiner dem doppelten Kopfdurchmesser sind, werden nicht gebeugt sondern reflektiert, was zu einem Druckstau an der zugewandten Ohrseite und Abschattungen an der abgewandten Ohrseite führt (siehe Abb. 2.2).<sup>4</sup>

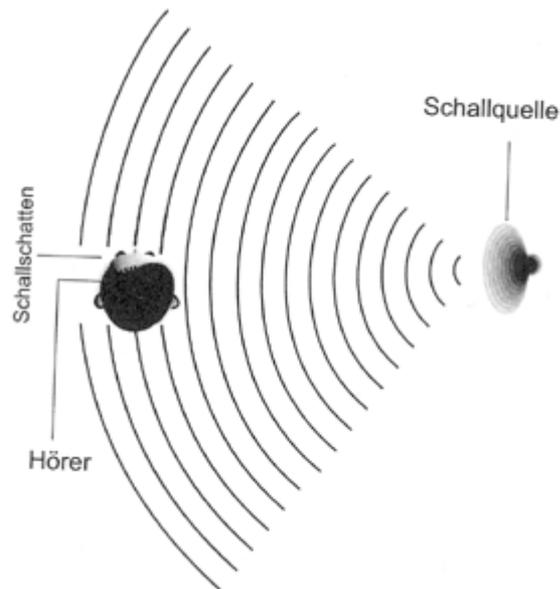


Abb. 2.2 - Richtungsrichtungswahrnehmung durch Pegelunterschiede<sup>5</sup>

Dadurch entstehen zwischen den beiden Ohren Pegelunterschiede, die ab einer Frequenz von ca. 1,6kHz ausschließlich für die Ortung eines Signals verantwortlich sind. Bei Sprache betragen diese in etwa 7dB, bei musikalischem Programm bis zu 10dB. Im Bereich zwischen 800Hz und 1,6kHz tragen sowohl Intensitäts- als auch Laufzeitunterschiede zur Ortung bei, wenn auch allgemein zu sagen ist, dass vor allem die Intensitätsunterschiede bei der Ortung wichtig sind. Je länger nämlich die Wellenlänge einer Frequenz ist, desto geringer ist auch der Unterschied der Phasenlage an beiden Ohren, was zu einer erschwerten bis schlussendlich unmöglichen Ortung des Signals führt (siehe Abb. 2.3). Des Weiteren ist unser Ohr im Mitten- bzw. Sprachbereich am empfindlichsten.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 172ff.

<sup>5</sup> Abbildung: Ederhof, 2004, S. 173.

<sup>6</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 172ff.

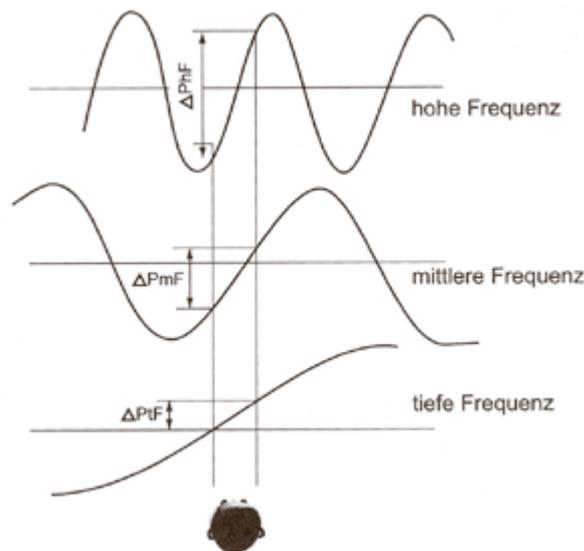


Abb. 2.3 - Unterschiede der Phasenlage an beiden Ohren bei verschiedenen Frequenzen<sup>7</sup>

Bei den oben genannten Grenzfrequenzen, die im Zuge der Ortung durch Lauf- oder Pegeldifferenzen angegeben wurden, muss wiederholt betont werden, dass sie auf einem von Ederhof angenommenen Ohrenabstand von 21,4cm basieren. So findet man in der Fachliteratur verschiedene Angaben für diese Werte. Thomas Görne schreibt zum Beispiel in seinem Buch „Mikrofone in Theorie und Praxis“:

*„Das gilt selbstverständlich nur für tiefe Frequenzen, bei denen die Wellenlänge größer ist als der Kopfdurchmesser ( $f < 500$  Hz). [...] Der Bereich hoher Frequenzen, in dem nur noch die Pegelunterschiede eines seitlich eintreffenden Signals zur Richtungswahrnehmung beitragen, beginnt etwa bei  $f = 1$  kHz.“<sup>8</sup>*

Somit ist anzunehmen, dass Görne von einem Ohrabstand von 34cm ausgeht, den ich persönlich nicht nachvollziehen kann. Bei einer Messung an meinem eigenen Kopf bin ich unter Berücksichtigung des Wegs, den eine Welle an der Kopfoberfläche zurücklegen muss, auf einen Wert für den Ohrenabstand von 26,5cm gelangt. Dies würde zu Grenzfrequenzen von ca. 650Hz bis 1,3Khz führen, welche einen Mittelwert der Werte von Görne und Ederhof darstellen. Es bleibt also die Frage offen, wie sich die Wellen um den Kopf beugen. Sollte dieser teilweise durchlässig für bestimmte Frequenzen sein, erscheinen Ederhofs Werte am plausibelsten. Da außerdem die interaurale Laufzeitdifferenz allgemein mit 0,63ms angegeben wird, ist von diesem Wert von 21,4cm auszugehen.

<sup>7</sup> Abbildung: Ederhof, 2004, S. 174.

<sup>8</sup> Görne, 1994, S. 33.

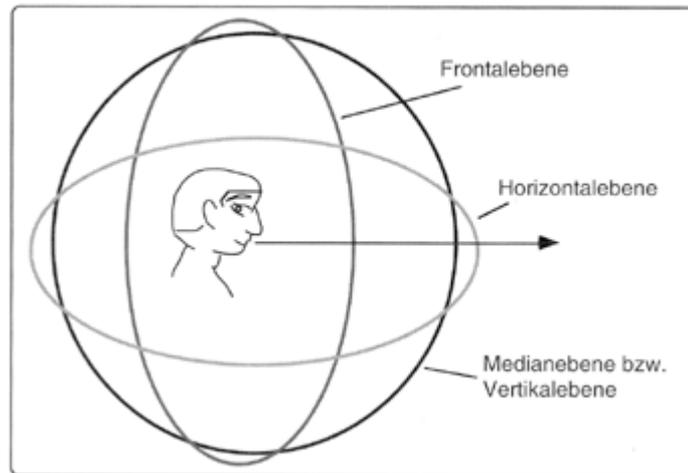


Abb. 2.4 - Kopfbezogenes Koordinatensystem beim Menschen<sup>9</sup>

Der Mensch ist fähig in der Horizontalebene seines kopfbezogenen Koordinatensystems (siehe Abb. 2.4) bereits geringe Unterschiede in der Position der Schallquelle auszumachen. In diversen Tests seit 1920 wurden dabei programmabhängige Werte zwischen ca. 0,8° und 4,0° an geringster hörbarer Auslenkung ermittelt (siehe Abb. 2.5).

Veröffentlichung	Art des Signals	Lokalisationsschärfe
Klemm (1920)	Impulses (clicks)	0.75°-2°
King and Laird (1930)	Impulse (click) train	1.6°
Stevens and Newman (1936)	Sinusoids	4.4°
Schmidt et al. (1953)	Sinusoids	>1°
Sandel et al. (1955)	Sinusoids	1.1°-4.0°
Mills (1958)	Sinusoids	1.0°-3.1°
Stiller (1960)	Narrow-band noise, $\cos^2$ tone bursts	1.4°-2.8°
Boerger (1965a)	Gaussian tone bursts	0.8°-3.3°
Gardner (1968a)	Speech	0.9°
Perrott (1969)	Tone bursts	1.8°-11.8°
Blauert (1970b)	Speech	1.5°
Haustein and Schirmer (1970)	Broadband noise	3.2°

Abb. 2.5 - Testergebnisse für Lokalisationsschärfe<sup>10</sup>

Für die Ortung in der Vertikal- und Frontalebene, als auch für die Unterscheidung zwischen Vorne und Hinten in der Horizontalebene gilt, dass man die Schallquelle und deren Umgebung gut kennen muss. In der Vertikalebene entstehen durch den Direktschall weder

<sup>9</sup> Abbildung: Henle, 1998, S. 52.

<sup>10</sup> Abbildung aus dem WWW: <http://www.ton.hdk-berlin.de/tutorium/html/node49.html> [19.05.2005].

Pegel- noch Laufzeitdifferenzen, erst die eventuellen Reflektionen und der durch die Ohrform entstehende Frequenzverlauf machen eine Ortung möglich, die aber bedeutend ungenauer ausfällt wie in der Horizontalebene (siehe Abb. 2.6).<sup>11</sup>

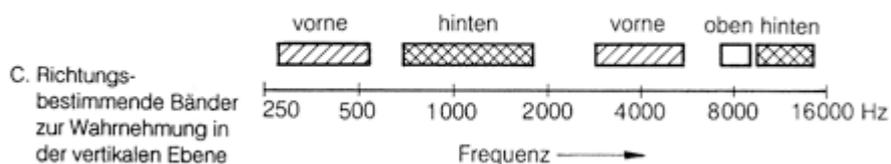


Abb. 2.6 - Richtungsbestimmende Frequenzbänder zur Wahrnehmung in der vertikalen Ebene<sup>12</sup>

Ähnliches gilt für die Frontalebene, wobei hier sowohl Pegel- als auch Laufzeitunterschiede entstehen. Die Information ob Schall in der Horizontalebene von vorne oder hinten auftritt, wird vom Gehirn aufgrund der Ohrform und den dadurch entstehenden Frequenzverläufen durch Abschattung bzw. Bündelung ausgewertet.<sup>13</sup>

Auch das Entfernungshören ist beim Menschen nicht so genau ausgeprägt wie das Richtungshören. Um eine annähernd richtige Einschätzung treffen zu können, sollte man einerseits die Umgebung kennen, andererseits sollte der Raum geschlossen sein. Die Entfernung wird in diesem Fall vor allem durch die Phasenbeziehungen des Direktschalls zu den Reflektionen der einzelnen Wände und der Struktur des Nachhalls ermittelt. In offener Umgebung dienen lediglich die mit der Entfernung abnehmende Lautstärke und der zunehmende Höhenverlust als Orientierung. Tendenziell werden die Abstände zur Schallquelle sowohl im Freien als auch in geschlossenen Räumen als zu gering eingeschätzt.<sup>14</sup>

## 2.2 Räumliches Hören bei Lautsprecherwiedergabe

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts führte Clement Ader die erste mehrkanalige Übertragung durch. Alan Blumlein meldete schlussendlich im Jahre 1931 eine mehrkanalige Aufnahme/Wiedergabe unter dem Namen Stereophonie zum Patent an.<sup>15</sup>

Bei zweikanaliger Stereophonie dienen zwei Schallwandler als Wiedergabeinstrumente, auch wenn nur ein Schallereignis wiedergegeben werden soll. Die Lautsprecher werden in einem Stereodreieck aufgestellt, was bedeutet, dass sie mit der Hörposition ein gleichseitiges Dreieck bilden (siehe Abb. 2.7).

<sup>11</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 174f.

<sup>12</sup> Abbildung: Dickreiter, 2003, S. 117.

<sup>13</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 116.

<sup>14</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 33.

<sup>15</sup> Vgl. ebd., S. 34.

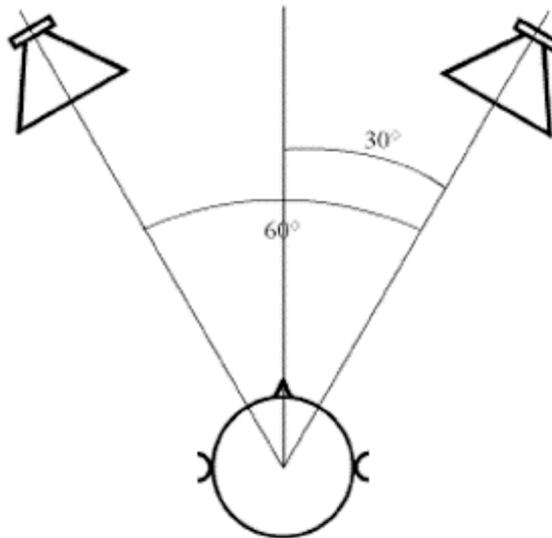


Abb. 2.7 - Stereoaufstellung bei Lautsprecherwiedergabe<sup>16</sup>

Durch die Wiedergabe über zwei Lautsprecher mit gleichem Pegel und gleicher Phasenlage entsteht ein Signal, welches in der Mitte der beiden Lautsprecher geortet wird - eine Phantomschallquelle.<sup>17</sup>

Um nun diese Phantomschallquelle aus der Mitte in eine Richtung wandern zu lassen, bedarf es ähnlich wie in der natürlichen Umgebung Pegel- oder Laufzeitunterschiede. Für die Bildung einer Phantomschallquelle, die nur mehr einer Box zugewiesen wird, ist also entweder ein Pegelunterschied von ca. 15dB oder ein Laufzeitunterschied von ca. 1,2-1,5ms nötig, wobei diese Werte auf empirischen Ermittlungen beruhen. Deshalb findet man auch in diversen Büchern unterschiedliche Werte. Dickreiter führt in seinem Buch „Mikrofonaufnahmetechnik“ 15dB und 1,2ms an, Eberhard Sengpiel auf der anderen Seite benutzt zum Beispiel in seinen „Kurven gleicher Hörereignisrichtung“ 18dB und 1,5ms als Rechenwerte (siehe Abb. 2.8).

<sup>16</sup> Abbildung aus dem WWW: <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/stereo.pdf> [07.03.05].

<sup>17</sup> Vgl. URL: <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/stereo.pdf> [07.03.05].

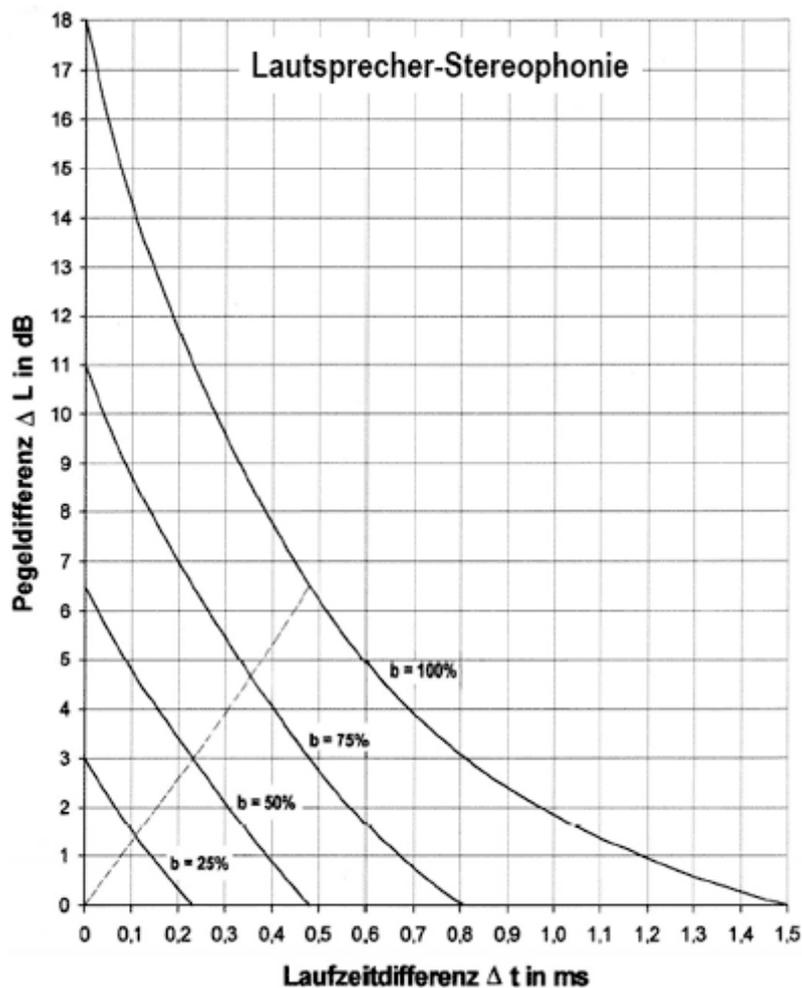


Abb. 2.8 - Hörereigniskurven nach Sengpiel<sup>18</sup>

Es gibt hierbei meines Erachtens keine absolut gültige Werte, da diese empirisch ermittelt wurden und somit sowohl personen- als auch programmabhängig sind. Bei einem Eigenversuch mit einem Gesangssignal erzielte ich Werte von 17dB und 1,4ms für eine Staffelung des Signals auf einer Seite, was in etwa eine Mischung aus Dickreiters und Sengpiels Werten darstellt. Um Missverständnissen vorzubeugen, wird in den weiteren Kapiteln mit Sengpiels Werten und einer Schallgeschwindigkeit von 340m/s gerechnet. Ab einem Laufzeitunterschied von ca. 10-30ms tritt das „Gesetz der ersten Welle“ (Haaseffekt) in Kraft, wonach das Signal auf der Seite geortet wird, wo es zuerst auftritt, auch wenn das verzögerte Signal im Pegel bis zu 10dB lauter ist. Bei Laufzeitunterschieden größer als ca. 30ms wird das verzögerte Signal als eigenständiges Schallereignis betrachtet. Im Eigenversuch bemerkte ich, dass auch hier wieder eine Frequenzabhängigkeit vorliegt. So traten bereits ab 20ms bei „s“ und „p“ Lauten zwei getrennte Signale auf, ab den genannten 30ms spaltete sich das Signal dann schlussendlich in zwei komplett eigenständige Signale auf.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Abbildung aus dem WWW: <http://www.sengpielaudio.com/KurvenGleiHoerereignis.pdf> [07.03.05].

<sup>19</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/Haas-Effekt.pdf> [07.03.05].

Um die gebildeten Phantomschallquellen korrekt gestaffelt zu hören, muss ein sehr schmaler Bereich an der Hörposition eingehalten werden - die sogenannte Stereo-Hörfläche, im Englischen „sweet-spot“ genannt (siehe Abb. 2.9).

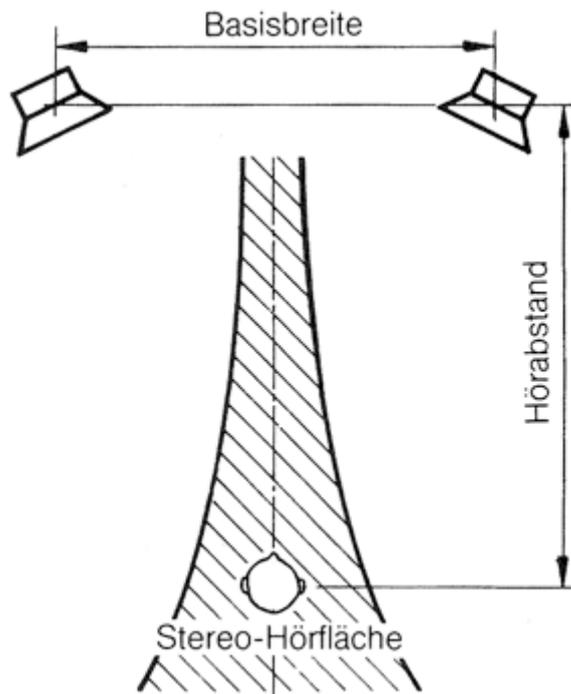


Abb. 2.9 - Stereo-Hörfläche / „sweet-spot“<sup>20</sup>

Auch die raumakustischen Bedingungen beeinflussen die Qualität der Wiedergabe durch Reflektionen, Absorption oder Raummoden und können so unter anderem eine präzise Ortung einer Phantomschallquelle erschweren.

Bei der Wiedergabe über Lautsprecher ist man in der Abbildungsbreite auf die Aufstellung der Boxen begrenzt. Die Basisbreite der Lautsprecher bedeutet gleichsam die maximal abzubildende Breite des Schallereignisses. Durch bestimmte „Tricks“ in Verbindung mit der Phasenlage verschiedener Signale können auch Schallereignisse außerhalb der Lautsprecherbasis abgebildet werden, dies führt aber gleichzeitig zu einer eingeschränkten Monokompatibilität<sup>21</sup>.

Um ein trocken aufgenommenes Signal in der Tiefenstaffelung nach hinten zu schieben, macht man nichts anderes, als die Natur zu imitieren. Durch diverse Reflektionen, die entweder durch einen Algorithmus oder anhand einer Impulsantwort eines realen Raumes berechnet werden, wird dem Signal eine räumliche Information zugefügt. Soll diese räumliche Information einer natürlichen entsprechen, wie es in der heutigen Popmusik eher selten der Fall ist, gilt es weitere Punkte einzuhalten. Die Schallquelle wird in natürlicher

<sup>20</sup> Abbildung: Dickreiter, 2003, S. 119.

<sup>21</sup> Siehe Kapitel 3.1.

Umgebung mit wachsendem Abstand punktförmiger (Stereobasis des Signals einengen), verliert durch die Luftreibung an Pegel und Höhen (High-Cut des Signals) und auch die Dynamik der Schallquelle wird eingeschränkt (Komprimieren des Signals).<sup>22</sup>

## 2.3 Räumliches Hören bei Kopfhörerwiedergabe

Bei Kopfhörerwiedergabe liegen die Schallwandler direkt an den Ohren auf und somit wirkt der Raum, in dem abgehört wird, nicht auf das Signal ein. Dies trägt zur Folge, dass das abgehörte Material keine räumliche Ausdehnung im Abhörraum besitzt, sondern im Kopf selbst zwischen den Ohren gestaffelt wird - In-Kopf-Lokalisation.

Um diese In-Kopf-Lokalisation zu vermeiden, muss der interaurale Laufzeitunterschied direkt bei der Aufnahme dem Programm „aufgerechnet“ werden, was zum Beispiel in Form eines Kunstkopfmikrofons möglich ist.

Weitere Mikrofonaufstellungen, die sich für gut für Kopfhörerwiedergabe eignen, sind Trennkörperverfahren zu denen zum Beispiel das OSS-Verfahren oder das Kugelflächenmikrofon zählen. Diese Aufstellungen besitzen alle eine Basis, die ungefähr dem Ohrabstand entspricht, und einen Trennkörper, der zwischen die beiden Mikrofone platziert wird, um frequenzabhängige Klangunterschiede zu erreichen.<sup>23</sup>

## 3. Wichtige Begriffe und Formeln

### 3.1 Monokompatibilität

Unter Monokompatibilität versteht man, dass ein Stereosignal bei einer Monosummierung abgesehen von der räumlichen Ausbreitung möglichst unverfälscht wiedergegeben wird.

K. Bertram beschreibt in seinem Artikel „Über den Umgang mit Stereo-Koinzidenzmikrofonen“ aus der Telefunken Zeitung, Jahrgang 38 (1965), Heft 3/4 Monokompatibilität so:

*„Die monophonische Wiedergabe von Stereo-Aufnahmen muss dem Hörer die gleiche klangliche Perfektion und ästhetische Befriedigung vermitteln wie die bisherige optimale Mono-Aufnahme. Es genügt also zweifellos nicht, daß[!] lediglich die gesamte Toninformation des Stereo-Klangbildes in der Monofassung enthalten ist. Vielmehr muß[!] auch die klangliche Balance, die Präsenz, die Halligkeit usw. kritischer Beurteilung nach den Gesichtspunkten der Monophonie standhalten.“<sup>24</sup>*

---

<sup>22</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 121.

<sup>23</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 128ff.

<sup>24</sup> URL: <http://www.neumann.com/infopool/download.php?Datei=lect0034.PDF> [24.10.04].

### 3.2 Versatzwinkel / Öffnungswinkel

Versatzwinkel und Öffnungswinkel haben immer direkt miteinander zu tun. Sie beschreiben in welchem Winkelverhältnis die Mikrofone aufgestellt sind. Der Versatzwinkel beschreibt dabei den Winkel, den das Mikrofon mit der 0° Achse einschließt, der Öffnungswinkel beschreibt, welchen Winkel die beiden Mikrofone zueinander bilden. Da sämtliche Stereoverfahren stets symmetrisch zur 0°-Achse ausgerichtet sind, kann man festhalten:

$$2x \text{ Versatzwinkel } \vartheta = \text{Öffnungswinkel } \varphi$$

Sengpiel verwendet in seinen Dokumenten auch den Begriff „Achsenwinkel  $\alpha$ “ anstelle des Begriffs Öffnungswinkel.<sup>25</sup>

### 3.3 Aufnahmewinkel / Aufnahmebereich

Der Aufnahmebereich beschreibt jene eingeschlossene Fläche einer Mikrofonanordnung, die bei Lautsprecherwiedergabe korrekt auf der Lautsprecherbasis gestaffelt wird. Liegen Schallquellen außerhalb des Aufnahmebereichs, werden sie nur auf einer Seite im Stereofeld abgebildet. Um also einer Schallquelle in ihrer vollen Ausdehnung auch bei Lautsprecherwiedergabe die maximal mögliche Ausdehnung zu ermöglichen, muss entweder der Aufnahmebereich an die Schallquelle angepasst, oder bei fixem Aufnahmebereich der Abstand des Mikrofons zur Schallquelle verändert werden. Der Aufnahmebereich an sich wird durch die Richtcharakteristik des Mikrofons, den Öffnungswinkel und die Mikrofonbasis bestimmt. Will man eine Vergrößerung des Aufnahmebereichs erreichen, muss entweder die Mikrofonbasis oder der Öffnungswinkel verkleinert werden. Um durch die Richtcharakteristik den Aufnahmebereich zu vergrößern, müssen Mikrofone verwendet werden, die weniger Richtwirkung zeigen (zum Beispiel Niere => breite Niere).

Sengpiel verwendet den Begriff Aufnahmewinkel als Hälfte des Aufnahmebereichs. Hier ist Vorsicht geboten, denn in anderer Fachliteratur wird oft der von Sengpiel betitelte Aufnahmebereich als Aufnahmewinkel bezeichnet.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 102.

<sup>26</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/BestimmenDesAufnahmebereichs.pdf> [07.03.05].

### 3.4 Berechnung des Aufnahmewinkels / Aufnahmebereichs

#### 3.4.1 bei Intensitätsstereofonie / XY

Sengpiel beschreibt in seinen „Theoriegrundlagen: ‚Intensitäts‘-Stereofonie“ die Berechnungsweise für die Pegeldifferenzen  $\Delta L$  zweier Mikrofone.<sup>27</sup>

Hierfür dient die Formel:

$$\Delta L \text{ in dB} = 20 * \log X/Y$$

wobei X und Y wie folgt berechnet werden:

$$X = A + B * \cos (\alpha/2 + \theta)$$

$$Y = A + B * \cos (\alpha/2 - \theta)$$

Sengpiel erklärt die genannten Formelzeichen so:

$\theta$  = Schalleinfallswinkel von der Mikrofonssystemmitte  $0^\circ$  aus

$\alpha$  = Achsenwinkel = Gesamtwinkel zwischen den Mikrofonachsen

A = Kugelkomponente der Richtcharakteristik (Druckempfänger)

$B * \cos \theta$  = Achterkomponente der Richtcharakteristik (Druckgradientenempfänger)

Für A und B gelten je nach Richtcharakteristik verschiedene Werte:

Richtcharakteristik	A	B
Breite Niere	0,667	0,333
Niere	0,5	0,5
Superniere	0,366	0,634
Hypernieren	0,25	0,75
Acht	0	1

Auf Basis dieser Formel habe ich mir eine Excel-Kalkulation<sup>28</sup> erstellt, in die ich bequem die einzelnen Werte eintragen kann. Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, wird für die Staffelung eines Signals in einer Box eine Pegeldifferenz von 18dB benötigt. Durch geschicktes Einsetzen des Achsen- und Aufnahmewinkels erhält man so den Aufnahmebereich des gewünschten Mikrofonsystems. Um zum Beispiel denselben Aufnahmebereich wie Öffnungswinkel bei einer XY-Anordnung mit Nieren zu erreichen, muss der Öffnungswinkel des Stereomikrofons  $138,5^\circ$  betragen. Will man dasselbe für eine XY-Anordnung mit Hypernieren erreichen, benötigt man einen Öffnungswinkel von  $99,5^\circ$ .<sup>29</sup>

<sup>27</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/TheorieGrundlaIntensitaet.pdf> [07.03.05].

<sup>28</sup> Siehe Anhang, CD-Inhalt.

<sup>29</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/TheorieGrundlaIntensitaet.pdf> [07.03.05].

Versucht man mit Hilfe des von Helmut Wittek entwickelten „Image Assistant 2.0“<sup>30</sup> den Wert bei dem Öffnungswinkel und Aufnahmebereich identisch sind zu ermitteln, erhält man bei XY-Anordnung mit Nieren einen Winkel von 132,5°. Dies bedeutet gleichzeitig, dass Wittek für den Pegelunterschied, ab dem ein Signal komplett in einer Box gestaffelt wird, einen Wert von ca. 15,8db annimmt. Diesen Wert kann man einfach durch Einsetzen der Winkel in die von mir gebaute Excel-Kalkulation errechnen lassen. Dickreiter gibt in „Mikrofone in Theorie und Praxis“ einen Winkel von ca. 135° für die Deckung von Öffnungswinkel und Aufnahmebereich an.

Man sieht also, dass die Differenz des Winkels, bei dem sich Öffnungswinkel und Aufnahmebereich decken, in zwei verschiedenen Quellen 6° beträgt, was meines Erachtens eine erhebliche Abweichung darstellt. Weiters ist anzumerken, dass bei allen Berechnungen von einer idealen und frequenzunabhängigen Richtcharakteristik ausgegangen wird, wie sie in der Praxis nicht vorhanden ist.

### 3.4.2 bei Laufzeitstereofonie

Eine vereinfachte Form zur Berechnung des Aufnahmewinkels bei Laufzeitstereofonie beschreibt Sengpiel in seinen „Theoriegrundlagen: Laufzeit-Stereofonie“. Diese vereinfachte Form berücksichtigt keine Pegelunterschiede und ist damit nicht sehr praxisnah.

Für die Berechnung des Aufnahmewinkels führt Sengpiel folgende Formel inklusive Umformungen an:

$$\theta = \arcsin (\Delta t * c/a)$$

$$a = \Delta t * c / \sin \theta$$

$$\Delta t = a/c * \sin \theta$$

Die Formelzeichen haben dabei folgende Bedeutung:

$\theta$  = Schalleinfallswinkel von der Mikrofonssystemmitte 0° aus

$a$  = Mikrofonbasis (Abstand der Mikrofone voneinander)

$c$  = Schallgeschwindigkeit in m/s

$\Delta t$  = Laufzeitdifferenz in s

Um bei einer Schallgeschwindigkeit von 340m/s eine Verzögerung von 1,5ms zwischen den beiden Mikrofonen zu erreichen, ist nach den oben genannten Formeln eine Mikrofonbasis von 51cm erforderlich. Alle Werte darunter führen zu einer Verengung der Abbildung bei Lautsprecherwiedergabe. Bei einer Mikrofonbasis von 40cm entsteht so zum Beispiel eine

---

<sup>30</sup> Siehe URL: <http://www.hauptmikrofon.de/ima2-folder/ImageAssistant2.html> [19.05.05].

Laufzeitdifferenz von ca. 1,18ms. Rechnet man diesen Wert mit Hilfe einer Kalkulation<sup>31</sup> von Sengpiel, die auf den Interpolationsformeln nach Lagrange beruht, um, so erhält man eine Hörereignisrichtung  $b$  von ca. 91%. Dies bedeutet, dass bei Lautsprecherwiedergabe maximal 91% der Basisbreite für die Wiedergabe ausgenutzt werden können, da die 1,5ms, die für die Staffelung auf einer Seite nötig wären, nicht erreicht werden.<sup>32</sup>

Ich habe in meiner Excel-Kalkulation auch diese Formeln berücksichtigt, um ein schnelles Errechnen der Werte  $\Delta t$ ,  $a$  und  $\theta$  zu ermöglichen. Eine Mikrofonbasis von 1,2m liefert zum Beispiel einen Aufnahmebereich von ca. 50,3°.

Ederhof führt in seinem Werk „das Mikrofonbuch“ im Vergleich zu den errechneten 51cm einen Mindestabstand von ca. 35cm an, um eine vollständige Abbildungsbreite bei der Wiedergabe zu erhalten. Er führt auch an, dass die komplette Staffelung auf einer Wiedergabeseite ab einer Laufzeitdifferenz von 1-1,5ms erfolgt. Sollte sich Ederhof mit diesen 35cm auf eine Laufzeitdifferenz von 1ms beziehen, wäre dies deckungsgleich mit den Berechnungen von Sengpiel. Fügt man in die Excel-Kalkulation nämlich eine Mikrofonbasis von 35cm ein, erhält man für  $\Delta t$  einen Wert von ca. 1,03ms.

### 3.4.3 bei Äquivalenzstereofonie

Die Berechnung des Aufnahmebereichs von Äquivalenzstereofonieverfahren erfolgt aus einer Mischung von Kapitel 3.4.1 und Kapitel 3.4.2, da hier sowohl Pegel- als auch Laufzeitunterschiede zum Tragen kommen. Eine Berechnung für den Aufnahmebereich der NOS-Anordnung ( $a = 30\text{cm}$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ; Niere) könnte wie folgt aussehen:

Für die Pegeldifferenzen wird die Formel  $\Delta L \text{ in dB} = 20 * \log X/Y$  verwendet, wobei ich die erste Berechnung mit einem Aufnahmewinkel von  $45^\circ$  durchführe. Hierbei erhalte ich als Ergebnis:  $\Delta L = 6,02\text{dB}$

Für die Laufzeitdifferenzen setze ich den Aufnahmewinkel von  $45^\circ$  in die Formel  $\Delta t = a/c * \sin \theta$  ein, wobei das Ergebnis  $\Delta t = 0,6239\text{ms}$  lautet.

Um das Gesamthörereignisrichtung  $b$  zu erhalten, müssen zuerst die zwei Einzelkomponenten  $\Delta L$  und  $\Delta t$  in die Hörereignisrichtungen  $b_1$  bzw.  $b_2$  umgerechnet werden. Dies geschieht wieder durch die Interpolationsformeln nach Lagrange.

Hörereignisrichtung  $b_1$  (Pegeldifferenzen) entspricht demnach 46,86%

Hörereignisrichtung  $b_2$  (Laufzeitdifferenzen) entspricht 62,19%

---

<sup>31</sup> Siehe Anhang, CD-Inhalt.

<sup>32</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/TheorieGrundlaLaufzeit.pdf> [07.03.05].

Diese Ergebnisse führen zu einer Gesamthörereignisrichtung ( $b = b_1 + b_2$ ) von 109,05% was gleichsam bedeutet, dass der zum Rechnen verwendete Aufnahmewinkel zu groß gewählt war.

Rechnet man dasselbe Beispiel mit einem Aufnahmewinkel von  $40^\circ$ , erhält man für die Gesamthörereignisrichtung einen Wert von  $99,43^\circ$ . Wird nun noch der Aufnahmewinkel um  $0,5^\circ$  gesteigert, erhält man schlussendlich eine Gesamthörereignisrichtung von 100%. Das bedeutet gleichzeitig, dass der Aufnahmebereich der NOS-Anordnung  $81^\circ$  beträgt und sich das Stereoverfahren aus 42,32% an Pegelkomponente und 57,68% an Laufzeitkomponente zusammensetzt.<sup>33</sup>

## 4. Stereoaufnahmeverfahren

### 4.1 Intensitätsstereofonie

Bei Intensitätsstereofonie werden lediglich die an zwei Mikrofonkapseln entstehenden Pegelunterschiede einer Schallquelle zur Abbildung eines Signals verwendet. Theoretisch müssten sich demnach beide Kapseln des Stereomikrofons an ein- und derselben Position befinden, in der Praxis lässt sich ein kleiner Versatz aufgrund der Kapselgröße, welcher jedoch vernachlässigt werden kann, kaum vermeiden. Da somit Laufzeitunterschiede weitgehend ausgeschlossen werden, spricht man bei einer derartigen Mikrofonanordnung auch von einem Koinzidenzmikrofon<sup>34</sup>. Dieses Ausbleiben von Phasenunterschieden beeinflusst auch maßgeblich den Charakter einer Mikrofonaufstellung im Intensitätsstereofonieverfahren. Es entsteht eine eher unspektakuläre Abbildung der Räumlichkeit, wohingegen in diesen Verfahren eine sehr gute Lokalisation der Schallquellen möglich ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, vor allem Pegelunterschiede zur Ortung beim Menschen führen.<sup>35</sup>

Ein weiterer Vorteil der Intensitätsstereofonie ist die gute Monokompatibilität. Da kaum Phasenunterschiede zwischen den beiden Signalen vorherrschen, gibt es bei einer Monosummierung auch nur wenige Klangfärbungen durch Auslöschungen und Kammfiltereffekte.

---

<sup>33</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/VergleichAequivalenzMikrofonSyst.pdf> [07.03.05].

<sup>34</sup> Coincidere, lat. = gleichzeitig ankommen.

<sup>35</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 102ff.

### 4.1.1 X/Y-Verfahren

Die XY-Aufstellung ist wohl eines der am meisten verwendeten Stereoverfahren, da sich der Aufbau relativ einfach gestaltet. Es werden zwei gerichtete Kapseln (Niere, Super- oder Hyperniere) direkt übereinander platziert und zueinander so verdreht, dass ein Öffnungswinkel von üblicherweise 90-120° entsteht (siehe Abb. 4.1), wobei X für den linken Kanal und Y für den rechten Kanal steht.<sup>36</sup>

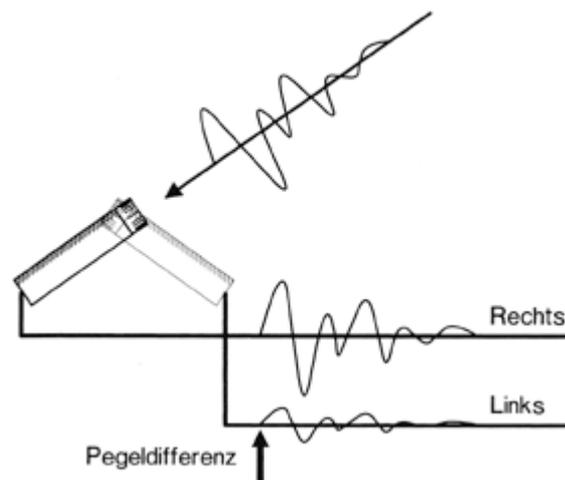


Abb. 4.1 - Intensitätsstereofonie – XY-Anordnung<sup>37</sup>

Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, regeln bei Intensitätsstereofonie sowohl die Richtcharakteristik als auch der Öffnungswinkel die Größe des Aufnahmebereichs. So erhält man für gängige Aufstellungen im XY-Verfahren nach dem Einsetzen in die Excel-Kalkulation<sup>38</sup> folgende Aufnahmebereiche:

bei Richtcharakteristik Niere:

$\alpha = 90^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 196^\circ$  ( $\sim 180^\circ$  für  $_L = 15\text{dB}$ )

$\alpha = 120^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 158^\circ$  ( $\sim 141^\circ$  für  $_L = 15\text{dB}$ )

$\alpha = 138,5^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 138,5^\circ$

$\alpha = 180^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 102^\circ$  ( $51^\circ$  Aufnahmewinkel je vor und hinter dem Mikrofon)

bei Richtcharakteristik Superniere:

$\alpha = 90^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 136^\circ$

$\alpha = 112^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 112^\circ$

<sup>36</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 105.

<sup>37</sup> Abbildung: Görne, 1994, S. 103.

<sup>38</sup> Siehe Anhang, CD-Inhalt.

bei Richtcharakteristik Hyperniere:

$\alpha = 90^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 110^\circ$

$\alpha = 100^\circ \Rightarrow$  Aufnahmebereich  $\sim 100^\circ$

Hierbei ist noch einmal festzuhalten: Je gerichtet das Mikrofon, desto kleiner wird bei gleichem Öffnungswinkel der Aufnahmebereich. Je größer der Öffnungswinkel, desto kleiner wird bei gleicher Richtcharakteristik der Aufnahmebereich. Umgekehrt bedeutet eine Verkleinerung des Aufnahmebereichs eine verbreiterte Abbildung der Schallquelle auf der Lautsprecherbasis.

Ederhof führt in „das Mikrofonbuch“ einen sogenannten „optimalen Öffnungswinkel“ an und beschreibt diesen wie folgt:

*„Der optimale Öffnungswinkel ergibt sich, wenn bei der Wiedergabe die Pegelverteilung über der gesamten Stereobasis ungefähr gleich ist. Diese Forderung ist immer dann erfüllt, wenn sich die Richtcharakteristiken der beteiligten Mikrofone in den  $-3\text{dB}$ -Punkten schneiden.“<sup>39</sup>*

Bei einer idealen, frequenzunabhängigen Niere tritt dieser Fall laut Ederhof bei einem Versatzwinkel von  $65^\circ$  ein, Görne führt in „Mikrofone in Theorie und Praxis“ einen unwesentlich größeren Wert von  $65,5^\circ$  an. Bei den Versatzwinkeln für Super- und Hyperniere sind sich beide Autoren jedoch einig. Für Superniere gilt ein Versatzwinkel von  $57,5^\circ$  als optimal, für Hyperniere eine Versatzwinkel von  $52,5^\circ$ .

Diese Werte werden auch durch Witteks „Image Assistant 2.0“<sup>40</sup> untermauert (siehe Abb. 4.2).<sup>41</sup>

---

<sup>39</sup> Ederhof, 2004, S. 180.

<sup>40</sup> Siehe URL: [www.hauptmikrofon.de/ima2-folder/ImageAssistant2.html](http://www.hauptmikrofon.de/ima2-folder/ImageAssistant2.html) [19.05.05].

<sup>41</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 105.

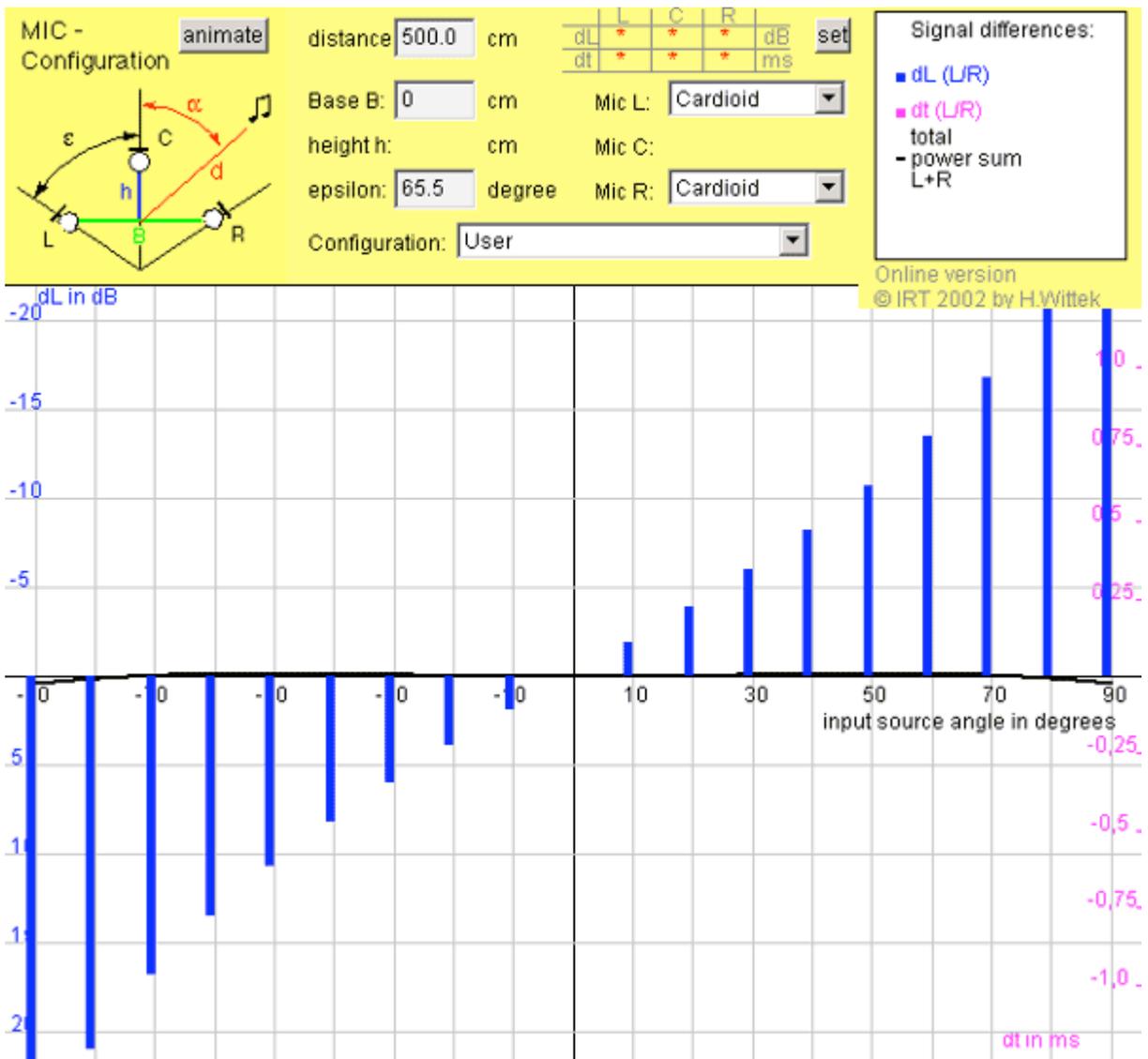


Abb. 4.2 - Pegelverteilung bei einem „optimalen Öffnungswinkel“ von XY<sup>42</sup>

Bei der Aufnahme einer Schallquelle kann jedoch nicht immer der „optimale Öffnungswinkel“ angewandt werden, da unter Umständen ein zu großer Abstand gewählt werden muss um die gesamte breite der Schallquelle dem Aufnahmebereich anzupassen. Hierbei kann - je nach Absicht - ein zu großer Diffusschallanteil entstehen. Es gilt also bei einer vorgegebenen Ausdehnung einer Schallquelle, an die man den Aufnahmebereich anpassen möchte, immer abzuwägen, ob es besser ist, den Abstand zur Schallquelle zu erhöhen und mehr Diffusschallanteile in Kauf zu nehmen, oder den Öffnungswinkel des Mikrofonsystems zu verkleinern. Letztere Variante führt oft zu einem höhenärmeren Klang der Phantomschallquellenmitte. Diese Höhenabsenkung entsteht dadurch, dass es in der Praxis keine perfekte Nierencharakteristik über den ganzen Frequenzbereich gibt. So werden die

<sup>42</sup> Vgl. Abbildung aus dem WWW: <http://www.hauptmikrofon.de/ima2-folder/ImageAssistant2.html> [19.05.05].

hohen Frequenzen bei einem Versatzwinkel von  $65^\circ$  viel stärker bedämpft als bei einem Auftreffen des Signals von der  $0^\circ$ -Achse (siehe Abb. 4.3).<sup>43</sup>

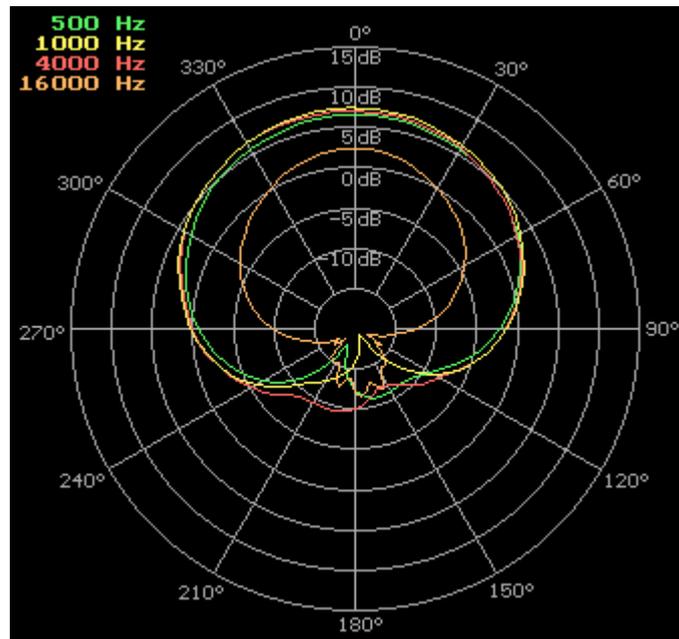


Abb. 4.3 - Frequenzabhängige Richtcharakteristik bei Niere<sup>44</sup>

#### 4.1.2 Blumlein-Verfahren

Alan Dower Blumlein reichte bei der Patentierung der Stereoaufzeichnung unter anderem auch Vorschläge für verschiedene Mikrofonsysteme ein. Eines dieser Verfahren ist auch heutzutage noch nach ihm benannt. Es handelt sich dabei im Prinzip um eine gewöhnliche XY-Aufstellung mit einem Versatzwinkel von  $45^\circ$ . Den wesentlichen Unterschied stellt jedoch die verwendete Richtcharakteristik der Acht dar, welche mit positiver Polarität in Richtung Schallquelle gerichtet wird (siehe Abb. 4.4).<sup>45</sup>

<sup>43</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 180f.

<sup>44</sup> Abbildung aus dem WWW: [http://www.mbho.de/products03\\_22b\\_2.htm](http://www.mbho.de/products03_22b_2.htm) [22.05.05].

<sup>45</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 186.

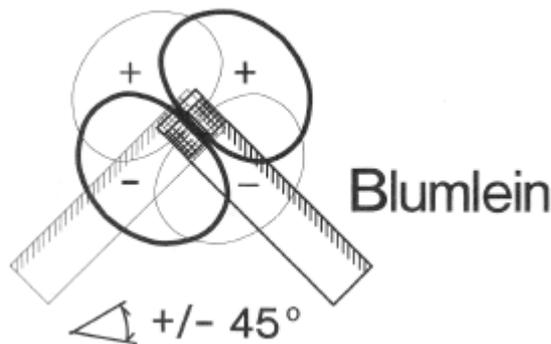


Abb. 4.4 - Blumlein-Verfahren<sup>46</sup>

Die Acht bietet neben der Ausblendung seitlich eintreffenden Schalls auch die über den Frequenzverlauf betrachtet stabilste Richtcharakteristik. Durch diese stärkstmögliche Richtcharakteristik ergibt sich ein relativ geringer Aufnahmebereich von 70° bei  $\Delta L = 15\text{dB}$  bzw. 76° bei  $\Delta L = 18\text{dB}$  und eine an sich hervorragende Kanaltrennung ergo Lokalisationsschärfe.

Die Tatsache, dass die Acht auf der von der Schallquelle abgeneigten Seite jedoch negative Polarität besitzt, hat für die Abbildung nicht zu vernachlässigende Auswirkungen. So können der Raumanteil und etwaige Reflektionen des Direktschalls an der gegenphasigen Seite des anderen Kanals antreffen, was von einer diffusen Abbildung bis zu einer Abbildung des Signals außerhalb der Lautsprecherbasis führen kann (siehe Abb. 4.5).<sup>47</sup>

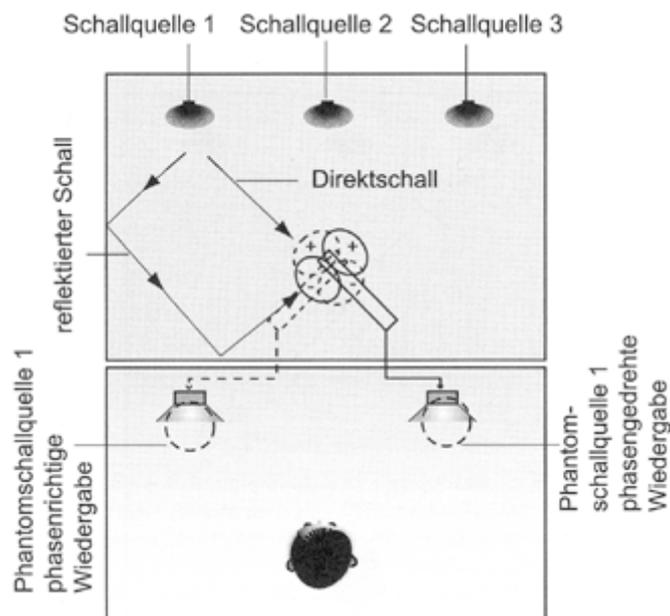


Abb. 4.5 - Entstehungsursache von Überbasis beim Blumlein-Verfahren<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Abbildung: Görne, 1994, S. 113.

<sup>47</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 188.

<sup>48</sup> Abbildung: Ederhof, 2004, S. 188.

Die Acht als Richtcharakteristik bringt außerdem gewisse klangliche Eigenschaften mit sich, die typisch für die Blumlein-Anordnung sind. Sieht man vom Nahbesprechungseffekt ab, überträgt die Acht Tiefbassanteile verhältnismäßig am schlechtesten, da sie im Gegensatz zur Kugel, die Tiefbassanteile am besten überträgt, die am gerichtetste Charakteristik ist. Es gilt also abzuwägen, ob dieser klangliche Aspekt der Schallquelle schadet oder ob er vernachlässigbar ist.<sup>49</sup>

#### 4.1.3 M/S-Verfahren

M/S-Verfahren steht für Mitte / Seite-Verfahren und weist darauf hin, dass ein Mikrofon des Systems die Mitte ( $0^\circ$ -Achse) der Schallquelle fokussiert und das andere Mikrofon für die Aufzeichnung der Seiteninformation ( $\pm 90^\circ$  zur  $0^\circ$ -Achse) zuständig ist (siehe Abb. 4.6).<sup>50</sup>

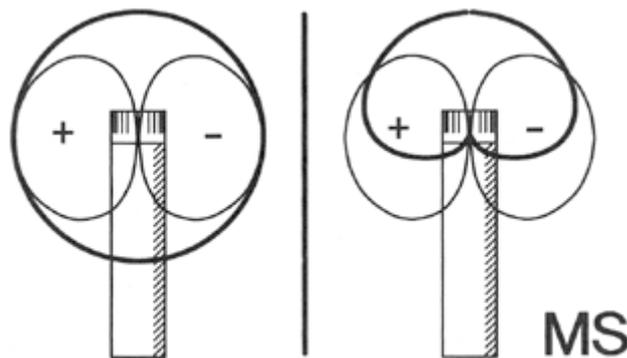


Abb. 4.6 - M/S-Verfahren<sup>51</sup>

Dadurch ergibt sich auch gleich der größte Nachteil der M/S-Anordnung. Das vom Mikrofonsystem produzierte Signal kann nicht ohne weitere Bearbeitung als Stereosignal über Lautsprecher abgehört werden. Hierfür ist eine Schaltung nötig, die M und S in X (links) und Y (rechts) umwandelt. Dies geschieht mit Hilfe von Summen- und Differenzbildung, auch Matrizierung genannt, wobei für  $X = M + S$  und für  $Y = M - S$  gilt. Damit dabei auch ein vernünftiges Ergebnis entstehen kann, muss es bestimmte Vorgaben geben. Als Seitenmikrofon kann nur die Richtcharakteristik Acht zum Einsatz kommen, wobei die Seite mit der positiven Polarität nach links zeigen muss. Man macht sich zu nutzen, dass einerseits frontal auftreffender Schall aus der  $0^\circ$ -Achse, für welche das Mittenmikrofon zuständig ist, ausgeblendet wird, andererseits ist die duale Polarität der Acht notwendig für die Summen- und Differenzbildung mit dem Mittenmikrofon.<sup>52</sup>

<sup>49</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 130.

<sup>50</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 106.

<sup>51</sup> Abbildung: Görne, 1994, S. 107.

<sup>52</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 189ff.

Das Mittenmikrofon hingegen kann jede beliebige Richtcharakteristik annehmen, welche jedoch hinsichtlich des Aufnahmebereichs und Klangfarbe des matrizierten Stereosignals eine Rolle spielt. Kugelcharakteristik, vorzugsweise bei Druckempfängern, zeichnet zum Beispiel wesentlich mehr Tiefbassanteile und Diffusschall auf als Nierencharakteristik. Eine wesentliche Rolle spielt dies vor allem dann, wenn eine Monosumme des Stereosignals gebildet wird, denn hier bleibt alleine das Mittensignal bestehen, die Seiteninformation löscht sich gegenseitig aus. Wieso das so ist, erkennt man, wenn man den Matrizierungsvorgang näher betrachtet (siehe Abb. 4.7).<sup>53</sup>

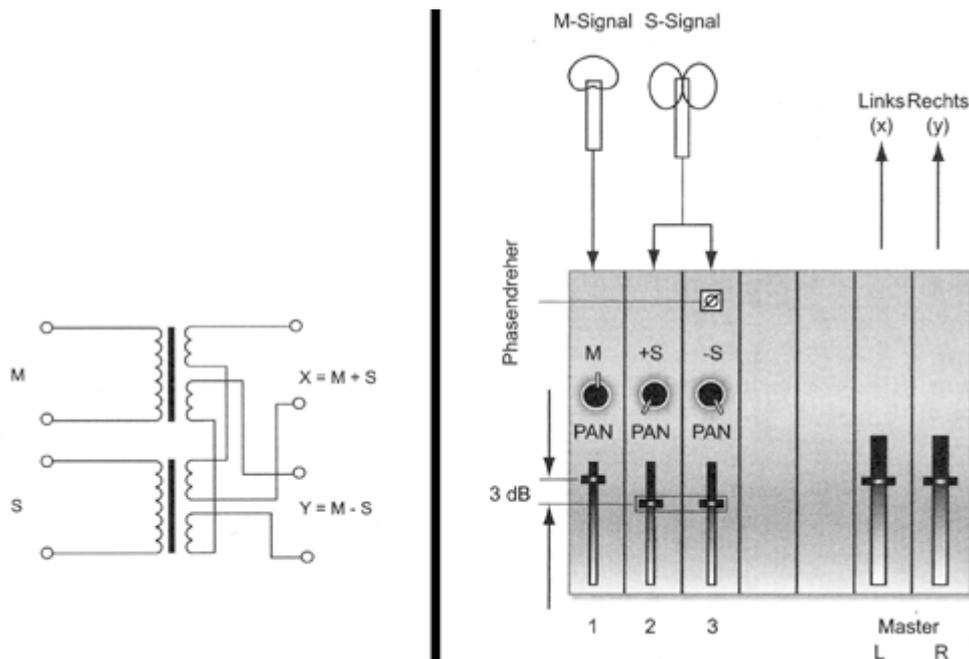


Abb. 4.7 - Matrizierung durch M/S-Matrix bzw. durch ein Mischpult<sup>54</sup>

Man kann erkennen, dass das Seitensignal auf zwei Signale aufgeteilt wird, wobei das Signal für die Bildung von X gleichphasig geführt wird und das Signal zur Gewinnung von Y in seiner Phase invertiert wird. Da die beiden Signale also um  $180^\circ$  phasenverschoben sind ergibt sich im Idealfall bei einer Monosummenbildung eine totale Auslöschung. In der Praxis entstehen durch Fehler der Elektronik meistens geringe Artefakte.

Führt man die Summen- und Differenzbildung an einem Mischpult durch, so ist das ursprüngliche Seitensignal (S+) nach links zu panoramieren, da auch die positive Seite der Acht nach links zeigt. Das in der Phase invertierte Signal (S-) wird demnach nach rechts panoramisiert und muss im Pegel exakt mit S+ übereinstimmen. Das Mittensignal bleibt, wie der Name schon sagt, im Panorama in der Mitte.

Man erhält damit eine gesonderte Regelmöglichkeit des Mitten- und Seitenanteils, was gleichzeitig einen der großen Vorteile der M/S-Anordnung darstellt. Mit Verändern des

<sup>53</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 132.

<sup>54</sup> Vgl. Abbildung: Ederhof, 2004, S. 191f.

Seitenanteils kann nämlich sowohl der Aufnahmebereich als auch der gewünschte Raumanteil bestimmt werden. Führt man die Matrizierung erst im Mixdown durch, ist man somit gegenüber anderen Stereoverfahren wesentlich flexibler, da man erst im Nachhinein den Aufnahmebereich und somit die Abbildungsbreite festlegen kann.<sup>55</sup>

Durch das Mischungsverhältnis von Mitten- und Seitensignal kann somit jede beliebige XY-Anordnung matriziert werden, jedoch mit dem klanglichen Vorteil, dass immer ein Mikrofon zur 0°-Achse zeigt. Dies verhindert, dass die Schallquelle, wie bei zunehmendem Öffnungswinkel einer XY-Anordnung mit Nieren, an Höhen verliert.

In Abb. 4.8 sind drei mögliche Mischungsverhältnisse angeführt.<sup>56</sup>

Variante 1 zeigt eine Mischung von Mitten- und Seitensignal bei gleichem Pegel, wobei als Richtcharakteristik für das Mittenmikrofon Kugel gewählt wurde. Nach Summen- und Differenzbildung ergibt sich demnach eine XY-Anordnung mit Nierencharakteristik und einem Öffnungswinkel von 180°, was in diesem Fall einen äquivalenten Aufnahmebereich bedeutet. Hat man wie in Variante 2 als Mittenmikrofon eine Niere gewählt und sie mit gleichem Pegel zum Seitenmikrofon matriziert, erhält man als XY-Pendant eine supernierenähnliche Anordnung mit einem Öffnungswinkel von ca. 126° und einen dementsprechenden Aufnahmebereich von ca. 106°.

Variante 3 sieht eine Verwendung von zwei Achten bei gleichem Pegel vor. Dies ergibt eine XY-Anordnung mit Achten und einem Öffnungswinkel von 90°, was dem Blumlein-Verfahren und einem Aufnahmebereich von 90° entspricht.

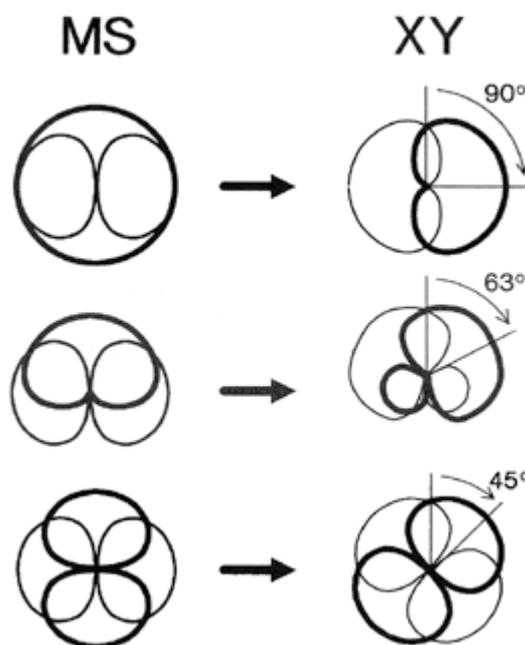


Abb. 4.8 - M/S-Aufstellungen und ihre zugehörigen XY-Pendants<sup>57</sup>

<sup>55</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 192f.

<sup>56</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 110f.

<sup>57</sup> Vgl. Abbildung: Görne, 1994, S.110f.

Der Aufnahmebereich eines M/S-Systems lässt sich bei Betrachtung der Richtcharakteristika der beiden Mikrofone durch den Schnittpunkt ebendieser ablesen. So kann man auch diesen Zusammenhang ablesen: Je gerichteter das Mittenmikrofon bei gleichem Pegel ist, desto kleiner wird der Aufnahmebereich.

Ederhof führt in „das Mikrofonbuch“ an, dass eine Absenkung von S+ und S- zum Mittensignal um 3db eine ausgewogene Räumlichkeit des matrizierten Signals zur Folge hat.

## 4.2 Laufzeitstereofonie

Bei dieser Stereofonieart werden prinzipiell nur die Laufzeitunterschiede, die an den zwei Kapseln auftreten, zur Abbildung des Stereobildes verwendet. In der Praxis lassen sich Pegelunterschiede zwar nicht völlig ausschließen, sollen aber auch nicht bewusst herbeigeführt werden. Deshalb werden die Kapseln der Mikrofone zur 0°-Achse ausgerichtet. Als Richtcharakteristik verwendet man für Laufzeitstereofonie häufig Druckempfänger-Kugeln, die den weiteren Vorteil einer guten Tiefbassübertragung mit sich bringen. Da Laufzeitunterschiede beim Menschen nur bedingt zur Ortung beitragen, ist die Lokalisationsschärfe der Abbildung weitaus geringer als bei Intensitätsverfahren. Die unterschiedlichen Phasenlagen der zwei Signale, die durch die Laufzeit entstehen, eignen sich jedoch sehr gut um Räumlichkeit und Tiefe aufzuzeichnen. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, wertet der Mensch Rauminformation unter anderem durch die Verhältnisse der Phasenlage von Direkt- und Diffusschall aus, welches bei Laufzeitstereofonie hervorragend aufgezeichnet wird. Dadurch ergibt sich aber auch ein großer Nachteil dieses Verfahrens. Bei Monosummierung entstehen gerade aufgrund dieser Laufzeit- und Phasenunterschiede Klangunterschiede durch Auslöschungen bzw. Kammfiltereffekte.<sup>58</sup> Je größer der Mikrofonabstand gewählt wird, umso höher wird einerseits auch die Anzahl der Auslöschungen über das gesamte Frequenzband, andererseits wandert die Auslöschung der ersten Frequenz immer weiter nach unten. (siehe Abb. 4.9).<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 114f.

<sup>59</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 200f.

$$a = 3,44 \text{ cm} \Rightarrow \Delta t_{\max} = 0,1 \text{ ms}$$

$$a = 17,5 \text{ cm} \Rightarrow \Delta t_{\max} = 0,5087 \text{ ms}$$

$$a = 34,4 \text{ cm} \Rightarrow \Delta t_{\max} = 1 \text{ ms}$$

$$a = 1,72 \text{ m} \Rightarrow \Delta t_{\max} = 5 \text{ ms}$$

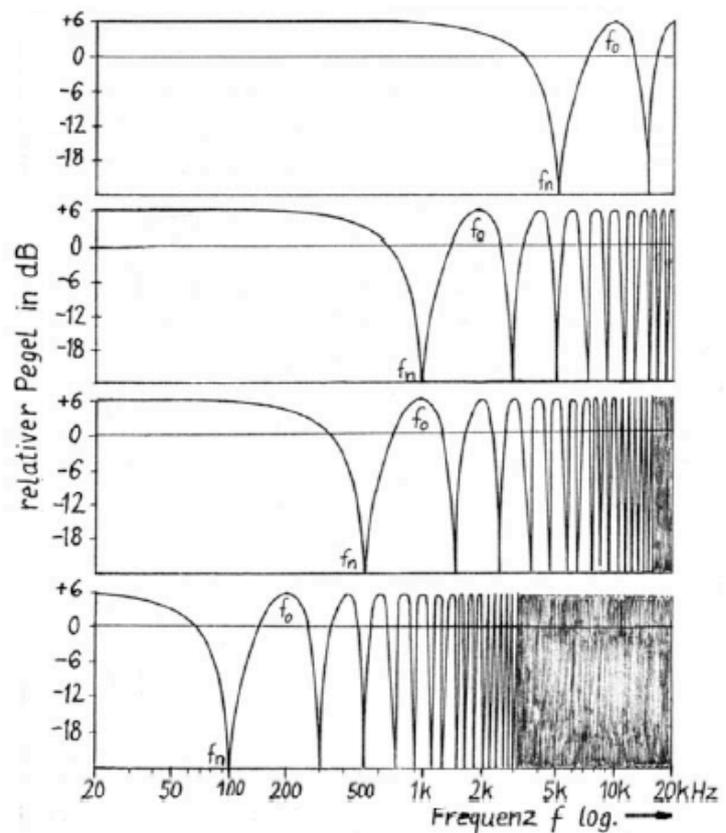


Abb. 4.9 - Kammfiltereffekte in Abhängigkeit der Mikrofonbasis bei AB<sup>60</sup>

Grob gesagt stellt also Laufzeitstereofonie von den Eigenschaften her den kompletten Gegensatz zu Intensitätsstereofonie dar. Laufzeitstereofonie besitzt eine schlechte Lokalisationsschärfe, ist nur sehr eingeschränkt monokompatibel, zeichnet dafür aber die Räumlichkeit sehr gut auf.

#### 4.2.1 AB-Verfahren

Laufzeitstereofonie wird in der Praxis der AB-Aufstellung gleichgesetzt. Es werden hierbei zwei Mikrofone mit grundsätzlich beliebiger Richtcharakteristik in einem gewissen Abstand zueinander aufgestellt, wobei die Mikrofone zur 0°-Achse ausgerichtet sind (siehe Abb. 4.10).

<sup>60</sup> Vgl. Abbildung aus dem WWW: <http://www.sengpielaudio.com/KammfiltereffektBeiDerMikrofonmischung.pdf> [07.03.05].

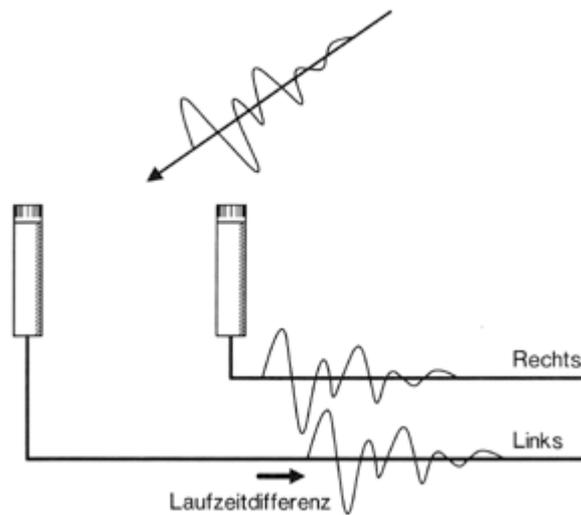


Abb. 4.10 - Laufzeitstereofonie - AB-Verfahren<sup>61</sup>

Der Aufnahmebereich definiert sich einerseits durch die Mikrofonbasis, andererseits wird er auch von der Richtcharakteristik der verwendeten Mikrofone beeinflusst. Gängige Basisbreiten variieren je nach Anwendung zwischen 20cm (Klein-AB) bis zu mehreren Metern (Groß-AB), wobei zu beachten ist, dass Mikrofonabstände unter 51cm zu einer nicht ausreichenden Laufzeitdifferenz führen, um ein Signal auf lediglich einer Seite abzubilden. Bei größeren Mikrofonabständen besteht die Gefahr, dass kein „Loch in der Mitte“ entsteht. Sengpiel erklärt diesen Effekt so:

*„Alle außerhalb des Aufnahmebereichs befindlichen Schallquellen führen zu **Laufzeitdifferenzen, die größer als 1,5 ms sind**, besonders bemerkbar bei einem AB-Mikrofonsystem mit großer Mikrofonbasis. Daraus ergibt sich bei der Wiedergabe zu den Seiten hin ein Anhäufen dieser Phantomschallquellen, die allesamt aus der maximalen linken und rechten Hörereignisrichtung - aus der Richtung der Lautsprecher zu hören sind.“<sup>62</sup>*

Die Schallquelle wird also aufgrund der Laufzeiten großteils auf die Seiten gestaffelt und somit entsteht dort ein hörbares Übergewicht.

Der maximale Aufnahmebereich bei AB-Anordnung beträgt 180° und wird mit steigender Mikrofonbasis kleiner. Daraus ergeben sich bei Mikrofonabständen über 51cm und unter Vernachlässigung von etwaigen Pegelunterschieden folgende Werte:

a = 60cm => Aufnahmebereich ~ 116°

a = 80cm => Aufnahmebereich ~ 79°

a = 1,2m => Aufnahmebereich ~ 50°

a = 1,5m => Aufnahmebereich ~ 40°

<sup>61</sup> Abbildung: Görne, 1994, S. 115.

<sup>62</sup> URL: <http://www.sengpielaudio.com/LupenEffektUndLoch.pdf> [07.03.05].

Bei Mikrofonabständen unter 51cm beträgt der Aufnahmebereich 180°, jedoch liegen die erzielten Laufzeitunterschiede unter den geforderten 1,5ms:

$a = 20\text{cm} \Rightarrow 0,58\text{ms}$  entspricht einer maximalen Hörereignisrichtung von ca. 59%

$a = 30\text{cm} \Rightarrow 0,87\text{ms}$  entspricht einer maximalen Hörereignisrichtung von ca. 79%

$a = 40\text{cm} \Rightarrow 1,17\text{ms}$  entspricht einer maximalen Hörereignisrichtung von ca. 91%

Die AB-Anordnung mit Kugelcharakteristik wird aufgrund ihrer Klangeigenschaften gerne bei Klassikaufnahmen verwendet, oft auch in Verbindung mit einem dritten Mikrofon zur Stabilisierung der Mitte (ABC, Decca-Tree). Hierbei spielt die genaue Ortung eine untergeordnete Rolle, es gilt das Orchester als harmonisches Ganzes im Zusammenspiel mit dem Raumklang aufzunehmen.

Für andere Anwendungen kann es aber durchaus sinnvoll sein, gerichteter Mikrofone für die Aufnahme zu verwenden. Dadurch kann man unerwünschten Raumklang dämpfen und die Lokalisationsschärfe nimmt anhand von Pegelunterschieden, die vermehrt zwischen den Mikrofonen auftreten, zu.<sup>63</sup>

#### 4.2.2 Faulkner AB

Mit Faulkner AB bezeichnet man eine spezielle AB-Anordnung, die vom britischen Toningenieur Tony Faulkner mit der Mikrofonbasis 20cm und der Acht als Richtcharakteristik vorgeschlagen wurde (siehe Abb. 4.11).<sup>64</sup>

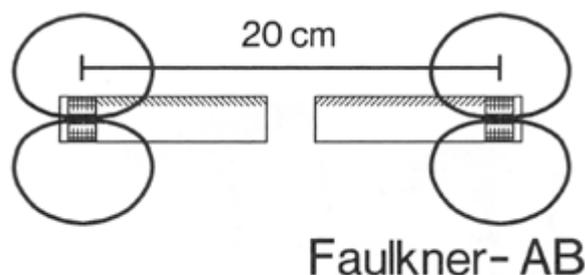


Abb. 4.11 - Faulkner AB<sup>65</sup>

Durch die Verwendung der gerichteten Charakteristik ergeben sich höhere Pegelunterschiede zwischen den Kanälen und somit auch eine verbesserte Ortung. Im Gegenzug ist die räumliche Abbildung nicht ganz so spektakulär wie bei einer breiteren AB-Anordnung mit Kugeln. Außerdem ist die Schwäche in der Bassübertragung der Richtcharakteristik zu beachten.

<sup>63</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 202.

<sup>64</sup> Vgl. ebd.

<sup>65</sup> Abbildung: Görne, 1994, S. 118.

### 4.3 Äquivalenzstereofonie

Äquivalenzstereofonie<sup>66</sup> bildet wie der Name bereits verrät eine Mischung aus Laufzeit- und Intensitätsstereofonie und wird deshalb auch „gemischte Stereofonie“ genannt.

Grundgedanke der Äquivalenzstereofonie ist, dass auch beim menschlichen Hören nicht ausschließlich Pegel- oder Laufzeitdifferenzen für die Ortung verantwortlich sind.<sup>67</sup>

Dabei gibt es den Ansatz der frequenzunabhängigen und der frequenzabhängigen Äquivalenzstereofonie, die auch Trennkörperstereofonie genannt wird. Letztere imitiert durch Verwendung eines „Hindernisses“ zwischen den Mikrofonkapseln (dies geschieht beim OSS-Verfahren beispielsweise in Form einer Scheibe) das menschliche Gehör und produziert somit Klangunterschiede an beiden Kugelmikrofonen.<sup>68</sup>

Sengpiel ist der Ansicht, dass diese Form von Äquivalenzstereofonie nicht optimal für die Wiedergabe mit Lautsprechern ist und schreibt:

*„Wegen der spezifisch frequenzabhängigen Abschattung durch den Trennkörper und der[!] dadurch erzeugten Spektraldifferenzen (frequenzabhängige Pegeldifferenzen) sind diese Systeme für Kopfhörer-Stereofonie anzuwenden und nur bedingt für Stereo-Lautsprecherwiedergabe geeignet.“<sup>69</sup>*

Diese Ansicht ist zwar nicht unumstritten, ich teile sie jedoch mit Sengpiel, da es meiner Meinung bei Lautsprecherwiedergabe nicht zwingend einen Kopfbezug bei der Aufnahme geben muss.

Frequenzunabhängige Äquivalenzstereofonie ist dahingegen allgemein als beliebte Stereofonieart bei Lautsprecherwiedergabe bekannt. Sie stellt klanglich eine willkommene Alternative zu den üblichen Aufstellungen wie XY oder AB dar, da die Vorteile von Laufzeit- und Intensitätsstereofonie kombiniert werden. So findet man grundsätzlich eine relativ gute räumliche Abbildung in Verbindung mit einer guten Lokalisationsschärfe vor. An und für sich gibt es unendlich viele dieser Mischanordnungen, zu den bekanntesten und weitverbreitetsten gehören die ORTF und NOS-Aufstellung. Alle haben sie jedoch gemeinsam, dass gerichtete Mikrofone - in den meisten Fällen Nieren - verwendet werden um Pegelunterschiede zwischen den Mikrofonen zu ermöglichen.

Der Klang und das Verhältnis zwischen Pegel- und Phasenunterschieden werden von der Mikrofonbasis und dem Öffnungswinkel bestimmt. Je größer der Abstand der beiden Mikrofone gewählt wird, desto größer ist auch der Einfluss von Laufzeitunterschieden, je größer der Öffnungswinkel, desto eher zeigen sich Pegelunterschiede für die Abbildung verantwortlich. Diese beiden Variablen bestimmen außerdem auch den Aufnahmebereich,

---

<sup>66</sup> Äquivalenz = Gleichwertigkeit.

<sup>67</sup> Vgl. Görne, 1994, S. 118f.

<sup>68</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 150ff.

<sup>69</sup> URL: <http://www.sengpielaudio.com/VergleichAequivalenzMikrofonSyst.pdf> [07.03.05].

welcher sich wie in Kapitel 3.4.3 beschrieben berechnen lässt.<sup>70</sup>

Um bei Nierencharakteristik ein exakt gleichwertiges Mikrofonsystem der Äquivalenzstereofonie zu erhalten, das heißt Pegel- und Laufzeitunterschiede sind gleichermaßen für die Abbildung verantwortlich, ist zum Beispiel folgende Rechnung möglich:

Zuerst werden mit Hilfe Interpolationsformeln nach Lagrange die beiden Hörereignisrichtungen  $b_1$  und  $b_2$ , welche beide 50% betragen, in die Werte für die notwendige Pegel- und Laufzeitdifferenz umgerechnet. Dabei erhält man als Ergebnisse für  $\Delta L = 6,5\text{dB}$  und  $\Delta t = 0,48\text{ms}$ .

Danach muss entweder der Aufnahmebereich oder der gewünschte Öffnungswinkel definiert werden. In diesem Fall wähle ich einen relativ geringen Aufnahmebereich von  $75^\circ$ . Damit  $\Delta L$  den Wert  $6,5\text{dB}$  erreicht, ist bei einem Aufnahmebereich von  $75^\circ$  ein Öffnungswinkel von ca.  $115\text{dB}$  notwendig. Nun gilt es noch die Mikrofonbasis zu ermitteln, indem man in der Excel-Kalkulation<sup>71</sup> für  $\Delta t$  den Wert  $0,00048\text{s}$  und als Aufnahmewinkel  $37,5^\circ$  einträgt. Die Mikrofonbasis beträgt demnach  $26,8\text{cm}$ , also rund  $27\text{cm}$ .

Eine Aufstellung mit einer Mikrofonbasis von  $27\text{cm}$ , einem Öffnungswinkel von  $115^\circ$  und einem Aufnahmebereich von  $75^\circ$  ergibt also ein Pegel- und Laufzeitverhältnis von 1:1. Dies ist aber bei weitem nicht die einzige Mikrofonaufstellung, bei der dieses Verhältnis äquivalent ist, denn sie gilt nur bei einem Aufnahmebereich von  $75^\circ$ . Wählt man einen in der Praxis relativ leicht einzustellenden Öffnungswinkel von  $90^\circ$ , sieht die Rechnung bei einer Nierenanordnung folgendermaßen aus:

Um eine Pegeldifferenz von  $6,5\text{dB}$  bei einem Öffnungswinkel zu erreichen, muss der Aufnahmebereich ca.  $96^\circ$  betragen. Die Mikrofonbasis beträgt unter diesen Voraussetzungen ca.  $22\text{cm}$ .

Eine Aufstellung mit einer Mikrofonbasis von  $22\text{cm}$ , einem Öffnungswinkel von  $90^\circ$  und einem Aufnahmebereich von  $96^\circ$  ergibt ebenso ein Pegel- und Laufzeitverhältnis von 1:1. Man sieht also, dass man sich so abseits der bekannten und vielverwendeten Aufstellungen eine Äquivalenzstereofonieaufstellung nach persönlichem Geschmack erstellen kann. Liefert zum Beispiel oben genannte Variante für eine bestimmte Person zu wenig Räumlichkeit, so sollte sie das Verhältnis zugunsten der Laufzeitdifferenzen erhöhen. Soll das Verhältnis von  $b_1:b_2 = 40:60$  sein, muss man an der Mikrofonaufstellung folgende Korrekturen vornehmen: Bei gleichem Öffnungswinkel von  $90^\circ$  verringert sich der Aufnahmebereich auf ca.  $77^\circ$ , die

---

<sup>70</sup> Vgl. Dickreiter, 2003, S. 146.

<sup>71</sup> Siehe Anhang, CD-Inhalt.

Mikrofonbasis erhöht sich auf ca. 32cm.

Eine andere Herangehensweise wäre, den Aufnahmebereich von 96° gleich zu belassen und sowohl den Öffnungswinkel als auch die Mikrofonbasis anzupassen. Hierfür wären Werte von ca. 72° für den Öffnungswinkel und ca. 27cm für die Mikrofonbasis von Nöten.

Auch hier gibt es also nicht nur einen Lösungsansatz, geschweige denn eine uneingeschränkt gültige Aufstellung.

Möchte man erreichen, dass bei einem Nierensystem Öffnungswinkel und Aufnahmebereich Deckungsgleich sind, damit der Aufnahmebereich relativ einfach der Schallquelle angepasst werden kann, so gibt es auch hier mehrere Möglichkeiten:

Für Öffnungswinkel = Aufnahmebereich = 90° beträgt  $\Delta L = 6,02\text{dB}$ . In die Hörereignisrichtung b1 umgerechnet ergibt dies 46,86% wonach Hörereignis b2 einen Anteil von 53,14% darstellen muss. Laut den Interpolationsformeln nach Lagrange entspricht dieser Wert einer Laufzeitdifferenz von 0,5134ms und dies ergibt weiters eine Mikrofonbasis von ca. 25cm. Sengpiel führt dieses System unter anderem auch in seinen Unterlagen als EBS-Aufstellung an, wobei EBS als Abkürzung für Eberhard Sengpiel dient.

Sollen Öffnungswinkel und Aufnahmebereich 100° betragen, ergibt sich eine Mikrofonbasis von ca. 18cm.

Michael Williams hat auf Basis seiner Berechnungen Diagramme erstellt, die den Zusammenhang von Mikrofonbasis, Öffnungswinkel und Aufnahmebereich bei Äquivalenzstereofonie auf einen Blick erkennen lassen (siehe Abb. 4.12).

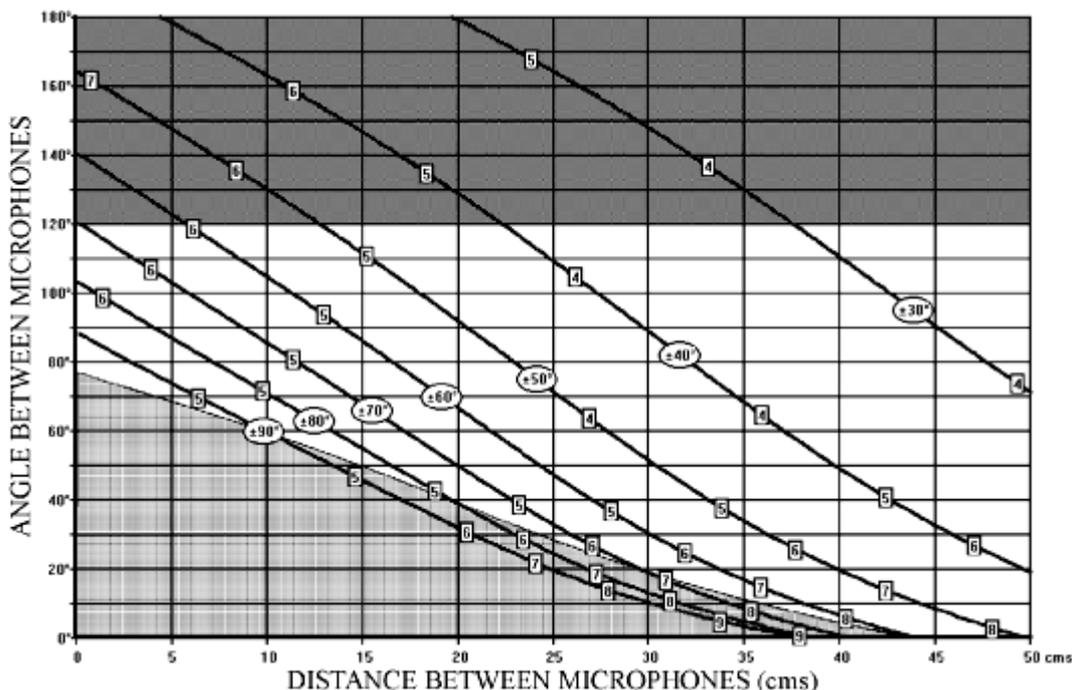


Abb. 4.12 - SRA-Diagramm nach Williams<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Abbildung aus dem WWW: <http://www.microphone-data.com/pdfs/Stereo%20zoom.pdf> [24.10.04].

Dieses Diagramm zeigt zum Beispiel die Zusammenhänge bei einer Aufstellung mit Nierenmikrofonen, wobei der Aufnahmebereich durch gewisse Limitationen eingeschränkt ist.<sup>73</sup> Trägt man die oben berechneten Werte in das SRA-Diagramm<sup>74</sup>, wie es Williams selbst bezeichnet, ein, so erhält man identische Werte. Für die Praxis bedeutet dies, dass man lediglich eine Kopie des SRA-Diagramms für die gewünschte Richtcharakteristik benötigt um den Aufnahmebereich an die Schallquelle anzupassen.

#### 4.3.1 ORTF-Verfahren

Das ORTF-Verfahren ist wohl die bekannteste und am häufigsten angewandte Aufstellung der Äquivalenzstereophonie und definiert sich durch eine Mikrofonbasis von 17cm und einem Öffnungswinkel von 110° (siehe Abb. 4.13).

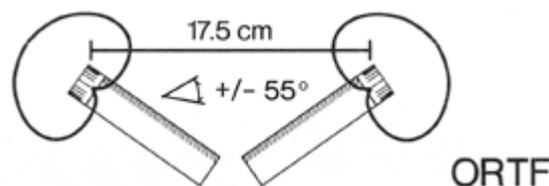


Abb. 4.13 - ORTF-Verfahren<sup>75</sup>

Dickreiter hat mir der Angabe der Mikrofonbasis von 17,5cm dabei im deutschsprachigen Bereich einiges an Verwirrung gestiftet. Die Mikrofonbasis wurde außerdem nicht wie von ihm behauptet dem Ohrabstand angepasst, sondern durch empirische Hörtests von der französischen Rundfunkgesellschaft (Office de Radiodiffusion et Télévision Française), der gleichzeitig der Namensgeber des Stereoverfahrens ist, ermittelt.<sup>76</sup>

Der Aufnahmebereich der ORTF-Aufstellung wird wie folgt berechnet:

Geht man von einem Aufnahmebereich von 100° aus, ergibt sich für  $\Delta L = 8,61\text{dB}$  und für  $\Delta t = 0,383\text{ms}$ . Umgerechnet in die Hörereignisrichtungen  $b_1$  und  $b_2$  bedeutet dies ein Verhältnis von 62,7% zu 40,8% und eine Gesamthörereignisrichtung von 103,5%. Der Aufnahmebereich muss demnach geringer als 100° sein. Durch Einsetzen eines Aufnahmebereichs von 96° ergibt sich schlussendlich eine Gesamthörereignisrichtung von 100°, wobei Pegeldifferenzen zu 60,4% und Laufzeitdifferenzen 39,6% vorkommen.

<sup>73</sup> Vgl. URL: <http://www.microphone-data.com/pdfs/Stereo%20zoom.pdf> [24.10.04].

<sup>74</sup> SRA = stereophonic recording angle.

<sup>75</sup> Abbildung: Görne, 1993, S. 123.

<sup>76</sup> Vgl. URL: <http://www.sengpielaudio.com/BeimORTF-System17-5EinIrrtum.pdf> [07.03.05].

Das ORTF-Verfahren findet sowohl in der Klassik, bei Choraufnahmen, als auch bei Popproduktionen, zum Beispiel beim Schlagzeug als Overhead-Aufstellung, Verwendung, da es einen guten Kompromiss zwischen Lokalisationsschärfe und Räumlichkeit darstellt. Der in der menschlichen Umgebung eher selten vorkommende Winkel von  $110^\circ$  kann mit Hilfe eines von Williams genannten Tricks jedoch leicht ermittelt werden.<sup>77</sup> Er bedient sich hierbei der fernöstlichen Faltkunst des Origami. Bei einer bestimmten Faltung eines A4 Blattes ergibt sich ein Winkel von  $112,5^\circ$ , der als Anhalt für den Öffnungswinkel beim ORTF-Verfahren dienen kann (siehe Abb. 4.14).

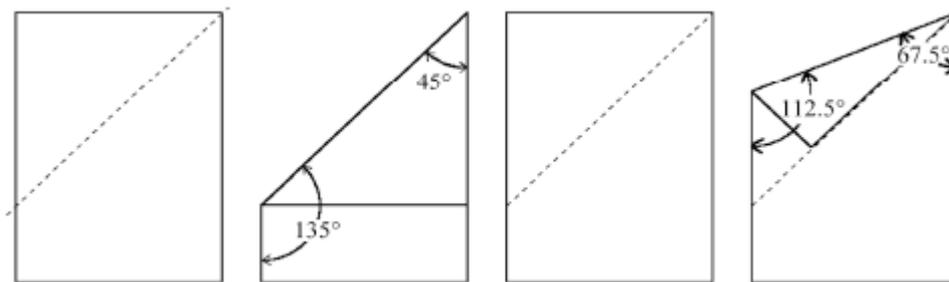


Abb. 4.14 - Einstellen des ORTF-Winkels anhand eines A4-Blatts<sup>78</sup>

Ein weiteres Problem bei der Aufstellung mit zwei gebräuchlichen Kleinmembrankondensatormikrofonen ist, dass aufgrund des geringen Mikrofonabstands und des Öffnungswinkels ein kleiner Höhenversatz nötig ist, damit sich die Mikrofone einerseits nicht im Weg stehen, andererseits ein problemloses Anschließen der Kabel möglich ist. Abhilfe verschafft hier nur die Verwendung von Großmembrankondensatormikrofonen oder speziellen ORTF-Mikrofonen, wie sie zum Beispiel die Firma Schoeps herstellt (siehe Abb. 4.15).



Abb. 4.15 – Schoeps ORTF-Mikrofon<sup>79</sup>

<sup>77</sup> Vgl. URL: <http://www.microphone-data.com/pdfs/Stereo%20zoom.pdf> [24.10.04].

<sup>78</sup> Vgl. Abbildung aus dem WWW: <http://www.microphone-data.com/pdfs/Stereo%20zoom.pdf> [24.10.04].

<sup>79</sup> Abbildung aus dem WWW: <http://www.schoeps.de/D-2004/ortf-stereo.html#mstc64> [22.05.05].

### 4.3.2 NOS-Verfahren

Das NOS-Verfahren wurde ebenfalls von einer Rundfunkgesellschaft erfunden. In diesem Fall ist dafür die niederländische Delegation (Nederlandse Omroep Stichting) verantwortlich. Die Daten des NOS-Verfahrens wurden mit 30cm für die Mikrofonbasis und  $90^\circ$  für den Öffnungswinkel festgesetzt (siehe Abb. 4.16).<sup>80</sup>

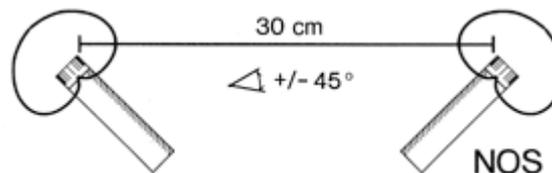


Abb. 4.16 – NOS-Anordnung<sup>81</sup>

Durch die größere Mikrofonbasis zeichnen sich die Laufzeitunterschiede mehr für die Abbildung verantwortlich, als dies bei der ORTF-Aufstellung der Fall ist. Das genaue Verhältnis zwischen Pegel- und Laufzeitdifferenzen und der Aufnahmebereich des NOS-Verfahrens lassen sich wie in Kapitel 3.4.3 angegeben berechnen. Der Aufnahmebereich ist demnach mit  $81^\circ$  festgesetzt, wobei sich die Abbildung aus 42,32% Pegeldifferenzen und 57,68% Laufzeitdifferenzen zusammensetzt.

Die Aufstellung des NOS-Verfahrens mit Kleinmembrankondensatormikrofonen ist außerdem durch die größere Mikrofonbasis leichter handzuhaben als vergleichsweise jene des ORTF-Systems.

### 4.3.3 DIN-Verfahren

Das DIN-Verfahren ist in der Praxis nicht bekannt und stellt einen einstigen Vorschlag vom deutschen Rundfunk für eine Aufstellung der Äquivalenzstereofonie dar. Ich habe dieser Aufstellung dennoch Beachtung geschenkt, da sie einen Mittelwert zwischen ORTF und NOS bildet und somit repräsentativ für die unzähligen Möglichkeiten einer Aufstellung mit ungefähr gleichwertigem Anteil von Pegel- und Laufzeitdifferenzen sein soll. Die Eckdaten dieses Verfahrens lauten: Mikrofonbasis = 20cm, Öffnungswinkel =  $90^\circ$ .<sup>82</sup>

Dies hat einen Aufnahmebereich von  $101^\circ$  zur Folge, wobei das Verhältnis von Pegel- zu Laufzeitdifferenzen 52,4% zu 47,6% beträgt.

<sup>80</sup> Vgl. Ederhof, 2004, S. 209.

<sup>81</sup> Abbildung: Görne, 1994, S.123.

<sup>82</sup> Vgl. URL: <http://www.mdw.ac.at/1101/iea/tm/scripts/jecklin/special/ttsaufnahmen.pdf> [19.05.05].

## 5. Anwendung der Verfahren bei einer Schlagzeugaufnahme

Um zu erfahren, wie sich die erarbeiteten Theoriekenntnisse in die Praxis umsetzen lassen, wollte ich nun auch Aufnahmen mit den genannten Aufstellungsmöglichkeiten austesten. Hierfür habe ich eine Schlagzeugaufnahme gewählt, bei der die verschiedenen Stereotechniken sowohl als Overheadmikrofon als auch als Raummikrofon gegeneinander gestellt wurden. Im Verzeichnis „Praxisteil“ auf der beigelegten CD findet man neben einigen Bildern zu diesen Aufnahmen auch die Audiodateien und die dazugehörigen Projektfiles für die Sequenzerprogramme Pro Tools 6.7, Cubase SX3 und Logic Pro 7. Damit kann das aufgenommene Material bequem verglichen und beurteilt werden.

### 5.1 Testaufbau

Die Aufnahmen wurden im Studio A der SAE-Wien durchgeführt. Sebastian Sigl, seines Zeichens Student des Konservatoriums der Stadt Wien im Fach Jazzschlagzeug, stellte sich und sein Sonor Deluxe Drumset (20“ Bassdrum, 12“ und 14“ Toms, Zildjian K-Custom Cymbals und Hi-hat) zur Verfügung. Das Drumset wurde mittig im Aufnahmezimmer aufgebaut, um einen relativ ausgewogenen Raumklang, der weder zu trocken (im dead-end), noch zu diffus (im life-end) ausfallen sollte, zu erreichen. Für die Schallwandlung wurde ein Großmembranpaar des Klassikers AKG C414B-ULS ausgewählt, da diese sowohl einen ausgewogenen Frequenzgang als auch umschaltbare Richtcharakteristiken besitzen, womit die Durchführung aller Stereotechniken mit einem Mikrofonpaar ermöglicht wurde.

Als Preamps dienten die Mikrofonvorverstärker aus der Neve VR Konsole. Der Vorverstärkung wurde dabei bei allen Stereotechniken gleich belassen, lediglich beim Umbau der Mikrofone zum Overhead-Mikrofon wurde der Gain angepasst. Sowohl EQ, Kompressor als auch die Filter waren nicht in den Signalweg geschaltet, auch am Mikrofon wurde weder Low-Cut noch eine Pegelabsenkung eingestellt.

Als Aufnahmemedium diente ein Pro Tools HD-System in Verbindung mit Pro Tools 6.7 TDM, wobei mit einer Samplerate von 44,1kHz und einer Wortbreite von 24bit aufgenommen wurde. Im Nachhinein wurden die Audiodaten auch für Cubase- und Logic-User zu einem Projekt zusammengefasst, um möglichst vielen Menschen diese Aufnahmen zugänglich machen zu können.

Ich habe die Stereotechniken einerseits als Close-Ambience Aufstellung andererseits als klassische Overhead-Aufstellung verglichen. Erstere soll als Bewertungsgrundlage für die Fähigkeit räumliche Information aufzuzeichnen dienen, zweitere um die Lokalisationsschärfe der verschiedenen Stereomikrofone zu vergleichen.

Die Spuren wurden hierbei so aufgezeichnet, dass der Zuhörer beim Abhören quasi auf das Schlagzeug blickt. Dies kann aber auch durch tauschen der Kanäle im Sequenzer umgestellt

werden.

Bei der Close-Ambience Aufstellung diente die Bassdrum als Mittelachse des Schlagzeugs. Die Entfernung zum Schlagzeug selbst betrug 2m, die Aufstellungshöhe der Mikrofone stets 1,7m.

Bei der Overhead-Aufstellung diente ebenfalls die Bassdrum als Orientierung für die Mitte. Die Mikrofone wurden ca. 1m über dem Schlagzeug und leicht angewinkelt platziert.

Die M/S-Aufstellung habe ich bewusst nicht matriziert aufgenommen, um beim Abhören die Möglichkeit zu haben das Verhältnis der beiden Mikrofone und somit auch den Aufnahmebereich und die Abbildungsbreite zu bestimmen. Die M/S-Signale müssen also entweder mit Hilfe eines Plugins (zum Beispiel Waves S1 - Stereo Imager) oder einer M/S-Matrix abgehört werden. Wie eine M/S-Matrix auf einem Mischpult (ob virtuell im Sequenzer oder real spielt dabei keine Rolle) erstellt wird, kann zur Not in Kapitel 4.1.3 nachgelesen werden.

Als Klangbeispiele wurden jeweils Passagen von ca. 20-30 Sekunden ausgewählt, wobei der Schluss immer durch einen Abgang mit Toms versehen war. Bei der Ambience-Aufnahme wurde als Spielstil Jazz bzw. Groove bei einem Tempo von 110 BPM vorgegeben. Bei der Overhead-Aufnahme sollte eine eher rockige Phrase bei einem Tempo von 70 BPM zum Vergleich dienen.

Es wurden alle Klangbeispiele nacheinander aufgenommen, da nur ein Mikrofonpaar zur Verfügung stand. Deshalb gibt es auch leichte Unterschiede im Timing und der Spielcharakteristik. Es wurde aber darauf geachtet diese möglichst gering zu halten, damit sie die Vergleichsmöglichkeit nicht negativ beeinflussen.

Folgende Aufstellungen habe ich bei diesem praktischen Versuch angewandt:

#### *Laufzeitstereofonietechniken:*

- \* AB mit Niere: 40cm / 80cm / 120cm (nur bei Ambience-Aufstellung)
- \* Faulkner AB

#### *Intensitätsstereofonietechniken:*

- \* XY: 90° / 120° (nur bei Ambience-Aufstellung)
- \* M/S (M = Niere)
- \* Blumlein

#### *Äquivalenzstereofonietechniken:*

- \* ORTF
- \* NOS
- \* DIN

## 5.2 Vergleich

### 5.2.1 Ambience-Aufstellung

#### *AB 40cm:*

Vergleicht man diese Variante mit den anderen Basisabständen, die bei AB-Aufstellung gewählt wurden, so fällt auf, dass das Schlagzeug nicht über die gesamte Breite der Lautsprecher abgebildet wird. Dies geht konform mit den Berechnungen, die einen minimalen Basisabstand von 51cm für eine Staffelung auf einer Seite vorsehen. Die Lokalisationsschärfe ist bei Bassdrum, Snare und Toms an sich gut gegeben, in den Höhen fällt eine Lokalisation eher schwer. Der Attack des Ride-Beckens ist bei der Groove-Phrase zwar relativ gut halblinks ortbar, die Beckenschläge links nach rechts wirken eher breiig und verwaschen. Diese Tatsache spiegelt sich auch bei der Jazz-Phrase wider. Hier kann dem Ride-Becken keine genaue Position im Stereofeld zugeteilt werden und es erscheint beinahe breiter als das Schlagzeug an sich.

#### *AB 80cm:*

Im Vergleich zur Variante mit 40cm wird hier das Drumset über die gesamte Lautsprecherbasis gestaffelt, der Attack des Ride-Beckens befindet sich nur mehr in der linken Box, der Ausklang hingegen wird wieder breiter gestreut und ist auch auf der rechten Seite des Panoramas zu hören. Auch das Low-Tom wird nur mehr auf der linken Box abgebildet, die Hi-hat beinahe ganz rechts. Es wird dadurch eine große Breite des Schlagzeugs erzielt, dafür ergibt sich durch die Phasenverhältnisse der beiden Kanäle ein etwas schwebender, unnatürlicher Klang, der mich persönlich ein wenig irritiert und stört. Die Mikrofonbasis von 40cm liefert hier eindeutig das natürlichere Ergebnis, eine Mikrofonbasis mit 80cm erzielt eher einen Effekt-Raumklang, der aber auch durchaus erwünscht sein kann um das Schlagzeug größer erscheinen zu lassen.

#### *AB 120cm:*

Die Mitte wird bei dieser Aufstellung nicht mehr als stabile Phantomschallquelle dargestellt, die Bassdrum wird so je nach Pegel manchmal ein wenig nach rechts, manchmal nach links verschoben wahrgenommen. Ride-Becken, Hi-hat und Low-Tom werden ausschließlich in je einer Box wiedergegeben. Die Becken bilden erstaunlicherweise auch hier beinahe keine Möglichkeit der Lokalisation, nur durch den Klangunterschied der Becken an sich können diese wirklich unterschieden werden. Bei dieser überdimensionierten Basis tritt also durch die Staffelung der meisten Schlagzeugkomponenten in lediglich einem Lautsprecher der „Loch in der Mitte“-Effekt auf, der auch schon bei einer Basis von 80cm ansatzweise bemerkt werden kann.

#### *Faulkner AB:*

Klanglich spielt bei diesem Verfahren die Richtcharakteristik eine große Rolle. Die Bassübertragung ist im Gegensatz zu den AB-Anordnung mit Nieren eklatant schwächer, dafür klingen die Höhen ein wenig feinzeichnender und brillanter. Die Abbildungsbreite ist sehr eng, wobei die Lokalisationsschärfe nur geringfügig besser ist, als bei den vorangegangenen AB-Aufstellungen. Neben dem Fehlen von Bässen ist auch noch der bei diesem Abstand erstaunlich geringere Raumanteil zu bemerken. Gerade bei der Jazz-Phrase empfinde ich persönlich gerade deswegen die AB-Anordnung mit einer Mikrofonbasis von 40cm um einiges natürlicher als Faulkner AB.

#### *XY 90°:*

Bei den beiden XY-Aufstellungen fällt beim ersten Anhören im Vergleich zu den AB-Anordnungen sofort das Fehlen von Laufzeitunterschieden auf. Die Abbildung sackt etwas in sich zusammen, da die Rauminformationen sehr stark ausgeblendet werden. Man kann zwar erkennen, dass das Schlagzeug aus einer gewissen Entfernung aufgenommen wurde, dennoch klingt der Raumeindruck unspektakulär, wenn auch nicht so trocken wie bei Faulkner AB. Die Lokalisationsschärfe hingegen ist wie im theoretischen Teil besprochen gut. Bei beiden XY-Verfahren können so die Becken ihren unterschiedlichen Aufstellungsplätzen besser zugeteilt werden, was bei den Aufstellungen im AB-Verfahren nicht möglich war. Die Bassdrum ist interessanterweise ziemlich weit links abgebildet, obwohl ich auf eine exakte Aufstellung geachtet habe. Dies könnte man durch kleine Pegelkorrekturen an einem der beiden Kanäle korrigieren. Die Abbildungsbreite erstreckt sich nicht über die gesamte Lautsprecherbasis, klingt aber nicht so beengt wie bei Faulkner AB. Interessant ist auch, dass die Snare meines Erachtens trotz unspektakulärerer Raumabbildung in der Tiefenstaffelung weiter hinten erklingt, als bei den meisten anderen Verfahren.

#### *XY 120°:*

Hier trägt wohl die frequenzabhängige Richtcharakteristik der Mikrofone zum Grundklang der Aufstellung bei. Das gesamte Schlagzeug wandert in der Tiefenabbildung durch den Höhenabfall noch mal um ein Stück zurück. Auch Ride-Becken, Hi-hat und Snare wirken dadurch sehr unpräzise. Die Lokalisationsschärfe bleibt weiterhin gut, die Abbildungsbreite ist aufgrund des höher gewählten Öffnungswinkel etwas größer, erstreckt sich aber nicht ganz über die gesamte Lautsprecherbasis.

### *Blumlein:*

Beim Blumlein-Verfahren zeichnet sich, ähnlich wie bei Faulkner AB, die Richtcharakteristik Acht für den Klang der Stereotechnik verantwortlich. Auch hier ist der Bassbereich ausgedünnt, die Höhenabbildung jedoch sehr gut. Trotz gleicher grundsätzlich gleicher Anordnung wie beim XY 90°-Verfahren - weshalb auch hier die Bassdrum halblinks erscheint - ergibt sich durch die Richtcharakteristik Acht, die rückwärtig einfallenden Schallphasenverkehrt aufzeichnet, ein lebendigeres Klangbild, da mehr Reflexionen aufgezeichnet werden. Des Weiteren ist die Abbildungsbreite des Schlagzeugs durch den geringen Aufnahmebereich extrem groß, ohne dass ein merkbares Loch in der Mitte entsteht. Ride-Becken und Hi-hat befinden sich in der Staffelnung jeweils beinahe in einer Box. Die Stereoseparation zwischen den Becken ist sehr gut, auch die Lokalisationsschärfe kann als sehr gut bezeichnet werden.

### *M/S:*

Das M/S-Verfahren an sich bietet bei Matrixierung bei gleichem Pegel einen an sich ausgewogenen Klang, jedoch zentriert sich die Abbildung sehr auf die Mitte. Das Ride-Becken zeigt annähernd keine Auslenkung, die weiteste Auslenkung zeigt hier noch das Low-Tom, welches aber verglichen mit den anderen Stereotechniken auch nicht allzu weit links abgebildet wird. Das Seitensignal zeigt sich also hier eher für die Rauminformation verantwortlich, als für die Staffelnung auf der Lautsprecherbasis. Vergleicht man die Matrixierung bei gleichem Pegel mit dem Mittensignal selbst, so erscheint das matrixierte Signal etwas angedickt und klanglich ausgewogener. Mit dem Erhöhen des Seitensignals verbreitert sich zwar auch die Abbildung auf der Lautsprecherbasis, eine Breite wie zum Beispiel beim Blumlein-Verfahren wird aber nie erreicht, des Weiteren nimmt der Diffusschallanteil mit dem Erhöhen des Seitensignals zu.

### *ORTF:*

ORTF und allgemein die Äquivalenzstereofonieverfahren bilden meines Erachtens die perfekte Mischung zwischen AB und XY. Sowohl klanglich als auch von der Abbildung her zeigt ORTF eine gute Ausgewogenheit. Es entsteht durch das Vorhandensein von Laufzeitunterschieden ein räumlicherer Eindruck als bei XY, die Abbildungsbreite erschließt beinahe die ganze Lautsprecherbasis, die Lokalisationsschärfe ist trotzdem ausgesprochen gut und auch die Stereoseparation zwischen den zwei Becken ist im richtigen Verhältnis. Einzig die Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik Niere lässt auch hier die Informationen aus der Mitte, wie zum Beispiel die Snare, nicht so präsent erscheinen, wie dies bei AB mit einer Mikrofonbasis von 40cm der Fall ist.

*NOS:*

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Äquivalenzstereoverfahren sind geringer als erwartet. NOS unterscheidet sich von ORTF insofern, als dass die Abbildung aufgrund des geringeren Aufnahmebereichs noch etwas breiter ausfällt, was mir anhand der Groove-Phrase nicht so gut gefällt, da das Ride-Becken schon an einer extremen Position im linken Lautsprecher abgebildet wird. In punkto Räumlichkeit tendiert NOS eher in Richtung AB, wohingegen ORTF sich an XY orientiert. Die Snare klingt ein klein wenig präsenter, aufgrund des geringeren Öffnungswinkels. Diese Unterschiede erscheinen aber eher subtil, wenn man die Unterschiede zwischen Laufzeit- und Intensitätsstereofonie betrachtet.

*DIN:*

Dieses Verfahren unterscheidet sich ebenfalls nur sehr geringfügig von ORTF. Der auffälligste Unterschied besteht darin, dass das Ride-Becken tiefer klingt und auch die Hi-hat eine leicht andere Klangfarbe besitzt. Von der Abbildung und deren Breite sind nur minimale Unterschiede auszumachen, was wohl daran liegt, dass die Aufnahmebereiche sich nur um 5° unterscheiden. Deshalb ist hier wohl der Geschmack entscheidend, welche der beiden Aufnahmevarianten man wählen würde. Mir persönlich sagt die DIN-Anordnung eher zu, da sie durch den geringeren Öffnungswinkel eine präzisere Abbildung schafft, ohne die Ausbreitung drastisch zu verengen. Dies kann man vor allem an den Toms in der Jazz-Phrase gut erkennen, die bei der DIN-Aufstellung mehr Attack und einen frischeren Klang liefern.

### **5.2.2 Overhead-Aufstellung**

*AB 40cm:*

Eine Mikrofonbasis von 40cm erzeugt hier in Verbindung mit einer Nierencharakteristik eine Abbildung über die gesamte Lautsprecherbasis. Die Pegelunterschiede, die durch die Nierencharakteristik entstehen, tragen auch zur überraschend guten Lokalisationsschärfe bei. Die Stereoseparation der Becken ist gut, wenn auch das linke Becken ein relativ großes Übersprechen in den rechten Kanal hat und die Becken allgemein sehr weit außen in der Abbildung liegen. Ansonsten gewährleistet diese Aufstellung wie bei der Ambience-Aufstellung eine ausgewogene akustische Darstellung des Schlagzeugs mit überraschend wenig Diffusschallanteil.

#### *AB 80cm:*

Hier ist die Mikrofonbasis von 80cm mit Sicherheit überdimensioniert, weswegen ich auf eine weitere Anordnung mit 120cm verzichtet habe. Die Snare wandert hierbei schon zu weit nach rechts, auch die restlichen Becken und Trommeln kleben an den Seiten. Somit wird das Schlagzeug räumlich verzerrt wiedergegeben und ein Loch in der Mitte entsteht.

#### *Faulkner AB:*

Faulkner AB erzeugt auch bei der Overhead-Aufstellung ein sehr enges Stereobild. Die Stereoseparation zwischen den Becken ist zwar diesmal gegeben, jedoch ist das Schlagzeug bis auf Becken und Low-Tom sehr auf die Mitte fokussiert. Die Bassübertragung ist wiederum von Haus aus schlechter als bei AB mit Nierencharakteristik.

Interessanterweise zeichnet Faulkner AB bei der Overhead-Aufstellung durch seine Richtcharakteristik mehr Raumklang als eine AB-Anordnung mit Nieren auf, lieferte Faulkner AB doch bei Ambience-Aufstellung einen eher trockenen Klang.

#### *XY 90°:*

XY erzeugt hier einen sehr leblosen und sterilen Klang. Die Lokalisation ist zwar ausgezeichnet, jedoch ergibt sich auch der Effekt, dass durch den trockenen Klang die einzelnen Trommeln sehr separiert klingen und kein Eindruck eines ganzen homogenen Klangkörpers entsteht. Die Abbildungsbreite erfasst nicht die gesamte Lautsprecherbasis, ist aber breiter als zum Beispiel bei Faulkner AB. Des Weiteren liefert diese Aufstellung durch die frequenzabhängige Richtcharakteristik, wie bei der Ambience-Aufstellung bereits erwähnt wurde, nicht so eine gute Präsenz, wie zum Beispiel eine AB-Anordnung.

#### *Blumlein:*

Wie schon bei der Ambience-Aufstellung liefert die Blumlein-Technik eine sehr breite Abbildung. Sowohl Becken, Hi-hat als auch Low-Tom werden komplett in den Boxen gestaffelt, lediglich Bassdrum, und High-Tom liegen in der Mitte, die Snare halbrechts. Dies hat einen eher unnatürlichen Klang zur Folge, da das Schlagzeug sehr in Breite gezogen wird. Für die Bassschwäche und den höheren Raumanteil als bei der XY-Aufstellung zeigt sich wieder einmal die Acht verantwortlich.

#### *M/S:*

War ich bei der Ambience-Aufstellung noch eher von der M/S-Technik enttäuscht, so gefällt sie mir als Overhead-Mikrofon wider Erwarten ausgesprochen gut. Matriziert man die beiden Signale mit gleichem Pegel, so entsteht eine relativ breite Abbildung auf der Stereobasis, ohne dass jedoch das Schlagzeug in die Breite gezogen oder verzerrt wirkt. Die Lokalisationsschärfe ist trotz relativ hohem Raumanteil sehr gut. Durch das Anpassen des

Seitenpegels kann man unter Berücksichtigung des Raumanteils gezielt die Abbildungsbreite des Schlagzeugs steuern. M/S zeichnet sich bei Overhead-Aufstellung durch eine gute Präsenz und Höhenwiedergabe aus, die wie ich vermute durch das diskrete Mittenmikrofon erreicht wird.

#### *ORTF:*

ORTF liefert als Overhead-Mikrofon eine breite Abbildung, wobei der Lokalisationsversatz zwischen Snare und Bassdrum störend ist. Durch den relativ großen Öffnungswinkel nimmt der Raumanteil zu und auch das Schlagzeug selbst erfährt durch die frequenzabhängige Richtcharakteristik eine Höhendämpfung.

#### *NOS:*

Waren die Unterschiede zwischen den Äquivalenzstereofonietechniken bei Ambience-Aufstellungen noch marginal, so zeigen sich bei der Overhead-Abnahme schon größere Unterschiede. NOS liefert ein meines Erachtens ausgewogeneres Klangbild. Die Phantomschallquellen in der Mitte sind stabiler abgebildet und durch den geringeren Öffnungswinkel wirkt das Schlagzeug präsenter. Die Abbildungsbreite ist nach meinem Geschmack jedoch wie auch schon bei der Ambience-Aufstellung etwas zu groß, so kleben auch hier die Becken nur mehr in je einer Box.

#### *DIN:*

Die DIN-Aufstellung ähnelt in diesem Fall interessanterweise der M/S-Technik. Die Abbildung der beiden ist ziemlich ähnlich und wirkt auch hier sehr natürlich, jedoch liefert die M/S-Technik etwas mehr Raumanteile. Der Klang der Toms gefällt mir hier wie schon bei der Ambience-Aufstellung sehr gut. Das DIN-Verfahren stellt hierbei für mich den idealen Mittelweg zwischen ORTF und NOS dar, da die Abbildungsbreite eher dem von ORTF entspricht und der Klangcharakter eher dem von NOS entspricht.

## 6. Fazit

Leider gibt es wie so oft kein Patentrezept für die Auswahl der richtigen Stereotechnik und somit für die Erstellung einer perfekten Aufnahme. Alleine Musikstil und Geschmack spielen eine wichtige Rolle bei der Bewertung. Es wurde jedoch gezeigt, dass einige Vorgangsweisen wie zum Beispiel die Wahl einer zu großen Basisbreite bei einer AB-Aufstellung nicht zielführend sind, solange die Schallquelle keine wesentlich größere Ausbreitung hat. Ich persönlich gehe mit dem Wissen aus diesem Vergleich, dass ich einerseits Äquivalenzstereofonie an sich bislang unterschätzt habe, da sie meines Erachtens die Vorzüge von Intensitäts- und Laufzeitstereofonie kombiniert, andererseits weiß ich nun auch, wie ich eine der vorgegebenen Aufstellungen wie etwa ORTF modifizieren kann um sie meinen Vorstellungen anzupassen. Es sollten die theoretischen Werte nicht einfach blind übernommen werden, da diese immer nur Mittlungen darstellen und von idealen Richtcharakteristiken und Ähnlichem ausgehen, auch wenn es natürlich wichtig ist solche Werte als Anhaltspunkte zu haben. Als Kontrollorgan sollte immer noch das Ohr dienen, welches bei mir eben für Äquivalenzstereoverfahren entschieden hat. Natürlich haben aber auch die anderen Stereotechniken ihre Berechtigung. Ich würde zwar bei einer Schlagzeugabnahme als alleiniges Ambiente-Mikrofon keine AB-Aufstellung mit Basisbreite 80cm wählen, kann mir aber gut vorstellen, diese in Kombination mit Stützmikrofonen als zusätzliches Raummikrofon zu verwenden.

Für die Praxis ist entscheidend sich im vorhinein Gedanken zu machen, wie die Schallquelle bei Lautsprecherwiedergabe abgebildet werden soll. Danach kann mit Hilfe der erarbeiteten Eigenschaften und Berechnungsweisen die Mikrofonaufstellung ausgewählt und der Schallquelle angepasst werden. Wenn man diese Arbeitsweise konsequent verfolgt, glaube ich, dass man eine für sich nahezu perfekte stereofone Aufnahme erreichen kann.

## 7. Literaturverzeichnis

### a) Bücher

- Dickreiter, Michael: Mikrofon-Aufnahmetechnik / Aufnahmeräume • Schallquellen • Mikrofone • Räumliches Hören • Aufnahmeverfahren • Aufnahme einzelner Instrumente und Stimmen, 3. Auflage, Stuttgart: S. Hirzel Verlag, 2003, ISBN 3-7776-1199-9
- Ederhof, Andreas: Das Mikrofonbuch / Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne, 1. Auflage, München: GC Carstensen Verlag, 2004, ISBN 3-910098-28-2
- Görne, Thomas: Mikrofone in Theorie und Praxis, 7. Auflage, Aachen: Elektro-Verlag GmbH, 2004, ISBN 3-928051-76-8
- Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch / Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik, 4. Auflage, München: GC Carstensen Verlag, 1998, ISBN 3-910098-14-2

### b) Onlinequellen

- Bertram: Über den Umgang mit Stereo-Koinzidenz-Mikrofonen (1965), Online im WWW unter URL: <http://www.neumann.com/infopool/download.php?Datei=lect0034.PDF> [24.10.04]
- Gernemann, Andreas: Stereophonie, Online im WWW unter URL: <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/stereo.pdf> [07.03.05]
- Jecklin, Jürg: Musikaufnahmen, Online im WWW unter URL: <http://www.mdw.ac.at/I101/iea/tm/scripts/jecklin/special/ttsaufnahmen.pdf> [19.05.05]
- Sengpiel, Eberhard: Beim ORTF-System sind 17,5 cm ein Irrtum (01/00), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/BeimORTF-System17-5EinIrrtum.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Bestimmen des Aufnahmebereichs und der Hörereignisrichtung für jedes beliebige Stereo-Mikrofonsystem (12/95), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/BestimmenDesAufnahmebereichs.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Der „Lupen-Effekt“ und das „Loch in der Mitte“ (07/97), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/LupenEffektUndLoch.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Haas-Effekt und Präzedenz-Effekt (Gesetz der ersten Wellenfront) (12/03), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/Haas-Effekt.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Theoriegrundlagen: „Intensitäts“-Stereophonie (10/95), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/TheorieGrundlaIntensitaet.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Theoriegrundlagen: Laufzeit-Stereophonie (10/95), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/TheorieGrundlaLaufzeit.pdf> [07.03.05]
- Sengpiel, Eberhard: Vergleich einiger Äquivalenz-Mikrofonsysteme (08/97), Online im WWW unter URL: <http://www.sengpielaudio.com/VergleichAequivalenzMikrofonSyst.pdf> [07.03.05]

- Williams, Michael: The stereophonic zoom, Online im WWW unter URL:  
<http://www.microphone-data.com/pdfs/Stereo%20zoom.pdf> [24.10.04]
- Wittek, Helmut: Image Assistant 2.0, Online im WWW unter URL:  
<http://www.hauptmikrofon.de/ima2-folder/ImageAssistant2.html> [19.05.05]
- URL: [http://www.mbho.de/products03\\_22b\\_2.htm](http://www.mbho.de/products03_22b_2.htm) [22.05.05]
- URL: <http://www.sengpielaudio.com/KammfiltereffektBeiDerMikrofonmischung.pdf>  
[07.03.05]
- URL: <http://www.sengpielaudio.com/KurvenGleiHoerereignis.pdf> [07.03.05]
- URL: <http://www.schoeps.de/D-2004/ortf-stereo.html#mstc64> [22.05.05]
- URL: <http://www.ton.hdk-berlin.de/tutorium/html/node49.html> [19.05.2005]
- URL: <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/stereo.pdf> [07.03.05]

## 8. Anhang

Als Anhang für meine Diplomarbeit dient eine CD-Rom, die folgende Daten enthält:

### - Berechnungen nach Sengpiel.exs

(Es handelt sich hierbei um jene Excel-Kalkulation, die ich nach Eberhard Sengpiels Formeln und unter Verwendung der von ihm erstellten Kalkulation unter der URL:

<http://www.sengpielaudio.com/EBS-InterpolationDerDL-undDt-Kurven.xls> [25.05.05]

erarbeitet habe und mit der sämtliche Berechnungen dieser Arbeit durchgeführt wurden.)

### - Diplomarbeit\_Florian Parzer\_SAE.doc

(Die Diplomarbeit liegt hier in Form eines Word-Dokuments vor.)

### - Audio [Verzeichnis]

(In diesem Verzeichnis finden sich die Audio- und Projektdaten der Schlagzeugaufnahmen, welche in Kapitel 5. verglichen werden.)

### - Bilder [Verzeichnis]

(In diesem Verzeichnis habe ich einige Bilder von den Schlagzeugaufnahmen zur Verfügung gestellt.)