

Mikrofontechniken für Atmoaufnahme in 2.0 und 5.1 und deren Eigenschaften

*(Microphone techniques for ambience recordings
in 2.0 and 5.1 and their properties)*

Helmut Wittek^{1,2}

¹ SCHOEPS Mikrofone GmbH, wittek@schoeps.de

² www.hauptmikrofon.de, Forum für Stereophonie- und Aufnahmetechnik

Kurzfassung

Die Atmo ist eine wichtige Komponente im Mix, sie ist verantwortlich für die Miteinbeziehung und Umhüllung des Hörers sowie für den räumlichen Eindruck vom Geschehen vor Ort. Dies gilt für fast jede Art von Aufnahme, sei es Musik, Film, Sport, etc. Der Mikrofonierung der Atmo kommt deshalb eine entscheidende Rolle zu.

Die drei Ebenen der Atmo und ihre jeweilige Zielsetzung werden erläutert und anhand dessen die jeweils geeignete Mikrofonierung aufgezeigt. Schließlich werden konkrete Atmo-Mikrofontechniken für 2.0 und 5.1 vorgestellt und ihre Funktionsweise erläutert. Eine umfangreiche Untersuchung und Sammlung von Aufnahmen, die anlässlich des VDT-Seminars "Atmoaufnahme" entstand, wird vorgestellt und zur freien Verwendung angeboten.

1. Einleitung

Die Aufgaben der Atmo sind vielfältig, das macht sie für den Tonmeister so wichtig und für den Wissenschaftler so interessant. Atmo soll den Hörer mit in die Szene ziehen, sie soll die Umhüllung des Hörers erschaffen, Raumeindruck und räumliche Orientierung gewährleisten, den Klangcharakter der Szene definieren und schließlich dient sie ganz wesentlich zur Erzeugung der Stimmung in einer Szene. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil der Dramaturgie.

Da Atmoelemente Bestandteil nahezu jeder Art von Tonmischung sind und die Ziele der Atmo auch die Ziele der gesamten Aufnahme sind, ist die Frage nach der Kunst der Atmoaufnahme/-erzeugung nichts Geringeres als die Frage nach der Kunst des guten Tons selbst. In der Diskussion um Techniken zur Erschaffung einer überzeugenden Atmo finden sich alle Elemente wieder, die eine gute Aufnahme oder eine gute Tonmischung an sich

ausmachen. Oder konkreter: Wer eine gute Atmo erzeugen kann, für den ist der Weg zur guten Aufnahme/Tonmischung nicht weit.

2. Echt oder Fake?

Wir hören als Audio-Konsumenten nie das, was wir zu hören glauben. Jede Aufnahme und Mischung enthält einen mehr oder weniger großen Anteil von Pseudo- oder Hyperrealität. Insofern ist die Frage: „wie kann ich das Geschehen am Aufnahmeort 1:1 übertragen?“ obsolet und wird ersetzt durch die Frage: „welche Erwartung beim Hörer muss ich erfüllen und welche Wahrnehmung muss ich erzeugen, wenn ich an diesem Ort aufnehme?“

Ein Hauptgrund dafür ist, dass die ganzheitliche Wahrnehmung am Wiedergabeort stark eingeschränkt ist. Es fehlen viele Merkmale, die eine Person am Aufnahmeort bewusst und unbewusst zur Erfassung der Stimmung heranzieht: optische (3D-)Informationen, Vorwissen über die Räumlichkeit und die hörbaren akustischen Quellen sowie allgemein die Stimmung, die dort „in der Luft liegt“.

Für Filmtoneurmeister ist das ganz selbstverständlich. Sie wissen, mit welchen Mitteln eine bestimmte Wahrnehmung erzeugt wird, und diese orientieren sich nicht immer an der Realität. Hier werden teils unterbewusst Musik und Töne als zielgerichtete Effekte eingesetzt, z.B. Geräusche wie Grillenzirpen und Hundegeheul. Selbst beim Dokumentarfilm wird der Wahrnehmung mit allen Mitteln nachgeholfen, auch wenn hier offensichtliche Effekte vermieden werden.

Ist eine Atmoaufnahme aus einem Konzertsaal ebenso eingeschränkt? Auch hier ist es schließlich unmöglich, das komplette Szenario zu übertragen. Allerdings ist man viel mehr als beim Filmtoneur daran gebunden, nur die tatsächlichen Geräusche zu übertragen, was den Spielraum erheblich einschränkt¹. Es ergibt sich also vielmehr die Frage, welche Live-Aufnahmetechnik die Erwartungshaltung am besten erfüllt. Da ein direkter Bezug zur sichtbaren Szene meist nicht besteht, ist man relativ frei, was Richtungs- und Entfernungswiedergabe und den Klang des Raums angeht. Dies erhöht den Spielraum für die Mikrofonierung und lässt Platz für die Optimierung praktischer Aspekte. Ein Beispiel: beim Theile-Trapez (siehe Abschnitt 7.5) wird durch die Orientierung der Nieren von vorne eintreffender Schall optimal ausgeblendet.

3. Ebenen der Atmo

Eine Atmo besteht aus mehreren Ebenen, die jeweils unterschiedliche Funktionen haben. Da diese unterschiedlichen Funktionen auch mit unterschiedlichen Mitteln erreicht werden, ist

¹ Das muss nicht unbedingt so sein. Die künstliche Aufbereitung durch Archivmaterial macht auch vor den Live-Realformaten Sport und Musik nicht halt.

es wichtig, die Zusammensetzung der Atmo zu kennen und sein Mikrofonsetup entsprechend auszuwählen. Abbildung 1 zeigt die drei Ebenen:

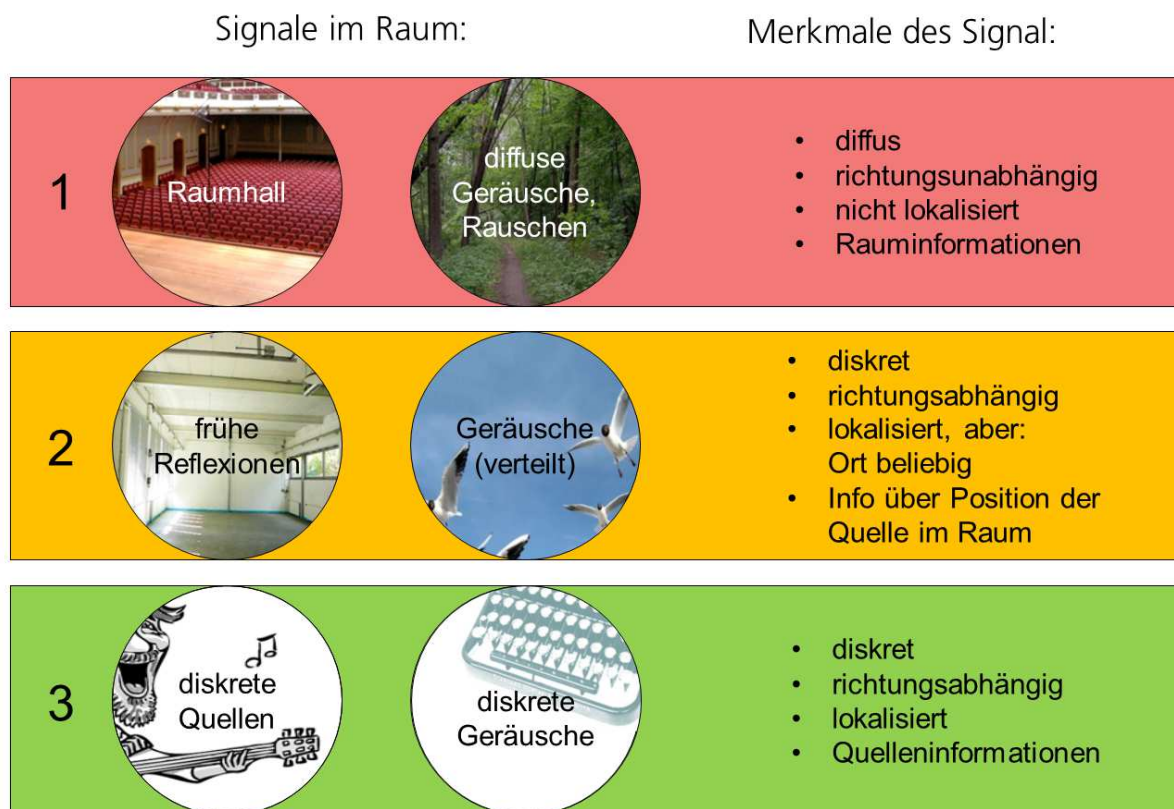


Abbildung 1: Die 3 verschiedene Ebenen einer Atmo und deren Merkmale

Ebene 1 enthält diffuse, nichtlokalisierte Elemente. Raumhall gehört ebenso dazu wie diffuse Umgebungsgeräusche, also z.B. Blätterrauschen, Verkehrslärm, Hintergrundmusik, etc. Diffus bedeutet, dass die Signale aus keiner stetigen Richtung kommen und somit nicht lokalisierbar sind. Aufgabe dieser Ebene ist es, dem Hörer den Eindruck vom Raum, von seiner Beschaffenheit und Größe zu übermitteln und den Hörer zu umhüllen, um ihn somit in den virtuellen Raum miteinzubeziehen. Um dies überzeugend zu erreichen, muss das Signal unbedingt auch auf der Wiedergabeseite diffus sein. Dies ist eine schwer zu erfüllende Forderung, und so trennt sich hier die Spreu vom Weizen bei der Mikrofon-Aufnahmetechnik. Um ein diffuses Schallfeld zu erzeugen, müssen die Lautsprecherkanäle im ganzen Frequenzspektrum unkorrelierte „Ebene 1“-Signale wiedergeben. Das heißt nicht notwendigerweise, dass die kompletten Lautsprechersignale unkorreliert sein müssen, denn sie bestehen ja zusätzlich noch aus den Anteilen der Ebenen 2 und 3 sowie aus dem Nicht-Atmoanteil. In Abschnitt 5.1 wird die Technik der Erzeugung breitbandig unkorrelierter Ebene 1-Anteile näher betrachtet.

Ebene 2 enthält Anteile, die zwar diskreter Natur sind, also aus einer bestimmten Richtung kommen, aber deren Richtung bzw. Richtungsverteilung nicht 1:1 abgebildet werden muss.

Ein Beispiel dafür sind die in Abbildung 1 abgebildeten Vögel: Es ist nicht relevant, welcher Vogel aus welcher Richtung wahrgenommen wird. Wichtig ist aber, dass die Vogelgeräusche gleichmäßig aus alle Richtungen kommen. Die Aufgabe dieser Geräusche ist, den Raum und seine Stimmung und Ausdehnung zu beschreiben und somit dramaturgische Aspekte wahrzunehmen.

Auch die wichtigen frühen Reflexionen sollten diskret und verteilt wiedergegeben werden. Es spielt aber keine Rolle, aus welcher Richtung die wiedergegebenen Reflexionen ursprünglich im Aufnahmeraum kamen. Die Aufgabe der frühen Reflexionen ist die Distanz- und Tiefenwahrnehmung;

Ebene 2-Signale sollten diskret, das heißt als Phantomschallquelle zwischen maximal zwei Lautsprechern wiedergegeben werden. Nur dann werden sie lokalisiert, was für ihre Aufgabe wichtig ist. Die Aufnahmetechnik dafür entspricht im Wesentlichen der üblichen stereofonen Aufnahmetechnik, beschrieben in Abschnitt 5.3. Allerdings ist nur eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung gefragt, nicht aber eine lineare Lokalisationskurve¹; mehr dazu in Abschnitt 5.2.

Ebene 3 enthält diejenigen diskreten Anteile, deren wahrgenommene Richtung relevant ist. Dies ist bei einer Atmoaufnahme z.B. ein vorbeifahrendes Auto oder ortsrelevante Geräusche wie eine Kaffeemaschine oder eine Türklinke. Ebene 3-Signale sollten diskret als Phantomschallquelle zwischen maximal 2 Lautsprechern wiedergegeben werden. Nun kommt es bei der Aufnahmetechnik auch genau auf die Lokalisationskurve des Mikrofonsetups an. Es ist zwar meistens nicht die 1:1-Zuordnung gefragt, aber sehr wohl eine bestimmte Zuordnung im Sinne der optimalen Wiedergabe. Im Beispiel des vorbeifahrenden Autos könnte z.B. ein Aufnahmewinkel von 90° passend sein, und das Auto wird zwischen L-LS wiedergegeben; mehr dazu in Abschnitt 5.3.

4. Zielgerichtete Aufnahmetechnik

Es gibt keine Aufnahmetechnik, die perfekte Eigenschaften für alle Atmosituationen besitzt, denn die Aufgaben und Ziele der 3 Atmo-Ebenen widersprechen sich teilweise. Jede Aufnahmetechnik ist nur ideal für einen bestimmten Ebenenmix. Ein Ebenenmix entsteht dadurch, dass gleichzeitig Signale mehrerer Atmo-Ebenen vorliegen, was in den meisten Aufnahmesituationen der Fall ist. Die Wahl der Aufnahmetechnik hängt wesentlich davon ab, welcher Ebenenmix vorliegt. Die Tabelle unten zeigt einige Beispiele für einen Ebenenmix und eine mögliche Mikrofonlösung.

In der dritten Spalte ist jeweils nur ein Beispiel für ein passendes Setup angeführt. Die Wahl der konkreten Anordnung hängt auch wesentlich davon ab, welche Prioritäten der

¹ Eine Lokalisationskurve ist die Funktion der Phantomschallquellenposition im Wiedergaberaum in Abhängigkeit von der Einfallsrichtung im Aufnahmeraum. In den Abschnitten 6 und 7 sind die Lokalisationskurven verschiedener Mikrofonanordnungen angegeben.

27. TONMEISTERTAGUNG – VDT INTERNATIONAL CONVENTION, November 2012

Tonmeister setzt und mit welchen Kompromissen er am liebsten leben will. Für den einen steht z.B. fest, dass er aus klanglichen Gründen mit Kugeln arbeiten will. Für den anderen spielt die natürliche räumliche Abbildung eine größere Rolle.

Ebenenmix			Beispiel	Mögliches Mikrofonsetup für 5.1, siehe Abs. 6 und 7
1	2	3		
X	X		Filmatmo ohne diskrete Geräusche	5 Kugeln
X	X		Konzertsaal-Raummikrofon	Hamasaki Square
X	X	X (ohne Center)	Stadionatmo für Sport	ORTF Surround
X	X	X (mit Center)	Dokufilm-Atmo mit Geräuschen	5 breite Nieren
X	X	X (nur vorne)	Orchester im Konzertsaal	OCT Surround, OCT + Hamasaki
	X	X	Trockene Außenatmo	Doppel-M/S, ORTF Surround
		X	Trockene Hörspielaufnahme im Studio	Doppel-M/S

Außerdem spielen bei der Auswahl des Mikrofonsetups praktische Aspekte eine wesentliche Rolle. Ein riesiges Kugelsetup scheidet z.B. für die meisten Anwendungen von vorne herein aus, selbst wenn man es als das Ideal ansähe.

Praktische Aspekte bei der Wahl des Mikrofonsetups:

- Größe des Setups
- Einfachheit, Robustheit
- Windschutz
- Downmixkompatibilität
- Preis
- Flexibilität in der Postproduktion
- Anzahl der Spuren
- etc.

Klangliche Aspekte bei der Wahl des Mikrofonsetups:

- Klangfarbe
- Räumliche Qualität
- Umhüllung
- Natürlichkeit des Raums
- Richtungswiedergabe
- Richtwirkung
- etc.

Speziell konfigurierte Setups, die eine Komplettlösung für Aufhängung, Windschutz, Multicore, Mikrofonbefestigung und sogar Heizung bieten, helfen bei der Vermeidung von Fehlern und für einen schnellen und betriebssicheren Aufbau. Ob damit klangliche Kompromisse verbunden sind, entscheidet der Tonmeister. Es gibt viele Angebote auf dem Markt, die große Kompromisse darstellen. Dieser Aufsatz wird in den folgenden Abschnitten zeigen, dass man nicht alles auf einmal haben kann, denn die Physik und die Psychoakustik bestimmen die Regeln.

5. Aufnahmetechniken für die 3 Atmo-Ebenen

Wie in Abschnitt 0 beschrieben, verfolgt ein Tonmeister zur Mikrofonaufnahme der 3 Atmo-Ebenen jeweils unterschiedliche Intentionen. Abbildung 2 fasst dies noch einmal mit Fokus auf die Mikrofonaufnahme zusammen.

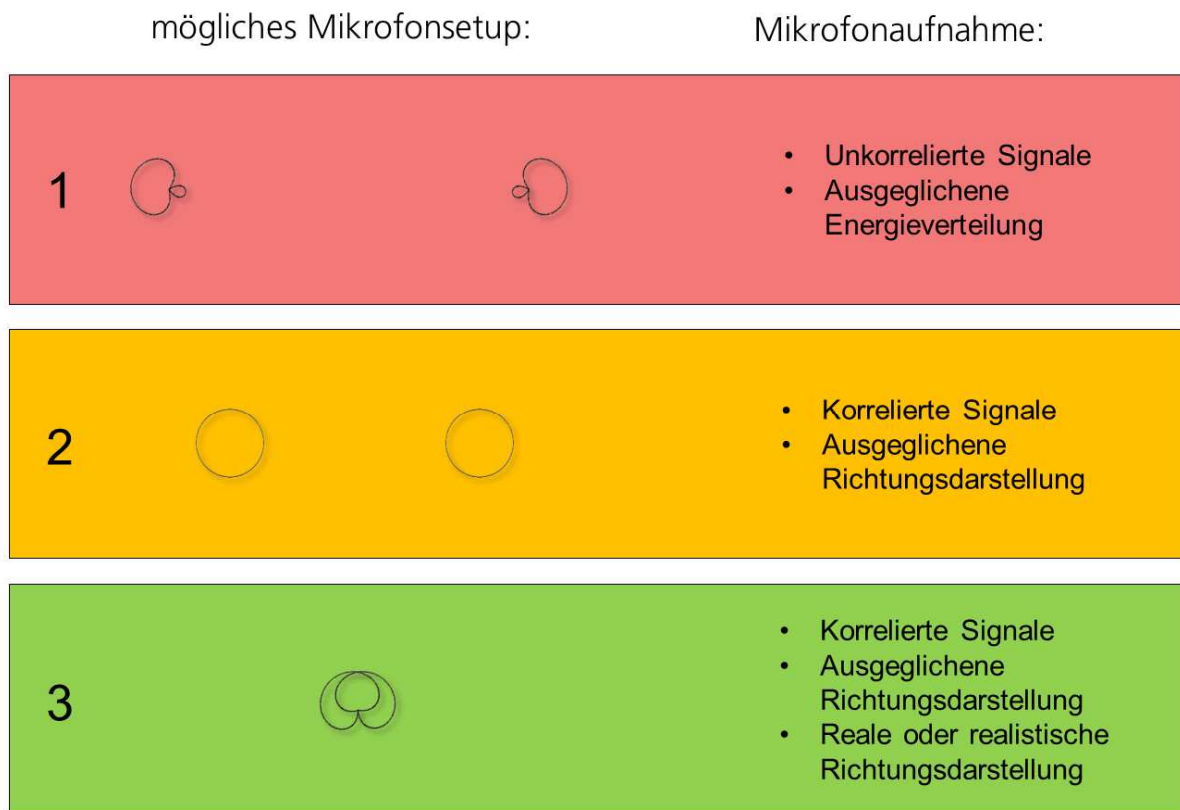


Abbildung 2: Die unterschiedlichen Eigenschaften der Wiedergabekanäle für die Atmo-Ebenen 1, 2 und 3

Es wird schwierig, ein Mikrofonsetup zu finden, das für alle 3 Ebenen optimale Ergebnisse liefert. Dennoch sind die Forderungen nicht so unterschiedlich und unvereinbar, wie es scheint. Dazu dient die folgende Analyse der jeweiligen Forderungen in jeder Atmo-Ebene.

5.1. Mikrofonierung von **Atmo-Ebene 1: Diffuse Signale**

Es ist unerlässlich, dass das diffuse Schallfeld im Aufnahmeraum auch im Wiedergaberaum diffus erscheint. Gibt man z.B. Hall als Monosignal wieder, wird er fälschlich aus einer Richtung lokalisierbar. Außerdem verliert er seine Umhüllung und die intuitiven Informationen zu Raumgröße und -beschaffenheit. Dadurch wird die Klangfarbe des Halls erheblich negativ beeinträchtigt. Abbildung 3 illustriert diesen Effekt anhand der Wiedergabe von diffusem Schall im Wald.



Abbildung 3: Die diffuse Atmo (Wald mit Blätterrauschen) jeweils im Original und bei der Lautsprecherwiedergabe.

Links: Die diffuse Atmo wird lokalisiert, sie erscheint eng und unnatürlich verfärbt

Rechts: Die diffuse Atmo wird optimal diffus wiedergegeben

Um ein diffuses Signal im Wiedergaberaum zu erzeugen, müssen die Lautsprecher signale unkorreliert sein, das heißt, der Betrag der Korrelation bzw. Kohärenz zwischen den Lautsprecherpaaren muss klein sein. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass die Mikrofon signale diskret auf jeweils einzelne Lautsprecher geroutet werden^{1,2}.

Die Forderung nach geringer Korrelation ist gerade bei Mehrkanalsetups nicht leicht zu erfüllen und dennoch wesentlich. Drei einfache Regeln gelten für die Mikrofon aufnahme von diffusem Schall, siehe Abbildung 4.

Es gibt also generell 3 Maßnahmen bei der Mikrofon aufstellung, um unkorrelierte Mikrofon signale zu erzeugen: großer Abstand, große Richtwirkung und großer Winkel. Dabei können natürlich alle drei Maßnahmen verknüpft werden.

1 Bei einem (Doppel-) M/S-Setup kann man analog dazu die virtuellen X/Y-Mikrofon signale untersuchen, die nach der M/S-Dekodierung entstehen.

2 Der Vollständigkeit halber muss gesagt werden: es gibt theoretisch auch andere Methoden, unkorrelierte Signale zu erzeugen als sie im Aufnahmeraum unkorreliert aufzunehmen, z.B. die künstliche Dekorrelation durch geeignete Algorithmen.

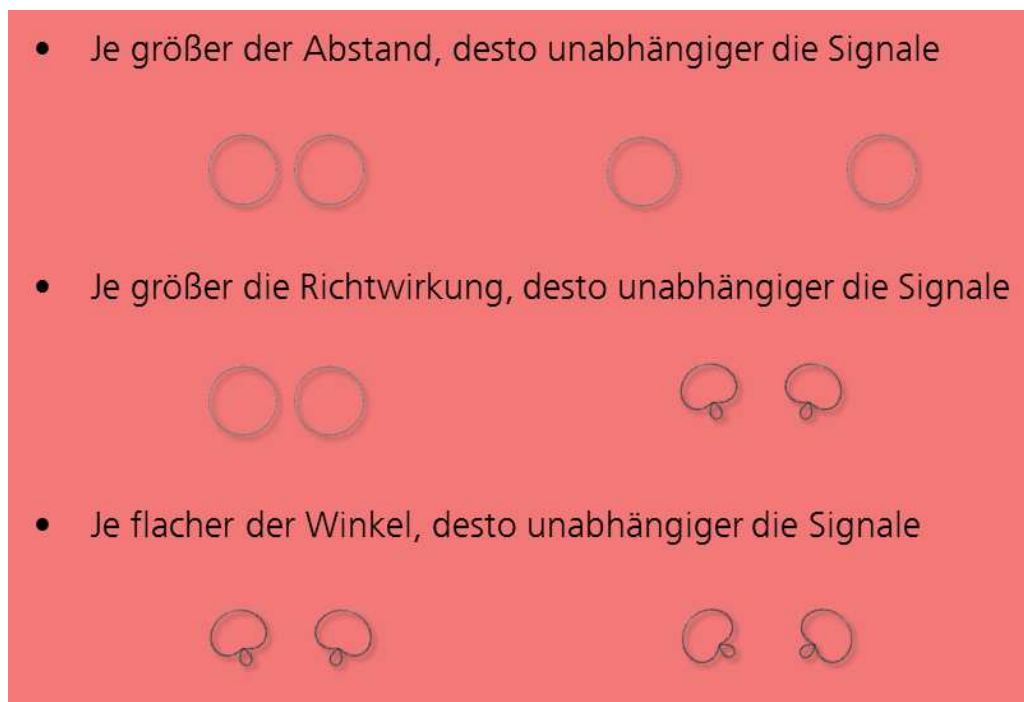


Abbildung 4: Einfache Merkgeregeln zur unkorrelierten Aufnahme von diffusem Schall

Koinzidente Mikrofone

Zunächst sei der Abstand 0. Abbildung 5 veranschaulicht, wie die Maßnahmen Richtwirkung und Winkel auf den Korrelationsgrad einer koinzidenten Anordnung wirken. Dabei wird angenommen, dass im Aufnahmeraum nur diffuser Schall herrscht. Die dadurch errechnete Korrelation wird „Diffusfeldkorrelation“ genannt, englisch „Diffuse Field Correlation (DFC)“.

Aus dieser Grafik ist ablesbar, dass eine geringe Diffusfeldkorrelation bei koinzidenten Mikrofonanordnungen lediglich für die Mikrofontypen Superniere (Winkel $\geq 120^\circ$), Hyperniere (Winkel $\geq 90^\circ$) sowie Acht (Winkel $\geq 75^\circ$) möglich ist. Eine kleinere Diffusfeldkorrelation als 0,5 wird dabei erfahrungsgemäß als gut angenommen. Damit fällt die beliebte XY-Nierenanordnung bereits unter den Tisch, da sie eine hohe Diffusfeldkorrelation von 0,75 aufweist. Dies erklärt die bekannten, schlechten räumlichen Eigenschaften dieser Anordnung.

Eine 4- oder sogar 5-kanalige koinzidente Anordnung ist deshalb zumindest mit Mikrofonen erster Ordnung unter diesen Vorgaben kaum möglich. Die minimale Diffusfeldkorrelation einer verwendbaren 4-kanaligen Anordnung ist 0,5; es werden 4 Supernieren im Winkel von $360^\circ/4 = 90^\circ$ angenommen. Von diesem Nachteil für räumliche Wiedergabe sind sowohl Doppel-M/S als auch Ambisonics-Mikrofone erster Ordnung (z.B. Soundfield) betroffen.

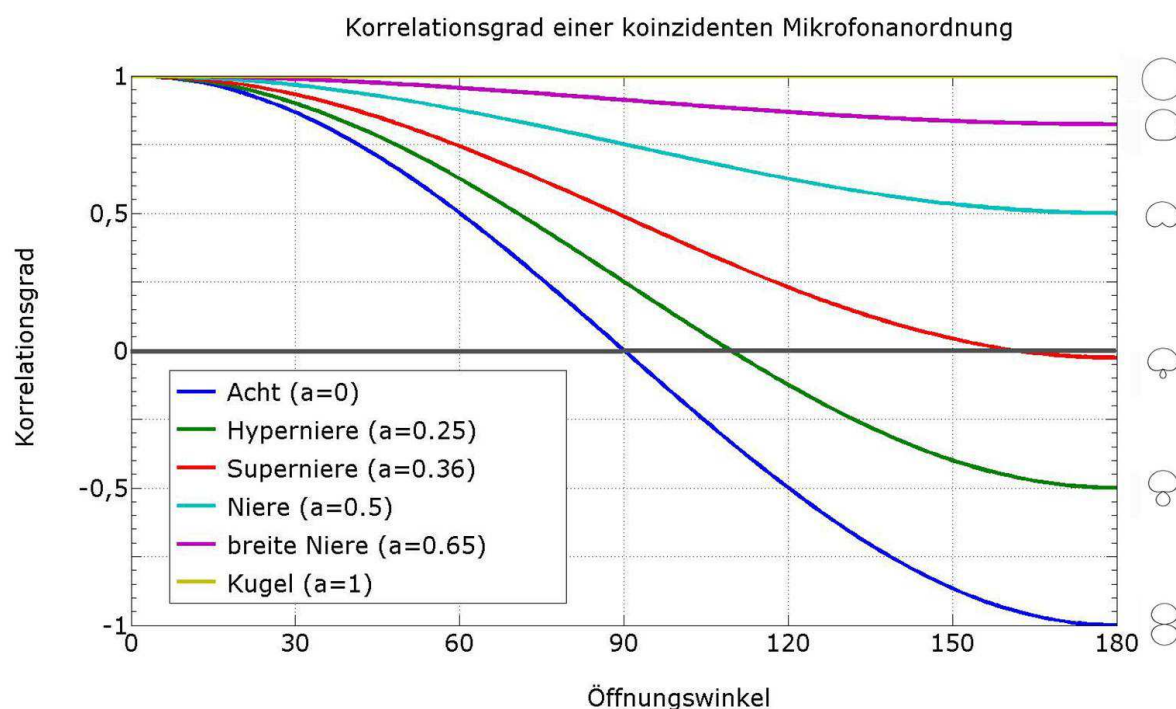


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Korrelationsgrad und Richtwirkung sowie Winkel zwischen zwei koinzidenten Mikrofonen, aus [7]

Gemischte Verfahren und Laufzeitanordnungen

Wesentlich leichter fällt eine Senkung der Diffusfeldkorrelation bei Mikrofonanordnungen mit Abständen > 0 . Allerdings ist dann die Korrelation abhängig von der Frequenz, denn für große Wellenlängen (tiefe Frequenzen) ist ein kleiner Abstand praktisch nicht existent. Die Kohärenzfunktion gibt die Korrelation in Abhängigkeit von der Frequenz an. Die Kohärenzfunktion hat ihre erste Nullstelle, wenn die halbe Wellenlänge zwischen die beiden Mikrofone passt: $d = \lambda/2$. Koinzidente Mikrofone haben bei allen Frequenzen denselben Wert der Kohärenzfunktion (dieser entspricht dem Korrelationsgrad).

Bei Laufzeitanordnungen bringt der Korrelationsgrad¹ keine zuverlässige Aussage, denn dieser integriert quasi über den ganzen Frequenzbereich. Laufzeitanordnungen verhalten sich bei tiefen Frequenzen wie koinzidente Mikrofonanordnungen, bei höheren Frequenzen

¹ Der Korrelationsgradmesser ist sowieso ein problematisches Instrument zur Untersuchung der Diffusfeldkorrelation, denn so gut wie nie liegt in der Praxis ein reines, diffuses Ebene 1-Signal vor. Die Überlagerung mit diskreten Signalen führt zur Verfälschung des Werts. Außerdem interpretiert der Korrelationsgradmesser bei Laufzeitanordnungen fälschlicherweise diskrete Signale als diffus, wenn die Laufzeit über der Integrationszeit liegt. Siehe auch [8]

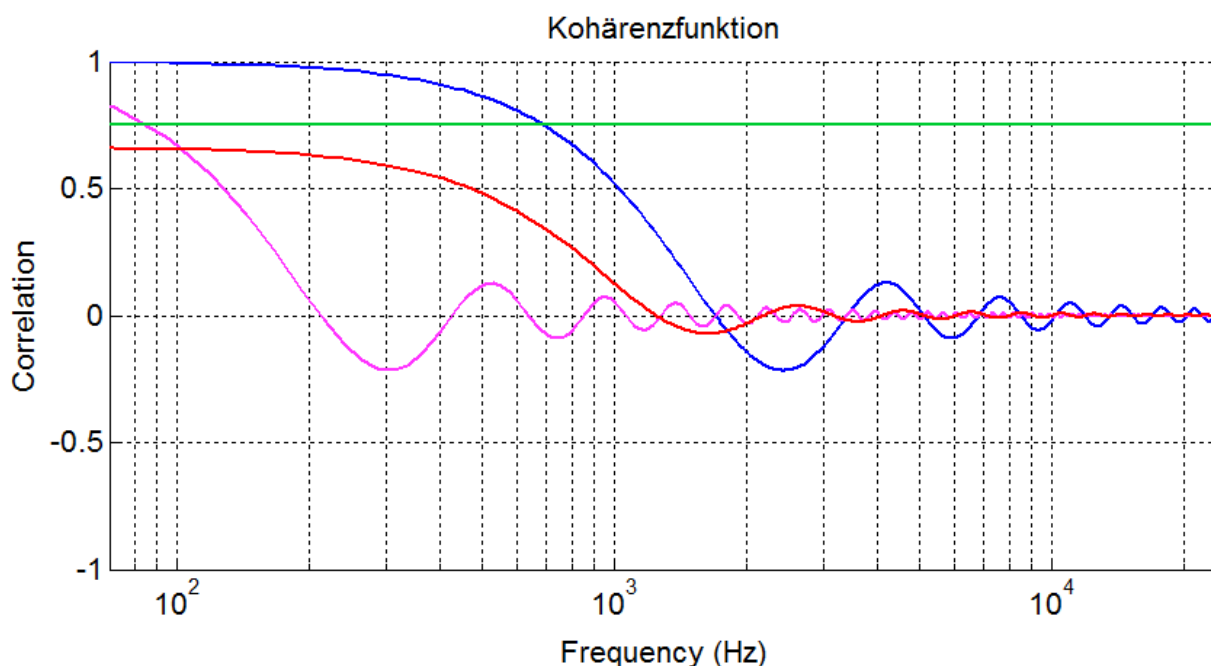


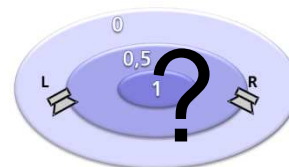
Abbildung 6: Kohärenzfunktion (Diffusfeld-Korrelation) verschiedener Mikrofonanordnungen: grün: Nieren-XY 90°; blau: Kugel-A/B, $d=10\text{cm}$; violett: Kugel-A/B, $d=80\text{cm}$; rot: ORTF, Nieren, 17cm , 110°

(Wellenlänge $> \lambda/2$) nähert sich der Korrelationswert der 0 an. Abbildung 6 gibt die Kohärenzfunktion für verschiedene Setups an.

Interpretation der Diffusfeldkorrelation

Allein diese mathematischen Analysen nützen wenig, wenn man sie nicht in die Ebene der Wahrnehmung übersetzen kann. Die Fragen lauten also:

- Ab welchem Betrag der Diffusfeldkorrelation leidet die räumliche Wahrnehmung?
- Bei welcher Frequenz sollte bei einer Laufzeitanordnung die Korrelationsfunktion die erste Nullstelle besitzen?



Zur Beantwortung dieser Fragen wurden in [9] Hörversuche durchgeführt. Für zahlreiche koinzidente, gemischte sowie reine Laufzeit-Anordnungen wurden jeweils künstlich Aufnahmen von diffusem Hall erzeugt. Nun sollte auf einer Skala bewertet werden, ob die Ausdehnung des Halls eher breit oder eher eng wahrgenommen wurde. Als Referenz diente die koinzidente XY-Nierenanordnung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt:

Man kann davon ausgehen, dass eine breite Ausdehnung optimal für diffusen Hall ist. Einige Anordnungen erreichen eine gute (breite) Ausdehnung. Das Problem ist nun, dass man bei Laufzeitanordnungen keinen Wert für die Diffusfeldkorrelation DFC angeben kann, da dieser frequenzabhängig ist. Man vermutet aber, dass es gut für eine breite, räumliche Wahrnehmung ist, wenn die Fläche unter der Kohärenzfunktion (also deren Integral)

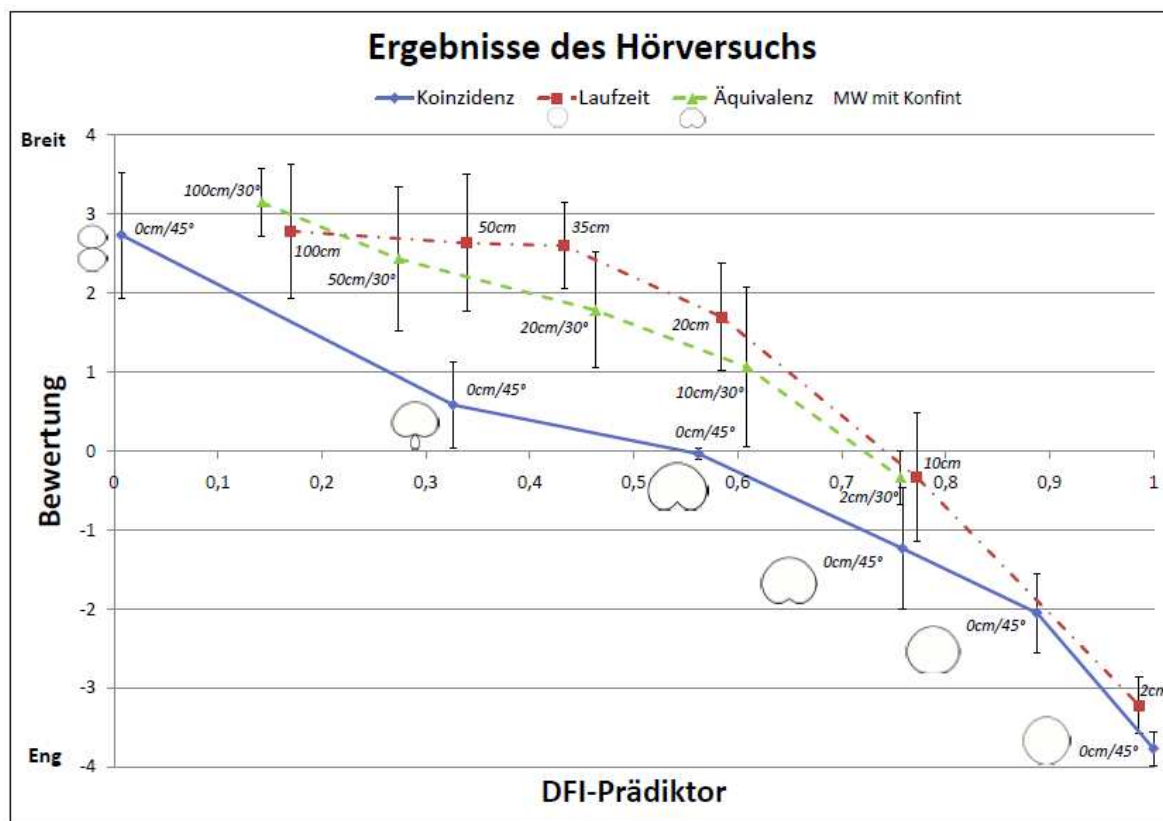


Abbildung 7: Wahrgenommene Ausdehnung von diffusem Hall, der von verschiedenen Mikrofonanordnungen aufgenommen wurde; aus [9]

besonders bei tiefen Frequenzen klein ist, siehe auch [2]. Deshalb versuchte man in [9] einen Näherungswert für die Diffusfeldkorrelation zu bestimmen, der praktisch eine Integration der quadrierten Kohärenzfunktion nach einer Gewichtung (tiefe Frequenzen sind wichtiger) darstellt. Somit erhält man einen Wert, mit dem man Anordnungen vergleichen und deren Ausdehnung voraussagen kann: den DFI-Prädiktor (Diffuse Field Image-Predictor).

Setzt man als Mindestbreite die Ausdehnungs-Bewertung +2, so kann man folgern:

- Die Blumlein-Anordnung ist die einzige gute koinzidente Anordnung im Hörversuch. Ihre Diffusfeldkorrelation DFC ist 0. In Abbildung 5 ist ablesbar, mit welchen anderen Anordnungen eine DFC kleiner als 0,5 erreicht wird¹.
- Bei gemischten und reinen Laufzeit-Anordnungen muss der DFI-Prädiktor kleiner als 0,5 sein. Dies wird erreicht z.B. durch eine reine Laufzeitanordnung mit einem Abstand $\geq 35\text{cm}$. Bei gemischten Anordnungen kann der Abstand geringer sein, je nach Richtcharakteristik und Winkel.

¹ Der DFI-Prädiktor ist für koinzidente Anordnungen identisch mit dem Quadrat der Diffusfeldkorrelation.

- Eine optimale, ausgedehnte Wiedergabe von diffusem Schall kann sowohl durch koinzidente als auch durch Verfahren mit Mikrofonabständen erreicht werden.
- Da eine reine Laufzeitanordnung nur eine optimale Ausdehnung erreichen kann, wenn der Abstand der Mikrofone $\geq 35\text{cm}$ ist, sind somit auch diejenigen Mehrkanal-setups als negativ einzustufen, die auf einem relativ kleinen Trennkörper (Kugel, Ei, Trennwand) basieren, der ja für tiefe Frequenzen kaum existiert.

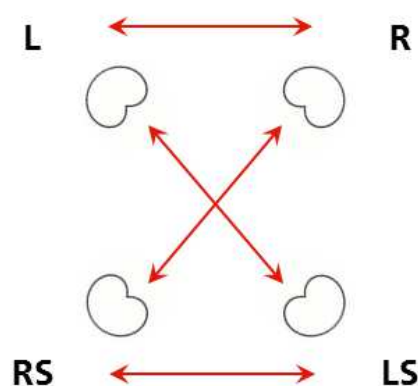
Zusammenfassend kann man sagen: Das diffuse Schallfeld spielt eine enorm wichtige Rolle für die räumliche Wahrnehmung sowie für die Klangfarbe. Deshalb muss sichert gestellt werden, dass es mit geringer Korrelation wiedergegeben wird. Viele gute oder schlechte Eigenschaften einer stereofonen Anordnung haben nichts mit deren Lokalisationseigenschaften zu tun, sondern nur mit ihrer Fähigkeit, eine schöne, offene Räumlichkeit wiederzugeben. Ein Nieren-XY ist ein gutes Beispiel: Gute Lokalisationseigenschaften, aber schlechte räumliche Eigenschaften. In der Zukunft sollte generell viel mehr Augenmerk auf die Diffusfeldkorrelation gelegt werden. Oft wird nur der Aufnahmewinkel zur Auswahl einer Anordnung herangezogen. Die Diffusfeldkorrelation ist aber mindestens genauso wichtig.

In den Abschnitten 6 und 7 werden dazu noch einige konkrete Beispiele angeführt.

5.2. Mikrofonierung von **Atmo-Ebene 2**: Diskrete, ortsbeliebige Signale

Signale der Atmo-Ebene 2 sind diskrete Signale, sie werden als Phantomschallquelle nach den bekannten Gesetzmäßigkeiten (siehe Abschnitt 5.3) abgebildet. Es spielt keine Rolle, wo sie abgebildet werden, also muss die Lokalisationskurve nicht linear verlaufen. In dem Fall, dass eine Anordnung keinerlei Ebene 1-Signale aufnehmen wird, sind somit auch Mikrofonanordnungen möglich, die sehr krumme Lokalisationskurven haben.

Ein Beispiel ist eine Art IRT-Kreuz mit gedrehten Rückkanälen: durch die Drehung wird die Diffusfeldkorrelation in den seitlichen Lautsprecherpaaren L/Ls und R/Rs gesenkt, was zu einem offeneren Klang führt. Außerdem wird dadurch die Downmixkompatibilität verbessert.



Es ist bekannt, dass Laufzeitanordnungen keine stabile Abbildung ermöglichen. Damit sind sie nicht geeignet für bestimmte Anwendungen. Für Atmosignale der Ebene 2 spielt dies keine Rolle. Ein Beispiel dafür ist der Hamasaki-Square (siehe Abschnitt 7.6). Es spielt keine Rolle, welche frühen Reflexionen abgebildet werden, denn irgendwelche Reflexionen werden zwischen den seitlichen Lautsprechern immer lokalisiert, egal wo der Hörer im Wiedergaberaum sitzt.

5.3. Mikrofonierung von **Atmo-Ebene 3**: Diskrete, ortsrelevante Signale

Signale der Atmo-Ebene 3 sind diskrete Signale, sie werden als Phantomschallquelle nach den bekannten Gesetzmäßigkeiten (siehe z.B. [1] und [3]) abgebildet. Die nötigen Pegel- bzw. Laufzeitdifferenzen zeigt Abbildung 8.

Da auch eine Kombination von Pegel- und Laufzeitdifferenzen möglich ist, wird die Berechnung der resultierenden Phantomschallquellenverteilung kompliziert. Abhilfe schafft der „Image Assistant“ [4], der online die Lokalisationskurve einer beliebigen stereofonen Anordnung errechnet und darstellt sowie den Aufnahmewinkel anzeigt, siehe Abbildung 9.

Die Anforderungen an die Richtungsabbildung sind je nach Anwendung unterschiedlich. Bei Atmomikrofonen steht die Richtungsabbildung meist nicht im Vordergrund, so dass man den Fokus auf die Ebenen 1 und 2 legen kann. Trotzdem ist auch für Ebene 2 eine gleichverteilte Richtungsverteilung ohne Energieballungen in einer Richtung erforderlich und so ist eine Analyse der Richtungsabbildung notwendig. Eine lineare Lokalisationskurve ist nur dann erforderlich, wenn tatsächlich existente Ebene 3-Signale dies erfordern, z.B. wenn das Atmomikrofon eigentlich ein Hauptmikrofon ist (Abbildung eines Klangkörpers) oder wenn ein Geräusch wie ein vorbeifahrendes Auto sich auch im Wiedergaberaum gleichmäßig bewegen soll.

Ein Mehrkanal-Mikrofonsetup wird oft als eine Mischung zwischen „Ebene 3“-Mikrofon für die vordere Hemisphäre (L-C-R) und als „Ebene 1+2“-Mikrofon für die hintere Hemisphäre und den Raum (L-R-Ls-Rs) entwickelt. Hintergrund dafür ist, dass in diesem Fall im Wiedergaberaum nur vorne mit diskreten „Ebene 3“-Signalen zu rechnen ist, was in [6] als „F-B“-Szene („Foreground“-„Background“, also vorne sind die Vordergrund-, hinten nur Hintergrundsignale) bezeichnet wird. Eine Orchesteraufnahme im Konzertsaal ist eine typische F-B-Szene. „OCT Surround“ oder „OCT + Hamasaki Square“ (siehe Abschnitt 7.4) sind für diese Szene geeignete Mikrofonanordnungen.

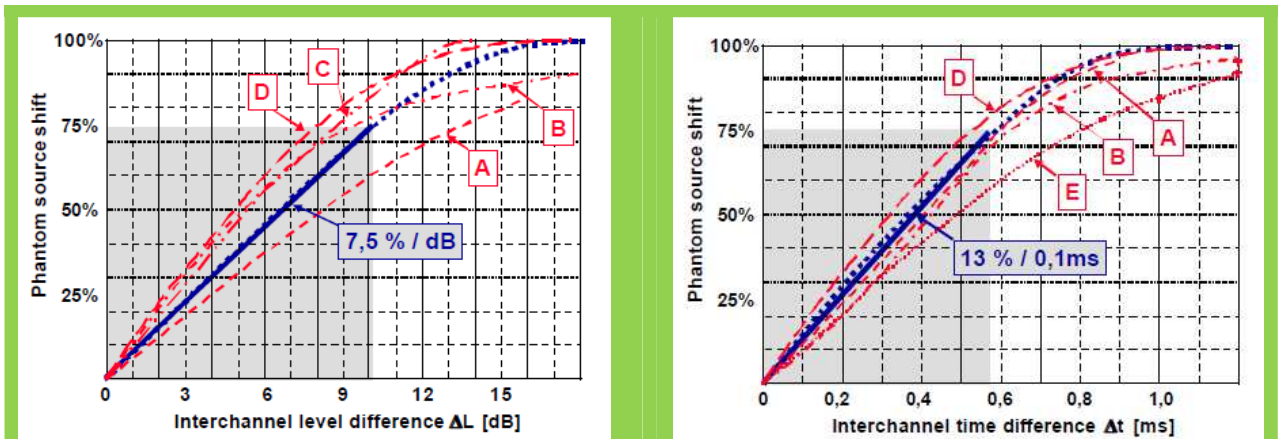


Abbildung 8: Auslenkung der Phantomschallquelle durch Pegel-(links) und Zeitdifferenzen (rechts), verschiedene Autoren, aus [5]

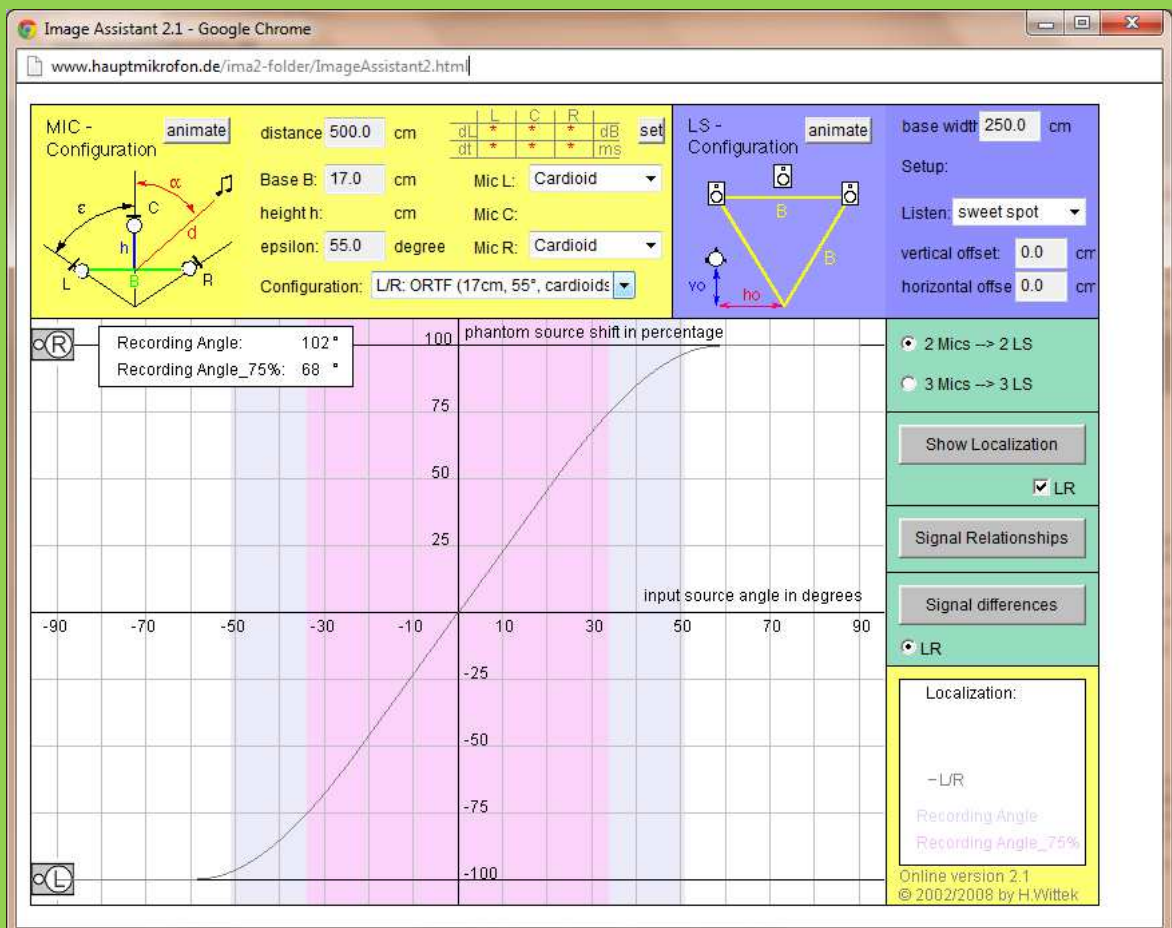


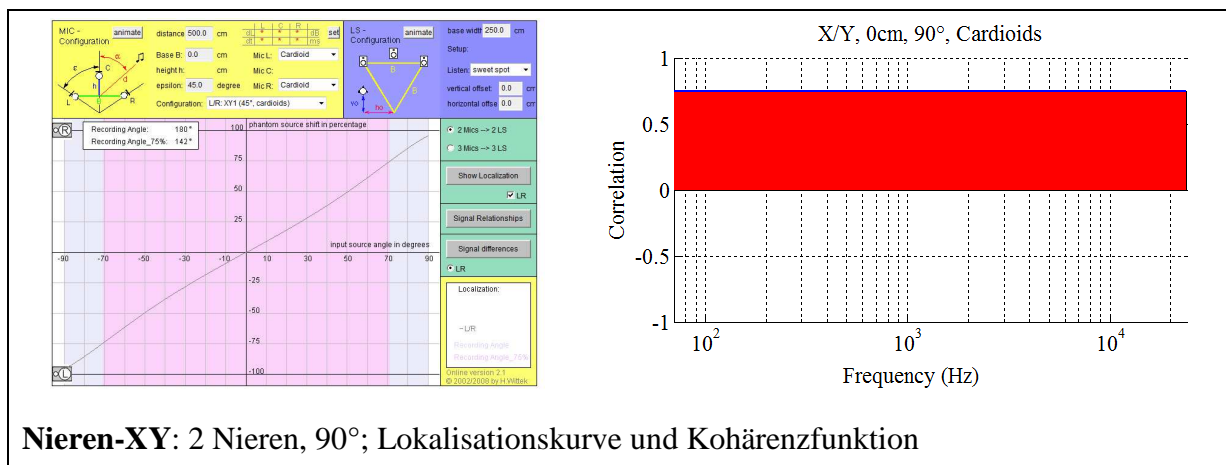
Abbildung 9: Der "Image Assistant" [4], unter www.hauptmikrofon.de abrufbares JAVA-Applet zur Darstellung der Lokalisationskurve beliebiger 2- und 3-kanaliger Anordnungen, im Bild: ORTF

6. Mikrofonanordnungen für Atmoaufnahme, Zweikanal

In den folgenden zwei Abschnitten werden verschiedene Mikrofonanordnungen beschrieben sowie deren Eigenschaften umrissen. Außerdem sind, wenn möglich, deren Lokalisationskurve (berechnet mit dem „Image Assistant“ [4]) und der Verlauf der Kohärenzfunktion im Diffusfeld (DFC) angegeben. Die Fläche unter der Kohärenzfunktion ist rot ausgefüllt, sodass man grob sagen kann: je weniger rote Fläche, desto besser ist das räumliche Ergebnis.

6.1. Nieren-XY

- 2 Nieren, koinzident, Öffnungswinkel 90°
- Sehr kompakt
- großer Aufnahmewinkel (180°) und hohe DFC von 0,75
→ Raum klingt oft langweilig
- mit Supernieren gelangen bessere Ergebnisse



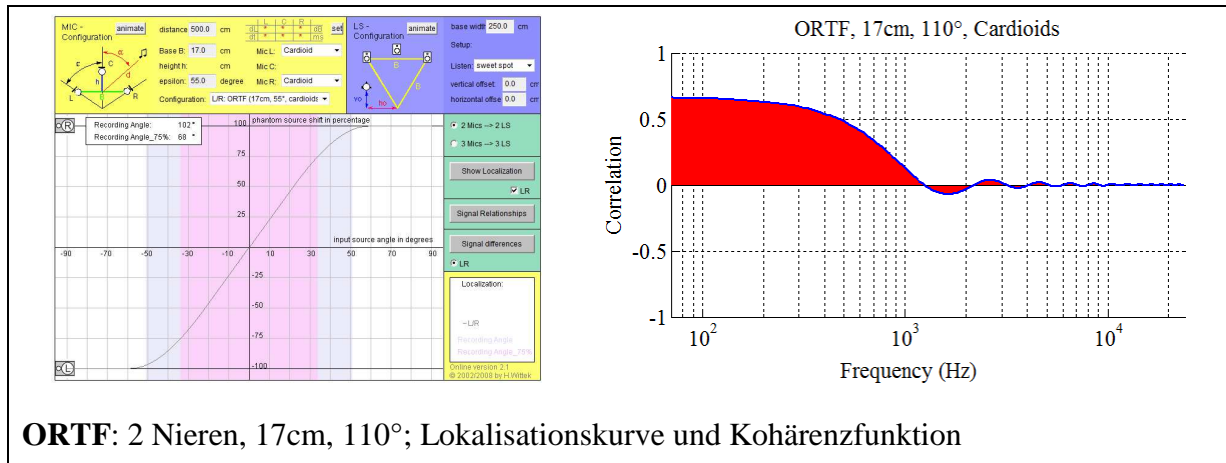
6.2. M/S

- Koinzidente Kombination von Mittenmikrofon und Achtermikrofon
- erfordert M/S-Dekodierung
- sehr kompakt, flexibel
- bei geeigneter Dekodierung gute Raum- und Abbildungseigenschaften, DFC kann optimal klein sein
- Kann mit M = Superniere oder Richtrohr an der Angel verwendet werden
- Mit M = Kugel oder breite Niere ergibt sich ein voller Klang für Musikaufnahme



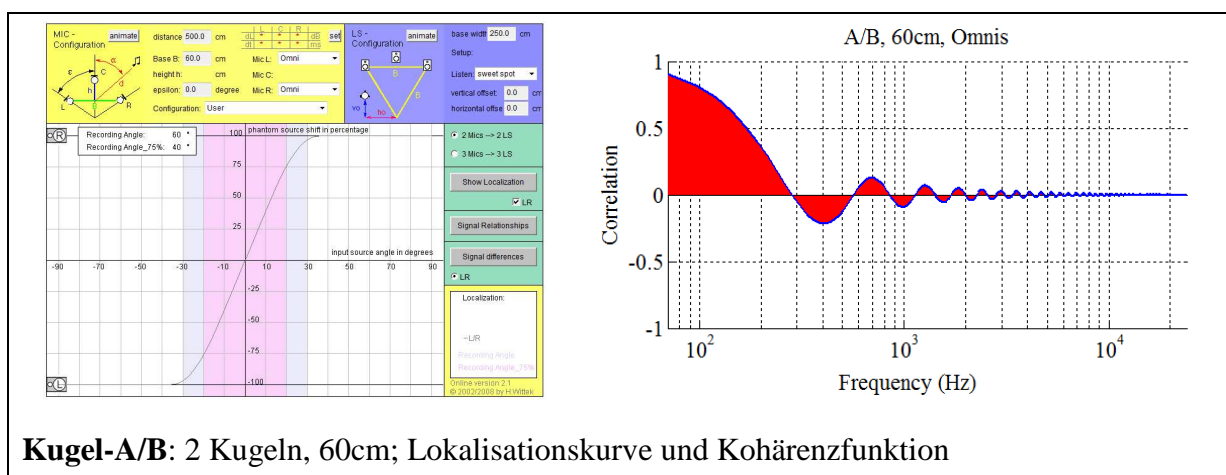
6.3. ORTF

- klassisches Setup: 2 Nieren, Abstand 17cm, Öffnungswinkel 110°
- relativ kompakt
- offener, schöner Raumklang
- Aufnahmewinkel 100°



6.4. A/B

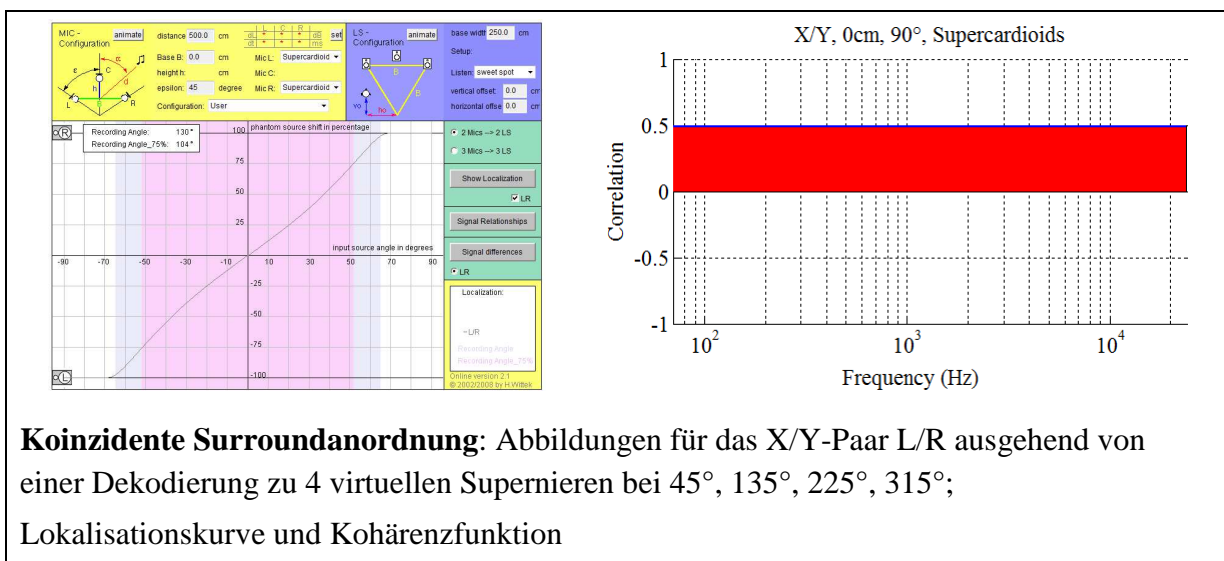
- nicht kompakt, $d \geq 40$ cm
- oft bevorzugte Klangfarbe
- offener, sehr schöner Raumklang
- mäßige Abbildungseigenschaften
- Windempfindlichkeit der Kugeln ist gering



7. Mikrofonanordnungen für Atmoaufnahme, Mehrkanal:

7.1. Koinzident (=Doppel-M/S oder Ambisonics 1.Ordnung)

- siehe auch [7]
- kompakt
- flexibel und praktisch, erfordert Dekodierung
- (nur bei guter Dekodierung) gute Klangfarbe; gute Abbildungseigenschaften
- nur 3 Kanäle für Surround: vordere Niere, Acht, hintere Niere
- bei guter Dekodierung ausreichende Raumeigenschaften
- Dekodierung:
 - Doppel-M/S: mit normalen M/S-Matrizen, Hardware-Dekoder oder Plug-in
 - Ambisonics: mit spezieller Hardware oder Plug-in
- Bei mehr als 3 Outputkanälen hohe Diffusfeldkorrelation; maximal sind nur 4 Outputkanäle sinnvoll



7.2. Doppel-M/S mit Richtrohr

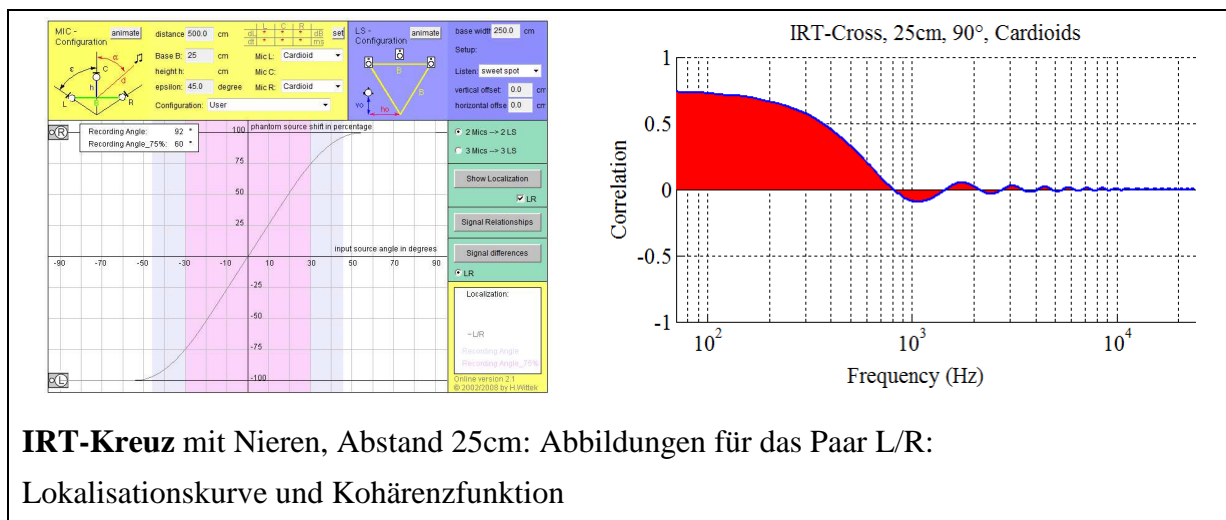
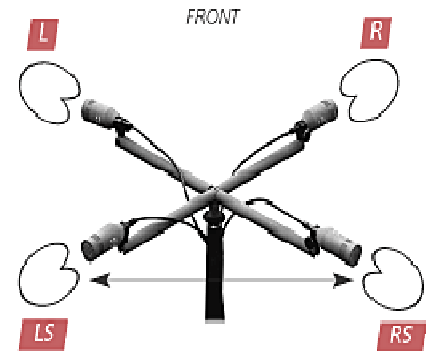
- Mit Richtrohr für Center: ideales Setup für Dokumentarfilm
- Kompakt: Surround-Setup mit Windkorb muss an der Angel nicht größer sein als das für Mono



- flexibel und praktisch
- Mäßige räumliche Eigenschaften, abhängig von Dekodierung
- nur 3 Kanäle für Surround: Richtrohr, Acht, Niere
- einfache Dekodierung mit 2 normalen M/S-Matrizen

7.3. IRT-Kreuz

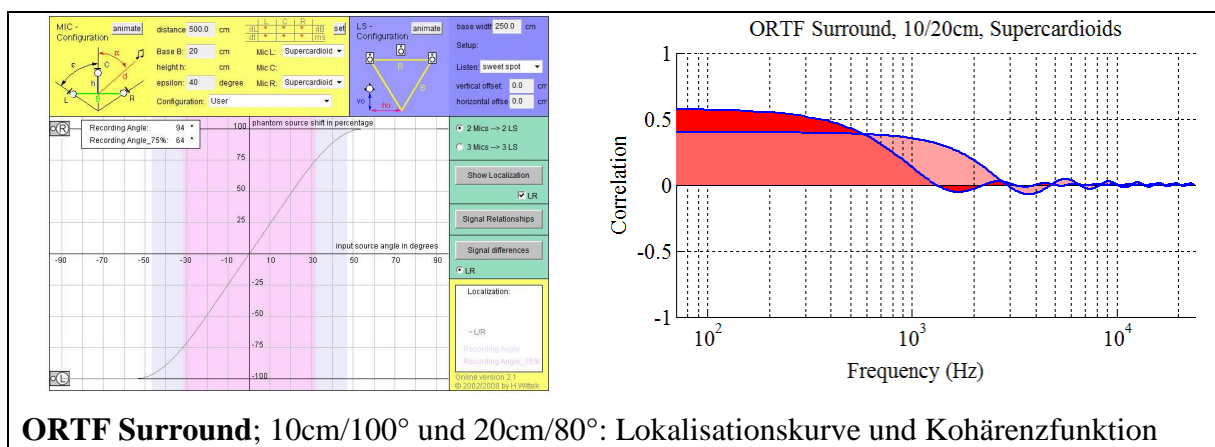
- siehe auch [3]
- offener Raumklang, sehr gute 360°-Abbildung
- Basislänge:
 - mit 4 Nieren: jeweils 25cm
 - mit 4 Supernieren: jeweils 18cm
 - mit 4 breiten Nieren: jeweils 31cm



7.4. ORTF Surround

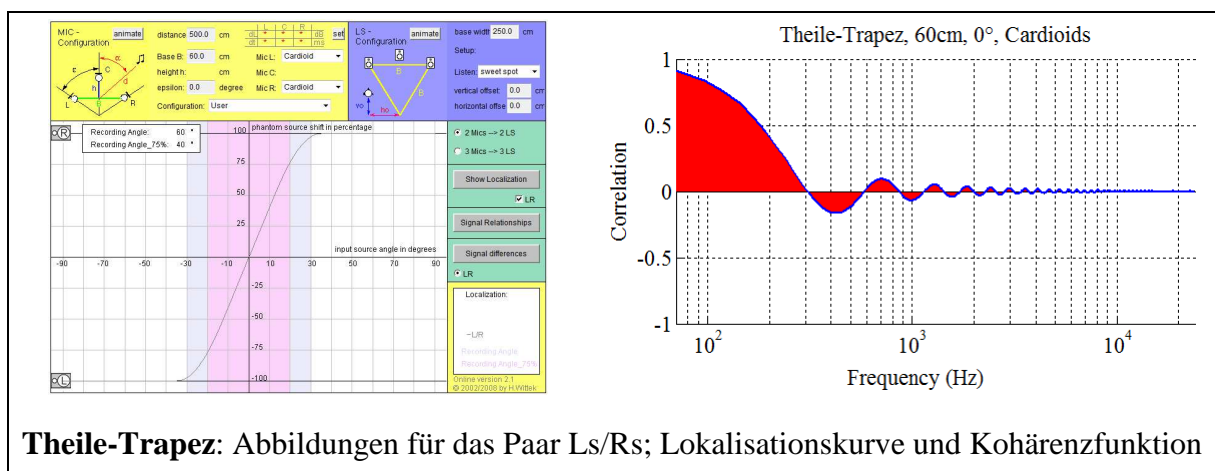
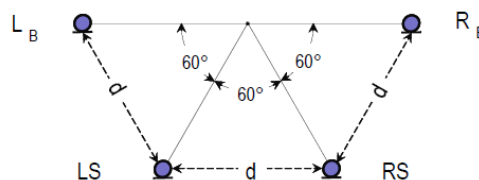
- 4 Supernieren, 10cm/100° + 20cm/80°
- Kompakt und praktisch
- offener Raumklang (wie IRT-Kreuz)
- *Plug&Play*: Spezial-Windschutz, Mikrofonhalterung, Multicore mit Multipin-Stecker





7.5. Theile-Trapez

- Als Raummikrofon in F-B-Szene; nicht geeignet für Ebene 3, ideal für Ebene 1 und 2
- 4 Nieren, nach hinten gerichtet; $d = 60$ cm
- Optimale Dämpfung von Direktschall aus 0°

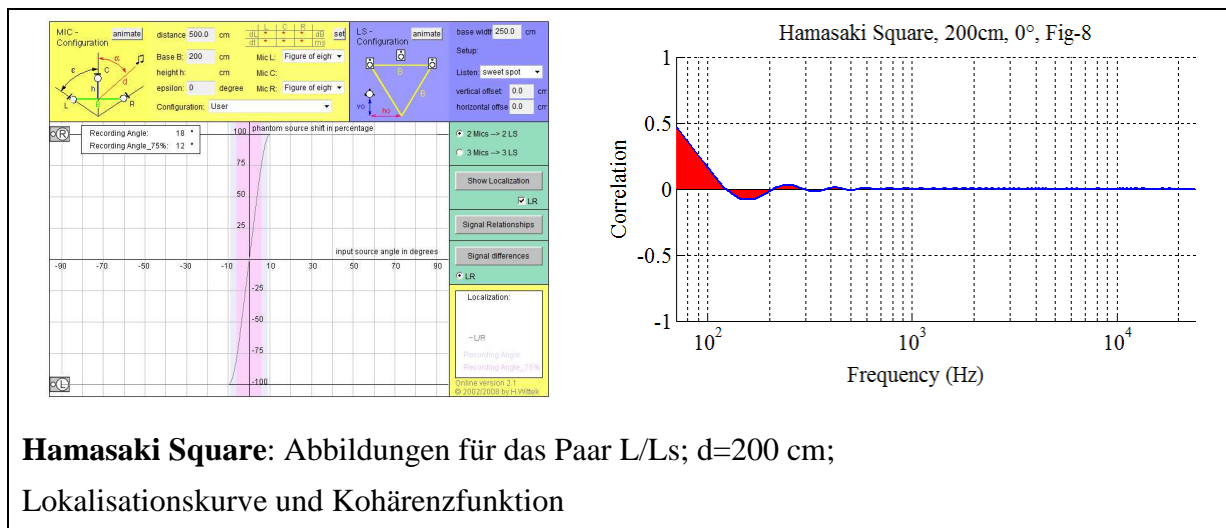
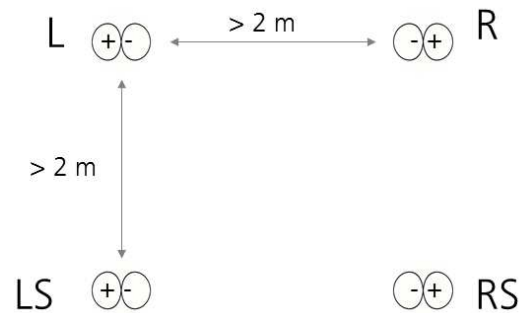


Theile-Trapez mit $L/R=100$ cm, $LS/RS=60$ cm:



7.6. Hamasaki Square

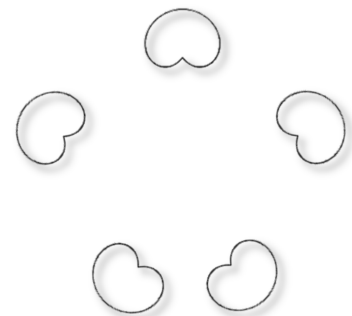
- siehe auch [3]
- Raummikrofon; Ungeeignet für Ebene 3-Signale, ideal für Ebene 1 und Ebene 2
- 4 Achten, $d \geq 200$ cm
- Extrem große Abstände, unhandlich
- offener Raumklang, extrem niedrige DFC
- optimale Dämpfung von Direktsignalen aus 0°
- optimale Wiedergabe lateraler Reflexionen

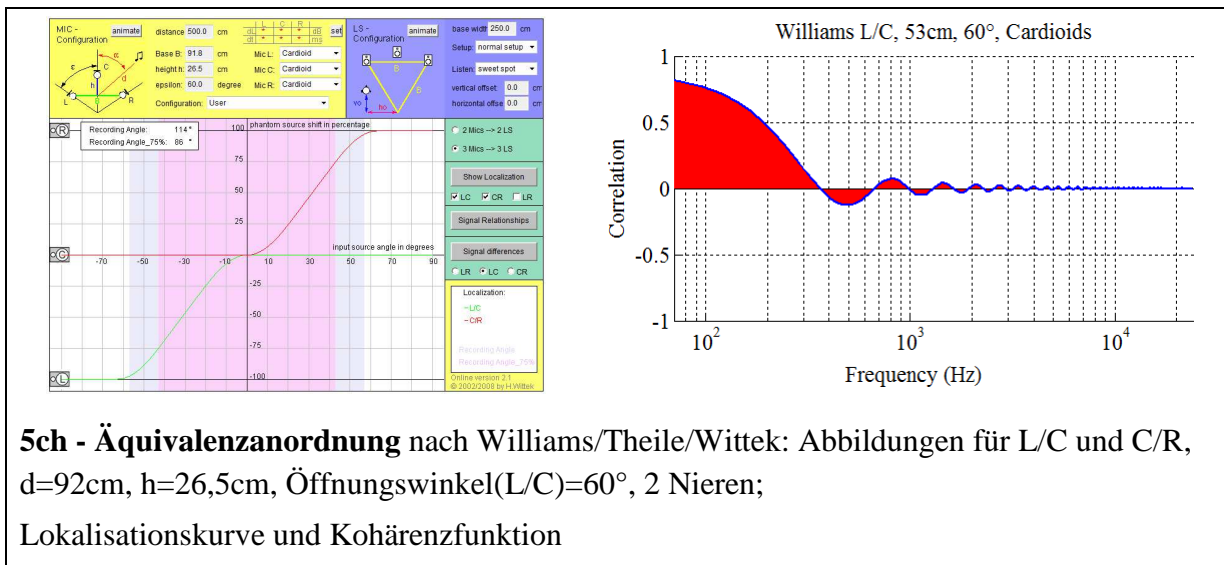


Hamasaki Square: Abbildungen für das Paar L/LS; $d=200$ cm;
Lokalisationskurve und Kohärenzfunktion

7.7. 5ch - Äquivalenzanordnung nach Williams/Theile/Wittek

- mit Center-Kanal, ansonsten ähnlich IRT-Kreuz
- Geometrie möglich nach Williams MMAD [11] oder „Image Assistant“ [4]
- mit Nieren, offenen oder breiten Nieren
- nicht kompakt, erfordert größere Abstände und damit einzelne Windschutze
- sehr gute Klangfarbe
- sehr gute Raum- und Abbildungseigenschaften





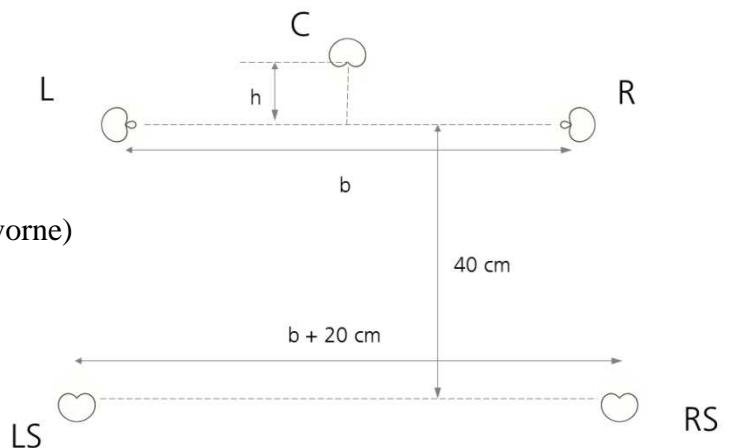
Anwendungen:

M. Williams „Umbrella“ 5-Kanal-Halterung (links) und F. Camerer mit Ambient A-Ray mit 5 * CINELA Zephyx (rechts)

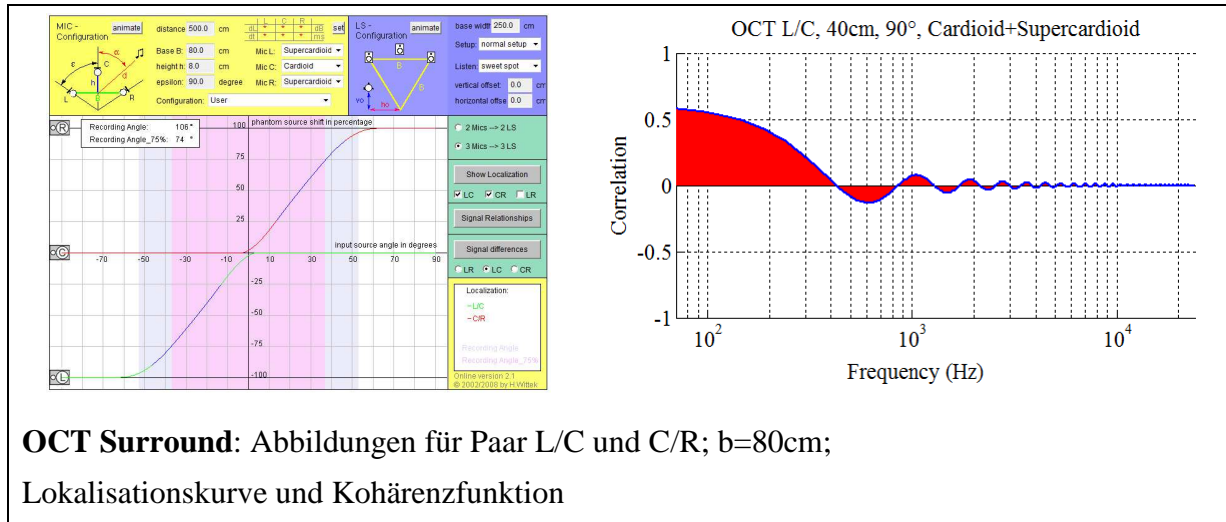


7.8. OCT Surround

- siehe auch [3]
- Aufnahmewinkel hängt ab von Abstand b ($50\text{cm} \leq b \leq 100\text{cm}$)
- Für F-B-Szene (Ebene 3 nur von vorne)
- nicht kompakt
- gute Klangfarbe
- optimale Vermeidung von Crosstalk

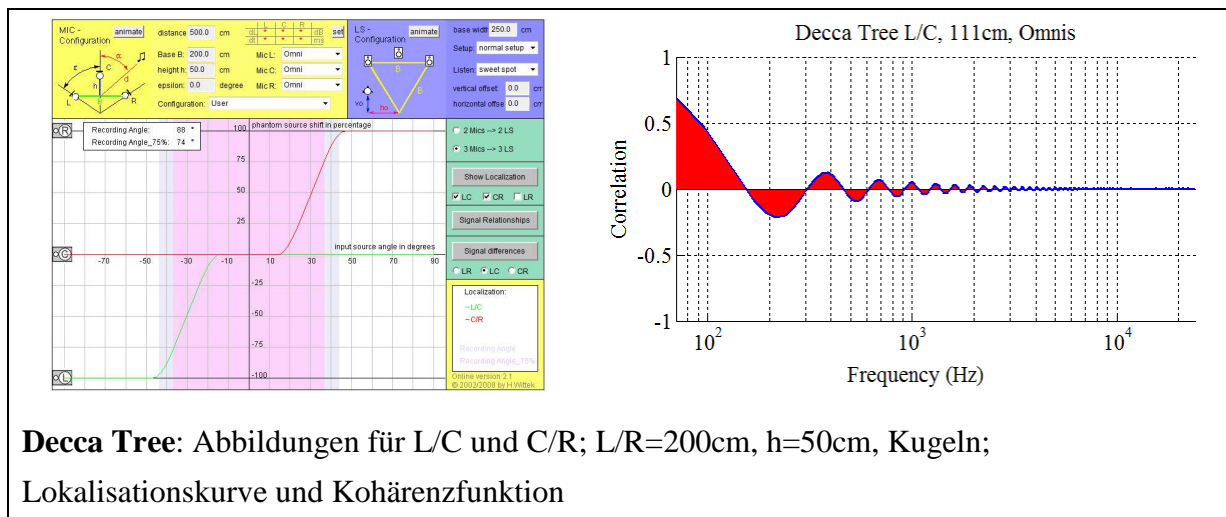
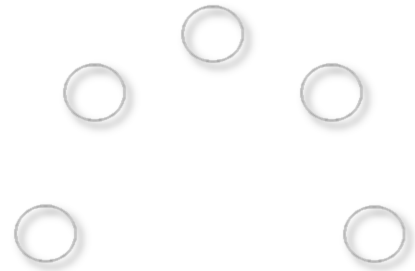


- hohe Stabilität des Klangbilds
- sehr gute Raum- und Abbildungseigenschaften



7.9. Kugelsetup (Decca-Tree, Polyhymnia o.ä.)

- sehr groß
- verwendet Kugeln → oft bevorzugtes Klangbild
- sehr gute Raumeigenschaften
- mäßige Abbildungseigenschaften, aber stabil



8. Praktischer Atmomikrofon-Vergleich

Zusätzlich zur theoretischen Analyse wurde eine umfangreiche praktische Untersuchung durchgeführt. An fünf verschiedenen Orten wurden simultan Aufnahmen mit sechs verschiedenen Atmomikrofon-Anordnungen erstellt. Die Beschreibungen, weitere Infos und der Download aller Aufnahmen ist verfügbar unter www.atmo.hauptmikrofon.de [10].

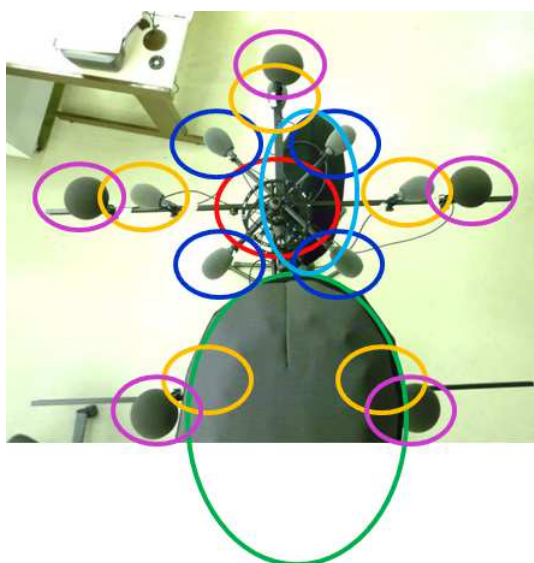
Die Aufnahmen sind anlässlich des VDT-Seminars "Atmoaufnahme" entstanden, das im Juli 2012 stattfand.



Abbildung 10: Mikrofonaufbau der Simultan-Aufnahme. Foto: Theile

Folgende 6 Atmomikrofone stehen zum praktischen Vergleich zur Verfügung:

- 5 Kugeln im regelmäßigen Fünfeck mit Kantenlänge 51 cm (violett)
- 5 breite Nieren im regelmäßigen Fünfeck mit Kantenlänge 49 cm (orange)
- IRT-Kreuz (dunkelblau)
- ORTF Surround (grün)
- Doppel-MS mit 4-Kanal Dekodierung zu 4 Supernieren (rot)
- Doppel-MS mit Richtrohr, dekodiert (hellblau)



Folgende 5 Aufnahmeorte stehen zur Verfügung, siehe Abbildung 11:

- Straßenatmo mit Straßenbahn
- Supermarkt
- Werkstatt mit Maschinen
- Applaus im Raum
- Sprache, viele Leute im Raum



*Abbildung 11: Aufnahmeorte des Atmomikrofon-Vergleichs
auf www.atmo.hauptmikrofon.de [10]*

Die Aufnahmen sind alle online gestellt, um möglichst viel Feedback über die subjektiven Eindrücke zu bekommen. Es existiert bisher keine objektive Vergleichsuntersuchung, deshalb soll hier keinem Urteil vorgegriffen werden. Auf der oben genannten Website steht dafür ein vorbereiteter Hörversuchsbogen fertig zur Verfügung.

Trotzdem können schon einige allgemeine Beobachtungen resümiert werden:

- 5 der 6 Setups klingen überraschend ähnlich
- Die Anordnungen mit Center-Kanal habe vorne deutlich mehr Stabilität

- Es sind keine schlechten Atmo-Setups dabei, diese existieren zwar in der Praxis (zahlreich!), wurden aber von vorne herein nicht in den Praxisversuch mit einbezogen. Das Fehlen eines negativen Ankers ist allerdings schade.
- Die unterschiedlichen Mikrofontypen von Acht bis Kugel klingen (nach Filterung zum Ausgleich des Tiefenabfalls der Druckgradienten) überraschend gleich. Das mag auch daran liegen, dass alle verwendeten Mikrofone von einem Hersteller stammen (SCHOEPS).

9. Zusammenfassung

Der praktische Vergleich verschiedener Atmomikrofonierungen und die theoretische Analyse sind aus der Motivation entstanden, den Anwendern die besten Lösungen für Atmoaufnahme zu entwerfen. Eine Verbindung von hoher klanglicher Qualität und praktischer Handhabbarkeit ist nicht einfach, denn oft ist das eine ohne das andere nicht zu haben. Zu oft wurde dabei ein fauler Kompromiss erzeugt.

Ein wichtiger und interessanter Aspekt dieser Untersuchung ist die hohe Relevanz des diffusen Schallanteils. Dieser wurde in manchen Untersuchungen zum Thema Hauptmikrofon unterschätzt, auch in denen des Autors. Tatsächlich ist er im Gegensatz zur Richtungsabbildung („Lokalisation“) zumindest beim Atmomikrofon der wichtigere Aspekt. Zu einer vollständigen Beurteilung einer Mikrofonanordnung und der Voraussage Ihrer räumlichen Qualität muss allerdings die Interpretation der perzeptiven Wirkung der Diffusfeldkorrelation besser gelingen.

Der Autor versucht mit dieser Untersuchung zu erklären, warum eine bestimmte Art der Mikrofonierung gut für Atmoaufnahme funktioniert. Mit diesem Wissen ist es viel einfacher, eine geeignete Mikrofonierung für eine neue Aufnahmesituation zu finden. Leider oder zum Glück kann man noch nicht alles voraussagen, sodass das Hören der wichtigste Faktor bei der Suche nach der besten Aufnahmetechnik bleibt.

10. Quellenverzeichnis

- [1] Williams, M.: “Unified theory of microphone systems for stereophonic sound recording”, AES-Preprint No. 2466, 1987
- [2] Griesinger, D.: "General overview of spatial impression, envelopment, localization, and externalization", Proceedings of the 15th International AES Conference, Copenhagen, 1998, pp. 136-149.
- [3] Theile, G.: "Natural 5.1 Music Recording Based on Psychoacoustic Principles". Nordic Sound Symposium XX, BOLKESJØ, 2001.
www.hauptmikrofon.de/theile/Multich_Recording_30.Oct.2001_.PDF
- [4] Wittek, H.: "Image Assistant" JAVA applet available on <http://www.hauptmikrofon.de>, released in 2001, last visited 11/29/2012

- [5] Wittek, H. and Theile, G.: „The recording angle – based on localisation curves“, preprint 5568, presented at the 112th AES Convention, 2002 May 10–13, Munich, Germany
- [6] Zielinski, S., Rumsey, F., Kassier, R. and Bech, S.: „Quality Adviser – A Multichannel Audio Quality Expert System“, Preprint 6140, presented at the 116th AES Convention, 2004, May 8–11, Berlin, Germany
- [7] Wittek, H., Haut, C., and Keinath, D.: "Doppel-MS - eine Surround-Aufnahmetechnik unter der Lupe", 24. Tonmeistertagung 2006, Leipzig.
- [8] Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., and Wöhr, M.: “Handbuch der Tonstudioteknik”, K. G. Saur Verlag Munich, 2008 (ISBN 978-3-598-11765-7) , Vol.2, page 1139
- [9] Riekehof-Böhmer, H., Wittek, H., and Mores, R.: "Voraussage der wahrgenommenen räumlichen Breite einer beliebigen stereofonen Mikrofonanordnung", 26. Tonmeistertagung 2010, Leipzig
- [10] Wittek, H.: www.atmo.hauptmikrofon.de, released in 2012, last visited 11/29/2012
- [11] Williams, M.: <http://www.mmad.info/>, last visited 11/29/2012