



# Surround-Sound Mikrophonierungen für Ensemblesmusik

## 1. Einführung

### 1.1 Vorbemerkungen

Für das behandelte Thema interessieren vor allem Musikgattungen, für deren Aufnahme in der Regel sog. „Haupt“- und „Stütz“-Mikrophone bevorzugt zum Einsatz kommen. Zumeist betrifft dies Ensemblesmusik mit überwiegend akustischen Instrumenten bzw. Gesangsstimmen. Rein (mehrkanalige) elektroakustische Musik wird hier nicht betrachtet.

Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu stellen, sollen daher überwiegend folgende grob klassifizierte Musikgattungen aufgezählt werden, für die Mikrofontechniken im Bereich Surround-Sound gesucht sind:

- Ensemble-Musik der Renaissance und des Barock
- sinfonische Musik des 18. bis 21. Jahrhunderts
- Ensemble-Vokalmusik aller Stilrichtungen
- Kammermusik des 18. bis 21. Jahrhunderts
- ggf. sinfonisch orientierte Filmmusik
- ggf. sonstige Ensemblesmusik, auch die der außereuropäischen und die der „funktionalen“ Musik inkl. Big-Band und sog. „Background“-Ensembles
- ggf. Soloinstrumente aller Musikrichtungen

### 1.2 Einleitung

Wie in den Vorbemerkungen angedeutet, beinhalten übliche Mikrophonierungen<sup>1</sup> für diese Musikgattungen „Haupt“- und „Stütz“-Mikrofontechniken. Allerdings sind diese Begriffe mißverständlich, da - je nach Pegelverhältnis der Mikrofontgruppen - von „Haupt“-Signalen bestimmter Mikrophone und „unterstützenden“ Signalen anderer kaum noch die Rede sein kann. Besser zeigt sich hier die Betrachtung von verschiedenen überlagerten *Perspektiven*, die die einzelnen Mikrofontsignale erzeugen. Der extreme Fall ist die sog. „Polymikrophonie“, bei der mehrere Mikrophone gleichzeitig benutzt werden, die weitestgehend unabhängig voneinander sind, und deren Signale mit Hilfe eines Mischpultes mit jeweils unterschiedlichem Pegel auf verschiedene Ausgangskanäle des Mischpultes addiert werden<sup>2</sup>. Auch die Polymikrophonie kommt in der Praxis bei den betrachteten Musikgattungen zum Einsatz. Wie noch gezeigt wird, gibt es sogar eine Mikrofontechnik, die ihren Ursprung in der Polymikrophonie hat und dennoch als eine Art „Haupt“-Mikrofont zum Einsatz kommt.

Als „Haupt“-Mikrofont sei daher eine Mikrofontechnik definiert, die die wesentlichen klanglichen und lokalisierenden Eigenschaften eines Ensembles für die Wiedergabe erfassen kann. Es sei ausdrücklich erwähnt, daß in den meisten Fällen bzw. aus ästhetischen Gründen dies nicht originalgetreu im Sinne einer exakten Reproduktion der originalen akustischen Verhältnisse

---

<sup>1</sup> mit „üblich“ sind in diesem Fall Mikrofontechniken der Zweikanalstereomikrophonie gemeint.

<sup>2</sup> Nur nebenbei: die Polymikrophonie stellt damit im Bereich der Zweikanal-Stereophonie einen Sonderfall der „Intensitäts“-Stereophonie dar.



möglich ist bzw. stattfinden soll<sup>3</sup>. Dennoch können solche „Haupt“-Mikrophonanordnungen prinzipiell alleine ohne zusätzliche „Stütz“-Mikrophone zum Einsatz kommen, wenn auch dies in der Praxis selten so gehandhabt wird. Es soll daher in den folgenden Ausführungen überwiegend um „Haupt“-Mikrophonanordnungen speziell für den *5.1-Mehrkanalton* gehen und weniger um „Stütz“-Technik, zumal letztere sich für den Mehrkanalton nur wenig von der „Stütz“-Technik der Zweikanalsterophonie unterscheidet und daher hier auf Bekanntes zurückgegriffen werden kann.

### 1.3 Grundlagen

Der standardisierte 3/2- bzw. 5.1-Mehrkanalton nach ITU-R BS 775-1 sieht für die Musikwiedergabe drei gleichartige Front- und zwei Surroundlautsprecher in der gleichen Aufstellhöhe (ungefähr Ohrhöhe) vor sowie einen zusätzlichen unterstützenden Subwoofer (LFE) (Bild 1). Es existieren im Vergleich zur Zweikanalsterophonie also ein zusätzlicher Mitten- und zwei zusätzliche Rücklautsprecher sowie ein Subwoofer. Letzterer ist tiefpaßbegrenzt bis maximal 120 Hz<sup>4</sup>. Damit ergibt sich das Problem, geeignete „Haupt“-Mikrophontechniken für drei Frontkanäle und zusätzliche Surround- und Subwooferinformationen zu finden, da die entsprechenden Anordnungen der Zweikanalsterophonie nicht ohne weiteres übernommen werden können.

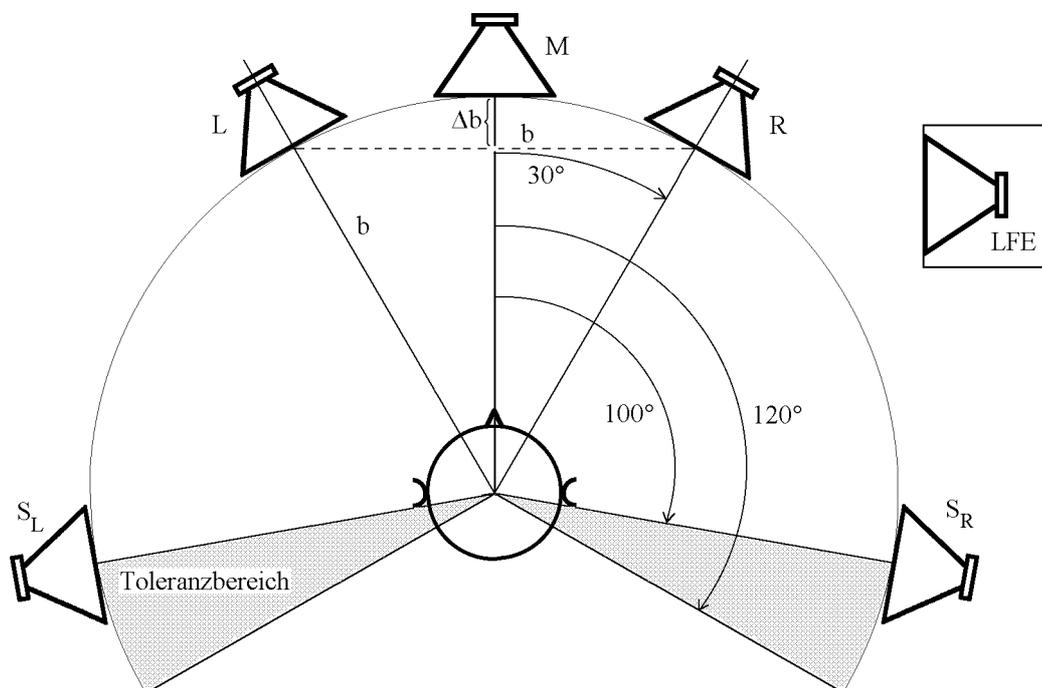


Bild 1: standardisierte Lautsprecheraufstellung für den 5.1-Mehrkanalton

<sup>3</sup> Tonaufnahmen haben eine eigenständige klanglich-künstlerische Ästhetik, sowohl seitens der Tonschaffenden (ton-technische Interpretation), als auch seitens der Musiker, die bestimmte klangliche Vorlieben bzw. Wünsche haben (z.B. klangliche Eigenschaften der aufgenommenen Instrumente, Lautstärkenverhältnisse). Hörgetreue Übertragung ist selten gefragt. Die Tontechnik soll die auditive Wahrnehmung unter einer in künstlerischen Gesichtspunkten optimierten Gesamtwirkung stets verbessern oder ergänzen.

<sup>4</sup> Der Übertragungskanal für den LFE hat aber die volle Bandbreite



Um diese Frage zu beantworten, muß jedoch zuvor überlegt werden, welche Aufgabe den einzelnen Wiedergabekanälen und Lautsprechern für die betrachteten Musikgattungen zukommt. Allein über dieses Thema ließe sich ein umfangreicherer Aufsatz schreiben. Im folgenden soll daher für die betrachteten Musikgattungen folgende Zielsetzung festgehalten werden:

- Die Frontlautsprecher sollen eine Lokalisation der wiedergegebenen Instrumente / Ensembles zulassen. Klangliche und größenperspektivische Gesichtspunkte werden überwiegend hier gestaltet. Die Frontlautsprecher erzeugen damit (überwiegend, jedoch nicht ausschließlich) die primäre (Hörereignis) und sekundäre (musikalische) Information.
- Es soll eine überzeugende Einhüllung in die akustische Atmosphäre stattfinden. Dies geschieht durch die Übertragung von Raumsignalen. Es wird dabei nicht der Anspruch gestellt, den originalen Raumeindruck bspw. den eines Konzertsaals wieder herzustellen, sondern lediglich eine überzeugende Darstellung mit musikalisch befriedigenden Eigenschaften zu gestalten. Hier kommt den Surroundlautsprechern im Zusammenspiel mit den Frontlautsprechern eine tragende Rolle zu. Außerdem können bei den betrachteten Musikgattungen in seltenen Fällen zusätzliche Klangeffekte außerhalb der frontalen Lautsprecheranordnung lokalisiert werden, z.B. Fernwerke von Orgeln, ferne Chöre etc. oder diffuse Umgebungsgeräusche wie z.B. Applaus. Dafür werden ebenfalls die beiden rückwärtigen Lautsprecher genutzt. Eine hohe Lokalisationsschärfe dieser Effekte soll dabei nicht gefordert, ja sogar gezielt vermieden werden. Aus psychoakustischen Gründen, die hier nicht näher erläutert werden sollen, ist eine präzise Lokalisation von Phantomschallquellen, erzeugt durch die Surroundlautsprecher, nur eingeschränkt möglich. Stabile seitliche Phantomschallquellen sind so gut wie gar nicht möglich und sollten ebenfalls bewußt vermieden werden. Eine diffuse Lokalisation von Raumsignalen und Effekten begünstigt zudem eine größere Hörfläche nach vorne und hinten. So ist es möglich und sinnvoll, geeignete Raumsignale über die rückwertigen und frontalen Lautsprecher gleichsam wiederzugeben.
- Einen zweckmäßigen Einsatz des aus dem Kinoton stammenden LFE-Kanals (Low Frequency Enhancement) mit zugehörigem Subwoofer ist für die betrachteten Musikgattungen nicht ohne Schwierigkeiten zu finden. Denn der LFE wurde nicht entwickelt, Filmsoundtracks tieffrequenter zu machen (alle anderen fünf Kanäle haben die komplette Audiobandbreite), sondern um die Lautheit im Tieftonbereich zu erhöhen. Bekanntlich benötigen tiefe Frequenzen bei subjektiv gleicher Lautheit einen deutlich größeren Pegel als höhere Frequenzen. Im Gegensatz zur reinen Audioproduktion, wo der Konsument seine Abhörlautstärke selbst wählt, sind die Abhörbedingungen im Kino und im Mischstudio kalibriert. Das Erhöhen der Abhörlautstärke gegenüber der Standardlautstärke ist daher dort nicht ohne weiteres möglich. Die Aussteuerungsreserve der Hauptkanäle wird hier erhöht, indem man die tiefen Frequenzen zusätzlich über den LFE mit zugehörigem Baßlautsprecher überträgt. Dabei ist die Abhörlautstärke von LFE-Boxen um 10dB höher kalibriert als die der Hauptkanäle. Im Heimbereich hat nun der LFE ebenfalls Einzug gehalten, ohne daß direkt eine Notwendigkeit dafür besteht, denn die Wiedergabelautstärke ist nicht kalibriert und wird vom Hörer individuell eingestellt. Zusätzlich wird im Heimbereich ein Subwoofer auch eingesetzt, um kleinere Hauptlautsprecher (Satelliten) verwenden zu können. Die Wiedergabe von tiefen Frequenzen erfolgt dann ausschließlich vom Subwoofer (Baß-Management). Gleichzeitig kann wiederum ein Subwoofer auch ganz fehlen. Bei den meisten Mehrkanaldekodern wird dann diese Information bei fehlendem Subwoofer über den linken und rechten Frontlautsprecher abgespielt. Allerdings ist es aus verkaufsstrategischen Gründen nicht sinnvoll, ganz bei Musik auf den LFE-Kanal zu verzichten, denn der Konsument, der eine entsprechende Anlage zu Hause hat, möchte bei einer 5.1-Aufnahme etwas aus dem Subwoofer wahrnehmen können. Die Frage ist also, was man bei Musik grundsätzlich mit dem LFE-Lautsprecher anfangen soll.



Sofern sinnvoll, können hier tieffrequente Effekte (z.B. das Grummeln der Gran Cassa oder tiefste Orgeltöne) zusätzlich wiedergegeben werden. Es ist sinnvoll, daß diese Effekte entweder sehr sparsam oder fast unmerklich zum Einsatz kommen. Oft kann ein LFE-Signal aus den Signalen einer Mikrophananordnung für die übrigen Kanäle gewonnen werden, oder man benutzt separate „Stütz“-Mikrophone für die Instrumente (z.B. Gran Cassa), die diesen Effekt erzeugen sollen. Auf eine Beschreibung von Mikrophonierungen für den LFE-Kanal soll daher in den folgenden Überlegungen nicht mehr weiter eingegangen werden. Es werden nur Mikrofontechniken für die drei Frontkanäle und für die Surroundkanäle betrachtet.

## 2. Mikrophananordnungen für drei Frontkanäle

### 2.1 Entwicklungsstand

Bisherige Überlegungen zu Mikrophananordnungen für drei Frontkanäle gingen in erster Linie davon aus, daß nach der genannten Norm ITU-R BS 755-1 drei gleiche Frontlautsprecher in gleicher Höhe und gleichem Abstand zum Hörer aufgestellt werden. Demzufolge wurden Mikrophananordnungen entwickelt, deren Signale ausschließlich Summenlokalisierung zwischen linkem und mittigem (L-C) bzw. rechtem und mittigem Lautsprecher (R-C) bei gleichzeitiger Vermeidung von Summenlokalisierung zwischen linkem und rechtem Lautsprecher (L-R) erzeugen. Dazu gehören z.B. INA, OCT, Doppelstereo, Ambisonic, MMA, und andere Anordnungen. Die Vorteile dieser paarweisen Betrachtung sind eine verbesserte Lokalisierungsschärfe, ein eindeutiger Mittenbezug auch außerhalb der zentralen Abhörposition und eine vergrößerte Hörzone im Vergleich zu Zweikanalstereo. Neben vielen systembedingten Fehlern, die alle diese Techniken besitzen<sup>5</sup>, ergeben sich zusätzlich drei weitere gravierende Nachteile für diese Mikrophananordnungen:

1. In der Regel werden 5.1-Produktionen parallel zu Zweikanal-Stereoaufnahmen erstellt. Da viele der oben genannten Techniken (mehr oder weniger) eingeschränkt stereokompatibel sind (siehe Punkt 3), müssen häufig bei deren Verwendung getrennte Mikrophananordnungen und separate Aufnahmen bzw. Mischungen für Stereo vorgenommen werden.
2. Da im Heimbereich vorherrschender 5.1-Ton besonders in Verbindung mit Heimkino besteht, ist der Centerlautsprecher beim Konsumenten, im Gegensatz zur ITU-Norm, meistens nicht ideal angeordnet, sondern steht häufig unterhalb oder oberhalb eines Fernsehers (siehe Bild 2). Er befindet sich damit nicht auf gleicher Höhe wie die Lautsprecher für links und rechts. Zudem ist häufig die Qualität des Centerlautsprechers, bedingt durch Preisgestaltung der Hersteller und durch Konstruktionsmerkmale, nicht gleich zu den anderen beiden Frontlautsprechern. Damit ist eine Voraussetzung (Gleichheit der Frontlautsprecher und gleiche Aufstellhöhe) für die oben genannten Mikrofontechniken in vielen Fällen nicht gegeben. Es verbietet sich aber aufgrund von Verkaufsstrategien, den Centerlautsprecher bei

<sup>5</sup> um den Umfang dieses Aufsatzes nicht zu sprengen, sollen hier stellvertretend nur ein paar Stichwörter genannt werden: schlechte Kanaltrennung (z.B. INA, MMA), gegenphasige Anteile in den unterschiedlichen Kanälen (z.B. OCT), fehlende Variabilität in der Wahl der Mikrophancharakteristika (OCT), begrenzte Möglichkeiten bei Aufnahmebereichen (z.B. INA), unterschiedliche Auswertung psychoakustischer Untersuchungen (INA, OCT, MMA), Begrenzungen durch Ensemblegröße (Doppelstereo). Eine Sonderstellung nimmt das Kugelflächenmikrophon KFM 360 mit zusätzlichen Mikrophanen achtförmiger Richtcharakteristik ein. Die einzelnen Signale für L, R und Hinten werden durch Summensignale der einzelnen Mikrophanen (L,R, Acht) und eine spezielle Matrizierung von L und R (für C) gebildet. Hier kann auch Summenlokalisierung durch alle Frontsignalpaare entstehen, was zu unscharfen Phantomschallquellen führen kann. Außerdem ist der Aufnahmebereich festgelegt. Diese Nachteile und die speziellen klanglichen Eigenarten des Kugelflächenmikrophons an sich stellen einen sinnvollen Einsatz dieser Mikrofontechnik in Frage.



einer Mischung nicht zu berücksichtigen und nur eine herkömmliche Stereomischung vorne zu erstellen, denn der Konsument, der eine entsprechende Anlage zu Hause hat, möchte bei einer 5.1-Aufnahme etwas aus dem Mittensprecher wahrnehmen können (gleiches gilt wie erläutert auch für den LFE).

- Gelegentlich wird jedoch im Heimbereich der Centerlautsprecher einfach weggelassen und das gedämpfte Mittensignal als sog. „Phantommitte“ gleichermaßen über den linken und rechten Frontlautsprecher wiedergegeben, so wie es auch als Möglichkeit bei Mehrkanaldekodern vorgesehen ist. Es spricht aber dann bei den genannten Mikrophonierungen das Signal des Paares L-C bzw. R-C in das jeweils andere über, so daß es, abhängig von der jeweiligen Mikrophontechnik, zu erheblichen Lokalisationsverschiebungen und -Unschärfen kommen kann. Dieses Problem ergibt sich auch bei der Frage der Stereokompatibilität (Punkt 1). Entweder man arbeitet beim stereophonen Abmischen der drei Frontsignale ebenfalls nach dem Prinzip der Phantommitte mit den genannten Problemen, oder läßt im Extremfall das Mittensignal bei den beschriebenen Mikrophonverfahren weg, was aber zu einer extremen Links/Rechts-Lokalisation führt („Mittenloch“).

Alle diese Mikrophonanordnungen, die gezielt Summenlokalisierung zwischen L-C und R-C erzeugen, sind damit - zumindest zur Zeit - in der Praxis nur eingeschränkt für den 5.1-Mehrkanalton geeignet.

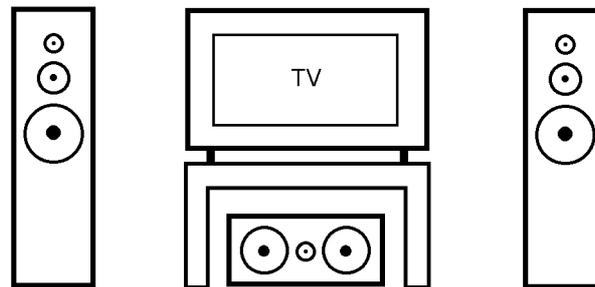


Bild 2: Typische Frontlautsprecheraufstellung im Heimbereich

Es sollen daher zwei variable Mikrophonaufstellungen vorgestellt werden, die die genannten Nachteile vermeiden und prinzipiell von der Stereophonie her bekannt sind: *DECCA-Tree-Multichannel* und *Stereo+C*.

## 2.2 DECCA-Tree-Multichannel

Die Drei-Mikrophon-Technik, die als „DECCA-Tree“ bekannt wurde, hat sich Ende der 60er Jahre empirisch bei der Firma DECCA in Großbritannien für stereophone Zweikanalaufnahmen bei Kammer- und sinfonischer Musik entwickelt. Das Dreieck besteht aus drei Mikrofonen<sup>6</sup> (entsprechen  $m_2$ ,  $m_3$  und  $m_4$ , in Bild 3), die in einem Abstand von ca. 1,50m bis 2,50m ( $a_2$  und  $a_3$  in Bild 3) voneinander aufgestellt werden, wobei das mittlere Mikrofon häufig ca. 0,75m bis 1,20m weiter vorne als die beiden äußeren steht. Dadurch erhalten die mittleren vorderen Instrumente einen ähnlichen Näheindruck wie die vorderen Instrumente links und rechts, denn

<sup>6</sup> Damals kamen die Typen NEUMANN KM56s (Kugel/Niere/Acht), M49 (Niere) und M50 (Kugel mit besonderer Richtwirkung) zum Einsatz, gelegentlich sogar mit Trennwänden dazwischen (allerdings nicht beim M50).



meist sitzen die Musiker bei dieser Musik im Halbkreis um den Dirigenten<sup>7</sup>. Allerdings können sich alle drei Mikrophone auch auf einer geraden Line befinden, wenn die Verhältnisse anders liegen, z.B. bei einer Orgel oder einem Chor, der nicht im Halbkreis steht. Das Signal des linken Mikrophones wird bei Zweikanalstereo ausschließlich auf den linken, das Signal des rechten Mikrophones ausschließlich auf den rechten und das Signal des mittleren Mikrophones zu gleichen Teilen auf die Stereo-Lautsprecher geschaltet. Später kamen noch zusätzliche „Flanken“-

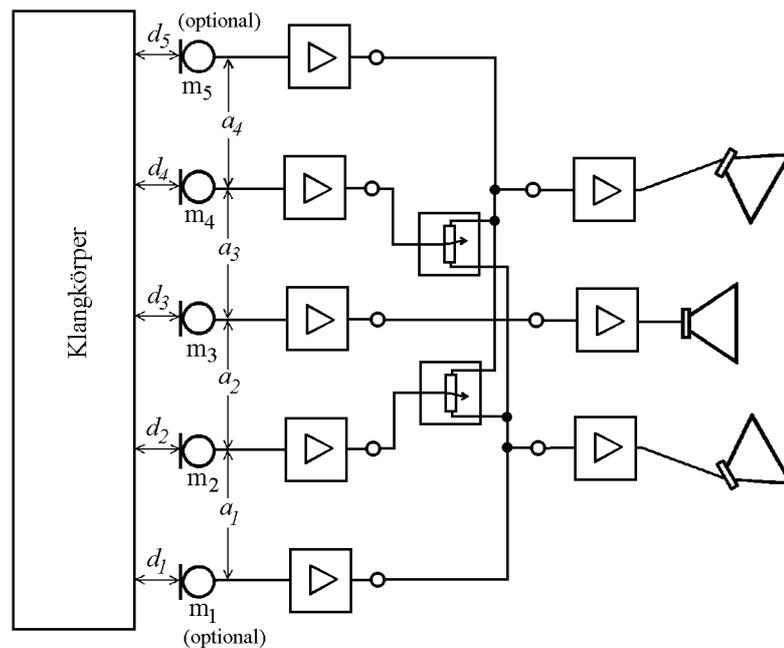


Bild 3: schematische Darstellung der DECCA-Tree-Multichannel-Anordnung

Mikrophone (entsprechen  $m_1$  und  $m_5$  in Bild 3) mit vergleichbarem Abstand zu den Mikrofonen  $m_2$  und  $m_4$  bei größeren Ensembles hinzu, die ebenfalls ganz rechts bzw. links gemischt werden, um die Abbildungsbreite und den Raumeindruck zu vergrößern.

Obwohl das DECCA-Tree stets als eine Art „Haupt“-Mikrofon mit ggf. zusätzlichen „Stütz“-Mikrofonen eingesetzt wurde, gehört es doch prinzipiell zu den Polymikrophonie-Techniken, denn es muß hier auf das Verhältnis Abstand Mikrofon/Schallquelle zu Abstand der Mikrophone untereinander bzw. auf den absoluten Abstand der Mikrophone zueinander geachtet werden. Nur wenn die Mikrophone so weit auseinander stehen, daß stets (selbst bei leicht seitlich ausgelenkten Schallquellen) größere Laufzeit- und (aufgrund des Entfernungunterschieds) zusätzliche Pegeldifferenzen auftreten, lassen sich unscharfe Hörereignisse und Klangverfärbungen vermeiden. Daher wurden von Anfang an so große Mikrofonabstände  $a_x$  beim DECCA-Tree verwendet<sup>8</sup>. Werden die Mikrofonabstände zueinander  $a_2$  und  $a_3$  (siehe Bild 3) zu klein gewählt,

<sup>7</sup> Auch hier zeigt sich, daß eine naturgetreue Übertragung nicht angestrebt wird, denn die mittleren Instrumente vor einem Dirigenten haben im Konzertsaal sicherlich eine größere Entfernung zum Hörer als die seitlichen Instrumente. Für die Lautsprecherwiedergabe wird aber z.B. bei einem Sinfonieorchester ein gleichmäßiger Entfernungseindruck der ersten Pulte gewünscht.

<sup>8</sup> Natürlich gibt es auch Schallquellenpunkte bei dieser Anordnung, die prinzipiell Summenlokalisierung erzeugen könnten. Dennoch ist das für die Praxis unter Beachtung der genannten Maße irrelevant, da die Laufzeitdifferenzen zwischen den Mikrofonen schnell groß genug werden (man denke an den „Ping-Pong-Effekt“ und an das Mittenloch bei ähnlich großen Stereo-„AB“-Anordnungen).



ergibt sich folgendes Resultat: jedes der drei sich aus der Anordnung ergebende Mikrofonpaare  $m_2 m_3$ ,  $m_3 m_4$  und  $m_2 m_4$  erzeugt prinzipiell je eine Phantomschallquelle, deren Orte sich allerdings nicht decken. Es entstehen aber nicht drei getrennte Hörereignisse, sondern nur ein diffus lokalisierbares Hörereignis. Zieht man aber nun die Mikrofone wieder weiter auseinander, und werden dabei die Basen  $a_2$  und  $a_3$  so groß, daß die Laufzeit- und Pegelunterschiede zwischen den Mikrofonen nicht mehr (oder kaum noch) zur Summenlokalisierung zwischen den Lautsprechern beitragen, ist die Anordnung bei ausgedehnten Klangkörpern bzw. mehreren Schallquellen als Polymikrophonie anzusehen, so daß diese Probleme nicht auftreten. Die Lokalisation von Hörereignissen beschränkt sich allerdings ausschließlich auf 100% links, 100% rechts und Mitte, sofern die äußeren Mikrofone des Dreiecks wie beschrieben verschaltet werden. Dies ist unvermeidbar, möchte man mit dieser Mikrofonanordnung bei der Wiedergabe eines ausgedehnten Klangkörpers die volle Lautsprecherbasisbreite nutzen. Dennoch mag diese Tatsache einen nicht so großen Nachteil bedeuten, wie es zunächst den Anschein hat. Zum einen ist die Lautsprecherbasis durch vom Mittenlautsprecher hervorgerufene Hörereignisse in der Mitte gefüllt, so daß die extreme Links/Mitte/Rechts-Abbildung nicht so negativ auffällt wie eine vergleichbar extreme Links/Rechts-Abbildung<sup>9</sup>. Zum anderen existiert zusätzlich je nach Signalbeschaffenheit ein (wenn auch sehr geringer) Lokalisations-Unschärfbereich, der diese extreme Wiedergabe leicht mildert. Prinzipiell besteht natürlich auch die Möglichkeit bei dem erweiterten Dreieck mit fünf Mikrofonen, die Signale der äußeren Mikrofone des Dreiecks  $m_2$  und  $m_4$  mit dem Panoramaregler nicht ganz 100% links bzw. rechts zu mischen.

Für die drei Frontkanäle einer 5.1-Aufnahme ist das DECCA-Tree als DECCA-Tree-Multichannel eine auf Grund der Unabhängigkeit der Mikrofone untereinander eine hervorragend geeignete Anordnung<sup>10</sup>. Das Mittenmikrophonsignal gelangt mit geeignetem und individuell einstellbarem Pegel ausschließlich auf den Centerkanal (um jedoch ein „Loch in der Mitte“ zu vermeiden, ist ein ausreichender Pegel in jedem Fall wichtig). Es ergibt sich so - zumindest für die Mitte - wieder eine schärfere Lokalisation, ein eindeutiger Mittenbezug und eine vergrößerte Hörzone im Vergleich zu Zweikanalstereo. Sofern nur mit drei Mikrofonen gearbeitet wird, wird - ähnlich wie bei der Stereovariante - das Signal des linken Mikrophons für die Wiedergabe ausschließlich auf den linken, das Signal des rechten Mikrophons ausschließlich auf den rechten Lautsprecher geschaltet. Viele bisherige Aufnahmen für den 5.1-Mehrkanalton wurden nach diesem Prinzip erstellt. Arbeitet man bei größeren Ensembles mit dem erweiterten Decca-Tree, könnten die beiden Signale der Mikrofone  $m_2$  und  $m_4$  mit geeigneten Mehrkanalpotentiometern zwischen den Lautsprecherpaaren L-C und R-C gemischt werden. Da dann aber wiederum Summenlokalisierung zwischen L-C und R-C erzeugt würde, ergäben sich dann die gleichen Nachteile wie bei den in Kap. 2.1 beschriebenen Mikrofonverfahren. Daher sollten die Signale der Mikrofone  $m_2$  und  $m_4$ , wie bei der herkömmlichen Zweikanalstereophonie, ausschließlich zwischen linkem und rechtem Lautsprecher gemischt werden.

Für eine kompatible Stereofassung einer solchen Aufnahme lassen sich die Mikrophonsignale des DECCA-Tree-Multichannel wie einleitend zum DECCA-Tree beschrieben verwenden. Nachteile bei der Phantommittenbildung fallen ebenfalls weg, da das Mittensignal dann einfach zu links und rechts hinzugemischt ist.

Der einzige Nachteil des DECCA-Tree-Multichannel findet sich in der Tatsache, daß für diese Mikrofonteknik eine gewisse räumliche Ausdehnung eines aufzunehmenden Klangkörpers benötigt wird. Das wird besonders deutlich bei Solodarbietungen oder bei kammermusikalischen

<sup>9</sup> „Ping-Pong“-Stereophonie bei zu klein gewählten Aufnahmebereichen.

<sup>10</sup> Ähnliche Betrachtungen sind auch unter dem Namen „FUKADA-Tree“ bekannt, wobei aber abgesehen von den Flankenmikrofonen ausschließlich Mikrofone mit nierenförmiger Richtcharakteristik zum Einsatz kommen. Die hier dargelegten Betrachtungen zum DECCA-Tree-Multichannel haben einen eher universelleren Ansatz.



Gruppen, die nicht immer einfach nach aufnahmetechnischen Bedürfnissen umgesetzt werden können. Im folgenden soll daher eine noch variabelere Mikrofontechnik für drei Frontkanäle vorgestellt werden.

## 2.3 Stereo+C

Wählt man ein in seinen Parametern optimiertes Stereomikrofon (AB, XY, MS, ORTF, etc.) für links und rechts (so, als sei der Center gar nicht vorhanden) und stellt zusätzlich davon ein weit genug entferntes Monomikrofon für den Center auf, so daß das Centersignal unabhängig vom Signalpaar L-R ist, so ergibt sich die Stereo+C-Anordnung. Besser ist ein noch größerer Abstand des Centermikrophons von der Links/Rechts-Anordnung, so daß man eher von Center-„Stütze“ sprechen kann. Das Ziel ist wie beim vorgestellten DECCA-Tree-Multichannel (Kap. 2.2), daß zwischen L-C oder R-C keine Summenlokalisierung stattfindet, sondern grundsätzlich nur zwischen L-R. Der Pegel dieser Centerstütze kann dabei sehr beliebig gewählt werden: von gerade eben noch wahrnehmbar, so daß die Lokalisation der Stereoanordnung auch bei verschiedenen Frontlautsprechern und Lautsprecheraufstellungen nicht beeinträchtigt wird, bis hin zu gleichem Pegel in L,C,R als lokalisationsbeeinträchtigendes und perspektivenbildendes Mittensignal. Im letzteren Fall ergibt sich - zumindest für die Mitte - wieder eine schärfere Lokalisation, einen eindeutigen Mittenbezug und eine vergrößerte Hörzone im Vergleich zu Zweikanalstereo<sup>11</sup>. Gleichzeitig könnte man für eine Stereomischung die Centerstütze einfach weglassen und nur die L/R-Mikrofonanordnung wählen. Damit ist eine Stereokompatibilität jederzeit gewährleistet. Art und Aufstellung des Mittenlautsprechers beim Konsumenten ist so ebenfalls unkritisch, da, falls bei entsprechendem Pegel des Mittensignals ein gewollter Lokalisationsreiz hervorgerufen wird, dies als Monosignal am Ort dieses Lautsprechers lokalisiert wird. Die übrige Lokalisation - durch den linken und rechten Frontlautsprecher erzeugt - wird dabei i.d.R. nicht gestört. Nachteile bei der Phantommittenbildung fallen ebenfalls weg, da das Mittensignal ähnlich dem einer Monostütze zu links und rechts hinzugemischt ist.

Es bleibt nur noch die Frage, wo der Punkt zu finden ist, in dem eine Centerstütze weit genug entfernt ist von einer Stereoanordnung. Hier gilt das gleiche wie für herkömmliche Stützen bei der Stereophonie. In der Praxis wäre es z.B. denkbar, mit einer Stativverlängerung das Monomikrofon auf den Ständer für die L/R-Anordnung zu schrauben (siehe Bild 4). Der Abstand dieses Mikrophons zum Instrument oder Ensemble ist dann auch meist nur geringfügig größer als der Abstand des L/R-Mikrophons zum Instrument bzw. Ensemble, so daß sich eine ähnliche Entfernungswahrnehmung durch die Perspektive des Stereomikrophons und die der Centerstütze einstellt. Die Stativverlängerung sollte in der Praxis mindestens eine Höhe von 2m haben (siehe Bild 4). Natürlich gibt es auch Punkte bei dieser Anordnung, die prinzipiell Summenlokalisierung zwischen L-C und R-C erzeugen könnten. Dennoch ist das für die Praxis bei üblichen Abständen zum Instrument bzw. Ensemble irrelevant, da die Laufzeitdifferenzen auch für kleinere Entfernungsunterschiede von Schallquellen zwischen L/R und C schon recht groß werden (man denke an den „Ping-Pong-Effekt“ und an das Mittenloch bei ähnlich großen Stereo-„AB“-Anordnungen, vgl. auch 2.2). Doch soll diese Anordnung mit der Stativverlängerung keineswegs als „Kochrezept“ gelten. Denkbar ist auch ein Centermikrofon an einem ganz anderen Ort als das L/R-Mikrofon. Auch kann das Centermikrofon vom Typ her abweichen von denen der Stereoanordnung. Eventuelle Klangunterschiede werden wie üblich in der Stütztechnik per Filter angenähert.

<sup>11</sup> Dies kann trotz Verzögerung und verminderter Korrelation (vgl. Fußnote 13) des Centersignals zu den Signalen der Stereoanordnung erfolgen.



### Stereo- und Mittenmikrophon (Fallbeispiel: AB+C)

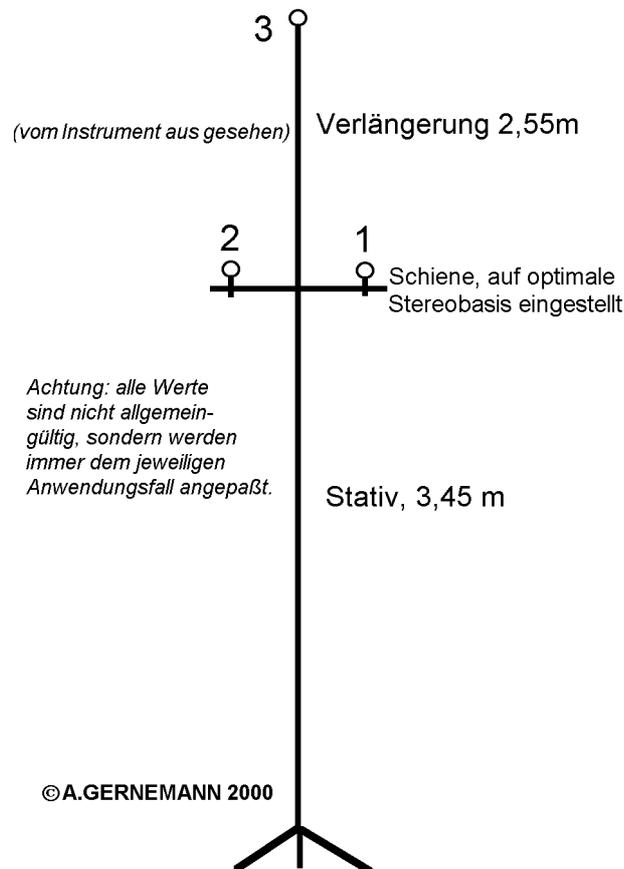


Bild 4: Stereo+C

## 2.4 Zusätzliche Signalverarbeitung für den Centerkanal

Beim DECCA-Tree-Multichannel und bei Stereo+C sind eine besondere Signalbearbeitung außer den allgemein üblichen klanglichen Anpassungen i.d.R. nicht nötig, es sei denn, es werden wie beschrieben unterschiedliche Mikrofontypen oder von den übrigen Mikrofonen extrem abweichende Aufstellpositionen für das jeweilige Centermikrofon gewählt. Eventuell kann es hilfreich sein, den Centerkanal bei ca. 80-100Hz hochpaß zu filtern, damit tieffrequente Anteile bei seitlicher Lokalisation das Klangbild nicht in die Mitte ziehen. Der Effekt ist auch bei der Stereophonie bekannt, wodurch sog. Shuffler-Systeme<sup>12</sup> entwickelt worden sind. Für Stereo+C, welches ja auf der Basis herkömmlicher Stereoanordnungen arbeitet, ist dieser Effekt daher besonders bei zusätzlichen Mittensignalen zu kontrollieren. Beim DECCA-Tree-Multichannel läßt sich der „Mittenzieh“-Effekt durch die Hochpaßbegrenzung des Mittensignals bei ca. 80-100Hz vollständig vermeiden.

<sup>12</sup> Shuffler-Systeme arbeiten mit größeren Pegel- bzw. Laufzeitdifferenzen bei tiefen Frequenzen als bei höheren, da Untersuchungen mit Gauß-Signalen zeigen, daß für solche Signale bei tieferen Frequenzbändern größere Pegel- bzw. Laufzeitdifferenzen für die gleiche Lokalisationsverschiebung benötigt werden als bei höheren. In der Praxis kann sich dies eventuell bei bestimmten tiefen Instrumenten zeigen: z.B. kann bei einem Kontrabaß das Anstrichgeräusch von der Seite, der Grundton aber aus der Mitte kommen. Es wäre jedoch noch zu klären, inwieweit dieser Effekt beim Kontrabaß auch auf die Parameter der verwendeten meist nichtidealen Abhörlautsprecher zurückzuführen ist.



## 2.5 Ein künstliches Mittensignal

Die Überlegungen zu Stereo+C führen auch zu einer sinnvollen Möglichkeit, aus einer zweikanaligen Stereoaufnahme ein künstliches, elektrisch erzeugtes Mittensignal zu gewinnen, um aufwärtskompatible Mehrkanalmischungen herzustellen. Bisherige Überlegungen gehen von einer simplen Addition des gedämpften linken und rechten Signals aus, um ein künstliches Mittensignal zu erzeugen. Ausgehend von Stereo+C wäre im Sinne des Gesetzes der ersten Wellenfront das Signal jedoch zusätzlich zu verzögern. Um Klangfarbenverfälschungen durch Kammfiltereffekte zu vermeiden, sollte die Verzögerung recht groß gewählt werden, 20ms und mehr können je nach Programmart und Pegel des künstlichen Mittensignals durchaus eingestellt werden, ohne daß hörbare Echoeffekte zwischen den drei Frontsignalen L,C,R entstehen. Der Unterschied zu diskreten drei Frontsignalen durch eine Stereo+C-Anordnung besteht lediglich darin, daß mit Addition L+R ein korrelierendes Signal zu L und R erzeugt wird (ein diskretes Centersignal durch Stereo+C ist in jedem Fall deutlich weniger korreliert<sup>13</sup> zu L und R und daher dem künstlichen Mittensignal immer überlegen). Sollten durch die Addition von L+R selbst schon unangenehme Klangveränderungen auftreten (z.B. bei Laufzeitstereophonie), kann man auch nur das ursprünglich linke oder rechte Signal nehmen und es mit geringem Pegel und Verzögerung auf den Centerlautsprecher geben.

## 3. Mikrophananordnungen für zwei Surroundkanäle

### 3.1 Grundlagen zur Raumschallgestaltung

Wie in Kap. 1.3 erläutert, kommt den hinteren Surroundlautsprechern bei der Erzeugung eines überzeugenden, ambienten Raumeindrucks eine tragende Rolle zu. Die Bearbeitung von Raumschall ist für die Tontechnik ein wichtiges gestalterisches Element, welches i.d.R. mittels entsprechender Effektgeräte oder /und zusätzlicher sog. *Raummikrophone* optimiert werden kann. Der Raumschallanteil ist verantwortlich für den wahrgenommenen Raumeindruck und trägt außerdem zur Entfernungswahrnehmung<sup>14</sup> von Hörereignissen bei. Zunächst sollen sowohl für das weitere Verständnis als auch zur Erläuterung der Unterschiede zum 5.1-Mehrkanalton die Zusammenhänge bei der Zweikanalstereophonie betrachtet werden. Denn gerade hier müssen ganz andere Verhältnisse eingestellt werden, als man sie vergleichbar in einem natürlichen Raum findet. Beim natürlichen Hören trifft der Raumschall im Gegensatz zum Direktschall aus allen Richtungen ein. Für den Nachhall bedeutet dies, daß das „Gesetz der Ersten Wellenfront“ greift und frühe erste Reflexionen durch nah bei den Schallquellen gelegene Reflexionsflächen zur Deutlichkeits- und Lautheitssteigerung der Schallquellen führen. Bei der Stereophonie (und ebenfalls bei der Monophonie) ist dies nicht der Fall<sup>15</sup>. Hier treffen alle Rauminformationen und die Direktschallanteile nur von vorne auf den Hörer. Sehr frühe erste Reflexionen wie die von

<sup>13</sup> Die verminderte Korrelation entsteht nicht durch die resultierenden Laufzeitdifferenzen zwischen Centermikrofon und der L/R-Anordnung aufgrund des unterschiedlichen Abstands zum Instrument bzw. Ensemble (zwei gleiche Signale, die sich nur durch eine Verzögerung voneinander unterscheiden, sind korreliert), sondern durch die Richtwirkungen der Schallquelle(n) und die Einflüsse des Aufnahme Raumes.

<sup>14</sup> Die Entfernungswahrnehmung von Hörereignissen ist neben dem generellen Verhältnis Raumschall zu Direktschall u.a. auch abhängig von der Gestalt und zeitlichen Abfolge der Erstreflexionen sowie von der Klangfarbe und der Lautstärke.

<sup>15</sup> bei der Wiedergabe von stereophonen Aufnahmen über Kopfhörer existieren wiederum andere Verhältnisse. Hier ist im Gegensatz zur Wiedergabe über Lautsprecher häufig eine übertriebene Halligkeit gegeben.



nahen Reflexionsflächen können dann zu einem unpräzisen, vielleicht sogar zu einem verfärbten Klangbild führen. Erste Reflexionen sollten daher bei der Stereophonie gegenüber dem Direktschall deutlich verzögert sein. Bei einer Aufnahme müssen also reflektierende Flächen in der Nähe der Schallquellen vermieden bzw. bei Nachhallgeräten eine entsprechend hohe Verzögerung eingestellt werden. Einige Autoren geben hier Werte von über 25ms an. Verzögerungen ab 50ms können in seltenen Fällen jedoch bereits als Echo wirken<sup>16</sup>. Die Raumsignale selbst sollten sich wenig ähneln, also nahezu unkorreliert sein (ca. 10% Korrelation), d.h. bei Verwendung von Raummikrofonen dürfen diese nicht zu nahe beieinander stehen<sup>17</sup>.

Ebenso unterschiedlich ist die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit bei der Stereophonie im Vergleich zum natürlichen Hören. In einem realen Raum haben tiefe Frequenzen eine deutlich längere Nachhallzeit als hohe Frequenzen. Bei der Stereophonie können dieselben Verhältnisse ebenfalls zu einem undeutlichen Eindruck führen. Die Nachhallzeit darf hier für tiefe Frequenzen, insbesondere bei der Verwendung von Nachhallgeräten, nicht ansteigen.

Für den 5.1-Mehrkanalton gilt letzteres wiederum eingeschränkt, da hier Raumschall aus mehreren Richtungen (bzw. von hinten) kommen kann. Sofern die hinteren Kanäle also daran beteiligt sind, kann eine leichte Anhebung tiefer Frequenzen<sup>18</sup> für eine überzeugende Einhüllung in die akustische Atmosphäre sogar vorteilhaft sein. Ebenfalls anders als bei der Stereophonie haben bei Surround Direktschall und Nachhall oft ähnlich große Pegel<sup>19</sup>. Dabei zeigt sich in der Praxis, daß ähnlich langer Nachhall wie bei einer zweikanaligen Stereoaufnahme - bei 5.1 durch die hinteren Kanäle wiedergegeben - zu einem eher verwaschenen Klangbild führt. Raumschall über die hinteren Lautsprecher muß daher eher kurz aber prägnant wirken im Sinne einer deutlichen Entfernungswahrnehmung (s.o.) durch Reflexionen oder sogar durch unterschiedlich verzögerten und klanglich bearbeiteten (Tiefpaßfilterung) Direktschall. Dies gilt allerdings nicht für zusätzlichen Raumschall, der über die Frontkanäle wiedergegeben wird und der eher einen diffusen Charakter haben kann<sup>20</sup>. Parallelen zur Stereophonie bestehen in der Forderung, daß die Raumsignale sich selbst wenig ähneln sollten, also nahezu unkorreliert sein müssen (ca. 10% Korrelation). Ebenso können (müssen aber nicht) zur Vermeidung von Fehllokalisationen von hinten deutliche Verzögerungen wie bei der Zweikanalstereophonie und zusätzliche Tiefpaßbegrenzungen der Hintersignale helfen.

---

<sup>16</sup> Die Echo-Wahrnehmbarkeitsschwelle bei Raumschall ist jedoch stark abhängig von dem Pegelverhältnis zwischen Direktschall und den Rückwürfen. Hier ist bereits der Pegel der Erstreflexionen häufig um 6 dB oder mehr niedriger als der Pegel des Direktsignals. In diesem Fall wird man in der Regel ein Echo erst ab einer größeren Verzögerung von weit über 50 ms wahrnehmen. Auch die Signalbeschaffenheit von Direkt - und Raumschall haben einen Einfluß auf die Echoschwelle. Sie liegt beispielsweise um so niedriger, je impulsiver das Direktsignal ist und desto weniger frequenzabhängig und desto zeitlich dichter die Rückwürfe untereinander sind.

<sup>17</sup> siehe Fußnote 13. „Atmo“-Signale (z.B. Bahnhof, Fußballplatz) hingegen können aber (oder sollten sogar) eine höhere Korrelation als Raumsignale für Musikaufnahmen haben.

<sup>18</sup> Gemeint ist hier eine Pegelanhebung und nicht eine Verlängerung der Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen.

<sup>19</sup> Die Signale für die rückwärtigen Lautsprecher können manchmal sogar einen vergleichbar höheren Pegel für eine deutliche Wahrnehmung des Raumschalles erfordern als die Signale für die Frontlautsprecher. Dabei ist darauf zu achten, daß die Echo-Wahrnehmbarkeitsschwelle sinkt.

<sup>20</sup> Dies zeigt sich auch beim Einsatz von Hallgeräten: Für eine überzeugende Umhüllung muß häufig hinten ein Hallprogramm mit kürzerer Nachhallzeit und deutlichen Erstreflexionen gewählt werden, während zusätzlicher Hall von vorne eher mit längerer Nachhallzeit und weniger deutlichen Reflexionen sinnvoll ist.



### 3.2 Raummikrophone

Einsatz und Positionierung von Raummikrofonen und die Mischverhältnisse ihrer Signale sind viel mehr noch als die Aufstellung der Anordnungen für die Frontkanäle sehr stark abhängig von den Gegebenheiten am Einsatzort, der gespielten Musik und dem persönlichen Geschmack der verantwortlichen Tonschaffenden abhängig. Daher sind allgemeingültige Angaben kaum möglich, allerdings können grundlegende Gesichtspunkte hilfreich sein:

- Raummikrophone für den 5.1-Mehrkanalton dürfen wie bei der Stereophonie nicht zu nahe beieinander stehen. Einige Meter voneinander entfernt sind durchaus angebracht.
- Der Abstand zum Ensemble muß groß genug sein, um einen überzeugenden Entfernungseindruck zu bekommen. Wäre ausschließlich Diffusität, also eine hohe Dichte von Rückwürfen gefragt, müßten Raummikrophone weit hinten in einem Saal aufgestellt werden, da Diffusität in größeren Räumen erst in weiter Entfernung von den Schallquellen erreicht wird<sup>21</sup>. Im Vergleich zur Stereophonie stehen Raummikrophone für den 5.1-Mehrkanalton aber meist näher am Ensemble, wenn auch dieser Abstand einige Meter betragen kann. Wie oben erläutert, ist bei Raumschall durch Surroundkanäle weniger eine hohe Diffusität wichtig als ein geeigneter Entfernungseindruck allein der Surroundsignale. Hilfreich kann in diesem Zusammenhang eine Staffelung mit mehreren Raummikrofonpaaren sein, wobei die Signale des einen (meist des vorderen!) Paares ausschließlich auf die Surroundkanäle, die des anderen Paares auf die Frontkanäle oder auf alle Kanäle mit unterschiedlichen Pegeln gemischt werden können. Der Vorteil der Staffelung von Raummikrofonen ist es, daß man für eine zusätzliche stereophone Zweikanalmischung auch weiter vom Ensemble entfernte diffusere Signale zur Verfügung hat. Sofern Publikumsgeräusche stören, ist auch - soweit möglich - eine Raummikrofonanordnung hoch über dem Ensemble (und nicht im Publikumsraum) denkbar.
- Zusätzliche Signalverarbeitung in den Surroundkanälen wie Verzögerung<sup>22</sup> und Filterung (Höhen z.T. drastisch absenken, Tiefen leicht anheben) können den Effekt einer Umhüllung verstärken und Lokalisations-Artefakte unterdrücken.
- In Anbetracht einer guten Durchhörbarkeit kann es erforderlich sein, daß das Klangbild der Frontlautsprecher alleine eher deutlich trockener und näher ist (also die Frontlautsprecher überwiegend Direktschall abstrahlen) als bei einer vergleichbaren stereophonen Zweikanalmischung. Dies gilt besonders für den Centerkanal bei Solodarbietungen, da über den Mittenlautsprecher wiedergebener Raumschall schnell zu einem undeutlichen Klangbild führt<sup>23</sup>. Dies kann auch bedeuten, daß eine Anordnung für die Frontkanäle sowie zusätzliche „Stütz“-Mikrophone näher an das Ensemble bzw. die Instrumente gestellt werden müssen als Mikrophone für eine Stereoaufnahme. Dies mag zunächst eine unüberwindbare Inkompatibilität zwischen Stereo und 5.1 darstellen, i.d.R. läßt sich aber dennoch für beide Varianten eine akzeptable Kompromißlösung finden.

<sup>21</sup> Dies gilt prinzipiell auch für die Aufstellung von Raummikrofonen bei der Zweikanalstereophonie. Allerdings sind die akustischen Verhältnisse in realen Räumen selten ideal diffus. Häufig wirken Raumsignale, die durch ferne Raummikrophone gewonnen werden, klanglich unausgewogen.

<sup>22</sup> Häufiger ist jedoch eine deutliche Verzögerung der Raumsignale im Bereich mehrerer zehn Millisekunden sinnvoll, da hier das Gesetz der ersten Wellenfront wirkt. Je nach Beschaffenheit der Signale wird dann nur die Schallquelle lokalisiert, die zuerst den Hörer erreicht. Dies ist von großem Vorteil, da ja rückwärtiger Schall eben nicht scharf sondern eher diffus (nicht zu verwechseln mit diffusen Hallanteilen!) lokalisiert werden soll.

<sup>23</sup> Dies bedeutet eine gewisse „Gefahr“ für die ausübenden Künstler, da der Konsument in der Lage ist, ein „trockenes“ Signal vom Interpretieren zu hören, indem er die Kanäle mit dem Hallanteil einfach abschaltet.