

# **Untersuchung zur Positionierung von Schallereignissen im Phantomfeld der Fünfkanal-Stereophonie bei der Mischung von U-Musik**

Daniel Dettwiler

Elektronisches Studio der Musikhochschule Basel

Studiengang Audio Design, Mai 2001

Bei der Fünfkanal-Stereophonie fällt im Hauptunterschied zur Zweikanal-Stereophonie auf, dass für die Platzierung von Schallereignissen zwischen den Lautsprechern ein gewissermassen „reales“ zweidimensionales Feld zwischen den fünf Lautsprechern entsteht, etwa so, wie in der Zweikanal-Stereophonie die Linie (Phantomlinie) zwischen den Lautsprechern, auf der Schallereignisse platziert werden können. In dieser Arbeit wird untersucht, in wie fern das Phantomfeld für Platzierungen von Schallereignissen ausgenutzt werden kann.

## 1 Teil: Einführung

- 1.1 Einleitung
- 1.2 Begriffserklärung
- 1.3 Technisches

## 2 Teil: Räumliches Hören

- 2.1 Lokalisation natürlicher Schallquellen
  - 2.1.1 Richtungshören
  - 2.1.2 Entfernungshören
- 2.2 Lokalisation bei elektroakustischer Wiedergabe
  - 2.2.1 Erzeugen von Richtung / Entfernung beim Mischen in der Zweikanal-Stereophonie
  - 2.2.2 Richtungsmischen
  - 2.2.3 Entfernungsmische

## 3 Teil: Theoretische Überlegungen

- 3.1 Unterschiede bei der Platzierung von Schallereignissen in der Fünfkanaal-Stereophonie
- 3.2 Der „reale Raum“
- 3.3 Überlegungen und vorhersehbare Probleme bei der Platzierung von Schallereignissen im Phantomfeld

## 4 Teil: Experimente

- 4.1 Versuchsreihe 1
- 4.2 Versuchsreihe 2&3
- 4.3 Versuchsreihe 4&5
  - 4.3.1 Die Funktionsweise eines Surroundpanners basierend auf Intensitätsunterschieden
- 4.4 Versuchsreihe 6
- 4.5 Versuchsreihe 7
- 4.6 Versuchsreihe 8
- 4.7 Versuchsreihe 9

## 5 Teil: Schluss

- 5.1 Zusammenfassung
- 5.2 Schlussfolgerungen
- 5.3 Danksagung
- 5.4 Bibliographie

# 1 Teil: Einführung

## 1.1 Einleitung

Das neue Format um Audio für den Konsumenten zu speichern (bis jetzt hauptsächlich die Audio-CD, ferner Minidisks, Kassetten, LP's), ist derzeit am entstehen. Es gibt zwei Kandidaten, die Super Audio CD von Sony/Philips und/oder die DVD-Audio (Panasonic/Mitsubishi). Beide Formate verfügen über mindestens sechs Audiokanäle, sind also für die Wiedergabe von fünfkanalstereophonen Produktionen geeignet. Auch gibt es bereits Musikproduktionen, die fünfkanalig produziert werden und auf DVD-Video oder der fünfkanaligen DTS-CD, die mit entsprechendem Decoder mehrkanalig wiedergegeben werden kann, erscheinen.

Für den Konsumenten kann die völlige Umhüllung von Schallereignissen ein deutlich gesteigertes Hörerlebnis bedeuten. Vor allem bei U-Musik, wo es nicht primär um eine realistische Abbildung eines zu reproduzierenden Klangbildes geht, eröffnet die Fünfkanal-Stereophonie völlig neue Mischmöglichkeiten; ähnlich etwa, wie von Mono zur Zweikanal-Stereophonie. Beispielsweise entsteht zwischen den fünf Boxen ein gewissermaßen „realer Raum“, in dem Ereignisse platziert werden können. So wie bei der Zweikanal-Stereophonie eine Phantomlinie zwischen den Boxen, haben wir in der Fünfkanal-Stereophonie jetzt ein *Phantomfeld* zwischen den Lautsprechern. In dieser Diplomarbeit wird untersucht, in wie fern dieses Phantomfeld beim Mischen ausgenutzt werden kann und mit welchen Methoden Schallereignisse darin platziert werden können.

Generell ist meine Vorgehensweise folgendermassen: Anhand von Erkenntnissen aus Mischüberlegungen bezüglich der Platzierung von Schallereignissen in der Zweikanal-Stereophonie, werden Theorien und Thesen über Mischverfahren in der Fünfkanal-Stereophonie aufgestellt. Im danach folgenden praktischen Teil werden die Thesen und Theorien dann anhand von Versuchen überprüft.

## 1.2 Begriffserklärung

In diesem Abschnitt werden Begriffe erklärt, die für das Verstehen dieser Arbeit notwendig sind.

„Stereophonie“ ist abgeleitet aus den griechischen Wörtern „stereo“, was soviel wie räumlich, körperlich, und „phonos“, welches Ton, Klang bedeutet. Stereophonie hat nichts mit zwei Kanälen zu tun, wie fälschlicherweise oft angenommen wird. Stereophonie ist ein Gattungsbegriff für mehrkanalige (Tonübertragungs-) Verfahren. Dazu gehört auch die altbewährte Zweikanal-Stereophonie mit zwei Lautsprechern. {vgl. 1.1}

Der Begriff „Surround-Sound“ steht hauptsächlich für „Umgebungs-Schall“ oder „Rundum-Schall“. Man drückt damit auch eine Erweiterung der Zweikanal-Stereophonie aus, insbesondere um die Herkunft von akustischen Quellen besser nachbilden zu können. Oft spricht man auch von „3-D-Klang“, was irreführend ist, denn weder bei der Zweikanal- noch bei der Fünfkanal-Stereophonie werden drei Dimensionen abgebildet. In beiden Verfahren gibt es nur zwei Dimensionen, Breite und Tiefe. Bei der Fünfkanal-Stereophonie existiert zwischen den Lautsprechern ein „reales“ zweidimensionales Feld, während bei der Zweikanal-Stereophonie die zweite Dimension (Tiefe) nur „virtuell“ abzubilden ist. Weiter ist bei der Zweikanal-Stereophonie das Klanggeschehen ausschliesslich frontal vor dem Hörer, während bei der Fünfkanal-Stereophonie das Klanggeschehen rund um den Hörer aufgebaut werden kann. Der Begriff „Surround-Sound“ steht heute hauptsächlich für „Einhüllung“, „akustische Einbettung“ und nicht immer für vollwertigen Fünfkanal-Surround-Sound, bei dem die fünf Audiokanäle als absolut gleichwertig betrachtet werden. {1.1}

Den Begriff Fünfkanal-Stereophonie verwendet man, wenn die fünf Kanäle absolut gleichwertig sind. Häufig wird dafür auch das Kürzel „3:2“ (drei Lautsprecher vorne, zwei hinten), oder „5.0“ (fünf Lautsprecher, kein Subwoofer) verwendet. „5.1“ bedeutet demnach, dass noch ein zusätzlicher Subwooferkanal vorhanden ist.

Der Begriff „Phantommitte“ bezeichnet die Mitte einer Linie zwischen zwei Lautsprechern. Wird ein monophones Schallereignis bei der Zweikanal-Stereophonie gleichzeitig und mit

gleichem Pegel vom linken und rechten Lautsprecher wiedergegeben, wird, vorausgesetzt man befindet sich in optimaler Hörposition, das Signal aus einer Phantommitte geortet, so als würde es tatsächlich aus einem dort stehenden Lautsprecher kommen. Schallereignisse können auf der Linie zwischen den zwei Lautsprechern beliebig platziert werden, deshalb nennt man diese Linie „Phantomlinie“. Abgeleitet von diesen Überlegungen nenne ich den Kreis, auf dem die fünf Lautsprecher bei der Fünfkanal-Stereophonie positioniert werden, „Phantomkreis“ und das Feld, das zwischen den Lautsprechern entsteht, „Phantomfeld“.

### 1.3 Technisches

Im 5.1 Format stehen insgesamt sechs Audiokanäle – Links (L) / Center (C) / Rechts (R), Linkssurround (Ls) / Rechtssurround (Rs) und Low Frequency Channel (LFE) – zur Verfügung. Die fünf Hauptlautsprecher müssen identisch sein und Frequenzen über das gesamte hörbare Spektrum (30 bis 20'000 Herz) wiedergeben. Es ist nicht, wie bei älteren Mehrkanalverfahren (z.B. Dolby Pro Logic) erlaubt, kleinere Surroundlautsprecher zu verwenden. Die fünf Hauptlautsprecher werden in einem Kreis, meist freistehend angeordnet. Die Hörer-, bzw. Position des Mischers ist in der Mitte dieses Kreises. Der linke und rechte Lautsprecher stehen je in einem 30°, die hinteren in einem 110° Winkel zum Centerlautsprecher. {ITU-R / EBU Empfehlung 775}

Der sechste Kanal, der für den extremen Tieftonbereich zuständig ist (LFE), wird hauptsächlich bei der DVD-Video für Effekte wie Donnerrollen oder Erdbeben, die mehr „in der Magengegend gespürt“ als gehört werden sollen, verwendet. Bei Audioproduktionen wird er meist nicht verwendet, da die fünf Hauptlautsprecher schon den gesamten Frequenzumfang abdecken {1.2}. Dies ist nicht damit zu verwechseln, dass ein beim Konsumenten stehender Subwoofer je nach Verstärker und Qualität der fünf Hauptlautsprecher auch den Bassanteil der Hauptlautsprecher übernimmt. Dies wird aber

vom Verstärker gesteuert, und entsprechende Signale dürfen nicht schon bei der Mischung auf den LFE-Kanal gelegt werden.

Wenn ein Subwoofer verwendet wird, sollte er unter dem Centerlautsprecher platziert werden, denn die Annahme, dass tieffrequenter Schall generell nicht geortet werden kann, und es deshalb keine Rolle spielt, wo ein Subwoofer aufgestellt wird, stimmt meiner Meinung nach nur zum Teil. Oft ist ein nicht optimal aufgestellter Subwoofer sehr störend.

Wenn immer es in dieser Arbeit um Platzierungen auf dem Phantomkreis geht, werde ich die Positionen in Grad angeben. Leider gibt es hier kein einheitliches System, deshalb setzte ich die Position des Centerlautsprechers als 0° fest. Auf beiden Seiten wird ein Halbkreis von 0° bis 180° beschrieben, zusätzlich gebe ich an, ob es sich jeweils um die linke oder rechte Seite handelt. {siehe Abb. 1}

Die Lautsprecher können auch in die Wände integriert werden, wie es in für zweikanaliges Abhören ausgestatteten Studios häufig gemacht wird. Dabei werden aber die Raummasse des Studios durch die obligate Boxenanordnung bei der Fünfkanal-Stereophonie festgelegt, das heisst, dass bereits beim Bau eines Studios auf bezüglich der Boxenanordnungen optimale Raummasse geachtet werden muss.

Bezüglich der Raumakustik gelten die gleichen Grundsätze, wie bei Zweikanal-Studios. Die Nachhallzeit soll entsprechend der Raumgrösse kurz sein, und der Raum sollte in der Hörerrichtung spiegelsymmetrisch sein.

Frühe Reflexionen unter 15 ms müssen unterdrückt werden, die Lautsprecher sollten also einen Abstand von mindestens 1 bis 1.5 Meter von den Wänden haben. Weiter ist darauf zu achten, dass die Lautsprecher nicht zu hoch und deshalb nach unten gewinkelt montiert werden, da dies frühe Reflexionen von der Mischpultoberfläche zur Folge hat und deshalb wegen den entstehenden, kammfilterähnlichen Effekten eine Beurteilung der Räumlichkeit des Klangs verunmöglicht. Alle Lautsprecher müssen ferner auch auf der gleichen Höhe sein. {vgl. 1.3 / 1.4}

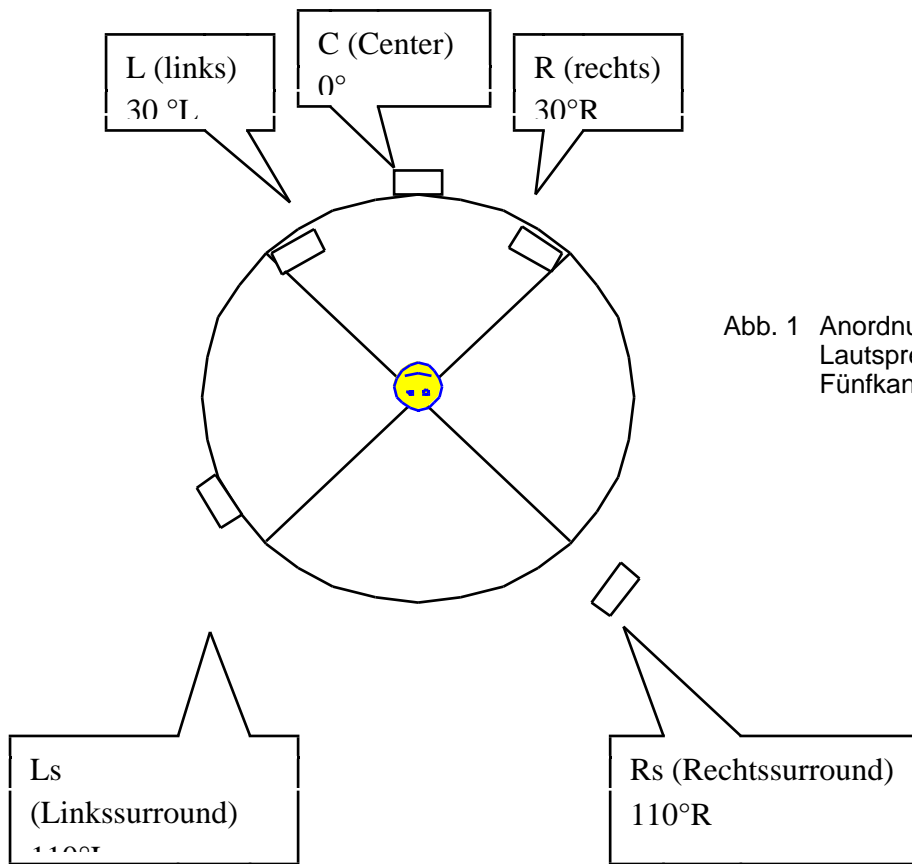


Abb. 1 Anordnung der Lautsprecher in der Fünfkanal-Stereophonie.

## 2. Teil:

### Räumliches Hören

Beim Mischen von U-Musik geht es zu einem grossen Teil darum, Richtung und Entfernung von zum Teil sehr nah aufgenommenen, oder gar synthetisch erzeugten Instrumenten nachzubilden, beziehungsweise zu simulieren. Dies ist bei der Zweikanal-Stereophonie genau gleich, wie bei der Fünfkanal-Stereophonie. Um dieses Thema zu diskutieren, muss erst verstanden werden, wie das menschliche Gehör Richtungen und Entfernungen wahrnimmt. Ich werde zu diesem Teil nur so viel schreiben, wie zum Verständnis der in dieser Arbeit aufgestellten Thesen nötig ist.

### **2.1 Lokalisation natürlicher Schallquellen**

#### 2.1.1 Richtungshören

Die Richtungswahrnehmung in der horizontalen Ebene wird ermöglicht, indem die Unterschiede der Signale an den Ohren, die sich ergeben, wenn eine Schallquelle aus der Mitte ( $0^\circ$ ) auswandert, vom Gehirn ausgewertet werden. Dabei treten zwischen den beiden Ohrsignalen Laufzeit-, Pegel-, und Klangfarbenunterschiede auf. {vgl. 2.1}

##### 1) Laufzeitunterschiede:

Laufzeitunterschiede, auch interaurale Zeitdifferenzen genannt, werden als wichtigstes Element bei der Richtungswahrnehmung in der horizontalen Ebene angesehen. Befindet sich eine Schallquelle genau vor (oder hinter) einem Hörer, so ergeben sich keine Laufzeitunterschiede, das Signal kommt an beiden Ohren gleichzeitig an. Bei Schallquellen, die sich nicht genau vor oder

hinter dem Hörer befinden, ergeben sich interaurale Zeitdifferenzen, das heisst, das Schallereignis wird zuerst von dem Ohr gehört, das sich näher an der Schallquelle befindet. Der Laufzeitunterschied ist am grössten, wenn sich die Schallquelle genau seitlich ( $90^\circ$ ) neben dem Hörer befindet. Der Laufzeitunterschied beträgt hier je nach Kopfdurchmesser 0.63 ms.

## 2) Interaurale Pegeldifferenzen / Abschattung:

Schallquellen, die sich genau vor oder hinter uns befinden, kommen an beiden Ohren mit gleichen Pegeln an. Seitlich vom Hörer platzierte Schallquellen kommen am entsprechenden Ohr lauter an, beziehungsweise werden durch die Abschattung vom Kopf des Hörers am anderen Ohr mit reduzierter Schallstärke eintreffen. Dieser Effekt ist frequenzabhängig, je kleiner die Wellenlänge, desto grösser ist dieser Abschattungseffekt. Für Frequenzen unterhalb von 300 Herz stellt der Kopf kein Hindernis mehr dar. Wegen den auftretenden Beugungserscheinungen {vgl. 2.2} werden hier praktisch keine Pegelunterschiede mehr wahrgenommen. Bei hohen Frequenzen ist die Abschattung des einfallenden Schallereignisses durch den Kopf am grössten. Bei breitbandigen Signalen tritt folglich auch eine Klangveränderung am der Schallquelle abgewendeten Ohr auf. Das Signal wird gemäss den beschriebenen Überlegungen oberhalb von 300 Herz kontinuierlich, mit zunehmender Stärke tiefpassgefiltert.

## 3) Spektrale Merkmale:

Durch die unsymmetrische Form des Ohres, insbesondere der Ohrmuschel, wird ein Signal spektral je nach Einfallswinkel anders verändert. Diese spektralen Veränderungen hören wir nicht bewusst, sie werden aber vom Gehirn zusätzlich ausgewertet, um den Einfallswinkel einer Schallquelle zu bestimmen. Vor allem die Entscheidung, ob ein Signal von hinten oder vorne kommt, wird ausschliesslich dadurch erkannt<sup>1</sup>.

In der horizontalen Ebene können von vorne eintreffende Schallquellen auf ca.  $3^\circ$  genau,

seitlich einfallende auf  $4-5^\circ$  genau geortet werden. {vgl. 2.3}

## 2.1.2 Entfernungshören:

Ein wahrgenommenes Schallereignis setzt sich aus Direktschall, frühen Reflexionen und Nachhall zusammen<sup>2</sup>. Am Hörort treffen nach dem Direktschall zunächst einige Reflexionen von nahen Wänden, Boden und Decke und anderen Reflexionsflächen ein (erste Reflexionen / early Reflections). Die Folge der ersten Reflexionen verdichtet sich rasch und bildet den Nachhall, der daher mit einer Verzögerung gegenüber dem Direktschall einsetzt, dem sogenannten „Predelay“ (siehe Abb. 2). {vgl. 2.4}

Je näher die Schallquelle beim Hörer ist, desto lauter ist der direkte Schallanteil in Bezug auf die Reflexionen und den Nachhall. Bei zunehmender Entfernung der Schallquelle zum Hörer nimmt die Lautstärke des Direktschalls ab, und der Raumklang kommt stärker zum Vorschein. Ferner wird das Predelay in den meisten Fällen kleiner, da der Unterschied, wann Direkt- und Diffusschall einfallen, mit zunehmender Entfernung abnimmt, da der Weg des Schalls über die Wände im Verhältnis zum direkten Weg zum Hörer kleiner wird (siehe Abb. 3).

Weiter werden hohe Frequenzen mit zunehmendem Abstand durch den Luftwiderstand gedämpft. Auch werden durch das Phänomen der „Kurven gleicher Lautstärke“ {2.5 / din 1318} bei Abnahme der Lautstärke (was bei zunehmender Entfernung geschieht) zunehmend weniger tief- und hochfrequente Anteile gehört.

Ein weiterer Punkt ist, dass der gehörte Einschwingvorgang eines Instrumentes mit zunehmender Entfernung abgeflachter, „stumpfer“ erscheint. Dies ist folgendermassen zu erklären: Der gehörte Schall setzt sich, wie schon erwähnt, aus Direkt- und Diffusschall zusammen. Die Zeit, die vergeht bis der Schalldruck den Raum angeregt hat, und auf seinen endgültigen Wert angestiegen ist, nennt man Anhall {vgl. 2.5}. Je weiter eine Schallquelle entfernt ist, desto lauter wird im Verhältnis zum Direktschall der

<sup>1</sup> Auch das Erkennen der Höhe einer Schallquelle wird durch vom Gehirn ausgewertete, spektrale Veränderungen, verursacht wiederum durch die Ohrmuscheln, ermöglicht.

<sup>2</sup> dies gilt beschränkt auch im Freien, da selbstverständlich auch zwischen Häusern oder in Wäldern Reflexionen auftreten. Ausnahme ist ein akustisch toter Raum, oder z.B. eine grossflächige Wiese.

Diffusschall wahrgenommen, und damit wird auch der Anhall stärker wahrgenommen.

## 2.2 Räumliches Hören bei elektroakustischer Wiedergabe

Wird ein monophones Signal gleichzeitig und mit gleichem Pegel auf zwei Lautsprecher vor dem Hörer (zweikanal-stereophone Abhörsituation) gegeben, so ortet der Hörer, vorausgesetzt er sitzt in optimaler Position bezüglich der Lautsprecher (die Lautsprecher bilden mit dem Hörer ein möglichst gleichseitiges Dreieck) nicht zwei, sondern eine einzige fiktive Schallquelle, die Phantomschallquelle in der Mitte der Phantomlinie. Werden innerhalb bestimmter Grenzen kontinuierlich die Pegel- und/oder Laufzeitdifferenzen der Signale verändert, so wandert die Phantomschallquelle entlang der Phantomlinie, zu dem lauterem, bzw. nicht verzögerten Lautsprecher<sup>3</sup>. {vgl. 2.6}

Bei Pegeldifferenzen zweier sonst identischer Signale auf den Lautsprechern, wandert die Phantomschallquelle auf der Phantomlinie zu dem lauterem Lautsprecher. Bei 15 bis 20 dB Pegeldifferenz wird die Schallquelle vollständig aus der Richtung des lauterem Lautsprechers wahrgenommen. {vgl. 2.8}

Bei Laufzeitdifferenzen zweier sonst identischer Signale wandert die Phantomschallquelle wiederum auf der Phantomlinie aus der Mitte zu dem nichtverzögerten Lautsprecher. Bei einer Verzögerung von 2 ms wird das Signal nur noch aus der Richtung des nichtverzögerten Lautsprechers geortet. {vgl. 2.9}

---

<sup>3</sup> Es gibt verschiedene Theorien zur Erklärung, wie das Orten von Phantomschallquellen zustande kommt. Eine der neueren ist das „Assoziationsmodell“ von Theile. Die Theorie geht davon aus, dass die zwei von den Lautsprechern identischen Signale aufgrund der unterschiedlichen Sendeorte im Gehirn zunächst entschlüsselt werden. Danach werden die Signale aufgrund ihrer Ähnlichkeit als nur ein einziges Ereignis interpretiert. {vgl. 2.7}

## 2.3 Erzeugen von Richtung / Entfernung beim Mischen in der Zweikanal-Stereophonie

Um beim Mischen eine künstliche Abbildung von Schallereignissen bezüglich Ortung (Richtung und Entfernung) zu erreichen, müssen die Erkenntnisse über das räumliche Hören bei natürlicher und elektroakustischer Wiedergabe berücksichtigt und deren Gegebenheiten nachgebildet werden.

### 2.3.1 Richtungsmischen

Für die Richtungsabbildung gibt es drei Möglichkeiten, gemäss den entsprechend erwähnten Punkten, wie das Gehör Richtungen bestimmt.

#### 1) Intensitätspanning:

Das Signal wird mit unterschiedlichen Pegeln auf die Lautsprecher gegeben. Bei zunehmenden Pegelunterschieden wandert das Signal kontinuierlich aus der Phantommitte in Richtung des lauterem Lautsprechers. Bei 15 bis 20 dB ist das Signal vollständig im lauterem Lautsprecher ortbar. Diese Art der Richtungsabbildung wird typischerweise mit dem Panoramaregler, auch Panpot genannt, des Mischpultes erzielt.

#### 2) Laufzeitpanning:

Das Signal wird auf beide Lautsprecher gegeben, einer davon wird aber zeitlich verzögert. Bei zunehmender Verzögerung wandert das Signal kontinuierlich aus der Phantommitte in Richtung des nichtverzögerten Lautsprechers. Bei 2 bis 3 ms ortet man das Signal vollständig im nichtverzögerten Lautsprecher.

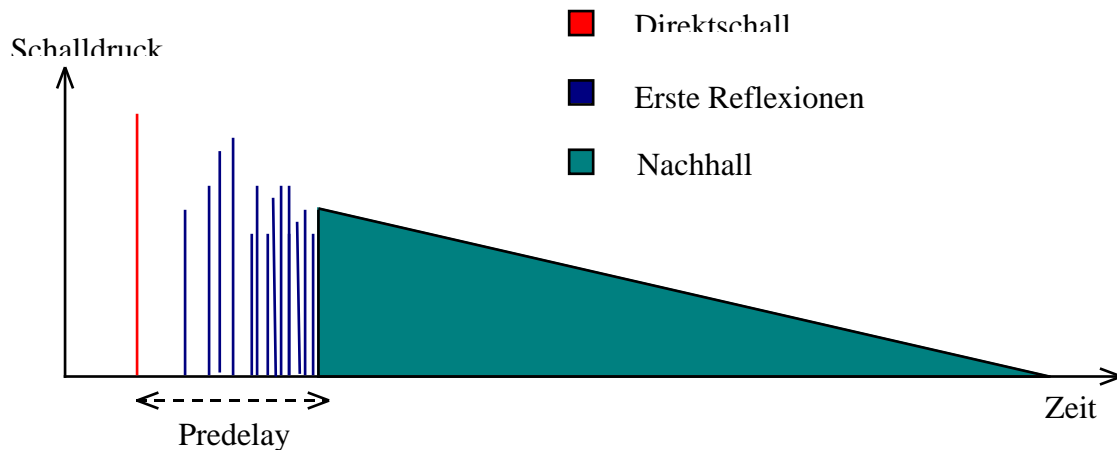


Abb. 2 Direktschall, erste Reflexionen, Nachhall

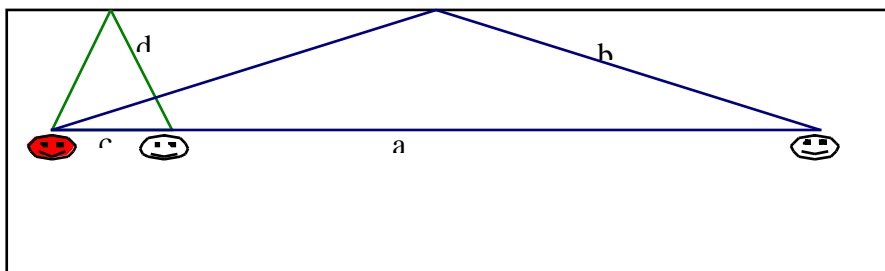


Abb. 3  $a:b$  ist kleiner als  $c:d$  (der rote Kopf stellt die Schallquelle dar, die anderen zwei Köpfe sind verschieden weit entfernte Hörer. Demnach wird das Predelay bei zunehmender Entfernung einer Schallquelle kleiner.

Entfernung) zu erreichen, müssen die Erkenntnisse über das räumliche Hören bei natürlicher und elektroakustischer Wiedergabe berücksichtigt und deren Gegebenheiten nachgebildet werden.

### 2.3.1 Richtungsmischen

Für die Richtungsabbildung gibt es drei Möglichkeiten, gemäss den entsprechend erwähnten Punkten, wie das Gehör Richtungen bestimmt.

#### 3) Intensitätsspanning:

Das Signal wird mit unterschiedlichen Pegeln auf die Lautsprecher gegeben. Bei zunehmenden Pegelunterschieden wandert das Signal kontinuierlich aus der Phantommitte in Richtung des lauterer Lautsprechers. Bei 15 bis 20 dB ist das Signal vollständig im lauterer Lautsprecher ortbar. Diese Art der Richtungsabbildung wird typischerweise mit dem Panoramaregler, auch Panpot genannt, des Mischpultes erzielt.



#### 4) Laufzeitpanning:

Das Signal wird auf beide Lautsprecher gegeben, einer davon wird aber zeitlich verzögert. Bei zunehmender Verzögerung wandert das Signal kontinuierlich aus der Phantommitte in Richtung des nichtverzögerten Lautsprechers. Bei 2 bis 3 ms ortet man das Signal vollständig im nichtverzögerten Lautsprecher.

Während dieses Verfahren bei Monosignalen nur beschränkt zu empfehlen ist (aufgrund des zeitlichen Versatzes kommt es zu Kammfiltereffekten, die sich vor allem monophon abgehört, sehr störend auswirken), erzielt es bei mit zwei Mikrofonen aufgenommenen Instrumenten bedeutend natürlichere Resultate als mit Intensitätspanning. Die Abbildungen von Instrumenten verlieren ihre natürliche Breite nicht, das Klangbild bleibt trotz Panning räumlich. Selbst bei relativ langen Verzögerungszeiten erscheint das Schallereignis zwar auf der entsprechenden Seite, wird aber immer noch in seiner natürlichen räumlichen Ausdehnung abgebildet<sup>4</sup>.

#### 5) Höhenabsenkung:

Das Signal wird auf beide Kanäle gegeben, auf einem davon werden die hohen Frequenzen abgesenkt. Nun wird das Signal auf der anderen Seite geortet. (gemäss Kapitel 2.1.1, Punkt 2). Je nach gewünschter Positionierung wird unterschiedlich stark und bei unterschiedlichen Frequenzen gefiltert.

Ferner gibt es mittlerweile Softwareprogramme, die auch die spektralen Merkmale, die beim natürlichen Hören aufgrund von aus unterschiedlichen Richtungen einfallenden Schallquellen auftreten, nachbilden. Mittels solchen Programmen können beeindruckende Räumlichkeitseffekte realisiert werden, unter anderem lassen sich auch auf einer zweikanalstereophonen Abhöre Schallereignisse hinter dem Hörer platzieren. Hierbei bildet die Software die Filterung, die durch die Ohrmuschel entstanden wäre, wenn das Schallereignis tatsächlich von hinten gekommen wäre, nach. Diesbezüglich überzeugende Resultate lassen sich allerdings nur erzielen, wenn für die Wiedergabe Kopfhörer verwendet werden. Nur so kann erreicht werden, dass die Information ohne erneute Beeinflussung von spektralen Änderungen durch die Ohrmuscheln und ohne Einfluss von der Raumakustik gehört werden kann.

Beim Mischen lässt sich eine überzeugende, künstliche Richtungsabbildung erzeugen, wenn die Methoden 1 bis 3 kombiniert werden. Dies ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden, da man nebst Panoramaregler auch Delay und entsprechende Filter einstellen muss und alles zusammen perfekt aufeinander abgestimmt sein muss. Auch gibt es hier kein Patentrezept, je nach Klangvorstellungen ist anders vorzugehen. Der Aufwand lohnt sich aber, da die so erreichten Richtungsabbildungen bedeutend realistischer wirken, als wenn nur mit Intensitätsunterschieden gearbeitet wird.

### **2.3.2 Entfernungsmischen:**

Auch hier wiederum müssen die entsprechenden Punkte, die ich oben zum Thema Entfernungshören beschrieben habe, berücksichtigt bzw. nachgebildet werden.

---

<sup>4</sup> Will man das Abbild einer stereophon aufgenommenen Klangquelle hingegen mit Intensitätspanning auf eine Seite legen, so wird es zwangsläufig zu einer Monoschallquelle, da der andere Lautsprecher nicht mehr aktiv ist. Das Abbild verliert also seine natürliche Breite gänzlich, zusätzlich kommt es, je nach Aufnahmetechnik zu mehr oder weniger grossen Frequenz- und Phasenauslöschungen, da die zwei Signale jetzt aus demselben Lautsprecher kommen.

Wichtig sind hierbei vor allem die ersten Reflexionen, und wann sie zeitlich in Bezug auf das Originalsignal eintreffen. Um ein Schallereignis nahe zu hören, werden die Reflexionen und der Nachhall nur leise und mit einem grossen Predelay dazugemischt. Werden die Reflexionen lauter und mit kleinerem Predelay dazugemischt, so wird das Schallereignis weiter weg gehört (nach den Überlegungen von Abschnitt 2.1.2).

Zur perfekten Illusion von Entfernung wird das Signal noch tief- und hochpassgefiltert, um den Höhenabfall mit zunehmender Entfernung und den Effekt der Kurven gleicher Lautstärke (der besagt, dass wenn ein Signal leiser wird, Bass- und Höhenanteil im Verhältnis leiser wahrgenommen werden, als Frequenzen in der Mittellage), nachzubilden. Wo die Cutoff-Frequenzen genau liegen und wie steil gefiltert werden soll, muss meiner Erfahrung nach für jede Schallquelle anders eingestellt werden.

Um die Entfernungsnachbildung weiter zu verbessern, werden die Impulse die in den Attackphasen von Instrumenten oder Stimme entstehen, wenn die Schallquelle nahe am Mikrofon (bzw. am Ohr) ist, mit einem Kompressor mit kurzer Einschwingzeit abgefangen.

Anmerkung:

Wie lange die Hallzeit ist, ist für die Entfernungswahrnehmung unerheblich. Es ist ohne weiteres möglich ein Schallereignis in einer Mischung vorne zu platzieren, und es trotzdem mit einer langen Hallfahne zu versehen. Dies wird zum Beispiel bei Popballaden häufig mit der Solostimme gemacht. Für die Entfernungswahrnehmung wichtig ist in diesem Zusammenhang nur, wie laut die Reflexionen und der Hall in Bezug auf die Stimme dazugemischt ist. Soll der Hall sehr laut, die Stimme aber trotzdem vorne ortbar sein, so gibt es den Trick, das Predelay zu vergrössern. Gemäss den Überlegungen in 2.1.2 wirkt das Schallereignis so wieder näher, es

wird gewissermassen vom Raumklang entkoppelt.

### **3. Teil:** **Theoretische Überlegungen**

#### **3.1 Unterschiede bei der Platzierung in der Fünfkanal-Stereophonie**

Bei der Fünfkanal-Stereophonie bleibt einiges genau gleich wie in der Zweikanal-Stereophonie. Nach wie vor kann hinter den Lautsprechern ein virtueller Raum abgebildet werden (bei der Zweikanal-Stereophonie hinter der Phantomlinie, bei der Fünfkanal-Stereophonie hinter dem Phantomkreis), und Schallereignisse können als Phantomschallquellen auf der Phantomlinie (in der Fünfkanal-Stereophonie der Phantomkreis) abgebildet werden. Es gibt hier aber einige Einschränkungen, die in den folgenden Abschnitten erörtert werden.

Als Hauptmerkmal bei der Fünfkanal-Stereophonie entsteht aber *innerhalb* des Phantomkreises ein Phantomfeld, in dem sich Schallereignisse abbilden lassen sollten. Dies bedeutet, dass wir für die Platzierung von Schallereignissen ein „*reales*“ zweidimensionales Feld zur Verfügung haben. Bei der Zweikanal-Stereophonie war die Abbildung zwar auch zweidimensional, aber die zweite Dimension war nur „*virtuell*“ und um Schallereignisse im virtuellen Raum hinter der Boxenlinie zu platzieren, musste das Signal erst bearbeitet werden (Kapitel 2.3, Entfernungsmischen). In der Fünfkanal-Stereophonie gibt es nun ein Phantomfeld, in dem sich Schallereignisse ohne das zusätzliche Hinzufügen von Reflexionen platzieren lassen sollten. Der virtuelle Raum hinter dem Phantomkreis steht nach wie vor auch zur Verfügung.

Bei der Platzierung von Schallereignissen in der Fünfkanal-Stereophonie auf und hinter dem Phantomkreis können wir die Techniken, die im Abschnitt 2.3.2 (Entfernungsmischen) beschrieben wurden, weitgehend beibehalten. Was in der

Zweikanal-Stereophonie auf der Phantomlinie und dahinter, kann in der Fünfkanal-Stereophonie auf dem Phantomkreis und dahinter platziert werden, mit einigen Einschränkungen:

Während die Abbildung von Phantomschallquellen vor und hinter uns noch ganz gut funktioniert, und wir die Position eines monophonen Schallereignisses auf  $3^\circ$  bis  $5^\circ$  genau lokalisieren können, gelingt es nicht zufriedenstellend, eine Phantomschallquelle auf der Seite abzubilden. Es ist demnach auch nicht möglich, in der Fünfkanal-Stereophonie eine Kreisbewegung eines Schallereignisses zu erzeugen. Von vorne links über den Center nach vorne rechts ist alles perfekt, eine Bewegung von vorne rechts

nach hinten rechts ist hingegen nicht mehr kontinuierlich möglich. Das Signal scheint sich zuerst nicht vom vorderen Lautsprecher loszulösen und springt dann plötzlich nach hinten und wird im hinteren Lautsprecher geortet.

Dass sich Phantomschallquellen vor und hinter dem Hörer gut abbilden lassen, liegt wahrscheinlich an der Symmetrie der Ohren, die von vorne gesehen quasi spiegelsymmetrisch sind. Ein Signal, das vom linken und rechten Lautsprecher gleich laut abgestrahlt wird, kommt bei beiden Ohren in gleicher Form (gleich laut und gleichzeitig) an und wird somit vom Gehirn als nur eine, sich genau in der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern befindende Schallquelle interpretiert. Wird ein Signal irgendwo auf der vorderen Phantomlinie zwischen den vorderen Lautsprechern platziert, so werden die zwei an den Ohren eintreffenden Signale spektral durch die Ohrmuschel nicht allzu verschieden gefiltert, so dass sie im Gehirn wegen ihrer Ähnlichkeit als nur eine Schallquelle interpretiert werden {vgl. 2.7}.

Auf der Seite funktioniert dies nicht mehr, wahrscheinlich deshalb, weil die Vorne-Hinten-Ortung nicht mehr hauptsächlich mit Intensitäts- und Laufzeitunterschieden funktioniert, sondern mehrheitlich durch die komplexen Filterungen, die durch die Ohrmuscheln verursacht werden, ermöglicht wird. Ein von hinten kommendes Signal wird als von hinten kommend lokalisiert, weil es durch die Ohrmuschel gefiltert, und diese minime aber komplexe Klangveränderung vom Gehirn entsprechend ausgewertet wird. Eine

Phantommitte links oder rechts vom Hörer kann demnach nicht geschaffen werden, denn das von vorne kommende Signal, das praktisch nicht gefiltert wird, und das von hinten kommende Schallereignis, das spektral stärker durch die Ohrmuschel gefiltert wird, haben bei der Interpretation im Gehirn wohl nicht mehr genug Gemeinsamkeiten, um als eine einzelne Phantomschallquelle interpretiert zu werden (Im praktischen Teil dieser Arbeit werden diesbezüglich Versuche gemacht).

Um mit einer Lautsprecheranordnung Schallereignisse auch an der Seite platzieren zu können, braucht es mehr als fünf Lautsprecher. Für Kreisbewegungen geht man von mindestens acht um den Zuhörer symmetrisch aufgestellten Lautsprechern aus {vgl. 3.0}. Dies ist bereits eine erste Einschränkung bezüglich dem Mischen in der Fünfkanal-Stereophonie. Eine wesentliche Motivation fünfkanalige Mischungen zu gestalten, wäre die Möglichkeit die Zweikanal-Stereobreite zu erweitern. Dies ist nach den Überlegungen zur Seitenabbildung demnach aber nicht so ohne weiteres möglich. Die nächstmögliche Position um ein Schallereignis weiter links als in dem linken Lautsprecher abzubilden wäre demnach, das Schallereignis im hinteren linken Lautsprecher abzubilden.

Genau diese fehlende Seitenabbildung ist bereits bei vielen existierenden Fünfkanal-Mischungen ein Problem. Es wird in den meisten Fällen als störend empfunden, wenn bei einer Mischung vorne eine schöne räumliche Tiefenstaffelung geschaffen wurde, einzelne Instrumente dann aber von hinten geortet werden. Diese Klangereignisse scheinen nicht mehr zum Gesamtklangbild zu gehören, sie scheinen aus der Mischung „herauszufallen“, werden als Effekt, oder Zusatz empfunden. Im 4. Teil dieser Arbeit werden Untersuchungen gemacht, ob es nicht doch möglich ist, Schallereignisse auf den Seiten abzubilden und somit die Zweikanal-Stereobreite zu erweitern<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Es drängt sich an dieser Stelle auch die Frage auf, ob für Mehrkanalaudio nicht eine andere Boxenanordnung als die 5.1 Aufstellung sinnvoller gewesen wäre. Da wir, wie eben beschrieben, vorne keine Probleme haben, Phantomschallquellen zu lokalisieren, und da der Subwoofer bei Audioproduktionen eigentlich auch nicht verwendet wird, hätte man diese zwei Kanäle auch für die Seitenabbildung verwenden können. Auf dem Boxenkreis zwischen den vorderen und den hinteren Lautsprechern hätte man dann noch zwei Lautsprecher auf der Seite anordnen können.

Dies ist meiner Meinung nach für Pop und Jazzmischungen wichtiger, als die Möglichkeit, Signale hinten abzubilden.

### 3.2 Der „reale Raum“

Ein wie schon erwähnt neues Phänomen in der Fünfkanal-Stereophonie ist, dass ein „realer“, zweidimensionaler Raum zwischen den Boxen entsteht, da zwischen den fünf Lautsprechern ein PHANTOMFELD entsteht, in dem sich Ereignisse abbilden lassen sollten, etwa so, wie sich Schallereignisse in der Zweikanal-Stereophonie auf der Phantomlinie zwischen den Lautsprechern haben abbilden lassen.

Es gilt nun zu untersuchen, inwieweit dieses Phantomfeld ausgenutzt werden kann, bzw. wie sich Phantomschallquellen in diesem Feld verhalten. Wir wissen, dass sich Phantomschallquellen zwischen vorne links und rechts abbilden lassen. Wir wissen auch, dass dies auf der Seite, zumindest mit monophonen Schallereignissen, nicht möglich sein sollte {vgl. 3.0}. Was aber passiert, wenn ein Schallereignis von allen fünf Lautsprechern gleich laut und gleichzeitig wiedergegeben wird? Vorausgesetzt die Hörposition ist korrekt in der Mitte des Lautsprecherkreises, dann könnte vermutet werden, dass das Schallereignis über dem Kopf des Hörers geortet würde. Es müsste auch gelingen, ein Signal unmittelbar vor dem Kopf des Hörers abzubilden. Es sollte weiter möglich sein, eine *reale* Tiefenstaffelung zu erzielen, also eine räumlich nach hinten gestaffelte Platzierung von Instrumenten nur im Phantomfeld zwischen den fünf Lautsprechern ohne den virtuellen Raum hinter den Lautsprechern auszunutzen. Es gilt zu untersuchen, in wie fern diese Dinge möglich sind und mit welchen Mitteln diese Ziele zu erreichen sind.

---

Diese Anordnung wurde an diversen Tonmeistertagungen diskutiert und von einigen Tonmeistern und Plattenfirmen favorisiert. Mehrkanal Audio hat aber nur eine Chance, sich auf dem Markt zu etablieren, wenn die Boxenanordnung die gleiche ist, wie bei bereits in vielen Wohnzimmern stehenden DVD-Video – Anlagen mit Surround-Sound.

### 3.3 Überlegungen und vorhersehbare Probleme bei der Platzierung von Schallereignissen im Phantomfeld

Das wohl grösste Problem wird sein, eine einigermaßen stabile, platzunabhängige Ortung zu erzielen, oder zumindest eine Mischung so zu gestalten, dass auch Hörer ausserhalb des Sweetspots eine akzeptable Ortung der Schallereignisse erfahren. Es ist meiner Meinung nach darauf zu achten, dass wenn sich ein Hörer im Phantomfeld bewegt, sich die Ortung von Schallereignissen nicht zu stark verschiebt, und vor allem nicht in andere Richtungen kippt. Ein Schallereignis, das bei optimaler Hörposition von vorne geortet wird, darf bei nicht optimaler Hörposition nicht plötzlich von hinten geortet werden.

Es ist anzunehmen, dass hier vermehrt mit Laufzeitunterschieden und Filterungen, als mit Intensitätsunterschieden gearbeitet werden wird, da bei zwecks Ortungen gemachter Pegelunterschiede eine extreme Abhängigkeit der Hörposition eintritt, da ein Intensitätsunterschied mit einer Positionsveränderung des Hörers ausgeglichen werden kann. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass von vorne zu ortende Schallereignisse auch bei schlechteren Hörpositionen von vorne geortet werden; es ist meiner Meinung nach nicht zulässig, nur für die wenigen Hörer im Sweetspot eine optimale Ortung zu erzielen. Gerade im Wohnzimmer, wo die hinteren Lautsprecher wahrscheinlich nie oder zumindest selten optimal aufgestellt werden können, und sich, gemessen an den vorderen Boxen, oft zu nahe an den Zuhörern befinden, ist darauf zu achten, dass nicht abhängig von der Hörerposition alles nur noch von hinten geortet wird. Das ist nur zu erreichen, wenn man nach dem Gesetz der ersten Wellenfront {vgl. 3.3} arbeitet, also dafür sorgt, dass Schallereignisse, die von vorne geortet werden sollen, auch zuerst von vorne beim Hörer eintreffen, und von den hinteren Lautsprechern verzögert und allenfalls tiefpassgefiltert wiedergegeben werden.

Hierzu sind Experimente anzustellen, da erforscht werden muss, wie ein Signal, das zum Beispiel mittels Laufzeitunterschieden nur vorne links, aber

etwas näher beim Hörer, also nicht *im* linken Lautsprecher, ortbar sein soll, auf den fünf Lautsprechern verteilt werden muss (Siehe Abb. 4).

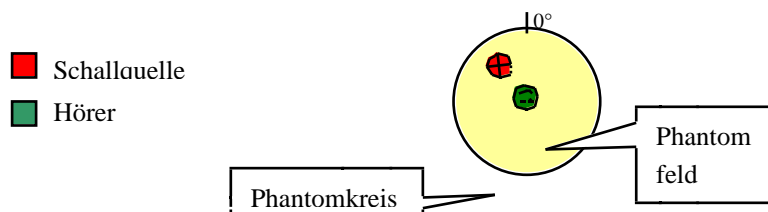


Abb. 4 Ein Schallereignis soll innerhalb des Phantomfeldes geortet werden.

Es wird sicher auch immer notwendig sein, zusätzlich zu Laufzeitunterschieden und Filterungen auch mit Intensitätsunterschieden zu arbeiten. Wie Schallereignisse bezüglich Pegeln, Filterungen und Verzögerungen auf die Lautsprecher zu geben sind, um eine gewünschte, möglichst platzunabhängige Positionierung im Phantomfeld zu erreichen, wird wohl eine der grösseren Herausforderungen künftiger 5.1 Tonmeister werden.

Ein weiteres Problem, das aufgrund dieser Überlegungen bereits theoretisch ersichtlich ist, sind Unterschiede der Durchmesser des Phantomkreises in verschiedenen grossen Räumen. Eine Ortung, die mittels Laufzeitunterschieden funktioniert, ist abhängig von der Entfernung der Lautsprecher zueinander. Ist der Lautsprecherkreis beim Hörer deutlich grösser oder kleiner als im Mischstudio, können unterschiedliche Ortungen entstehen. Nicht existent ist dieses Problem einzig für die optimale Hörposition in der Mitte des Phantomkreises. Erstellte Laufzeitdifferenzen stimmen in diesem Fall immer, da alle Lautsprecher vom Hörer gleich weit entfernt sind.

Auch ist ersichtlich, dass es, vor allen bei tieffrequentem Material, zu Auslöschungen und Anhebungen in bestimmten Frequenzbereichen kommen kann. Ein 100 Hz Sinuston wird sich zum Beispiel, wenn er aus zwei Boxen, die 1.70 Meter

voneinander entfernt sind, in der Mitte der Lautsprecher aufgrund der Wellenlängen, die bei 100 Hz 3.4 Meter beträgt, auslösch<sup>6</sup>.

Es dürfte auch offensichtlich sein, dass die Informationsdichte in der Fünfkanal-Stereophonie höher sein kann, als in der Zweikanal-Stereophonie, es lassen sich dichtere Arrangements erstellen, die auf zwei Kanälen überladen klingen würden. Es werden weiter Umhüllungen möglich, etwa so wie ein Pad bei Zweikanal-Mischungen über die gesamte Stereobreite platziert wird, sollte es in der Fünfkanal-Stereophonie den Hörer umhüllen können.

#### 4 Teil: Experimente

Aufgrund der Überlegungen im vorigen Kapitel lassen sich bezüglich der Fünfkanal-Stereophonie diverse Thesen, Überlegungen und Versuchsanordnungen aufstellen, die ausgewertet und interpretiert werden müssen. Alle Versuche sind neben mir jeweils noch von zwei weiteren

<sup>6</sup> Aus diesem Grund wird bei Beschallungen auch oft nicht links und rechts der Bühne je ein Subwoofer hingestellt, sondern die Subwoofer werden in der Mitte der Bühne nebeneinander gestellt, um genau dieses Problem zu vermeiden.

Personen gehört und diskutiert worden. Die Anhörungen fanden sowohl in meinem Studio, als auch im Elektronischen Studio der Musikhochschule Basel statt. Wenn in einem der Studios oder von den verschiedenen Hörern unterschiedliche Beschreibungen der Resultate auftraten, weise ich bei den entsprechenden Versuchen daraufhin.

Es wurden mehrere Versuchsreihen mit jeweils diversen Versuchsanordnungen gemacht. Bei jeder Versuchsreihe wird kurz das Thema erklärt, dann werden die Versuchsanordnungen beschrieben, danach kommt die Auswertung und schliesslich meine Interpretation. Oft werden mehrere Versuche gleichzeitig ausgewertet oder interpretiert. Abgeschlossen wird jeweils mit einer Zusammenfassung der Versuchsreihe.

Die Versuche können mit der beigelegten DVD-Ram auf Apple Computern, die mit einem DVD Laufwerk ausgestattet sind, angehört werden. Die heller gedruckten Versuchsanordnungen müssen nicht notwendigerweise gehört werden.

## 4.1 Versuchsreihe 1

Überlegung: „Der Centerlautsprecher ist entbehrlich, da ebenso gut mit der Phantommitte gearbeitet werden kann.“

Dies ist die Meinung vieler Tonmeister und Plattenfirmen; ihr Vorschlag ist es, den Center- und Subwooferkanal zugunsten von zwei zusätzlichen Seitenkanälen zu ersetzen. Ihrer Meinung nach ist der einzige Unterschied der, dass auf den Center gegebene Signale immer aus dem Center gehört werden, also ortungsmässig stabil sind. Dies sei aber eher störend, da sich bei nicht optimaler Hörposition das ganze Klangbild auf eine Seite verschiebt, die Signale auf dem Center sich aber *nicht* mitverschieben. Dies sei im Kino, wo der Dialog der Leinwand zugeordnet werden soll, und nicht zur Musik gehört, durchaus sinnvoll; für Musikmischungen mache es aber keinen Sinn, wenn nur wenige Elemente, die auf dem Center platziert wurden, in der Ortung auch bei schlechten Hörpositionen stabil bleiben, das ganze restliche Klanggeschehen sich aber zur Seite des Hörers hin bewegt. {vgl. 3.1 }

### Versuch 1a:

Ein Flügel wurde monophon mit einem Neuman U87 Mikrophon aufgenommen. Das Signal wurde sowohl auf dem Center, sowie auf der Phantommitte L/R gehört.

- I) Signal auf Phantommitte L/R
- II) Signal auf Center
- III) Abwechslungsweise alle 4 Takte, startend auf der Phantommitte L/R

### Versuch 1b:

Eine Popsängerin wurde mit einem Neuman M-149 Mikrophon aufgenommen. Das Signal wurde wiederum auf dem Center, sowie auf der Phantommitte L/R gehört.

- I) Signal auf Phantommitte L/R
- II) Signal auf Center
- III) Abwechslungsweise alle 4 Takte, startend auf der Phantommitte L/R

### Auswertung Versuch 1a und b:

Im Vergleich zur Phantommitte L/R klangen die Signale auf dem Centerlautsprecher deutlich klarer, präziser und waren klar ortbar. Zusätzlich trat, hörte man das Signal auf der Phantommitte, in den unteren Mitten um 200 Hz eine Überbetonung auf.

### Versuch 1c:

Ein Flügel wurde mit 3 Neuman U87 Mikrophonen aufgenommen (Mikrophonanordnung war klein ABC, Abstand ca. 20 cm zwischen den Mikrophonen.) Das linke Mikrophon wurde auf den linken, das rechte Mikrophon auf den rechten Lautsprecher gegeben. Das mittlere Mikrophon wurde abwechslungsweise auf den Centerlautsprecher und die Phantommitte L/R gegeben.

- I) Signal des mittleren Mikrophons auf der Phantommitte L/R
- II) Signal des mittleren Mikrophons auf dem Center

- III) Abwechslungsweise alle 4 Takte startend auf der Phantommitte L/R

### Auswertung Versuch 1c:

Wurde das Signal des mittleren Mikrophons auf den Centerlautsprecher gegeben, war die Wiedergabe des Flügels klar, ausgewogen und sehr räumlich, man hätte das mittlere Mikrophon nicht missen wollen. Wurde dieses Signal hingegen auf die Phantommitte L/R gegeben, so ging das räumliche Bild und die Klarheit verloren. Das mittlere Mikrophon brachte in diesem Fall keinen Nutzen, das Klangbild war besser, wenn man es wegliess.

### Versuch 1d:

Bei einer Ballade (Piano, Gitarre, Bass, Schlagzeug, Perkussion und Stimme) wurde die Band herkömmlich auf L/R gemischt und die Stimme wurde wiederum abwechslungsweise auf die Phantommitte L/R und den Centerlautsprecher gegeben und die Resultate wurden verglichen.

- I) Signal auf Phantommitte L/R
- II) Signal auf dem Center
- III) Abwechslungsweise alle 4 Takte startend auf der Phantommitte L/R

### Auswertung Versuch 1d:

Der Gesang war auf dem Center deutlich präsenter, intimer, klarer zu hören als auf der Phantommitte. Das Abbild einer frontal vor dem Hörer stehenden Sängerin war viel plastischer und realistischer, als wenn das Signal auf die Phantommitte gegeben wurde.

### Interpretation Versuch 1a bis 1d:

Die gehörten Resultate lassen sich folgendermassen erklären: Kommen Signale aus der Phantommitte L/R, so werden sie aus zwei Lautsprechern, die typischerweise 1.5 bis 2.5 Meter auseinander stehen, mit gleichem Pegel wiedergegeben. Je nach Abstand zwischen den zwei Lautsprechern kommt es

bei Frequenzen mit entsprechender Wellenlänge im Verhältnis zum Abstand der Lautsprecher, zu Frequenz-Auslöschungen und Überhöhungen. Weiter klingen zwei Lautsprecher nie genau gleich. Selbst bei sehr teuren Studiomonitoren sind Frequenzunterschiede von bis zu 1.5 dB normal. Dies führt zu kammfilterähnlichen Effekten, vor allem bei Signalen, die sich auf der Phantommitte befinden, also von beiden Lautsprechern gleich laut wiedergegeben werden.

Ein Signal, das auf den Centerlautsprecher gegeben wird, kommt nur aus *einem* Lautsprecher. Somit sind in diesem Fall alle beschriebenen Probleme zur Abbildung auf der Phantommitte nicht existent.

#### Zusammenfassung Versuchsreihe 1:

Der Centerlautsprecher ist keineswegs entbehrlich, die Phantommitte L/R kann ihn nicht ersetzen. Die Vorteile, wenn man den Center, vor allem für Signale die frontal vor dem Hörer platziert werden sollen, benutzt, gehen aus den Versuchen eindeutig hervor. Auf den Center gegebene Signale klingen klarer, präsenter und sind exakt ortbar. Auf der Phantommitte L/R hingegen gibt es aus den erwähnten Gründen Frequenzüberhöhungen und -abschwächungen. Auch bekommt ein Signal auf der Phantommitte L/R eine gewisse räumliche Ausdehnung, weil zwei Lautsprecher nie genau gleich klingen können.



## 4.2 Versuchsreihe 2&3

Überlegung: „Auf den Seiten gibt es keine Phantomschallquellen“ (gemäss Abschnitt 2.4)

Diese Aussage ist im Prinzip bestätigt, es wurden Experimente gemacht, bei denen versucht wurde, ein Schallereignis im Kreis um den Hörer herumwandern zu lassen {vgl. 3.0}.

Bei der 5.1 Lautsprecheranordnung funktioniert dies vorne und hinten sehr gut, auf den Seiten hingegen nicht. Die Schallquelle bewegt sich auf der Seite erst fast gar nicht vom vorderen Lautsprecher weg und springt dann plötzlich zum hinteren Lautsprecher (Genauerer hierzu wurde in Abschnitt 2.4 diskutiert). {vgl. 3.0}

Trotzdem gilt es, genau zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen es nicht doch gelingt, Schallquellen auf der Seite abzubilden. Was geschieht genau mit einer monophonen Schallquelle, die mit gleichem Pegel von vorne links und hinten links wiedergegeben wird? Orten wir dann zwei Signale, oder bekommt das Signal eine räumliche Ausdehnung? Weiter wurde bisher meines Wissens noch nicht untersucht, was passiert, wenn bei einem *stereophonen* Signal ein Kanal auf vorne links und der andere auf hinten links gegeben wird. Wird das Signal dann auf den Seiten in seiner natürlichen räumlichen Ausdehnung wahrgenommen? In Versuchsreihe 2 wird das Verhalten der Seitenabbildung bei monophon, in Versuchsreihe 3 bei stereophon aufgenommenen Schallquellen untersucht.

### Versuch 2a1:

Ein Flügel (monophon aufgenommen) wurde mit gleichem Pegel sowohl auf L, als auch auf Ls gegeben. Zusätzlich wurde das Signal auf dem hinteren Lautsprecher zwischen 0 und 15 ms verzögert.

- I) Verzögerung 00 ms
- II) Verzögerung 03 ms
- III) Verzögerung 06 ms
- IV) Verzögerung 09 ms
- V) Verzögerung 12 ms
- VI) Verzögerung 15 ms

### Versuch 2a2:

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 2a1. Der Flügel wurde in diesem Versuch gleichzeitig, aber mit unterschiedlichen Pegeln auf die beiden Lautsprecher L und Ls gegeben. Für die Positionsangaben verwende ich die Werte in Digidesign's Surroundpanner für die vorne/hinten Position. Bei einem Wert von -100 ist das Signal vollständig auf dem hinteren linken, bei +100 auf dem vorderen Lautsprecher ortbar. Der Wert 0 entspricht der Mitte zwischen L und Ls (also 70°).

- I) Vorne/hinten Position: 0
- II) Vorne/hinten Position: 33
- III) Vorne/hinten Position: 66

### Auswertung 2a:

Dass der Klang des Flügels nicht aus einer Phantommitte zwischen den beiden Lautsprechern kommen würde, war klar; entsprechende Überlegungen zur Problematik der Seitenabbildung wurden ja in Abschnitt 2.1 und 2.4 ausführlich diskutiert. Trotzdem ist das Resultat interessant. Ein Hauptmerkmal ist, dass der Klang wesentlich *näher* beim Hörer zu sein scheint, als wenn er nur auf einen Lautsprecher gegeben wird. Der Klang verlässt gewissermassen den Phantomkreis, er ist definitiv nicht mehr auf dem Boxenkreis zu orten, sondern innerhalb des Phantomfelds. Es gelingt aber nicht, das Abbild des Flügels

exakt zu lokalisieren, es scheint vielmehr eine räumliche Ausdehnung bekommen zu haben, deren Fläche sich nahe beim Hörer befindet. Das Resultat ist in extremer Weise frequenzabhängig, je nachdem, in welcher Lage der Pianist gerade spielt, werden Klänge vorne, dann plötzlich wieder von hinten geortet. In anderen Frequenzlagen wurden die Töne fast unmittelbar neben dem Ohr geortet.

Die Erlebnisse waren für verschiedene Hörer unterschiedlich. Alle beschrieben die selben Hörerlebnisse, aber oft bei verschiedenen Tönen. Allen gemeinsam war auch die Empfindung, dass das Klangerlebnis unangenehm war. Die Nähe des Flügels war störend, der Klang hörte sich subjektiv unangenehm beengend an.

Etwas angenehmer anzuhören war das Resultat, wenn das Signal des hinteren Lautsprechers verzögert war oder der vordere

Lautsprecher einen höheren Pegel hatte. Das Klangbild ist dann zwar von vorne ortbar, aber erscheint nicht im vorderen, linken Lautsprecher, sondern je nach Verzögerungs- bzw. Pegelverhältnissen bei 30° bis 60° und etwas näher beim Phantomkreis. Je grösser die Verzögerung oder der Pegelunterschied desto näher war das Signal beim vorderen linken Lautsprecher ortbar, und desto näher war es beim Phantomkreis lokalisierbar. Direkt auf dem Kreis ortbar, so wie die Phantomschallquellen zwischen linkem und rechtem Lautsprecher waren die Signale in diesem Versuch allerdings nie. Die Ortungsstabilität wurde bei zunehmender Verzögerung oder Pegelunterschied etwas besser, auch der beengend unangenehme Klangeindruck war mit zunehmender Verzögerung oder Pegelunterschied nicht mehr ganz so ausgeprägt.

### Versuch 2b1:

Gleiche Versuchsanordnung wie 2a, aber diesmal mit Gesang.

Verzögerungen:

- I) Verzögerung 00 ms
- II) Verzögerung 03 ms
- III) Verzögerung 06 ms
- IV) Verzögerung 09 ms
- V) Verzögerung 12 ms
- VI) Verzögerung 15 ms

Intensitätsunterschiede:

- VII) Vorne/hinten: 0
- VIII) Vorne/hinten: 33
- IX) Vorne/hinten: 66

### Auswertung Versuch 2b:

Die Stimme liess sich insgesamt stabiler auf der Seite platzieren, als der Flügel. Bei Versuchsanordnung I) wurde die Stimme recht gut seitlich geortet, vorausgesetzt man befand sich in optimaler Hörposition. Bewegte man sich auch nur wenig nach hinten oder vorne, so kippte die Phantomschallquelle sofort in die gleiche Richtung. Dabei verschiebt sie sich nicht so, wie sich bei der Zweikanal-Stereophonie Phantomschallquellen zwischen L/R verschieben, wenn man sich nach links oder rechts bewegt, sondern viel stärker. Die Quellen waren schon viel näher beim entsprechenden Lautsprecher, wenn man nur den Kopf 10 cm nach vorne beugte. Auch wenn man den Kopf absolut still hielt, war die Ortung nicht vollständig stabil. Bei höheren Tönen war die Stimme etwa bei 50° ortbar, schien also von eher vorne zu kommen, im Vergleich zu den eher tiefen Tönen, die sich ziemlich exakt bei 70° orten liessen (also der Mitte aus L und Rs). Wie schon bei Versuch 2a schien auch hier das Schallereignis näher beim Ohr zu sein, und die Klangqualität war wiederum schlechter, als wenn die Stimme aus nur einem Lautsprecher kam.

Bei zusätzlicher Verzögerung des hinteren Lautsprechers verschob sich die Ortung entsprechend nach vorne. Ab 9 ms wurde die Stimme vollständig aus der Richtung des

vorderen linken Lautsprecher geortet. Bezüglich Bewegungen des Hörers nach hinten oder vorne war die Ortung sehr gut, bei leichten Bewegungen des Hörers verschob sie sich nur minimal.

Immer jedoch hörte man auch den hinteren Lautsprecher. Aus ihm schien wie ein „Schatten“ der Stimme zu kommen, den man vor allem bei zischartigen Lauten störend vernahm. Je grösser die Verzögerung, desto mehr kam dieser „Schatten“ zum Vorschein, bei V) und VI) könnte man auch von einer Doppelortung sprechen, wobei die Richtungsortung dennoch nie beeinträchtigt war, sondern wie schon gesagt bei zunehmender Verzögerung des hinteren Lautsprechers nach vorne wanderte und, vor allem bei V) und VI), dort stabil war. Der hintere Lautsprecher klang hier fast so, als wäre auf das Signal eine viel zu kleine Raumsimulation eines Billigeffektgeräts gemischt worden.

Bei Intensitätsunterschieden war das Problem, dass der hintere Lautsprecher störend ortbar ist, bedeutend kleiner. Dafür verschob sich hier die Ortung bei Bewegungen des Hörers wieder stärker.

### Interpretation 2a und 2b:

Während wir vorne Richtungen hauptsächlich aufgrund von Laufzeit-, Intensitätsunterschieden und Filterungen, die durch die Abschattung des Kopfes verursacht werden {vgl. 2.1.1}, hören, funktioniert die vorne/hinten Ortung hauptsächlich, indem das Gehirn die komplexe Filterung, die durch die Ohrmuscheln verursacht wird, auswertet (gemäss Abschnitt 2.1 und 2.4). Ein von hinten eintreffendes Schallereignis wird durch die Ohrmuschel anders in Frequenz und Phasenlage verändert, als ein von vorne kommendes Schallereignis, und diese Information wertet das Gehirn aus, um ein von hinten kommendes Signal zu orten. Ein Signal von der Seite wird durch den Einfallswinkel anders gefiltert, als ein von hinten kommendes

Signal. Versucht man nun, eine Phantommitte auf der Seite zu erzeugen, so bekommt das Gehirn zwei verschiedene Signale. Das von hinten kommende Signal wird, durch die Ohrmuschel gefiltert, im Hirn als entsprechend von hinten kommend, das vom vorderen Lautsprecher als von vorne kommend interpretiert. Die beiden Signale sind nach dieser Filterung wohl nicht mehr ähnlich genug, um vom Gehirn als nur ein Signal interpretiert zu werden.

Deshalb kann mit Monosignalen keine stabile Phantommitte auf der Seite geschaffen werden. Durch die von der Ohrmuschel verursachte Filterung entsteht eine Art Pseudo-Stereo-Effekt (etwa ähnlich, wie wenn ein Monosignal bei einer Zweikanal-Mischung auf beide Lautsprecher gegeben wird, auf dem einen aber leicht anders gefiltert. Dies führt sofort zu einer Pseudo-Stereo-Wirkung). Die Tatsache, dass bei der Stimme eine bessere Ortung erzielt werden kann als beim Flügel, hängt wahrscheinlich mit der Interpretation im Gehirn zusammen. Ein Flügel ist ein breit abstrahlendes Instrument, er klingt rechts anders als links, und wir sind uns breite Stereoaufnahmen bei Flügel gewohnt. Eine Stimme hingegen ist eine punktförmige, gerichtet abstrahlende Schallquelle und wir sind es gewohnt, dass sie nur aus einer Richtung kommt. Diese Tatsache hilft unserer Wahrnehmung vermutlich, den Gesang als monophone Schallquelle stabiler zu orten, als einen Flügel.

### Versuch 2c:

Gleiche Versuchsanordnung wie 2a, aber diesmal mit einem monophon aufgenommenen Schlagzeug<sup>7</sup>.

#### Verzögerungen:

- I) Verzögerung 00 ms
- II) Verzögerung 03 ms
- III) Verzögerung 06 ms
- IV) Verzögerung 09 ms

---

<sup>7</sup> 1 Brauner VM1 Mikrophon auf Nierencharakteristik geschaltet, über dem Kopf des Schlagzeugers positioniert.

- V) Verzögerung 12 ms

#### Intensitätsunterschiede:

- VI) Vorne/hinten: 33
- VII) Vorne/hinten: 66

### Auswertung und Interpretation 2c:

In diesem Versuch war die Seitenabbildung recht stabil, allerdings scheint unsere Wahrnehmung ein paar Sekunden zu benötigen, um die Informationen zu deuten. In diesen ersten Sekunden hörte man das Schlagzeug sehr räumlich, aus vielen Richtungen kommend. Kurz darauf stellte sich dann eine ziemlich stabile Ortung ein. Der Kopf durfte allerdings nicht bewegt werden. Durch eine minimale Bewegung des Kopfes nach vorne oder hinten, verschob sich die Position des Schlagzeuges drastisch zum entsprechenden Lautsprecher. Bei Drehung des Kopfes war ein Filtereffekt hörbar, etwa so, wie wenn man die Frequenz eines schmalbandigen Bandpassfilters verändert. Dennoch blieb die Ortung in diesem Fall stabil. Die gehörte Frequenzänderung ist vermutlich ein Teil der oft zitierten Filterung, die durch die Ohrmuscheln verursacht wird, und deren Frequenz und Phasenlage je nach Einfallswinkel des Schalls anders ist. Dreht man den Kopf, so ist das gleichbedeutend, wie wenn sich die Schallquelle um den Kopf drehen würde. Die Einfallrichtung wird also verändert, und demnach auch der Klang. Dass dies in diesem Versuch zum ersten Mal auch hörbar wahrgenommen wird, hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass das Schlagzeug über einen relativ grossen Frequenzumfang verfügt und keine harmonischen Komponenten aufweist. Bei einem Flügel oder gesungener Stimme ändern sich Töne und Akkorde ständig, deshalb waren bei Versuch 2a/b wohl diese Filtereffekte nicht zu hören.

Bei zunehmender Verzögerung des hinteren Lautsprechers wanderte das Abbild des Schlagzeugs zunehmend zum vorderen Lautsprecher, wobei diese Ortung frequenzspezifisch war. Sehr präzise konnte

jeweils die Bass- und Snaredrum geortet werden, sie verschob sich bei zunehmender Verzögerung zu dem nicht verzögerten Lautsprecher. Das Becken hingegen war immer aus beiden Lautsprechern hörbar (Doppelortung), fiel im Klangbild auseinander. Die Ortung war zwar vorne, aber man könnte meinen, hinten würde ein anderes Becken etwas leiser und dumpfer genau das gleiche spielen. Dieser Effekt verstärkte sich mit zunehmender Verzögerung. Das gleiche Phänomen ist auch schon bei 2b (Singstimme) aufgefallen. Auch dort waren es vor allem hochfrequente Zischlaute, die diesen Effekt aufwiesen.

Bei Intensitätsunterschieden trat dieser Effekt auch auf, allerdings wurde er schwächer, mit zunehmendem Intensitätsunterschieden.

#### Versuch 2d:

Gleiche Versuchsanordnung wie 2a, aber diesmal mit einer monophonen Aufnahme eines Wasserfalls<sup>8</sup>.

#### Verzögerungen:

- I) Verzögerung 00 ms
- II) Verzögerung 03 ms
- III) Verzögerung 06 ms
- IV) Verzögerung 09 ms
- V) Verzögerung 12 ms

#### Pegelunterschiede:

- VI) Vorne/hinten: 33
- VII) Vorne/hinten: 66

#### Auswertung und Interpretation 2d:

Bei gleichem Pegel auf beiden Lautsprechern und ohne Verzögerung gelang es hier nicht, eine stabile Ortung zwischen den Lautsprechern zu erreichen. Bei optimaler Hörposition im Sweetspot und unter der Voraussetzung, dass der Kopf exakt auf den Centerlautsprecher gerichtet war, gelang es, den Wasserfall in der Phantommitte L/Ls auf der Seite zu orten, wobei er aber nicht punktförmig, sondern breit wahrgenommen

wurde. Es trat also eine ähnliche Raumwirkung auf, wie bei Versuch 2a. Bei Drehung des Kopfes fiel die Ortung sofort zusammen, und es wurden zwei Quellen in den entsprechenden Lautsprechern geortet. Der Filtereffekt, der bei 2c auffiel, war hier bei Drehung des Kopfes auch zu hören, allerdings weniger ausgeprägt.

Bei Intensitätsunterschieden wurde die Ortungsstabilität erheblich verbessert. Bei VII) war der Wasserfall vollständig im vorderen Lautsprecher hörbar. Bei VI) war der Wasserfall stabil bei etwa 45° zu orten.

Bei Laufzeitunterschieden wanderte die Ortung zwar auch in Richtung des nichtverzögerten Lautsprechers, das Abbild des Wasserfalls wurde aber mit zunehmender Verzögerung breiter, bei längeren Verzögerungen hätte es sich ebenso gut um einen mit zwei Mikrofonen aufgenommenen Wasserfall handeln können. Die Richtungswahrnehmung war aber immer vorne.

#### Versuch 3a1:

Ein Flügel wurde mit zwei Mikrofonen aufgenommen, ein Signal wurde auf L, das andere auf Ls gegeben.

#### Auswertung und Interpretation 3a1:

Hier erbot sich ein gänzlich anderes Resultat, als man es aus den Erfahrungen aus 2a1 mit dem monophon aufgenommenen Flügel hätte annehmen können. Das Abbild des Flügels war nun von der Seite ortbar und von der Entfernung her richtig, auf dem Phantomkreis platziert. Die als subjektiv unangenehm empfundene „Nähe“, die bei Versuch 2a1 bei der monophonen Flügelaufnahme auftrat, war nicht mehr vorhanden. Das Klangbild war jedoch sehr breit und zerfiel zum Teil etwas, war dann wiederum zum Teil von vorne und hinten ortbar. Dies ist aber mit Sicherheit auch davon abhängig, wie weit die zwei bei der Aufnahme verwendeten Mikrophone

---

<sup>8</sup> aufgenommen mit einem DPA 4011 Mikrophon.

auseinander stehen. Auch stört das etwas zu breite Klangbild bei vielen Musikrichtungen nicht.

#### Versuch 3a2:

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 2d, nur wurde die Breite des Flügelabbilds eingeschränkt. Das hintere Signal wurde auch etwas auf den vorderen Lautsprecher, das vordere etwas auf den hinteren Lautsprecher gegeben (Signal vorne bei 45 °, Signal hinten bei 95°).

#### Auswertung und Interpretation 3a2:

Das Abbild des Flügels war nun nicht mehr übermässig breit. Man hört links von sich, zwischen den Seitenlautsprechern einen Flügel, dessen Abbild eine natürliche räumliche Ausdehnung aufweist. Negativ fiel bei dieser Anordnung hingegen auf, dass das Klangbild wieder subjektiv unangenehm beengend wurde. Nun wird klar, dass es für die menschliche Wahrnehmung störend ist, wenn von vorne und hinten identische Signalanteile eintreffen. Dies war bei den Versuchen 2a-c der Fall, aber auch bei diesem Versuch treten, wegen der Einschränkung der Abbildungsbreite, identische Signalanteile auf beiden Lautsprechern auf, wenn auch mit unterschiedlichen Pegeln.

#### Versuch 3a3:

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 3a1 (also das Signal des einen Mikrophons nur auf einem, das des anderen nur auf dem andern Lautsprecher). Zusätzlich wurde nun der hintere Lautsprecher verzögert (Verzögerungszeiten 0 bis 21 ms).

- I) Verzögerungszeit 0ms
- II) Verzögerungszeit 3ms
- III) Verzögerungszeit 6ms
- IV) Verzögerungszeit 9ms
- V) Verzögerungszeit 12ms
- VI) Verzögerungszeit 15ms
- VII) Verzögerungszeit 18ms
- VIII) Verzögerungszeit 21ms

#### Auswertung und Interpretation 3a3:

Mit diesem Verfahren lassen sich nun in der Tat beeindruckende Resultate bezüglich der Ortbarkeit und der räumlichen Ausdehnung eines Flügels erzielen. Durch die Verzögerung des hinteren Kanals wird die Abbildungsbreite eingeschränkt, der Flügel wird nun nicht mehr überbreit wahrgenommen. Das Klangbild leidet in diesen Versuchen in keiner Art und Weise, der „beengend“ empfundene Klangeindruck aus 3a2 tritt nicht auf. Je nach gewünschter Platzierung kamen unterschiedliche Verzögerungen zum Einsatz. Je grösser die Verzögerungszeiten des Signals, das auf den hinteren Lautsprecher gegeben wurde, desto näher war der Flügel beim vorderen Lautsprecher zu orten. Dies ging etwa bis 17 ms, danach fiel die Ortung wieder auseinander, weil die Signale zeitlich nun so weit auseinander waren, dass sie vom Gehirn nicht mehr als zusammengehörendes Schallereignis interpretiert wurden.

Wird mit Verzögerungen gearbeitet, muss auch in Kauf genommen werden, dass das Abbild des Signals nicht mehr genau in der Seitenmitte zwischen den beiden Lautsprechern (bei 70°) platziert werden kann, da, wenn man einen Kanal verzögert, sich das Abbild der Schallquelle zur Seite des anderen Lautsprechers verschiebt.

#### Versuch 3b1:

Gleiche Versuchsanordnung wie 3a, diesmal mit einem zweikanalig aufgenommenen Schlagzeug<sup>9</sup>.

#### Auswertung 3b1:

Das Resultat war das gleiche, wie bei Versuch 3a, das Schlagzeug wurde zwar links gehört,

---

<sup>9</sup> aufgenommen mit zwei Brauner VM1 Mikrophonen, Niere, klein AB über dem Kopf des Schlagzeugers, gegen die Becken ausgerichtet. Das Signal des einen Mikrophons wurde auf L, das des anderen auf Ls gegeben.

klang auch natürlich, die räumliche Ausdehnung des Abbilds war aber zu breit.

#### Versuch 3b2:

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 3b1), das zu breite Abbild wurde mit Intensitätspannung etwas korrigiert. Linkes Signal auf 45°, rechtes auf 95°.

#### Auswertung 3b2:

Die räumliche Ausdehnung des Schlagzeugabbilds war jetzt natürlicher, ohne dass das Klangbild unangenehm anzuhören war, wie man es nach dem Resultat von Versuch 2a2 hätte erwarten können.

#### Versuch 3b3:

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 3b1, das zu breite Abbild wurde durch unterschiedliche Verzögerungen des Signals auf dem hinteren Lautsprecher ausgeglichen.

- I) Verzögerungszeit 0 ms
- II) Verzögerungszeit 3 ms
- III) Verzögerungszeit 6 ms
- IV) Verzögerungszeit 9 ms
- V) Verzögerungszeit 12 ms

#### Auswertung und Interpretation 3b3:

Während sich Signale, die auf beiden Lautsprechern ungefähr gleich laut waren, gut durch die Laufzeitunterschiede in der Ortung verschieben liessen, war dies mit Signalen, die auf einem Kanal deutlich lauter waren, als auf dem anderen, nicht möglich. Dies war vor allem bei der Hihat Abbildung ein Problem. Während sich mit zunehmender Verzögerung des hinteren Kanals Snare und Becken in Richtung des vorderen Lautsprechers verschoben, blieb die Hihat immer im hinteren Lautsprecher ortbar<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> In weiteren Versuchen würde es sich sicher lohnen, auszuprobieren, in wie fern dieser Effekt mit der Mikrofonanordnung zusammenhängt. Vielleicht würde die XY Mikrofonierung hier bessere Resultate liefern.

#### Versuch 3c1:

Ein Wasserfall wurde stereophon mit 2 DPA 4011 (Mikrofonanordnung klein AB) aufgenommen. Ein Signal wurde auf L, das andere auf Ls gegeben.

#### Versuch 3c2:

Gleiche Versuchsanordnung wie 3c1, zusätzlich wurde die Abbildungsbreite mit Intensitätspannung etwas eingeschränkt (Signal 1 auf 45°, Signal 2 auf 95°).

#### Versuch 3c3:

Gleiche Versuchsanordnung wie 3c1, zusätzlich wurde die Abbildungsbreite durch unterschiedliche Laufzeitunterschiede des Signals zwischen L und Ls eingeschränkt.

- I) Verzögerungszeit 3 ms
- II) Verzögerungszeit 6 ms
- III) Verzögerungszeit 9 ms
- IV) Verzögerungszeit 12 ms

#### Auswertung und Interpretation 3c 1-3:

Das Abbild des Wasserfalls war in jeder Versuchsanordnung ausgesprochen natürlich. Bei 3c1 war das Abbild des Wasserfalls am breitesten und von vorne und hinten waren fast schon zwei verschiedene Wasserfälle zu hören. Dies entsprach aber durchaus der Aufnahme, wurde das Signal auf L/R gehört, so fiel auch hier auf, dass die beiden Signale unterschiedlich klangen. Bei 3c2 war das Klangbild im Vergleich zu den Resultaten aus 3c1 und 3c3 etwas „beengender“, ohne direkten Vergleich fiel dies allerdings nicht auf. Bei 3c3 liessen sich beeindruckende Resultate bezüglich guter Ortbarkeit und trotzdem natürlicher Ausdehnung des Abbilds erreichen.

Dass alle Resultate auf die eine oder andere Weise hier überzeugend waren, hat wohl damit zu tun, dass ein Wasserfall eine breit

abstrahlende Schallquelle ist, die aus vielen Einzelschallquellen besteht. Jeder Wasserfall ist diesbezüglich anders. Die Klangveränderungen, die durch die Verzögerungen entstehen, klingen deshalb immer noch nach einem Wasserfall, es könnte ebenso gut in Natura so geklungen haben. Bei einem Schlagzeug hingegen wissen wir eindeutig, dass es nicht möglich ist, dass das Drum rechts steht, und nur die Hi-hat links, genauso kann ein Flügel nicht zehn Meter breit sein. Bei einem Wasserfall sind diese Dinge hingegen möglich, wir wissen beim Anhören einer Aufnahme nicht, wie breit er in Natura war, und wie er sich angehört hat.

#### Zusammenfassung Versuchsreihe 2 und 3:

Monophone Schallereignisse lassen sich nicht zufriedenstellend auf der Seite abbilden. Die Richtungsart ist instabil und verschiebt sich, auch schon bei kleinen Bewegungen des Hörers drastisch zu dem näheren Lautsprecher. Die Signale bekommen oft eine räumliche Ausdehnung und werden *innerhalb* des

### **4.3 Versuchsreihe 4&5**

In diesem Versuch ging es darum, zu untersuchen, wie sich ein monophones Signal verhält, wenn es auf mehrere Lautsprecher mit Intensitäts- und Laufzeitunterschieden gegeben wird. Um ein Schallereignis mit Intensitätsunterschieden zu platzieren wurde Digidesign's Surroundpanner verwendet.

#### 4.3.1 Die Funktionsweise eines Surroundpanners basierend auf Intensitätsunterschieden:

Bei einem Surroundpanner basierend auf Intensitätsunterschieden wird die Position eines Ereignisses entweder in einem XY Koordinatensystem (bei Mischpulten häufig mit einem Joystick), oder einem aus drei Drehreglern bestehendem Panning (vorne l/r, hinten l/r und vorne/hinten) eingegeben. Mit diesen drei Reglern lassen sich alle Positionen innerhalb des

Phantomfeldes geortet. Der Klangeindruck wirkt in den meisten Fällen subjektiv unangenehm und beengend, offenbar ist es für unsere Wahrnehmung unangenehm, wenn von vorne und hinten identische Signalanteile eintreffen. Die Negativeffekte lassen sich etwas **minimieren**, wenn das Signal nicht in die Phantommitte L/Ls, sondern etwas weiter in Richtung des vorderen Lautsprechers mittels Intensitäts- oder Laufzeitunterschieden gepannt wird.

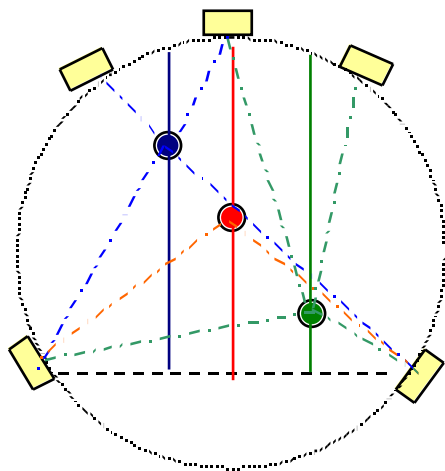
Stereophone Schallereignisse lassen sich gut auf der Seite abbilden, werden aber etwas zu breit abgebildet. Eine Verminderung der zu breiten Abbildung durch Intensitätsspannung hat sofort wieder den „beengenden“ Klang zur Folge, weil in diesem Fall von vorne und hinten wieder identische Signalanteile eintreffen. Durch Verzögerung des Signals auf dem hinteren Lautsprecher kann die Breite eingeschränkt werden, ohne dass klangliche Einbußen auftreten. Bei dieser Methode verschiebt sich aber das Klangbild in die Richtung des nichtverzögerten Lautsprechers.

Phantomfeldes beschreiben<sup>11</sup>. Um darin ein Schallereignis zu platzieren, wird vorne und hinten je eine Phantomschallquelle gebildet. Das Pegelverhältnis der vorderen zu den hinteren Lautsprechern wird durch die vorne/hinten Position des gewünschten Platzierungsortes bestimmt. Dazu einige Beispiele:

---

<sup>11</sup> Eigentlich würden zwei Regler (einer für L/R und einer für hinten/vorne) bereits reichen, um sämtliche Positionen innerhalb des Phantomfeldes zu beschreiben. Der Vorteil bei drei Reglern (vorne l/r, hinten l/r, vorne/hinten) ist, dass zum Beispiel vorne die Position auf links, hinten auf rechts gestellt werden kann. Mittels dem vorne/hinten Regler kann jetzt die Position des Schallereignisses auf einer Linie von vorne links zu hinten rechts bewegt werden, ohne dass die anderen zwei Regler verändert werden müssen.



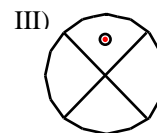
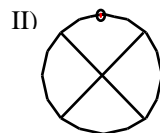
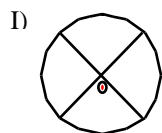


■ Hier wird für vorne eine Phantomschallquelle zwischen linkem und Centerlautsprecher gebildet, der Center ist ein bisschen lauter, da die Quelle etwas näher beim Center, als beim linken Lautsprecher steht. Hinten wird die Phantomschallquelle aus Ls und Rs gebildet, wobei Ls hier wesentlich lauter als Rs ist, da das Signal in der linken Hälfte des Phantomfeldes platziert ist. Die vorderen Lautsprecher (L & C) sind nun im Verhältnis zu den hinteren entsprechend lauter, damit die Quelle innerhalb des Phantomkreises an der gewünschten Position in der vorderen Hälfte des Phantomfeldes geortet wird.

■ Da das Signal seitlich gesehen genau in der Mitte ist, kann es vorne einfach auf den Center gegeben werden. (L/R sind in diesem Falle inaktiv). Hinten wird es mit gleichem Pegel auf die Lautsprecher gegeben, um hinten eine Phantommitte zu generieren. Da das Signal auch zwischen vorne und hinten in der Mitte ist, muss das Signal von vorne nun gleich laut sein, wie das von hinten kommende Signal.

■ Hier wird zwischen Center und rechtem Lautsprecher für vorne, und wiederum zwischen Ls und Rs für hinten je eine Phantomschallquelle gebildet. Ls und Rs sind nun im Verhältnis zu Center und rechtem Lautsprecher deutlich lauter, da das Signal im hinteren Teil des Phantomfeldes geortet werden soll.

Abb. 5: Beispiele, wie Phantomschallquellen auf die fünf Lautsprecher verteilt werden.



#### Versuch 4a:

Eine Bassdrum wurde mittels Intensitätsunterschieden an verschiedene Orte im Phantomfeld gepant. Snare und HiHat waren bei dem Versuch immer auf den Center geroutet. (Der Kreis stellt jeweils den Phantomkreis dar, der rote Punkt ist die Schallquelle)

#### Auswertung und Interpretation 4a:

Als erstes wurde die Bassdrum in die Mitte des Phantomfeldes gepant, das heisst also, dass der Center und die beiden hinteren Lautsprecher aktiv sind. Das Resultat war eine Raumwirkung, und keineswegs eine Phantommitte, das Signal wurde nicht im, oder

über dem Kopf geortet. Die Bassdrum war nicht mehr klar lokalisierbar, schien den Hörer zu umrunden oder wurde doppelt geortet. Eine weitere, im theoretischen Teil aufgestellte These, wird hier auch bestätigt, aufgrund der Boxenabstände kam es zu unerwünschten Frequenzauslöschungen im Bereich von 100 Hz. Der Abstand von den hinteren und den vorderen Lautsprechern war in meinem Studio genau 1.30 Meter, und in der Mitte gab es bei 100 Hz entsprechend eine Auslöschung. Da die Boxenabstände in jedem Studio und Wohnzimmer immer wieder verschieden sind, empfiehlt es sich nicht unbedingt, tieffrequente Schallereignisse auf alle Lautsprecher zu geben.

Mit anderen Positionen im Surroundfeld verhält es sich nicht mehr so kritisch. Sobald die Bassdrum aus dem Centerlautsprecher lauter kommt als aus den hinteren, funktioniert die Ortung, vorausgesetzt man befindet sich in der optimalen Hörzone, gut. Die Richtung ist klar lokalisierbar, die Bassdrum erscheint (wie gewünscht) näher beim Zuhörer, wirkt aber gleichzeitig viel räumlicher, als wenn sie alleine vom Centerkanal wiedergegeben wird.

Generell ist hier auch auf das Problem hinzuweisen, dass die Ortung extrem von der Hörposition abhängig ist. Befindet sich der Hörer bei Versuch III) nicht im Zentrum des Phantomkreises, sondern im hinteren Viertel, also wesentlich näher bei den hinteren, als bei den vorderen Lautsprechern, so wird das Schallereignis in diesem Fall nicht mehr in der vorderen Hälfte, sondern von den hinteren Lautsprechern geortet, da diese jetzt deutlich näher beim Hörer sind<sup>12</sup>.

#### Versuch 4b:

Gleicher Versuch wie 4a, aber mit Singstimme. Wiederum 3 Versuchsanordnungen (I,II,III), gleiche Positionierungen wie bei 4a I-III.

#### Versuch 4c:

Gleiche Versuchsanordnung wie 4a, diesmal mit einem monophonen Flügelsignal. Wiederum drei Versuchsanordnungen (I,II,III), gleiche Positionierungen wie bei 4a I-III.

#### Auswertung und Interpretation 4b und 4c:

Bei Anordnung I) liess sich keine stabile Abbildung erzielen. Vor allem der Flügel war je nach gespielten Tönen vorne oder hinten ortbar. Auch wirkte der Klang bei Flügel und Stimme wieder subjektiv unangenehm beengend. Bei Anordnung III) waren die

Resultate besser. Befand man sich an optimaler Hörposition, so stimmte die Richtungsabbildung recht gut, wenngleich die hinteren Lautsprecher gelegentlich geortet werden konnten. Bei der Stimme geschah dies vor allem bei Zischlauten. Der unangenehme Klangeindruck war immer noch vorhanden, wenngleich nicht mehr so stark ausgeprägt wie bei I).

#### Versuch 5a:

In diesem Versuch wurde die Bassdrum auf alle Lautsprecher gegeben, die Ortung wurde mit Laufzeitunterschieden bewerkstelligt. Bei den letzten zwei Versuchen (VIII und IX) kommen zusätzlich auch Intensitätsunterschiede zum Einsatz.

Folgende Versuchsanordnungen wurden gemacht (es wird jeweils angegeben, auf welchen Kanälen mit welchen Pegeln und welchen Verzögerungszeiten die Bassdrum vorhanden war):

- |       |  |
|-------|--|
| I)    | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +3ms // Ls&Rs: nichts        |
| II)   | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms // Ls&Rs: nichts        |
| III)  | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +9ms // Ls&Rs: nichts        |
| IV)   | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +3ms // Ls&Rs: 0 db, + 6ms   |
| V)    | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms // Ls&Rs: 0 db, + 9ms   |
| VI)   | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms // Ls&Rs: 0 db, +12ms   |
| VII)  | C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +9ms // Ls&Rs: 0 db, +15ms   |
| VIII) | C: +3 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms // Ls&Rs: 0 db, +12ms  |
| IX)   | C: +3 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms // Ls&Rs: -2 db, +12ms |

#### Auswertung und Interpretation 5a:

Die Resultate lassen sich am ehesten als Raumwirkung bezeichnen. In den meisten Versuchsanordnungen ist das Signal von vorne ortbar, wobei man aber immer auch deutlich

<sup>12</sup> Das gleiche Phänomen kennen wir auch aus der Zweikanal-Stereophonie. Eine Schallquelle die sich in der Phantommitte befinden sollte, verschiebt sich bei nicht optimaler Hörposition auf der Phantomlinie in Richtung des Hörers.

von hinten einen Signalanteil hört (Doppelortung). Eine optimale Vorne-Ortung wurde bei Versuch IX, bei dem der Center 3 dB angehoben, und die hinteren Lautsprecher je 2 dB abgesenkt wurden, erreicht. Betreffend der Vorneortung waren die Verzögerungszeiten 6 ms für L/R und 12 ms für Ls/Rs optimal.

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Probleme der Frequenzauslöschungen und -anhebungen treten in dieser Versuchsanordnung nicht mehr so stark hervor, weil bei perkussiven Instrumenten, deren Hüllkurven sich schnell verändern, durch die Verzögerung der hinteren Lautsprecher gleiche Energien am Sweetspot nicht mehr zeitgleich vorhanden sind. Somit kann es auch zu keinen gravierenden Auslöschungen oder Verstärkungen kommen. (Ganz im Gegensatz zu Instrumenten, die sich über eine längere Zeitdauer pegelmässig nicht zu stark ändern, zum Beispiel gestrichener Kontrabass, oder Kirchenorgel).

Das Klangbild war überaus druckvoll und wies eine räumliche Ausdehnung auf, die Ortung blieb stabil. Gerade für Popmusik kann dies genutzt werden, um z.B. einen „brachialen“ Schlagzeugsound zu kreieren, bei dem Snare und Bassdrum immer noch aus dem Center geortet werden, aber trotzdem gemäss den Versuchsanordnungen aus allen Lautsprechern kommen. Einen vergleichbaren „Sound“ lässt sich bei Stereomischungen nicht erzielen, es eröffnen sich hier definitiv neue Gestaltungsmöglichkeiten bei Fünfkanal-Mischungen.

#### Versuch 5b:

Ein monophon aufgenommener Flügel wurde auf alle fünf Lautsprecher gegeben, die vorne Ortung wurde mit Laufzeitunterschieden der Kanäle erzielt.

- I) C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +3ms //  
Ls&Rs: 0 db, + 6ms
- II) C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms //  
Ls&Rs: 0 db, + 9ms

- III) C: 0 db, 0 ms // L&R: 0 db, +6ms //  
Ls&Rs: 0 db, +12ms

#### Auswertung 5b:

In dieser Versuchsanordnung trat wiederum das schon bekannte Problem auf, dass wir es als subjektiv unangenehm empfinden, wenn von vorne und hinten identische Signale eintreffen. Auch liess sich keine zufrieden stellende Ortung erzielen, immer fielen die hinteren Lautsprecher bei gewissen Frequenzen störend auf (Doppelortung). Welche Frequenzbereiche vorne oder hinten geortet wurden war bei den einzelnen Hörern verschieden (vgl. Interpretation von Versuch 2a und 2b).

#### Zusammenfassung Versuchsreihe 4 und 5:

Bei monophonen Schallereignissen, die mittels Intensitäts- und Laufzeitunterschieden im Phantomfeld platziert wurden, ergaben sich je nach Schallquelle und Panningmethode grosse Unterschiede. Die einzige Gemeinsamkeit war, dass immer eine Raumwirkung entstanden ist. Oft wurden die Signale auch doppelt geortet.

Bei Flügel und Stimme trat wieder das Problem auf, dass es als subjektiv unangenehm empfunden wird, wenn von vorne und hinten identische Signalanteile eintreffen. Bei den Experimenten mit der Bassdrum trat dieses Problem hingegen nicht auf. Mittels Laufzeitunterschieden konnte die Richtungsortung der Bassdrum gut in eine Richtung gelenkt werden, das Signal wurde hierbei jedoch auch von den anderen Lautsprechern wahrgenommen.

Mit dieser Methode lassen sich sehr druckvolle und räumliche Schlagzeugsounds realisieren, die ungewohnt sind, da Schlagzeuginstrumente in Natura keine grosse räumliche Ausdehnung haben. Vergleichbare Sounds waren in Zweikanal-Stereophonie nicht möglich, hier ergibt sich in der Fünfkanal-Stereophonie eine neue Gestaltungsmöglichkeit.

## 4.4 Versuchsreihe 6

Nun wurde untersucht, wie sich mehrkanalig aufgenommene Schallquellen verhalten, wenn sie auf mehrere Lautsprecher mit Intensitäts- und Laufzeitunterschieden gegeben werden.

### Versuch 6a:

Eine Snaredrum wurde mit drei verschiedenen Mikrofonen an unterschiedlichen Positionen aufgenommen. Ein Mikrofon war von oben schräg auf die Snare gerichtet (im folgenden S1 genannt), ein weiteres ganz flach auf den oberen Snarerand (S2), das letzte nahm die Snare von unten auf (S3). S1 wurde immer auf den Center, S2 auf den linken, und S3 auf den rechten Lautsprecher gegeben. Werden mit allen fünf Lautsprechern experimentiert, so werden auf die hinteren Lautsprecher nochmals S2 und S3 gegeben, allerdings entgegengesetzt, also S3 auf Ls und S2 auf Rs. Es wurde angestrebt, dass die Snare generell als von vorne kommend lokalisiert wird.

Es wurden folgende Versuchsanordnungen gemacht (Es wird jeweils angegeben, auf welchen Kanälen mit welchen Pegeln und welchen Verzögerungszeiten die Snaremikrophone vorhanden waren):

I)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +0 ms // Ls&Rs: nichts
II)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +3 ms // Ls&Rs: nichts
III)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +6 ms // Ls&Rs: nichts
IV)	C: +0 db, 0 ms // L&R: -3 db, +6 ms // Ls&Rs: nichts
V)	C: +0 db, 0 ms // L&R: nichts // Ls&Rs: +0db, +3ms
VI)	C: +0 db, 0 ms // L&R: nichts // Ls&Rs: +0db, +6ms
VII)	C: +0 db, 0 ms // L&R: nichts // Ls&Rs: +0db, +9ms
VIII)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +3 ms // Ls&Rs: +0db, +6ms
IX)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +6 ms // Ls&Rs: +0db, +9ms
X)	C: +0 db, 0 ms // L&R: +0 db, +6 ms // Ls&Rs: +0db, +12ms

XI)	C: +3 db, 0 ms // L&R: +0 db, +3 ms // Ls&Rs: -2db, +6ms
XII)	C: +3 db, 0 ms // L&R: +0 db, +6 ms // Ls&Rs: -2db, +9ms

### Auswertung und Interpretation 6a:

Auch hier wiederum entstand eine Raumwirkung, die aber noch einiges „spektakulärer“ war, als bei 3a. Die Resultate klangen wie eine sehr aufwendige Raumsimulation. Je nach Verzögerungszeiten hört man, dass von verschiedenen Richtungen unterschiedliche Signalanteile wahrgenommen werden (Doppelortung), hauptsächlich wenn die Verzögerungszeiten sehr klein oder gross sind. Bei VIII) bis X) klingen die Signale extrem räumlich, mit klarer Vorne-Lokalisation. Bezüglich der Vorne-Ortung liessen sich optimale Resultate erzeugen, wenn man zusätzlich das Signal, das auf den Centerlautsprecher gegeben wurde, um 3 dB angehoben, und das Signal, das auf Ls/Rs gegeben wurde, um 3 dB abgesenkt hat. Obwohl die Snare nun klar vorne ortbar ist, weist ihr Abbild trotzdem eine räumliche Ausdehnung auf, durch die Snare extrem druckvoll, fast übergross und „bombastisch“ erscheint.

Auch zu erwähnen ist die, bei optimalen Verzögerungszeiten und Lautstärkeunterschieden, hervorragende Ortung, die selbst an schlechten Hörpositionen immer noch zufriedenstellend funktioniert. Bei XI) und XII) waren die Verzögerungszeiten und Pegel diesbezüglich optimal. Selbst wenn man sich ausserhalb des Phantomkreises hinter den hinteren Lautsprechern befindet, stimmt die Ortung noch. Einzig wenn man sich sehr nahe bei den hinteren Lautsprechern befindet (ca. 20 cm) kippt die Ortung. Dies lässt sich aber nicht vermeiden, denn an solchen Positionen wird der entsprechende Lautsprecher um einiges lauter als die anderen gehört, auch stimmen die bezüglich der optimalen Hörpositionen eingestellten Verzögerungszeiten nicht mehr.

Anmerkung:

Bei einem Abstand von 3.3 Meter zwischen den vorderen und den hinteren Lautsprechern braucht der Schall 10 ms, um diese Distanz zurückzulegen. Werden die hinteren Lautsprecher um 6 ms gegenüber den vorderen verzögert, so hört man diese Verzögerung in der optimalen Hörzone, oder in diesem Fall auf einer zur Phantomlinie L/R parallelen Linie zwischen den vorderen und hinteren Lautsprechern. Verlässt man diese Linie und geht zu den hinteren Lautsprechern, so ist die Verzögerung bei einem Lautsprecherabstand von ca. 3 Meter in der Nähe bei den hinteren Lautsprechern praktisch ausgeglichen, weil der Schall, um von den vorderen zu den hinteren Lautsprechern zu gelangen, etwa gleich viel Zeit benötigt, wie die hinteren verzögert wurden. Man könnte nun die hinteren Lautsprecher einfach noch mehr verzögern, aber damit würden die Resultate an der optimalen Hörzone nicht mehr überzeugend klingen, da, wenn die Verzögerung zu gross wird, die Signale auch wieder ortbar werden, wie bereits früher beschrieben.

#### Versuch 6b1:

Ein Flügel wurde mit drei Mikrofonen (Klein ABC) aufgenommen. Als Ziel wurde angestrebt, den Flügel generell aus der Richtung des linken Lautsprechers (30° L) zu hören, die Wiedergabe soll eine möglichst naturgetreue Abbildung der räumlichen Ausdehnung des Flügelklangs aufweisen. Die Mikrophone waren vor dem Flügel angeordnet. Das linke Mikrophon wird im folgenden „F1“, das mittlere „F2“ und das rechte „F3“ genannt.

In den folgenden Versuchen wird jeweils F1 auf den linken, F2 auf den Center und F3 auf den hinteren linken Lautsprecher gegeben. Folgende Versuchsanordnungen wurden verglichen.

- |      |  |
|------|--|
| I)   | L: +0 ms // C: + 0 ms, + // Ls: + 0 ms |
| II)  | L: +0 ms // C: + 3 ms, + // Ls: + 3 ms |
| III) | L: +0 ms // C: + 6 ms, + // Ls: + 6 ms |
| IV)  | L: +0 ms // C: + 9 ms, + // Ls: + 9 ms |
| V)   | L: +0 ms // C: +12 ms, + // Ls: +12 ms |

#### Auswertung 6b1:

Während bei I) noch klar drei Lautsprecher hörbar sind, und der Flügel je nach gespielten Tönen und Registern in einem anderen Lautsprecher ortbar war, gab es schon bei Anordnung II) eine klarere Richtungsortung gegen 30°L. Bei Anordnung III) wurde die Richtungsortung so gut, dass die anderen Lautsprecher nur noch vereinzelt gehört

wurden, der Center eigentlich so gut wie nie. Bei Anordnung IV) waren in meinem Studio die Resultate optimal, der Klang wurde bei 30°L geortet, das Klangbild blieb ortungsstabil, trotzdem behielt der Flügelklang eine natürliche räumliche Ausdehnung. Das Klangbild war auch in keiner Weise unnatürlich. Auch Anordnung V) ergab gute Resultate. Bei höheren Verzögerungszeiten wurden die Lautsprecher wieder ortbar.

#### Versuch 6b2:

In weiteren Versuchen wurden F1 zusätzlich auch auf Rs und F3 auf R gegeben. Ziel war es, ein noch volleres Klangergebnis zu erreichen, bei Beibehaltung der stabilen Ortung.

- |      |  |
|------|--|
| I)   | L: +0 ms // C&Ls: + 3 ms // R&Rs: + 6 ms |
| II)  | L: +0 ms // C&Ls: + 6 ms // R&Rs: + 9 ms |
| III) | L: +0 ms // C&Ls: + 9ms // R&Rs: +12 ms  |

#### Auswertung 6b2:

Hier lagen die Resultate für eine gute Richtungswahrnehmung enger. Einzig Versuchsanordnung III) ergab ein gutes Resultat. Die Ortung war bei 30°L, dennoch behielt das Abbild des Flügels seine natürliche Breite, klang sogar noch runder und voller, als bei den Versuchen vorher, bei denen nur L,C,Ls im Spiel waren.

Optimale Resultate liessen sich mit folgenden Verzögerungszeiten erreichen:

- |     |   |
|-----|---|
| IV) | L: 0ms // C: +4ms // R: +8ms // Ls: +7ms<br>// Rs: +9ms |
|-----|---|

Dies hängt damit zusammen, dass der Center zum linken Lautsprecher näher steht, als der rechte oder die hinteren Lautsprecher. Der hintere rechte Lautsprecher steht vom linken am weitesten entfernt. Somit muss er auch am meisten verzögert werden; der Center hingegen muss nur wenig verzögert werden.

#### Zusammenfassung Versuchsreihe 6:

Allgemein ist zu sagen, dass das Richtungsmischen mit Laufzeitunterschieden gut funktioniert, vor allem wenn die Pegel der Signale noch leicht angepasst werden. (Optimal war, wenn der Lautsprecher, aus dem das Signal geortet werden sollte 3 dB lauter, und die zwei am weitesten entfernten Lautsprecher je um 2 dB leiser waren). Allerdings fallen die hinteren Boxen öfter störend auf, als die vorderen. Bei Versuch 6b2 IV) z.B. gab es immer wieder Pianopassagen, die kurz auf den hinteren Lautsprechern ortbar waren. Dies war vor allem bei sehr hohen und sehr tiefen Frequenzen der Fall. Dies führte zu einem weiteren Versuch (6b2 V), bei dem die Signale auf den hinteren Lautsprechern tief- und hochpassgefiltert wurden (bei 200 Hz und bei 8000 Hz, jeweils 6 dB / Oktave). Dies brachte eine deutlich bessere Richtungsstabilität, bei gleich bleibender Klangqualität. Allerdings war nun der rechte Lautsprecher gelegentlich zu orten, auch wurde das Signal etwas weiter rechts wahrgenommen.

Bei der Snaredrum waren die Resultate wiederum druckvoll und räumlich ausgedehnt. Da die Snare eine punktförmige Schallquelle ist, die in Natura keine grosse räumliche Ausdehnung hat, sind die räumlich ausgedehnten Resultate neuartig; vergleichbare Sounds können in der Zweikanal-Stereophonie nicht erzielt werden.

### **4.5 Versuchsreihe 7**

Es soll hier versucht werden, eine Richtungsortung bei monophonen Schallquellen durch Filterung zu erzielen. Das Signal wird jeweils auf den Center, sowie auf Ls und Rs gegeben. Das Signal auf dem Center wird hochpass-, das Signal auf den hinteren Lautsprechern tiefpassgefiltert (nach den Überlegungen von Abschnitt 2.3.1 3). Ziel ist, das Signal aus Richtung des Centers zu hören.

Es wird jeweils angegeben, bei welchen Frequenzen und mit welcher Flankensteilheit die Signale gefiltert wurden. Verwendet wurde immer ein Shelvingfilter, beim Center um die tiefen, bei

den hinteren Lautsprechern um die hohen Frequenzanteile abzusenken.

#### Versuch 7a: Flügel

- |      |  |
|------|--|
| I)   | C: 500 Hz, 3.0 dB/Okt // Ls/Rs: 250 Hz, 3.0 dB/Okt |
| II)  | C: 500 Hz, 1.5 dB/Okt // Ls/Rs: 500 Hz, 1.5 dB/Okt |
| III) | C: 500 Hz, 6.0 dB/Okt // Ls/Rs: 250 Hz, 6.0 dB/Okt |

Versuch 7b: Singstimme, wiederum drei Versuche (I,II,III) mit den gleichen Einstellungen wie bei 7a.

Versuch 7c: Schlagzeug, wiederum drei Versuche (I,II,III) mit den gleichen Einstellungen wie bei 7a.

Versuch 7d: wiederum drei Versuche (I,II,III) mit den gleichen Einstellungen wie bei 7a.

#### Auswertung und Zusammenfassung Versuchsreihe 7:

Bei allen Versuchen wurde das Signal vorne geortet, die Ortung war sehr stabil, die hinteren Lautsprecher wurden kaum gehört, selbst bei schlechteren Hörpositionen weiter hinten. Voraussetzung war jedoch, dass der Kopf nicht gedreht wurde. In diesem Fall wurden die hinteren Lautsprecher sofort hörbar, da L/Ls in diesem Fall nicht mehr seitlich, sondern frontal vor dem Hörer sind. Die Richtungsabbildung nach dieser Methode scheint nur für die vorne/hinten Ortung, nicht aber für die links/rechts Ortung zu funktionieren.

Dafür zeigte diese Art der Richtungsabbildung keine klanglichen Einbussen, wie z.B. die Resultate der Versuche 4b und 4c hätten vermuten lassen können (Ein monophones Schallereignis, das mittels Intensitätsunterschieden auf die vorderen und hinteren Lautsprecher gegeben wurde, hatte einen subjektiv unangenehm „beengenden“ Gesamtklang zur Folge).

## 4.6 Versuchsreihe 8

In diesem Versuch geht es darum zu untersuchen, ob es in der Fünfkanal-Stereophonie möglich ist, den Hörer mit einem Schallereignis „einzuhüllen“. In der Zweikanal-Stereophonie wurde vergleichbares oft mit zwei leicht unterschiedlich eingespielten Pads oder Gitarrenbegleitungen gemacht. Die eine Aufnahme wurde dann ausschliesslich auf den linken, die andere auf den rechten Lautsprecher gemischt. Das Resultat war jeweils eine sehr breite Fläche, vor der dann das restliche musikalische Geschehen aufgebaut werden konnte. Bezüglich der Fünfkanal-Stereophonie soll in diesem Versuch untersucht werden, was passiert, wenn man eine Schallquelle fünf mal aufnimmt, jedes Mal leicht anders gespielt, und die Signale diskret auf die fünf Lautsprecher gibt. Auch soll versucht werden, mit einer monophonen Schallquelle eine Art „Pseudo-Surround-Effekt“<sup>14</sup> zu kreieren.

### Versuch 8a1:

Ein Pad wurde fünf mal hintereinander aufgenommen, jedes Mal leicht anders gespielt und im Klang leicht variiert<sup>13</sup>.

- I) Nur L/C/R in Betrieb
- II) Alle Lautsprecher in Betrieb

### Auswertung 8a1:

Es liess sich eine sehr gute Umhüllung des Hörers erreichen. Die einzelnen Lautsprecher wurden, selbst an weniger optimalen Hörpositionen, kaum geortet. Dies ist umso erstaunlicher, da alle fünf Spuren einzeln manuell eingespielt wurden und auch der Klang jedes Mal etwas manipuliert wurde. Ortbar waren einzig die Klicks, die von dem Hüllkurvengenerator des Synthesizers stammten.

### Versuch 8a2:

Ein monophones Pad wurde im ProTools fünfmal kopiert und auf die fünf Lautsprecher

---

<sup>13</sup> Als Synthesizer wurde Roland's Jupiter-8 verwendet, aufgenommen wurde direkt in ein ProTools System.

gelegt. Zusätzlich wurden die fünf Signale in ihrer Tonhöhe mit einem Pitchshifter unterschiedlich gegeneinander verschoben, so dass alle Signale eine leicht andere Frequenz aufwiesen. (Der Unterschied zwischen den Kanälen betrug drei Cents)

### Auswertung 8a2:

Hier konnten die einzelnen Lautsprecher fast gar nicht mehr geortet werden. Der Klang hüllte den Hörer ein, wie auch schon bei 8a1, jedoch war das Klangerlebnis nicht so „voll“, so energisch wie in 8a1. Es fehlte die Einhüllung, in 8a1 „badete“ man förmlich in Klang. Dafür, dass es sich hier um einen „Pseudo-Surround-Effekt“<sup>14</sup> handelt, ist das Ergebnis aber überaus zufriedenstellend.

### Versuch 8b1:

In einer ersten Versuchsanordnung wurde eine Gitarre zu einem Klicktrack fünf mal möglichst ähnlich eingespielt. In einer zweiten Anordnung wurde die Spielweise jedes Mal variiert. Die fünf Spuren wurden jeweils diskret auf die fünf Lautsprecher gegeben (Aufnahme jeweils mit einem Brauner VM1, Niere).

- I) Spielweise möglichst gleichförmig
- II) Spielweise variiert

### Auswertung 8b1:

Auch hier gelang wiederum eine sehr gute Einhüllung. Bei I) entstand ein homogener Gesamtklang, der nur ab und zu aus einer bestimmten Richtung zu orten war, dann nämlich, wenn auf einer der fünf Spuren ein Akkord zu früh und/oder zu laut war. Dies stellt aber in keiner Art und Weise ein Problem dar, sondern lässt das Klangbild lebendiger wirken.

Selbst bei Anordnung II), bei der die einzelnen Gitarren-Takes jeweils leicht unterschiedlich

---

<sup>14</sup> Abgeleitet von den bekannten „Pseudostereo-Effekten“, die in Zweikanal-Mischungen aus einem monophonen Signal in ähnlicher Weise ein „pseudo-stereophones“ Signal generieren.

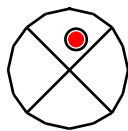
gespielt worden sind, ergibt sich ein sehr homogenes Gesamtklangbild. Man war auch hier vom Klang eingehüllt, wenngleich sich die einzelnen Signale durchaus orten liessen. Trotzdem verschmolzen die einzelnen Signale zu einem umhüllenden Gesamtklang. Der Klangeindruck war sehr angenehm, obwohl ständig aus einer anderen Richtung etwas zu hören war.

#### Versuch 8b2:

Eine monophone Gitarrenaufnahme wurde in ProTools fünf mal kopiert und auf die fünf Lautsprecher gelegt. Zusätzlich wurden die

#### Versuch 8b3

Als Ausgangsbasis dienen hier die fünf Gitarrenspuren aus 7b1, die wiederum diskret auf die fünf Lautsprecher gegeben worden sind. Zusätzlich soll versucht werden, innerhalb dieser „Gitarren-Umhüllung“ ein solistisches Gitarrensolo abzubilden. Das Solosignal wurde mit dem Surroundpanner an folgende Position gepannt:



#### Auswertung 8b3:

Das Gitarrensolo war *innerhalb* des Phantomfeldes an der gewünschten Stelle

fünf Signale unterschiedlich pitchgeshiftet, so dass alle Signale eine leicht andere Frequenz aufwiesen. (Der Unterschied zwischen den Kanälen betrug drei Cents)

#### Auswertung 8b2:

In diesem Versuch konnte man die einzelnen Quellen noch weniger **wahrnehmen** als in 8b1 I). Dafür ist das Resultat auch weniger „spektakulär“ als z.B. 8b1 II), man ist weniger „eingehüllt“. Wie schon beim entsprechenden Versuch mit dem monophonen Pad (8a2) ist das Resultat auch hier für einen „Pseudo-Surround-Effekt“ überaus zufriedenstellend.

ortbar, umhüllt von den restlichen Gitarren. Die Unterschiede der umhüllenden Gitarrenspuren sind nur noch vereinzelt wahrgenommen worden, wahrscheinlich deshalb, weil sich die Aufmerksamkeit auf das Solo richtet.

#### Zusammenfassung Versuchsreihe 8:

Eine „Umhüllung“ zu schaffen scheint in der Fünfkanaal-Stereophonie kein grosses Problem zu sein. Der wohl grössere Aufwand ist, entsprechende Schallquellen fünfmal hintereinander einzuspielen. Die Klangeindrücke sind subjektiv sehr angenehm und neuartig. Selbst „Pseudosurround-Klänge“ lassen sich mit relativ einfachen Mitteln erzeugen. Diese Klänge sind jedoch bei weitem nicht so spektakulär, wie wenn das Instrument fünfmal eingespielt worden ist.



## 4.7 Versuchsreihe 9

In diesem Versuch wird eine Ballade fünfkanaig gemischt. Hierbei sollen die gewonnen Erkenntnisse angewendet werden, um ein räumliches Klangbild zu schaffen, bei dem die Ortung der Instrumente auch an nicht optimalen Hörpositionen stimmt und das dem Hörer ein umhüllendes Klangerlebnis verspricht.

Der Flügel sollte generell bei 30°L geortet werden, aber trotzdem in seiner natürlichen räumlichen Ausdehnung abgebildet werden. Schlagzeug, Gitarre und Perkussion wurden nur spärlich eingesetzt und sollen von rechts kommen. Die Stimme soll sich vor dem Kopf des Hörers abbilden, also innerhalb des Phantomfeldes.

In einem ersten Versuch wurde die Mischung so hergestellt, in einem zweiten Versuch wurden die Signale noch zusätzlich verhallt. Hierbei wurde für alle Signale der gleiche Stereo Hall verwendet und auf die vorderen Lautsprecher gemischt. Das verhallte Signal wurde nochmals durch einen anderen

Um die gewünschte Platzierung des Abbildes der Stimme zu erreichen, wurde mit Intensitäts- und Laufzeitunterschieden, sowie Filterungen gearbeitet. Die Stimme wurde auf den Center, sowie um 2 dB gedämpft und etwas tief- und hochpassgefiltert<sup>15</sup> auch auf die beiden hinteren Lautsprecher gegeben. Weiter wurde das Signal auf den hinteren Lautsprechern um 6 ms verzögert.

- I) Mischung ohne Hall
- II) Mischung mit Hall

Auswertung 9:

Es liess sich eine räumlich schön gefächerte Mischung erreichen. Die Stimme war vor dem Kopf des Hörers ortbar, innerhalb des

Hallalgorithmus gesendet, dieses Signal wurde dann auf die hinteren Lautsprecher gemischt.

Der Flügel wurde mit drei Mikrofonen aufgenommen, die direkt auf L/C/Ls gegeben wurden. Das Signal, das auf den linken Lautsprecher gegeben wurde, war 3 dB lauter als die anderen zwei Signale. Zusätzlich wurden die Signale, die auf Center und Ls gegeben wurden, um 6 ms verzögert. Das hintere Signal wurde zusätzlich leicht tief- und hochpassgefiltert (Trennfrequenzen bei 300 und 5000 Hz, 3 dB pro Oktave). Die Gitarre wurde hauptsächlich auf den rechten Lautsprecher gemischt. Sie wurde allerdings leiser und verzögert auch auf die anderen Lautsprecher gegeben. Das Schlagzeug (mit 2 Overhead- und diversen Stützmikrofonen aufgenommen) wurde auf zwei Spuren zusammengemischt. Diese wurden auf L/R gemischt, der linke Kanal um 6 ms verzögert. Der Bass wurde gleichlaut auf L/R/Ls/Rs gegeben. Die Stimme sollte vorne ortbar sein, sich aber näher beim Hörer an folgender Position abbilden

Phantomkreises. Den Flügel lokalisierte man bei etwa 30°L, trotzdem war sein Abbild breit und das Klangbild voll. Auf dem hinteren oder dem Centerlautsprecher war der Flügel nie zu orten. Die entsprechenden Lautsprecher fielen erst auf, wenn man sie abschaltete. Das Schlagzeug lokalisierte man rechts vorne. Einzig das Becken war bei genauem Hinhören auch von links ortbar, was aber nicht störend auffiel. Die Gitarre war rechts vorne ortbar, die anderen Lautsprecher fielen bezüglich Ortung nie störend auf.

Es wurden absichtlich keine Instrumente hinten platziert. Ziel war es, das Klangerlebnis bezüglich Ortung klassisch aufzubauen, die Klangquellen räumlich gestaffelt vorne abzubilden aber auch deren natürliche räumliche Ausdehnung nachzubilden. Den Flügel zum Beispiel hätte man in der Zweikanal-Stereophonie auch links an der gleichen Stelle abbilden können. Seine natürliche Breite hingegen hätte man nicht nachbilden können, weil weder ein Center noch ein Ls Lautsprecher da waren, wo man mit weiteren Mikrofonen aufgenommene

<sup>15</sup> Gefiltert wurde unterhalb von 150 Hz und oberhalb von 6.5 kHz, mit einem Shelvingfilter (3dB / Oktave).

Signalanteile hätte verzögert dazumischen können.

Auch das sich etwas näher beim Hörer befindende Abbild des Gesanges wirkte durchaus angenehm und „intim“. Der Gesang kann sich so auch etwas von der restlichen Musik abheben, deren Abbild dahinter aufgebaut ist. Der auf L/R/Ls/Rs gegebene Bass fiel auf den hinteren Lautsprechern nicht störend auf, sondern gab dem Gesamtklang eine zusätzliche Fülle.

All diese Vorteile werden sofort klar ersichtlich, wenn man die Surroundlautsprecher kurz ausschaltet. Erst dann wird klar, wie „viel“ Information eigentlich von hinten gekommen ist. Wird dem ganzen noch Hall dazugemischt (Anordnung II) so ist der Klangeindruck noch umhüllender.

## **5. Teil: Schluss**

### **5.1 Zusammenfassung**

Signale, die auf den Centerlautsprecher gemischt werden, klingen deutlich klarer, präsenter, als wenn sie auf die Phantommitte L/R gemischt werden. Allein schon eine Gesangsstimme auf dem Center zu hören, während die begleitenden Instrumente herkömmlich auf L/R gemischt sind, ist schon ein neues Hörerlebnis.

Die Behauptung, dass es auf den Seiten keine Phantomschallquellen gibt, stimmt nicht ohne weiteres. Gerade mit zwei Mikrofonen aufgenommene Signale können sehr wohl auf der Seite platziert werden. Auch bei monophonen Signalen kann eine Seitenabbildung gelingen, wenngleich sie nie völlig stabil ist. Am schwierigsten oder fast unmöglich war es, Phantomschallquellen genau zwischen den Seitenlautsprechern, also bei  $70^\circ$ , abzubilden. Zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$ , bzw.  $80^\circ$  bis  $110^\circ$  gelingt eine Abbildung, vor allem bei zweikanalig aufgenommenen Instrumenten, gut.

Bei monophonen Schallquellen ist zu erwähnen, dass sich die Räumlichkeitsabbildung oft verändert hat. Häufig schien sich eine Phantomschallquelle zu bilden, die allerdings wesentlich näher beim Hörer war und deren Abbild eine räumliche Ausdehnung aufwies. Auch

scheint es für unser Empfinden unangenehm zu sein, wenn von vorne und hinten identische Signalanteile eintreffen, da der Klang in diesem Fall immer einen subjektiv unangenehm beengenden Charakter hatte. Dieser Effekt trat bei zweikanalig aufgenommenen Schallquellen nicht auf.

Innerhalb des Phantomfeldes platzierte monophone Schallereignisse waren fast nie als Phantomschallquellen innerhalb des Feldes ortbar. Vielmehr entstanden Räumlichkeitseffekte. Dieses Phänomen trat vor allem bei Laufzeitunterschieden stark hervor. Sehr interessant war dieser Effekt bei der Bassdrum, ihr Abbild gewann an Druck, war in einer „neuartigen“ Weise räumlich, aber trotzdem noch von vorne ortbar. Bei Flügel oder Stimme trat hingegen wieder der Effekt auf, dass es für die menschliche Wahrnehmung unangenehm ist, wenn von vorne und hinten identische Signalanteile eintreffen. Diskrete Phantomschallquellen innerhalb des Phantomfeldes stabil zu platzieren, gelang mittels Intensitätsunterschieden, oder mit Filterungen (gemäss Versuch 7) und auch nur innerhalb bestimmter Bereiche vor und hinter dem Hörer. (siehe Abbildung 8).

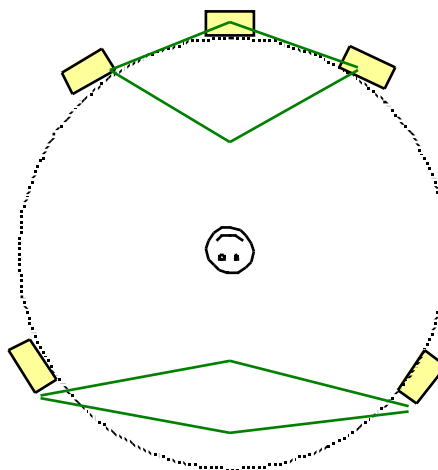


Abb. 8 Nur innerhalb der grünen Linien liessen sich Phantomschallquellen innerhalb des Phantomfeldes diskret platzieren.

Bei mehrkanalig aufgenommenen Schallquellen, die auf die fünf Lautsprecher gegeben werden, ergeben sich aussergewöhnliche, „spektakuläre“ Raumwirkungen. Während sich bei breitabstrahlenden Schallquellen wie Flügel eine sehr gute Richtungsartung in beliebigen Richtungen bei optimaler räumlicher Ausdehnung des Abbildes erreichen lassen, ergeben sich bei punktförmig abstrahlenden Schallquellen sehr interessante, ungewöhnliche Raumwirkungen. Dies ist vor allem bei den Experimenten mit der Snaredrum aufgefallen. Sie wurde mit drei unterschiedlichen Mikrofonen an unterschiedlichen Positionen aufgenommen und auf die fünf Lautsprecher verteilt, zum Teil auch mit unterschiedlichen Laufzeitunterschieden. Das Ergebnis war eine Art „Mehrfachortung“, trotzdem funktionierte die Richtungswahrnehmung gut, das Signal wurde aus dem nichtverzögerten Lautsprecher geortet. Es klang wie wenn neben einer „Haupt“-Snaredrum noch vier weitere Snaredrums leiser dazuspielen würden. Die Resultate eignen sich meiner Meinung nach besonders zur Erzeugung extrem druckvoller Schlagzeugsounds für U-Musik. Vergleichbare Effekte sind in der Zweikanal-Stereophonie kaum möglich, hier eröffnet sich eine neue Gestaltungsmöglichkeit in der Fünfkanal-Stereophonie

Weiter gelang es sehr gut, den Hörer mit einem Schallereignis „einzuhüllen“. Gerade beim Versuch mit den fünf leicht verschiedenen Pads „badete“ man förmlich in Klang. Dazu ergibt sich die Möglichkeit, innerhalb dieser Umhüllung andere Klangquellen abzubilden, wie der Versuch 7b2 zeigt, bei dem innerhalb der aus fünf Gitarrenspuren bestehenden Umhüllung noch eine zusätzliche Sologitarre abgebildet wurde. Selbst aus monophonen Schallquellen lassen sich „Pseudosurround-Effekte“ erzeugen, die allerdings weniger „spektakulär“ sind.

Bezüglich dem Mischen in der Fünfkanal-Stereophonie sollte es meiner Meinung nach darum gehen, ein homogenes, ortungsstabiles und räumlich gefächertes Klanggeschehen aufzubauen, das den Zuhörer in einer angenehmen Weise umhüllt. Dabei müssen die hinteren Lautsprecher gar nicht immer bewusst

wahrgenommen werden, sondern viel eher „vermisst“ werden, wenn man sie abschaltet.

Die Hauptvorteile in der Fünfkanal-Stereophonie sehe ich darin, dass sich erstens ein solistisches Signal näher als von der Zweikanal-Stereophonie her gewohnt, vor dem Hörer abgebildet werden kann, zweitens die Qualität von Signalen im Center besser ist als es auf einer Phantommitte je sein kann (davon profitieren gerade die solistischen Instrumente, die ja meist in die Mitte gemischt werden), drittens breitabstrahlende Schallquellen auch auf den Seiten in ihrer natürlichen räumlichen Ausdehnung abgebildet werden können und dass sich viertens aussergewöhnlich druckvolle Raumklänge erzielen lassen, wie die Versuche mit Bassdrum und Snare gezeigt haben.

## 5.2 Schlussfolgerungen

Ob der Mehraufwand bei der Aufnahme, Nachbearbeitung und Mischung bei Projekten in der Fünfkanal-Stereophonie den Ertrag rechtfertigt, ist nicht einfach zu beantworten. Sicher kann eine gute Fünfkanal-Mischung das Hörerlebnis steigern, nicht aber die musikalische Qualität verbessern. Eine gute fünfkanalige Mischung ist mit erheblichem Aufwand verbunden und die heute zur Verfügung stehenden Geräte sind nur bedingt ausreichend. Häufig ist an Stelle des Panpots nun einfach ein auf Intensitätsstereophonie basierender Surroundpanner vorhanden. Um gute Mehrkanal-Mischungen zu erstellen, bedarf es aber mehr.

Schallereignisse werden oft mit mehr als zwei Mikrofonen aufgenommen werden wollen, um sie auf die Lautsprecher zu verteilen. Die heute gängige Anzahl an verfügbaren Aufnahmespuren stösst also schnell an ihre Grenzen. Bei der Platzierung von Schallereignissen müssen Verzögerung, Filterung, und Intensitätsunterschieden bei den meisten Systemen separat eingestellt werden. Dies erschöpft verfügbare DSP Ressourcen schnell. Ein System, mit dem man in der Zweikanal-Stereophonie von der Leistung her 64 Spuren mischen konnte, reicht meiner Erfahrung nach für Mehrkanal-Mischungen etwa noch aus, um 24 Spuren zu mischen. Auch ist das Einstellen von

Intensitätspanning, entsprechenden Verzögerungen und Filterungen aufwendig, weil dafür verschiedene Tools notwendig sind. Ein wichtiger Ansatz wäre es, Mischpulte mit einem *richtigen* Surroundpanner auszustatten, der Verzögerungen, Filterungen und Intensitätsunterschiede nachbildet. Ein Panner, der so arbeitet, hat meines Wissens erst die Firma Studer in ihren grossen Digitalmischpulten implementiert<sup>16</sup>. Softwaremässig arbeitet der Spezialisateur von IRCAM nach dieser Methode.

Ob sich die Fünfkanal-Stereophonie überhaupt auf dem Markt etablieren kann, ist fragwürdig. Entsprechende Systeme für den Konsumenten sind teurer als herkömmliche Zweikanal-Systeme. Auch lassen sich fünf Lautsprecher in einem Wohnzimmer selten optimal aufstellen.

Trotzdem lassen sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln schon heute eindruckliche Mehrkanalmischungen erstellen. Bedenkt man, dass in dieser Arbeit nicht über Mikrophananordnungen und nicht über die Platzierung von Schallereignissen im virtuellen Raum hinter dem Phantomkreis geschrieben wurde, wird klar, dass das Potential der Fünfkanal-Stereophonie noch lange nicht erschöpft ist.

### **5.3 Danksagung**

Bedanken möchte ich mich bei der Firma Studer für die Leihgabe der Surround-Abhöre, bei Stanley Schwab und Alexander Meyer für das orthographische Korrekturlesen.

---

<sup>16</sup> (Virtual Surround Panning / VSP)

## 5.4 Bibliographie

- 1.1 G.Steinke: „Von der Zweikanal-Stereophonie zum Surround-Sound“, Vortrag zum Seminar 312/Mehrkanaltechnik/Surround-Stereophonie 5.1, 1998
- 1.2 G. Steinke: „Warum Mehrkanalton?“, Vortrag zum Surroundsoundforum 98
- 1.3 M. Lachmann: „Gestaltung von Regieräumen für die Surround Tonproduktion“, DRS Kurs 310, 98
- 1.4 G. Steinke: „Hörtestraum / Regieraum Konfiguration für Mehrkanalton“, Bericht für das Surroundsoundforum 98
- 2.0 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997
- 2.1 D. Michel: „Studioakustik“, in Audio Professional 7/8 1990 , S 60 ff.
- 2.2 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997, S 120
- 2.3 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997 S 25
- 2.4 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997, S110 ff
- 2.5 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997, S 25,26
- 2.6 M. Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K-G-Saur München 1997, S 124 ff
- 2.7 G. Theile: „Untersuchungen zur Wahrnehmung der Richtung und Entfernung von Phantomschallquellen bei der Zweikanal-Stereophonie“, Techn. Bericht des Instituts für Rundfunktechnik 24/80, München 1980
- 2.8 H. Mertens: „Directional hearing in stereophony-theory and experimental verification“, in: EBU-Review Part A, S. 146
- 2.9 H. Henle: Das Tonstudio Handbuch, CG G. Carstensen Verlag, 1993
- 3.0 E Sengpiel: „Seitliche Phantomschallquellen gibt es nicht ...“, Surround Forum 02.2000
- 3.1 W. Dabringhaus: „Die 3. Dimension“ , Paper für das 59. VDT-Seminar
- 3.2 DMK/DPK: „Formeln und Tafeln“, Orell Füssli, 1988
- 3.3 J.R. Pierce: „Musik mit den Ohren der Physik“, Spektrum der Wissenschaft, S.118