



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Mikrofonierung und Aufnahmetechnik von Klaviermusik“

Verfasser

Martin Nikendei

angestrebter akademischer Grad

Magister der Philosophie (Mag. phil.)

Wien, im Dezember 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A316

Studienrichtung lt. Studienblatt: Musikwissenschaft

Betreuer: Dr. Emil Lubej

Ich versichere, *

1. dass ich die Diplomarbeit/~~Dissertation~~ selbständig verfasst, andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
2.
 - a. dass ich diese Diplomarbeit/~~Dissertation~~ bisher weder im Inland oder Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
 - b. ~~dass ich diese Diplomarbeit/Dissertation schon an vorgelegt habe.~~
3. dass die Version der Diplomarbeit/~~Dissertation~~, die ich meinem Betreuer zur Approbation vorgelegt habe inhaltlich ident ist mit jener Version, die ich im Prüfungsreferat eingereicht habe.

.....
Datum

.....
Unterschrift

*) nicht zutreffendes streichen

Vorwort

Musik begleitet mich schon seit meiner frühesten Kindheit auf meinem Lebensweg. Als ausführender Musiker weiß ich, dass oft mehr in einem Musikstück steckt als man am Notenblatt ablesen kann. Aus diesem Grund habe ich mich für das Studium der Musikwissenschaften entschlossen. Ich wollte und will immer noch verstehen, was in der Musik und auch was durch die Musik passiert.

In meiner Ausbildung zum Tontechniker habe ich gelernt, diese oft einzigartigen Momente festzuhalten und für andere aufzubereiten.

Hiermit will ich mich bei allen bedanken, die es mir ermöglicht haben, diese beiden Welten kennenzulernen und sie für mich zu vereinen. Allen voran möchte ich bei meiner Familie bedanken, die mich immer unterstützt hat und mich angespornt hat, neue Horizonte zu erreichen. Bei meiner Schwester möchte ich mich explizit für die Mithilfe bei der Aufnahme bedanken.

Meinen Freunden und Freundinnen und auch meinen Studienkolleginnen und Studienkollegen möchte ich sowohl für die wunderbare Studienzeit als auch für die Motivation danken, diese Arbeit zu einem Ende zu bringen. Hier möchte ich mich besonders bei Clemens Wannemacher bedanken, der mir ein guter Freund ist und auch längere Zeit ein Studienkollege war. Er war maßgeblich an der Mischung der Aufnahme beteiligt.

Inhaltsangabe

Vorwort	III
Inhaltsangabe	IV
Einleitung	1
Hinweis	1
Das Klavier	2
Über die Art, das Klavier zu spielen.....	4
Die Pedale.....	4
Resonanz.....	5
Echo.....	6
Flageolettöne	7
Pizzicato.....	8
Abdämpfung und Dämpfung.....	9
Glissando	10
Cluster-Akkorde und Tremoli.....	11
Perkussive Effekte.....	13
Der Klang eines Flügels	14
Der Klang eines Pianinos	17
Mikrofone	19
Empfängerprinzip und Richtcharakteristik	20
Druckempfänger.....	20
Druckgradientenempfänger	22
Wandlerprinzip	29
Kondensatormikrofone	29
Dynamische Mikrofone.....	39
Elektroakustische Kennwerte	42
Frequenzgang	43
Direktfeld- und Diffusfeld-Frequenzgang	45
Aufnahmetechniken	46
Intensitätsstereofonie	48
XY-Mikrofonverfahren	49
MS-Mikrofonverfahren.....	51
Einzelmikrofonverfahren.....	53
Laufzeitstereofonie	54
Gemischte Aufnahmeverfahren.....	57

ORTF-Mikrofonverfahren.....	57
OSS-Mikrofonverfahren.....	58
Stützmikrofone	59
Die Testaufnahme.....	61
Der Aufnahmerraum.....	61
Die Aufnahme	63
Die verwendeten Mikrofone	64
Positionierung der Mikrofone im Raum.....	71
Fazit - Ein Vergleich der Aufnahmen	76
Zusammenfassung.....	86
Literatur.....	87
Internetquellen	88
Abbildungsverzeichnis	90
Anhang	93
CD - Inhaltsverzeichnis	93
Datenblätter	93
Datenblatt der Schoeps Mikrofone	94
Datenblatt der Neumann Mikrofone.....	104
Datenblatt der Microtech Gefell Mikrofone.....	109
Datenblatt des Yamaha Flügels.....	113
Lebenslauf	115

Einleitung

Viele Musiker denken bei den Worten Mikrofonierung und Aufnahmetechnik einfach an einen Menschen, der sich im Zuge ihrer CD-Aufnahme um diese technischen Details kümmert und müssen dieser Person oft blind vertrauen. Im Gegenzug ist ein Klavier für viele Techniker einfach eine Holzkiste mit weißen und schwarzen Tasten, die man drückt, um Töne zu erzeugen.

Das Klavier zu spielen ist aber viel mehr als nur ein einfaches Tastendrücken. Viele Musiker investieren einen Großteil ihrer Zeit, um besser zu werden, und bringen zusätzlich ihre Gefühle durch das Klavierspiel ans Tageslicht. Ebenso gibt es Tontechniker, die sich Stunde um Stunde Zeit nehmen um Instrumente und Räume besser kennen zu lernen, denen es nicht genügt, 2 Mikrofone so zu platzieren, dass es gut aussieht. Diese Techniker versuchen das gespielte Stück, in dem so viele Energien des Musikers stecken, so aufzunehmen, dass auch die Hörer der Aufnahme diese Energien spüren. Leider gibt es auf beiden Seiten auch schwarze Schafe, die dem jeweiligen Anderen das Leben mit Unwissenheit bzw. Falschinformationen das Leben schwer machen.

Diese Diplomarbeit ist jenen Musikern und Tontechnikern gewidmet, die zusammen das Beste aus der jeweiligen Situation herausholen wollen und gemeinsam zu einer guten Aufnahme kommen wollen. Es werden sowohl grundlegende technische Begriffe und Verfahren erklärt als auch die verschiedenen Möglichkeiten mit einem Klavier Musik zu machen.

Für eine gute Klavieraufnahme benötigt man in den meisten Fällen mindesten zwei Personen. Diese bestmöglich aufeinander vorzubereiten möchte ich hiermit versuchen.

Hinweis

Alle verwendeten männlichen Formen sind in keiner Weise wertend oder der weiblichen Form gegenüber missachtend zu verstehen. Sie sind lediglich der besseren Lesbarkeit wegen verwendet worden und beziehen sich natürlich immer sowohl auf das weibliche als auch auf das männliche Geschlecht.

Das Klavier

Es ist das wohl populärste Instrument und wurde um 1709 in Florenz erfunden, das Klavier. Obwohl uns die Geschichte lehrt, dass es noch andere Arten von Klavieren gegeben hat bzw. gibt, sind für uns zwei verschiedene besonders wichtig: der Flügel und das aufrecht stehende Klavier, auch Pianino genannt. Die Tonproduktion geschieht bei beiden, vereinfacht gesagt, durch das Schlagen von Hämmern auf die Saiten.¹

Die wichtigste Entwicklung in der Geschichte des Klaviers gelingt dem italienischen Cembalobauer Bartolomeo Cristofori. Die Hammermechanik ermöglicht den Bau eines Klaviers, das von ihm den Namen „*Gravicembalo col Piano e forte*“ bekommt.² In der Folge haben vor allem die Deutschen Gottfried Silbermann (1683 – 1753) und Johann Andreas Stein (1728 – 1792) maßgeblichen Anteil an der Weiterentwicklung. Sie bauen wichtige frühe Hammerflügel mit einem hellen und perlenden Klang. Instrumente von J. A. Stein sind unter anderem bei Mozart sehr beliebt.³ Unter den Komponisten wird bis etwa 1770 nicht mit dem Hammerklavier gerechnet. Sie komponieren bis dahin noch für Cembalo oder für beides, Cembalo und Hammerklavier. Erst mit Carl Philipp Emanuel und Christian Bach sowie Joseph Haydn ändert sich dies.

Die Repetitionsmechanik wird 1821 vom Pariser Sebastian Erard erfunden. Sie erlaubt es Tasten erneut anzuschlagen, ohne dass diese zuvor in die Ruhestellung zurückkehren müssen. Dadurch werden wesentlich schnellere Tonfolgen aber auch ein geschmeidigeres Spielen von Triller und anderer Spielfiguren möglich.⁴

Einige der bekanntesten Klaviermanufakturen wurden im 19. Jahrhundert gegründet, unter Anderem Bösendorfer (Wien, 1828), Sauter (Spaichingen, 1846), Bechstein (Berlin, 1853), Steinway (New York, 1853 – vormals Steinweg Braunschweig, 1835), Schimmel (Leipzig, 1885). Der derzeit größte Klavierhersteller produziert mit etwa 280.000 Instrumenten ein Drittel der Weltproduktion. Begonnen hat der japanische Uhrmacher Torakusu Yamaha 1887 mit dem Instrumentenbau, drei Jahre später begann die Produktion von Klavieren, im Jahr 1902 die Produktion von Flügeln.⁵ Das Klavier feiert im Jahr 2009 seinen 300. Geburtstag.

¹ Vergl. Sevsay, 2005, S. 253

² Vergl. www.pian-e-forte.de/piano/index.htm

³ Vergl. <http://www.bruckmur.at/musikschule/Geschichte%20Klavier.htm>

⁴ Vergl. www.pian-e-forte.de/piano/index.htm

⁵ Vergl. www.pian-e-forte.de/piano/index.htm

Das Klavier ist eines der wenigen Instrumente, die sowohl tiefste Bass-Töne wiedergeben können als auch Höhen, die weit über dem stimmlich Möglichen liegen. Das Frequenzspektrum reicht vom A2 (engl. A0) mit einer Frequenz von 27,5 Hz bis hin zum c'''' (engl. C8) mit einer Frequenz von rund 4186 Hz. Die Klänge von A2 bis F1 werden von einer Saite erzeugt, von Fis1 bis G kommen 2 Saiten zum Einsatz und die Klänge ab dem Gis werden durch das Anschlagen von 3 Saiten erzeugt. Die Klangfarbe eines Klaviers reicht von den starken, gongartigen Klängen der tiefen Saiten bis zu klaren und durchdringenden Farben der hohen Saiten. Es handelt sich um ein ‚lebendes‘ Instrument mit einer Vielzahl an Resonanzen und mitvibrierender Flächen. Alleine dadurch wird sich eine Klavieraufnahme immer von einem synthetischen Klang absetzen.⁶

Wenn man in Musiker- oder Tontechnikerkreisen davon spricht ‚ein Klavier aufzunehmen‘, geht es darum, einen Flügel abzunehmen. Der Klang eines Pianinos erreicht bei weitem nicht die Qualität eines Flügels und ist für viele Anwendungen schlicht unbrauchbar. Der praktische Teil der vorliegenden Diplomarbeit beschränkt sich auf die Mikrofonierung und Aufnahmetechniken von Flügeln. Trotzdem wird auch der Klang eines Pianinos mit Hilfe von ‚Klanganalysepunkten‘, die mögliche Mikrofonpositionen sind, beschrieben.

⁶ Vergl. Sevsay, 2005, S. 253

Über die Art, das Klavier zu spielen

Sehr viele Menschen kennen den Klang eines Klaviers und wissen, wie es aussehen kann. Viele erlernen sogar das Spielen auf dem Klavier in einer Musikschule oder von privaten Lehrern. Es gehört zu den populärsten Instrumenten.

Die Tonproduktion geschieht, wie schon erwähnt, durch das Schlagen von Hämmern auf Saiten. Diese Hämmer werden durch das Drücken von Tasten in Bewegung versetzt. Doch dies sind noch lange nicht alle Möglichkeiten, auf einem Klavier Musik zu machen. Nachfolgend sollen hier ein paar weitere Varianten der Klangerzeugung auf einem Klavier angeführt werden.

Eine Vielzahl an Effekten wird im Inneren eines Klaviers direkt auf den Saiten ausgeführt. Die Anweisung zum Spiel im Klavier lautet „*auf den Saiten*“ oder „*a.d.S.*“. In diesem Fall kann es notwendig sein, eine zweite Person als Assistenten herbeizuziehen. Auch ist es ratsam, gewisse Töne im Klavier bzw. auf den Hämmern zu markieren, um die gewünschten Tonhöhen schneller zu finden. Um den gewünschten Effekt beim Zupfen, Glissandieren oder Kratzen auf den Saiten besser zur Geltung zu bringen, empfiehlt es sich, die Saiten möglichst in der Mitte zu berühren, da sie dort am wenigsten stark gespannt sind.⁷

Die Pedale

Es gibt Klaviere mit zwei oder mit drei Pedalen:

- Die Dämpfer auf den Saiten werden durch das rechte Pedal gehoben, dieses wird auch Dämpfer-Pedal genannt. Töne, die höher sind als das g^3 , werden durch dieses Pedal nicht beeinflusst, da sie keinen Dämpfer besitzen
- Um das Klangvolumen des Klaviers zu vermindern, muss man das linke Pedal, auch Una-corda-Pedal genannt, betätigen. Dies bewirkt bei einem Flügel das Verschieben der Hämmer nach rechts. Dadurch werden nur mehr zwei oder eine Saite an Stelle von drei oder zwei Saiten angeschlagen. Im Falle eines Pianinos werden die Hämmer näher an die Saiten herangesetzt.
- Besitzt das Klavier drei Pedale, so wird das mittlere Sostenuto-Pedal genannt. Dieses Pedal hebt nur die Dämpfer von den Saiten ab, deren Tasten bei Zeitpunkt des Betätigens gedrückt sind. Es hat keinen Einfluss auf Töne, die erst

⁷ Vergl. Sevsay, 2005, S. 254

nach dem Betätigen des Pedals gespielt werden. Die Funktion dieses Pedals beeinflusst nicht die Funktion der anderen beiden Pedale.⁸

Wie die verschiedenen Töne in Form von Noten niedergeschrieben werden, so muss auch das Verwenden des jeweiligen Pedals aufgeschrieben werden. Dies geschieht mittels „*Ped.*“ für das rechte, „*Sost. Ped.*“ für das mittlere und „*U.C.*“ oder „*una corda*“ für das linke Pedal.

Ist die Benutzung des rechten Pedals zusätzlich mit „*1/2*“ gekennzeichnet, so wird das Pedal nur zur Hälfte niedergedrückt. Dies bewirkt, dass der Ton nicht so abrupt endet wie bei einem Spiel ohne Pedal, jedoch auch nicht wirklich länger gehalten wird. Auch das allmähliche Niederdrücken bzw. Loslassen des Pedals kann als Klangeffekt genutzt werden, um den Ton langsam abzuklingen bzw. erst zu einem späteren Zeitpunkt die völlige Schwingungsfreiheit zu gewähren.⁹

Auch Pedalgeräusche sind ein beliebtes Klangwerkzeug an einem Klavier. Seien es nun einzelne Pedalstöße, ein ständiges Auf und Ab oder das plötzliche Loslassen von einem Pedal. Es ergibt sich schon durch die Pedale ein großes Klangspektrum. Dieses kann man natürlich mit den Tasten kombinieren, indem man diese stumm niederdrückt und sie durch die Pedalgeräusche in Schwingung versetzt. Dadurch werden zusätzlich entfernt klingende Töne hinzugefügt.¹⁰

Resonanz

Um eine sympathetische Schwingung, auch Resonanz genannt, zu erzeugen, drückt man mit der linken Hand Tasten stumm nieder und hält sie gedrückt. Mit der rechten Hand spielt man anschließend Oktaven der links gedrückten Töne als laute kurze Noten ohne die Verwendung eines Pedals. Töne der rechten Hand, deren untere Oktave von der linken Hand gedrückt sind, klingen nach als ob sie aus der Ferne kommen.¹¹

⁸ Vergl. Sevsay, 2005, S. 253ff

⁹ Vergl. Sevsay, 2005, S. 253, 254 + 264

¹⁰ Vergl. Sevsay, 2005, S. 264

¹¹ Vergl. Sevsay, 2005, S. 267

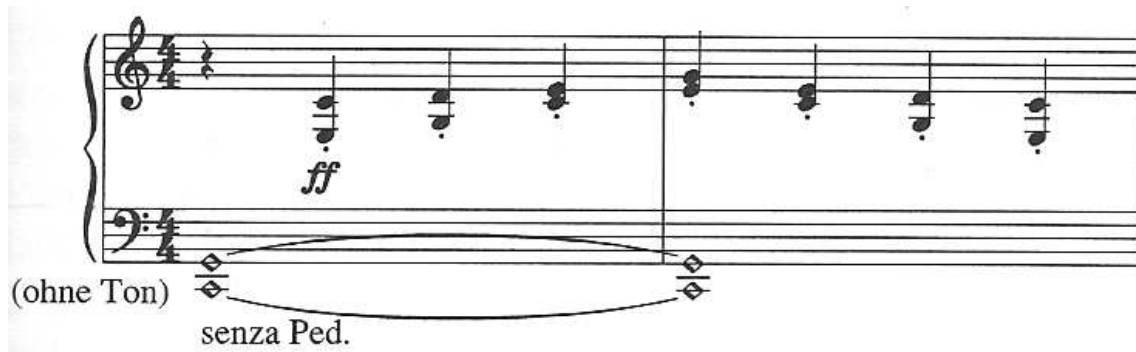


Abbildung 1: Notation einer zu spielenden Resonanz (Sevsay, 2005, S. 267)

Es ist auch möglich, diesen Resonanzeffekt zu erzeugen, indem man gewisse Blasinstrumente ins Klavier blasen lässt. Bei gedrücktem rechtem Pedal werden die Saiten der geblasenen Töne in Schwingung versetzt. Es ergibt sich ein schimmernder Klavierklang, der auch noch Obertöne in das Klangbild mit einbringt.¹²

Echo

Den Echo-Effekt kennt wohl jeder aus den Bergen oder aus großen langen Räumen mit glatten Wänden. Beim Klavier hat man zwei Möglichkeiten, einem Ton nachträglich ein Echo hinzuzufügen.

Nach dem Anspielen eines Staccato Tons wird dieselbe Taste noch einmal schnell, aber stumm niedergedrückt. Der Dämpfer wird dadurch von der Saite gehoben noch bevor der Ton vollständig verklingen kann. Diese Technik birgt die Gefahr, dass der Hammer beim neuerlichen Drücken der Taste die Saite berührt und dadurch erneut in Schwingung versetzt. Es ist nur schwer möglich, eine Taste schnell stumm zu drücken.¹³

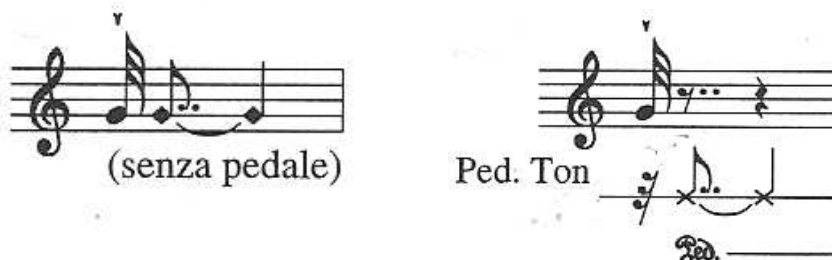


Abbildung 2: Notation der Echo-Techniken (Sevsay, 2005, S. 267)

¹² Vergl. Sevsay, 2005, S. 267

¹³ Vergl. Sevsay, 2005, S. 267

Die zweite, einfachere Technik ist, den Staccato-Ton zu spielen und das rechte Pedal zu drücken sobald der Finger die Taste losgelassen hat. Dies bringt den gleichen Effekt, jedoch ohne dem Risiko, die Saite ein zweites Mal anzuschlagen.¹⁴

Flageolettöne

Als Flageolettton bezeichnet man bei Saiteninstrumenten einen Ton, der dem 2., 3., ... Teilton der Grundfrequenz der Saite entspricht. Erzeugt wird dieser Ton durch das leichte Fingerauflegen auf den jeweiligen Teilungspunkt 1:2, 1:3, Der Name rührt von dem flötenähnlichen Klang, den diese Töne auf der Violine erzeugen. Die Tonhöhe des klingenden Tons variiert je nach dem Intervall, das zwischen dem Ausgangston und dem Flageolettton liegt. Greift man beispielsweise das Flageolett in der Oktave, erklingt der gleiche Ton wie, wenn man den Ton fest greifen würde. Eine gegriffene Flageolett-Quinte erklingt eine Oktav und eine Quinte höher als der Ausgangston, bei der Flageolett-Quart erklingt die doppelte Oktave, die große Flageolett-Terz oder Sext bringt die doppelte Oktav plus eine große Terz zum Klingen und die kleine Flageolett-Terz oder Sext lässt eine doppelte Oktave plus eine Quinte erklingen.¹⁵ Am Klavier gibt es verschiedene Möglichkeiten diese Töne zu erzeugen.

Die erste Möglichkeit ist, den gewünschten Schwingungsknotenpunkt an der Saite leicht zu berühren. Anschließend den Ton anspielen, also die entsprechende Taste drücken, und aushalten. Hierfür empfiehlt es sich, den gewünschten Schwingungsknotenpunkt vorab auf der Saite zu markieren. (siehe Abb. 3 Links)

Natürlich ist es auch möglich, zuerst den Ton anzuspielen und erst danach den gewünschten Schwingungsknotenpunkt zu berühren. Auch hier empfiehlt es sich, den gewünschten Punkt auf der Saite zu markieren. (siehe Abb. 3 Mitte)

Bei der letzten Möglichkeit muss man nicht in das Innere des Klaviers greifen. Die rechte Hand drückt stumm mehrere Tasten nieder, die in der Folge als Schwingungsknotenpunkte wirken. Nun spielt die linke Hand laute Staccato-Noten dazu. (siehe Abb. 3 Rechts)¹⁶

¹⁴ Vergl. Sevsay, 2005, S. 267

¹⁵ Vergl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Flageolettton>

¹⁶ Vergl. Sevsay, 2005, S. 263

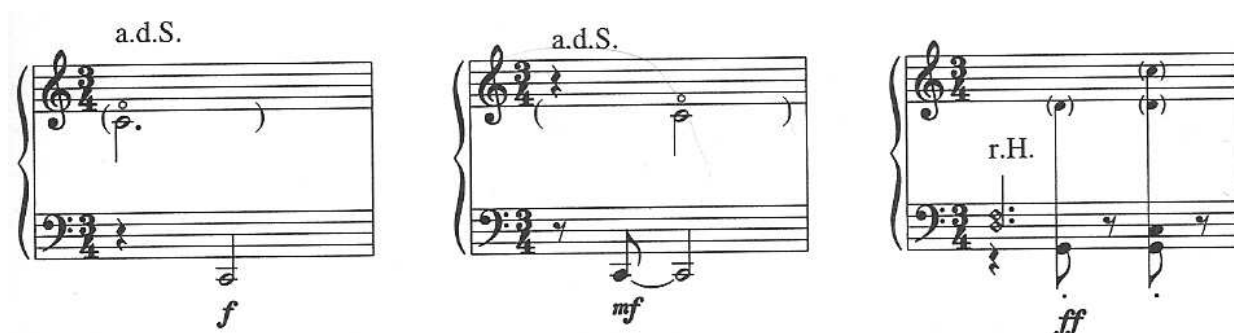


Abbildung 3: Notation der drei möglichen Flageolett-Techniken (Sevsay, 2005, S. 263)

Pizzicato

Pizzicato kommt aus dem Italienischen und bedeutet so viel wie „gezwickt“. Die Saiten werden also gezwickt oder besser gesagt gezupft. Diese Spielweise kommt üblicherweise bei Streichinstrumenten zur Anwendung, die gängige Abkürzung in der Notation ist „pizz.“

Das Pizzicato ist ein Effekt, bei dem die Saiten innerhalb des Klaviers gezupft werden müssen. Üblicherweise geschieht dies mit dem Fingernagel oder der Fingerspitze des Zeigefingers. Zuvor muss aber der Dämpfer von der zu zupfenden Saite entfernt werden. Hierfür gibt es drei Möglichkeiten:

- Man spielt den Ton an und hält die Taste gedrückt.
- Die Taste wird stumm gedrückt und gehalten.
- Das rechte Pedal wird gedrückt, was zur Folge hat, dass alle Dämpfer angehoben werden.¹⁷

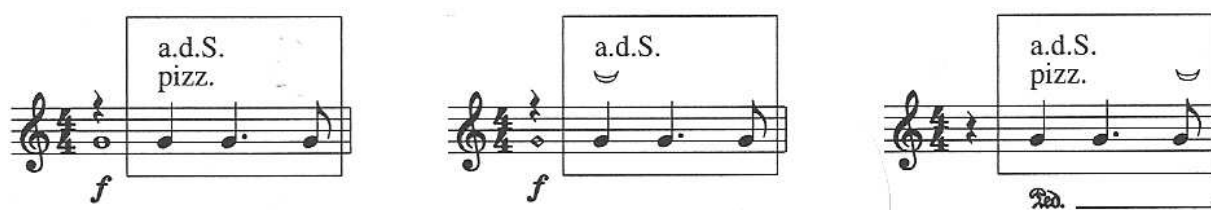


Abbildung 4: Notation der drei Möglichkeiten Pizzicato-Töne zu erzeugen (Sevsay, 2005, S. 264)

¹⁷ Vergl. Sevsay, 2005, S. 264

Abdämpfung und Dämpfung

Dem Abdämpfen geht eine reguläre Tonerzeugung mit normaler Tonqualität voraus. Bevor der Ton jedoch ausklingen kann, wird dieser abgedämpft. Dies kann auf zwei Arten geschehen:

- Durch Loslassen der gedrückten Taste bzw. des gedrückten Pedals.
- Durch das Berühren der Saite mit der Fingerkuppe, dem Fingernagel oder einem geeigneten Gegenstand. Dies führt zu einem „Buzz-Effekt“ und muss in der Notation explizit angegeben werden.¹⁸

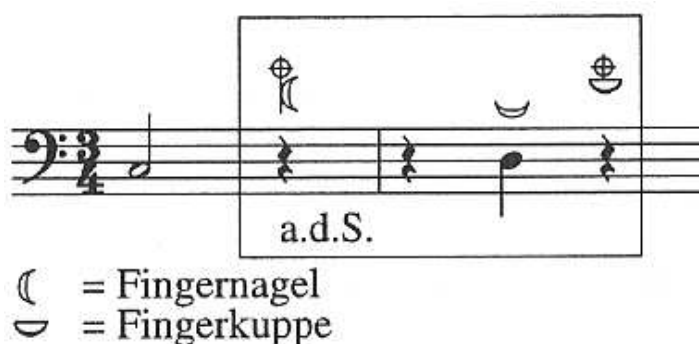


Abbildung 5: Notation zum Abdämpfen einer Saite mittels Fingerspitze bzw. Fingernagel (Sevsay, 2005, S. 263)

Bei der Dämpfung wird schon die Tonproduktion gedämpft, es kommt also nicht zu einer normalen Tonqualität. Für das Dämpfen sind mehrere Möglichkeiten bekannt:

- Ähnlich dem Flageolett-Effekt berührt man mit der Hand eine oder mehrer Saiten. Je nach Druckpunkt und -stärke variiert der Klang. Je stärker man auf die Saiten drückt, desto trockener wird deren Klang, man spricht von einem „toten“ Klang. Bei leichterem Druck an bestimmten Stellen kann es zum Erscheinen von Flageolettönen kommen.
- Die Saiten werden durch verschiedene Gegenstände gedämpft, die auf ihnen platziert werden. Hierfür eignen sich von einem Blatt Papier über Münzen bis hin zu Flaschen oder anderen Musikinstrumenten alle erdenklichen Gegenstände. Je nach gewünschtem Klang kann man seiner Fantasie freien Lauf gewähren.¹⁹

¹⁸ Vergl. Sevsay, 2005, S. 262

¹⁹ Vergl. Sevsay, 2005, S. 263

Glissando

Als Glissando bezeichnet man eine gleitende Änderung der Tonhöhe. Der Tonraum und die Zeit sind dabei in der Notation vorgegeben. Die Dauer des Glissandos wird durch die Anfangsnote angegeben, die Nachklingzeit kann man aus der zweiten Note lesen, sofern diese angegeben ist. Auch eine Richtungsänderung ist möglich und wird „Wellenglissando“ genannt, hierbei kann sie die Richtung des Glissandos auch mehrere Male ändern ehe die Endnote erreicht wird.²⁰

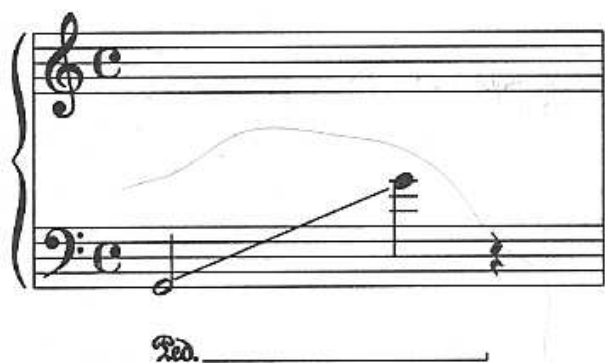


Abbildung 6: Notation eines Glissandos (Sevsay, 2005, S. 257)

Man hat am Klavier die Möglichkeit, das Glissando sowohl auf den Tasten als auch direkt auf den Saiten zu erzeugen.

Das Glissando auf den Tasten geschieht meist diatonisch auf den weißen Tasten und kann mit folgenden Techniken erzeugt werden:

- Mit einer Hand
- Beidhändig in dieselbe Richtung
- Beidhändig in Gegenbewegung
- Ohne Tonhöhenenerzeugung, d.h. es wird nur das Geräusch der leicht gedrückten Tasten mit Hilfe der Fingernägel, einer Münze oder Ähnlichem erzeugt

Dieses Glissando kann auch mit der weiter oben erwähnten Dämpfungs-Methode kombiniert werden. Durch das Abdämpfen einiger Saiten mit der zweiten Hand, kommt es zu einem „gemischten Glissando“, bei dem manche Töne normal klingen, die gedämpften aber kurz und trocken.²¹

Das Glissando direkt auf den Saiten wird in der Notation durch die Anweisung „auf den Saiten“ erkenntlich gemacht. Es gibt hierbei zwei verschiedene Glissando-Arten.

²⁰ Vergl. Sevsay, 2005, S. 59, 257

²¹ Vergl. Sevsay, 2005, S. 257

Beim Horizontalen Glissando fährt man mit den Fingern horizontal über die Saiten. Der Metallrahmen beschränkt diesen Effekt bei einem Flügel ein wenig, der Klang ähnelt aber dem einer Harfe im Glissando, sofern das rechte Pedal des Klaviers gedrückt ist. Betätigt man das Dämpfer-Pedal nicht, sondern drückt nur stumm einige verschiedene Tasten nieder, so erklingen nur diese Töne klar und lange, wohingegen die anderen Töne nur trocken und kurz klingen.²²

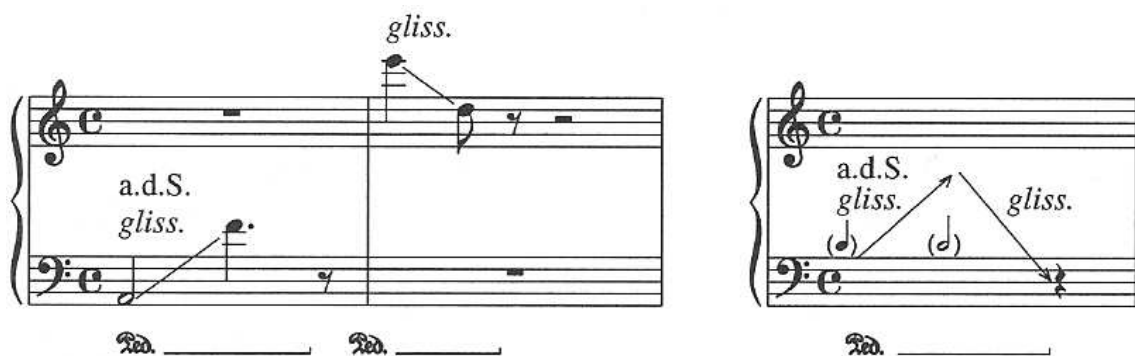


Abbildung 7: Notation eines horizontalen Glissandos und eines horizontalen Glissandos mit stumm gedrückten Tasten (Sevsay, 2005, S. 258)

Cluster-Akkorde und Tremoli

Wie auch Arpeggios und Triller werden diese Klaviertechniken etwa seit dem 20. Jahrhundert vermehrt auch als individuelle Effekte eingesetzt. Besonders beliebt ist hierbei der Einsatz in den äußeren Registern. Das Klavier musiziert meist gemeinsam mit anderen Instrumenten und Effekte in den mittleren Oktaven würden sich zu sehr mit den Klängen dieser Instrumente mischen. Die Wirkung und Individualität der Klänge würde verloren gehen.²³

In moderner Klavier-Literatur häufig zu finden sind die Cluster-Akkorde. Von der Verwendung mehrerer Finger über die Verwendung der ganzen Hand bis hin zu zusätzlich unterstützenden Gegenständen, die Tasten niederdrücken oder -halten, ist hier alles möglich. Man unterscheidet die *Cluster mit Tonhöhenangaben* von den *Clustern mit ungefähren Tonhöhen*. Gemein haben beide die Angabe der Dauer der einzelnen Cluster, diese kann in regulärer metrischer Notation angegeben werden oder in Form einer fixen Dauer (z. B. 5 Sekunden) niedergeschrieben werden.

Wird die Tonhöhe angegeben, so wird üblicherweise die von Henry Cowell eingeführte Notation verwendet. Es wird jeweils die unterste und die oberste Note ausgeschrieben und durch eine dicke Linie verbunden. Der Notenhals kann wahlweise an der unteren

²² Vergl. Sevsay, 2005, S. 258

²³ Vergl. Sevsay, 2005, S. 255

oder der oberen Note angebracht sein. Will man den Cluster nur auf den weißen Tasten spielen, so notiert man ein Auflösungszeichen unter oder über die Noten, zur Verwendung der schwarzen Tasten ein Kreuz oder ein *b*. Ist keines dieser Zeichen zu finden, so sind sowohl schwarze als auch weiße Tasten zu verwenden.²⁴



Abbildung 8: Darstellung von Cluster-Akkorden (Sevsay, 2005, S. 256)

Soll nur die ungefähre Tonhöhe angegeben werden, so werden die Notenköpfe durch eckige Kästchen ersetzt. Um dem Künstler noch mehr Freiheit bei der Tonhöhenwahl zu lassen, kann auch auf den Großteil der Notenlinien verzichtet werden. Die Angabe der zu verwendenden Tasten passiert wie oben genannt mittels Vorzeichen über bzw. unter den Clustern.²⁵

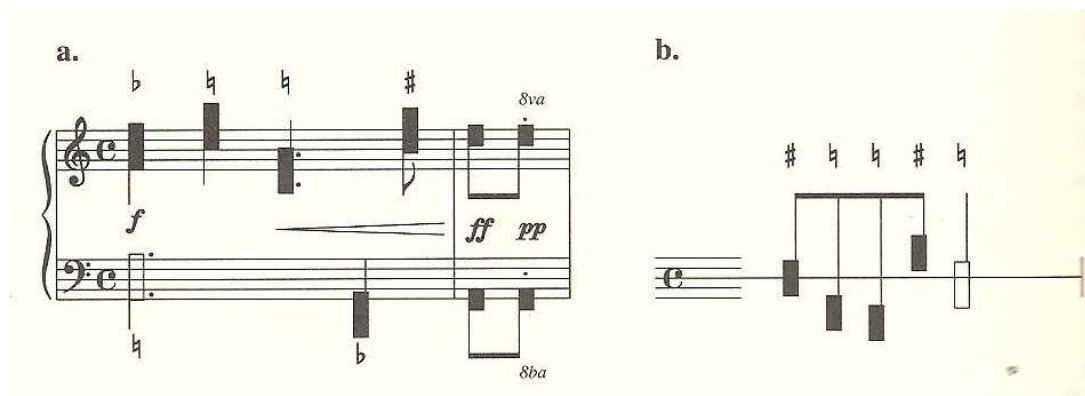


Abbildung 9: Darstellung von Clusterakkorden mit ungefähren Tonhöhen mit (a) und ohne (b) Notenlinien (Sevsay, 2005, S. 256)

²⁴ Vergl. Sevsay, 2005, S. 255, 256

²⁵ Vergl. Sevsay, 2005, S. 256

Perkussive Effekte

Wie bei fast allen Instrumenten ist man auch beim Klavier fast nur durch seine eigene Kreativität eingeschränkt, wenn es darum geht, perkussive Effekte zu erzeugen.

Grundsätzlich werden die Effekte in zwei Gruppen eingeteilt:

- Effekte, die auf den Saiten im Klavier erzeugt werden.
- Effekte, die außen am Korpus erzeugt werden.²⁶

Erzeugt man perkussive Effekte auf den Saiten eines Klaviers, so empfiehlt es sich, das rechte Pedal zu drücken. Dies lässt die Effekte wirkungsvoller klingen. Natürlich können Effekte auf diese Weise auch wieder abgedämpft werden, um so deren Länge zu kontrollieren, sofern die Saiten einen Dämpfer besitzen, also nicht höher als ein g^3 sind. Münzen, Stifte oder andere kleine Gegenstände auf die Saiten fallen zu lassen gehört sicher mit zu einem der beliebtesten Effekte und ist auch sehr einfach auszuführen.

Wobei man bedenken muss, dass man nach dem Effekt die verwendeten Hilfsmittel wieder aus dem Klavier entfernen sollte. Das Anspielen der Saiten auf verschiedene Arten mit verschiedensten Hilfsmitteln soll hier ebenfalls erwähnt werden. Hierbei sind dem Musiker wiederum keine Grenzen gesetzt. Von Fingern über Handflächen, ganze Arme bis hin zu großen Hilfsmitteln wie Schlagzeug-Schlägeln oder Schellentrommeln kann alles verwendet werden, womit man Saiten in irgendeiner Art in Schwingung versetzen kann. Je größer das gewählte Hilfsmittel ist, desto näher kommt der erzeugte Klang dem eines Cluster-Akkords. In der Notation werden die jeweiligen Anschlagmittel durch Symbole dargestellt und in den meisten Fällen durch eine Erklärung ergänzt.²⁷

Bei perkussiven Effekten am Korpus handelt es sich um sehr experimentelle Techniken, die nicht sehr oft zu finden sind. Aus diesem Grund gibt es keine allgemein anerkannte Notationstechnik, die zur Anwendung kommt. Da Angaben wie „auf den Korpus schlagen“ sehr ungenau sind, gilt es für Komponisten bei der Notation folgende 4 Punkte zu definieren:

- Was wird gemacht? (z.B.: schlagen, klopfen, etc.)
- Wie wird der Effekt ausgeführt? (z.B.: unregelmäßig, in ansteigender Lautstärke, etc.)
- Wo wird der Effekt ausgeführt? (z.B.: auf dem zugeklappten Tastaturdeckel)
- Womit erzeugt man den Effekt? (z.B.: mit den Fingern, einem Schlägel, etc.)²⁸

²⁶ Vergl. Sevsay, 2005, S. 265

²⁷ Vergl. Sevsay, 2005, S. 265, 266

²⁸ Vergl. Sevsay, 2005, S. 266

Der Klang eines Flügels

So wie jedes Instrument klingt auch das Klavier nicht an jeder Stelle gleich. Je nachdem, wo und in welcher Entfernung zu den Saiten man die Mikrofone bei einer Aufnahme aufstellt, ändert sich die Klangfarbe teilweise gravierend. Bei einer Popproduktion bevorzugt man eher einen hellen, klaren Klang, wohingegen eine Jazz- oder Klassik-Produktion eher darauf abzielt, den naturgetreuen Klang eines Klaviers mit all seinen Resonanzen einzufangen.²⁹

Der Klavierklang besteht, ähnlich einem Schlagwerkklang, nur aus einem Einschwing- und einem Ausklingvorgang. Das Halten eines Tones, wie bei Streich- oder Blasinstrumenten, ist nicht möglich. Der Einschwingvorgang ist nur von sehr kurzer Dauer und kann durch die Spielweise nicht beeinflusst werden. Beim Ausklingen ist der Grundton dominant, die Lautstärke der Obertöne nimmt mit steigender Ordnungszahl ab. Durch das Aufheben der Dämpfer durch das Fußpedal wird es den Saiten der Obertöne ermöglicht mitzuschwingen, der Klang wird Obertonreicher. Die Dicke der Klaviersaiten verursacht, dass die Obertöne nicht streng ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind. Vor allem bei kleineren Instrumenten mit kurzen Saiten liegen die Obertöne etwas höher als erwartet, man spricht von einer Spreizung der Obertonreihe. Dies mindert die Klangqualität.

Das Betätigen einer Taste bedeutet, mit Ausnahme der tiefsten Töne, den Anschlag mehrerer Saiten. Dies lässt Amplitudenschwankungen, so genannte Schwebungen, entstehen.³⁰

Es folgt nun eine Beschreibung des Klavierklangs an verschiedenen Positionen um den Flügel. Man kann sich seine eigene Meinung über den Klang bilden, indem man um den Flügel wandert und die Position des Kopfes so ändert, während eine Person ein Klavierstück spielt.

²⁹ Vergl. White, 1999, S. 153

³⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 88

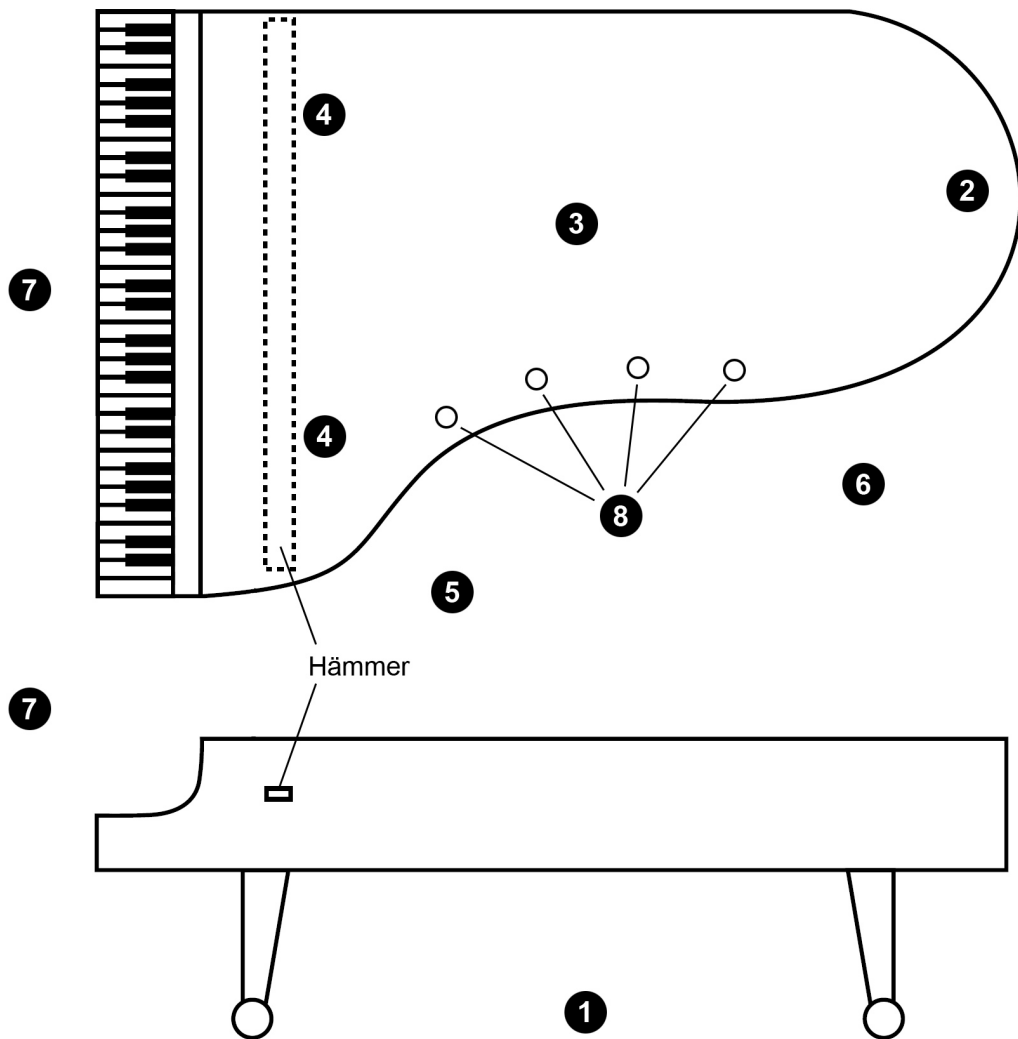


Abbildung 10: Klanganalysepunkte um einen Flügel (Bildvorlage: Boudreau 2002, S. 9; Bearbeitung: Nikendei)

- 1) Einer der unauffälligsten Plätze für ein Mikrofon ist sicherlich unter dem Klavier, auf den Unterboden des Instruments gerichtet. Man erreicht hier einen guten Bass-Klang der voll und satt erscheint. Da der Unterboden des Klaviers jedoch ein Hindernis für hohe Frequenzen darstellt, fehlen diese bei einer Aufnahme von unten. Der Gesamtklang wirkt bedeckt, dumpf und topfig.
- 2) Montiert man ein Mikrofon vertikal im Inneren des Flügels an dessen Ende, so erhält man einen vollen, natürlichen Klang. Die Geräusche der Hämmer und der Dämpfer werden auf ein Minimum reduziert.
- 3) Eine weitere unaufdringliche Aufstellungsposition ist in der Mitte des Klaviers, unmittelbar unter dem geöffneten „Deckel“. Es ergibt sich ein basshaltiger, voller Klang mit deutlich hörbaren Geräuschen der Mechanik.

- 4) Diese beiden Positionen sind jeweils etwa 25 cm von den Saiten entfernt und etwas hinter den Hämmern platziert. Jede Position teilt den Abstand vom mittleren A zum Ende der Tastatur in einen Teil der etwa 1/3 der Distanz einnimmt und einen Teil der etwa 2/3 der Distanz darstellt. Der Klang ist durch einen harten Anschlag gekennzeichnet, sehr ausgeglichen und durchwegs hell zu kennzeichnen. Bewegt man die ‚tiefe‘ Position etwa 15 cm weg von der Tastatur hinein in den Flügel, so wird der Bass realistischer aufgenommen während die Dämpfer-Geräusche reduziert werden.
- 5) Wählt man diese Position außerhalb des Flügels bei etwa 1/3 der Länge, so erhält man einen vollen Klang, bei dem der Geräuschanteil der Mechanik sehr gering ist. Durch die Reflexionen des offenen Deckels ist es allerdings kein reiner, heller Klang, sondern eher ein Gemisch der gespielten Töne und der mitschwingenden Saiten.
- 6) Diese Position ähnelt sehr der Position Nummer 5. Da man aber fast am Ende des Flügels positioniert ist und die hohen Saiten nicht bis hierhin reichen, ist der Klang basslastiger.
- 7) Die wohl am häufigsten verwendete Referenz-Position ist die des Klavierspielers selbst. Klingt ein Klavier an dieser Position nicht gut, wird es weniger gekauft, weniger bespielt und weniger gern bei Konzerten verwendet. Durch die zentrale Lage sind alle Tonlagen gut und klar zu hören. Auf Grund der Nähe ist auch die Mechanik hörbar. Da der Deckel sich aber seitwärts öffnen lässt, wird der Klang zu den Zuhörern reflektiert und der Spieler selbst kommt nicht in den vollen Genuss seines Schaffens.
- 8) Positioniert man ein Mikrofon so, dass es zu den Klanglöchern gerichtet ist, erhält man einen dünnen, bedeckten, eingeschränkten Klang. Verstärkt man die mittleren Bässe und Höhen, sorgen diese für einen etwas natürlicheren Klang. Diese Mikrofon-Positionen sind bei einigen Rock- und Jazz-Produktionen sehr beliebt.³¹

³¹ Vergl. Boudreau, 2002, S. 9

Der Klang eines Pianinos

Das Wort „Pianino“ kommt aus dem Italienischen und bedeutet „kleines Klavier“. Im heutigen Sprachgebrauch verwendet man Pianino oder auch Piano für aufrecht stehende Klaviere. Diese Bauform hat sich durch ihre Kompaktheit vor allem im häuslichen Bereich durchgesetzt. Bei einer Breite von etwa 150cm und einer Tiefe von etwa 60cm findet sich leichter ein Platz als für einen Flügel. Die übliche Höhe eines Pianinos beträgt 130cm, ist dieser Wert größer, so finden sowohl längere Basssaiten im Korpus Platz als auch ein größerer Resonanzboden. Beides dient dem Klang des Instruments. Das Gewicht eines Pianinos kann aber, durch den Gusseisen Rahmen, der verbaut ist, auch stattliche 300kg erreichen.

Üblicherweise bietet ein Pianino einen Tonumfang von 7 ½ Oktaven, vom Subkontra A bis zum c5. Bei noch kleineren Varianten kann auch eine Oktave eingespart werden.³²

Natürlich kann man auch bei einem Pianino den, wenn auch kleinen, Deckel öffnen. Dies lässt das Klavier weit klarer klingen. Auch die vordere Holzabdeckung kann man entfernen, um dem Klang mehr Freiraum zu verschaffen oder das Klavier zu stimmen.

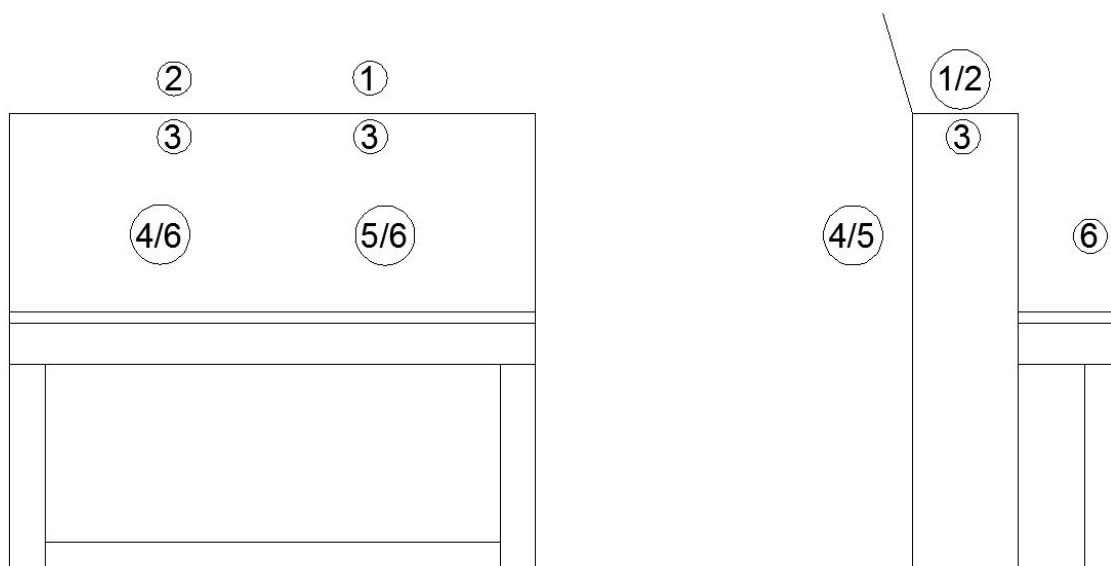


Abbildung 11: Klanganalysepunkte an einem Pianino (Bildvorlage: Boudreau 2002, S. 11; Bearbeitung: Nikendei)

³² Vergl. <http://www.pian-e-forte.de/piano/index.htm>

- 1) Der Punkt über dem Piano auf der rechten Seite vom Spieler aus gesehen bietet einen natürlichen Klang mit gut hörbarem Anschlag der Hämmer. Die tiefen Bässe gehen auf Grund der Entfernung etwas verloren. Trotzdem eignet sich dieser Punkt, wenn man nur ein Mikrofon zur Aufnahme zur Verfügung hat.
- 2) Um die fehlenden Bässe mit auf eine mögliche Stereo-Aufnahme zu bekommen, empfiehlt es sich, ein weiteres Mikrofon gleich dem ersten zu montieren, nur diesmal etwas links vom Musiker. Man erhält einen satten Bassklang inklusive des Anschlaggeräusches der Hämmer auf den Saiten.
- 3) Rückt man die beiden vorangehenden Klanganalysepunkte näher zu den Saiten, in das Innere des Klaviers, so erhält man einen natürlichen Klang mit deutlich hörbaren Hämmer-Geräuschen. Dies ist die direkteste Aufnahmemöglichkeit mit dem geringsten Raumanteil.
- 4) Die vierte Position befindet sich auf der bassseitigen Rückseite des Pianinos etwa 25cm von der klingenden Rückwand entfernt. Es ergibt sich ein voller Klang, dem allerdings die Höhenanteile ein wenig fehlen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, diesen Punkt mit dem folgenden Punkt zu einer Stereoaufnahme zu kombinieren.
- 5) Wie auch der vierte Punkt befindet sich dieser hinter dem Klavier, allerdings auf der rechten Seite, auf der die hohen Töne abgespannt sind. Es entsteht ein dünner eingeeengter Klang ohne Hammergeräusche. Die Kombination der Punkte 4 + 5 kann man durchaus für eine Stereoaufnahme in Betracht ziehen.
- 6) Bleibt man etwa auf der Höhe der Punkte 4 und 5, wandert aber vor das Klavier so erhält man, nach Demontage der vorderen Abdeckung, einen sehr hellen Klang, der von Geräuschen der Mechanik begleitet wird. Um das gesamte Spektrum des Pianinos aufzuzeichnen, empfiehlt es sich auch hier ein Mikrofon auf die basslastige linke Seite und eines auf die höhere, rechte Seite zu stellen.³³

³³ Vergl. Boudreau, 2002, S. 11

Mikrofone

In der Audiotechnik haben Mikrofone die Aufgabe, Schallwellen in elektrische Wechsellspannung umzuwandeln. Man unterscheidet Mikrofone nach zwei Kriterien:

- 1) nach dem Empfängerprinzip
- 2) nach dem Wandlerprinzip³⁴

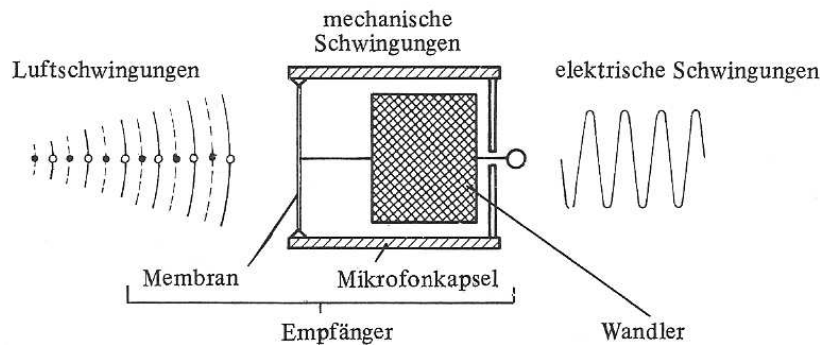


Abbildung 12: Prinzipieller Aufbau eines Mikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 146)

Das Umwandeln der Luftschwingungen in mechanische Schwingungen an der Membran geschieht durch das Empfängerprinzip. Sowohl die Konstruktion der Mikrofonkapsel, als auch die Art des Einbaus der Membran bestimmen das Empfängerprinzip eines Mikrofons. Daraus resultieren nicht nur die Richtcharakteristik, sondern auch der Frequenzgang und das Verhalten des Mikrofons im Nahfeld einer Schallquelle.³⁵

Das Umwandeln von mechanischen Schwingungen in elektrische Schwingungen geschieht im Wandler durch das Wandlerprinzip. Die am häufigsten verwendeten Mikrofonarten sind Kondensatormikrofone, die nach dem elektrostatischen Wandlerprinzip funktionieren und dynamische Mikrofone, die nach dem elektrodynamischen Wandlerprinzip funktionieren.

Es gibt also eine Vielzahl an Mikrofontypen, wobei jeder Typ seine Vor- aber auch Nachteile besitzt. Tontechniker bedienen sich dieser Vor- und Nachteile, indem sie für das jeweilige Anwendungsgebiet das optimale Mikrofon zur Anwendung bringen. Je nach Instrument und sogar je nach Musikrichtung werden andere Mikrofone verwendet. Im Falle der für die vorliegende Arbeit durchgeführten Klavieraufnahme wurde hauptsächlich auf Kleinmembran-Kondensatormikrofone gesetzt, da diese neben einem

³⁴ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 146

³⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 146

niedrigen Eigenrauschen auch eine hohe Empfindlichkeit und einen sehr guten Frequenzgang haben.³⁶

Empfängerprinzip und Richtcharakteristik

Das Empfängerprinzip zeigt uns, welche Schallfeldgrößen für das Mikrofon maßgeblich sind. Man unterscheidet Schalldruckempfänger, diese sind stets ungerichtete Mikrofone, Schalldruckgradientenempfänger, auch Schalldruckdifferenzempfänger genannt, und Schallschnelleempfänger, welche stets Richtmikrofone sind.³⁷

Die Richtcharakteristik gibt an, wie stark der Schall, der nicht frontal auf die Kapsel trifft, im Vergleich zum frontal auftreffenden Schall gedämpft wird. Dies geschieht mit Hilfe eines Polarkoordinatendiagramms (siehe 05). Durch die in Frequenz und Richtung unterschiedlichen Dämpfungswerte kann man darauf schließen, dass sich bei einer Änderung des Aufnahmewinkels auch die Klangfarbe verändert. Der Frequenzgang für die 0°-Achse eines Mikrofons lässt sich aus einem Polarkoordinatendiagramm jedoch nicht ablesen.³⁸ Hierfür benötigt man eigene Diagramme, die im Kapitel „Frequenzgang“ näher erläutern werden sollen. Lediglich eines soll hier vorweggenommen werden, auch Mikrofone, die einen weitestgehend linearen Frequenzgang besitzen, können deutliche Unterschiede im Aufnahmeklang aufweisen.

Druckempfänger

Ein Druckempfänger (siehe 03) besteht aus einer Kapsel, die auf einer Seite durch eine Membran verschlossen ist. Der Innenraum und das Äußere sind schalldicht getrennt, lediglich eine kleine Öffnung ermöglicht den Druckausgleich mit der Umgebung, nicht jedoch einen Druckausgleich bei schnellen Druckschwankungen. Es erfolgt immer dann eine Bewegung der Membran, wenn der Druck vor der Membran vom Kapselinneren abweicht. Erhöht sich der Druck außerhalb der Kapsel, so bewegt sich die Membran nach innen, verringert sich jedoch der Druck, so wird die Membran nach außen gezogen.³⁹

³⁶ Vergl. White, 1999, S. 151

³⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 90

³⁸ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 90

³⁹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 162ff

Von hinten oder von der Seite eintreffender Schall verursacht, sofern er um die Mikrofonkapsel gebeugt wird, auch eine Auslenkung der Membran. „Schall wird nur dann um ein Hindernis gebeugt, wenn die Schallwellenlänge groß ist im Verhältnis zur Hindernisgröße.“⁴⁰

Bei handelsüblichen Studiomikrofonen trifft, dies bis zu einer Frequenz von etwa 10 kHz zu. Höhere Frequenzen werden, aufgrund ihrer kurzen Wellenlängen, von der Kapsel reflektiert. Wenn nun hochfrequenter Schall von hinten auf die Kapsel trifft bildet sich ein so genannter Schallschatten. Diese Frequenzen können nicht aufgezeichnet werden, das Signal klingt dumpfer.

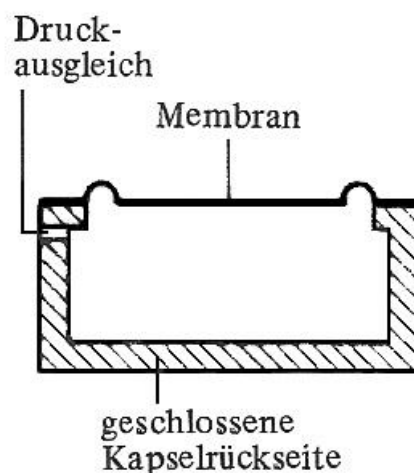


Abbildung 13: Aufbau eines Druckempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 162)

Trifft hochfrequenter Schall von vorne auf die Membran, so kommt es zu einer Druckstaubildung. Die Überlagerung von reflektierten Wellen und den einfallenden Wellen erzeugt eine Erhöhung des Schalldrucks um etwa 6 dB. Bei kleinen Membranen beginnt dieser Effekt etwa bei 15 kHz, bei großen Membranen schon um 10 kHz. Druckempfängermikrofone, die nahe an der Schallquelle positioniert werden, also im so genannten Direktfeld verwendet werden, sollten eine Höhendämpfung besitzen. Mikrofone mit dieser akustischen oder elektrischen Kompensation des Druckstaueffekts werden als freifeldentzernte Mikrofone bezeichnet. Diffusfeldentzernte Mikrofone besitzen diese Kompensation nicht und werden deshalb außerhalb des Hallradius der Schallquelle, also im Diffusfeld zur Anwendung gebracht.⁴¹

⁴⁰ Zitat: Dickreiter 1, 1997, S. 163

⁴¹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 162ff

Druckgradientenempfänger

Im Unterschied zu den eben erklärten Druckempfängern haben Druckgradientenempfänger einen gerichteten Schallempfang. Beim Schalldruckgradientenempfänger trifft der Schall auf beide Seiten der Membran auf, eine Auslenkung der Membran ist also nur möglich, wenn sich die Drücke vor und hinter der Membran unterscheiden. Diese Schalldruckdifferenz nennt sich Schalldruckgradient.⁴²

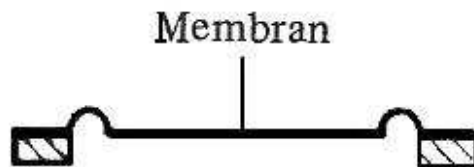


Abbildung 14: Aufbau eines Druckgradientenempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 166)

Die einfachste Form eines Druckgradientenempfängers ist eine, für den Schall von beiden Seiten zugängliche, Membran. Diese Anordnung besitzt die Richtcharakteristik einer Acht. Schall, der von vorne oder hinten auf die Membran trifft, lenkt diese maximal aus, seitlich auftreffender Schall hingegen bewirkt keinen Druckunterschied und versetzt die Membran somit nicht in Bewegung. Durch verschiedene Laufzeitglieder, die zwischen der Vorderseite und der Rückseite der Membran angebracht werden, können auch andere Richtcharakteristika, wie zum Beispiel eine Nierenrichtcharakteristik, realisiert werden.⁴³

Der Druckgradientenempfänger ist, im Gegensatz zum Druckempfänger, frequenzabhängig. Mit der Frequenz nimmt der Druckgradient durch die steigende Wellenlänge ab. Tiefe Frequenzen werden schwächer wiedergegeben. Um diesem Problem bei hohen Frequenzen vorzubeugen, wird die Wegdifferenz zwischen Vorderseite und Rückseite der Membran so berechnet, dass sie gleich der halben Wellenlänge der höchsten zu übertragenden Frequenz ist. Dadurch kommt es von der tiefsten zur höchsten Frequenz zu einem kontinuierlichen Anstieg der Membranauslenkung. Um dies zu vermeiden, setzt mit steigender Frequenz eine Dämpfung in Form einer Masse- oder Reibungshemmung ein.⁴⁴

⁴² Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 164

⁴³ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 164

⁴⁴ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 165

Die Massehemmung funktioniert in gewisser Weise nach dem Prinzip der Trägheit. Die Membran stellt dem Luftdruck ihre eigene Masse als Widerstand entgegen. Je höher die Frequenz, desto schneller die Bewegung und desto größer der Widerstand.

Sitzt ein Laufzeitglied an der Rückseite der Membran, so strömt bei Membranbewegung Luft durch die Öffnungen. Durch das Reiben der Luftmoleküle an den Wänden der Öffnungen entsteht ein Widerstand, der die Luftströmung, und dadurch die Membranbewegung, reduziert. Je höher die Frequenz, desto schneller strömt Luft durch die Öffnungen und umso stärker ist deren Abbremsung durch die Reibungshemmung.⁴⁵

Die Membran eines Druckgradientenempfängers wird, im Gegensatz zu der des Druckempfängers, nach vorne und nach hinten ausgelenkt. Es entsteht dadurch eine positive und eine um 180° gedrehte, negative Phasenlage. Dieser Technik bedient sich das MS-Aufnahmeverfahren.⁴⁶

⁴⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 166

⁴⁶ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 166

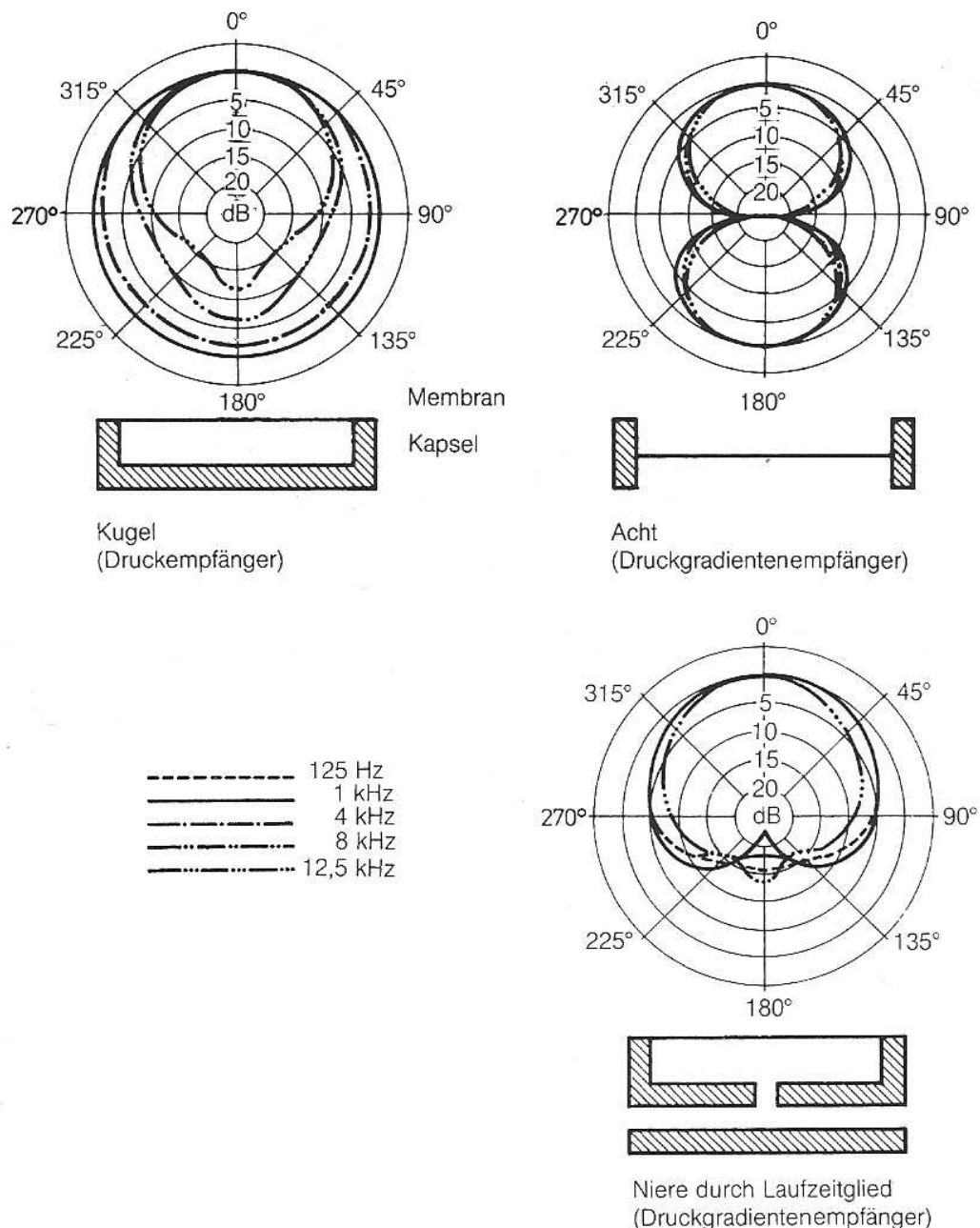


Abbildung 15: Empfängerprinzipien und ihre Richtcharakteristiken (Dickreiter 2, 2003, S. 91)

Die Diagramme geben anhand von 5 Frequenzen die Richtcharakteristiken der jeweiligen Empfängerprinzipien an.

Ob links oben zeigt einen Druckempfänger mit **Kugelcharakteristik**, also ein ungerichtetes Mikrofon. Eine Seite der Mikrofonkapsel wird durch die Membran geschlossen, wodurch ein akustisch dichter Raum entsteht. Durch Schalldruckschwankungen wird die Membran bewegt. Solange das Mikrofon wesentlich kleiner ist als die Wellenlänge der Schallwelle, ist es in alle Richtungen gleichermaßen Empfindlich, man spricht von einer Kugelcharakteristik.⁴⁷

⁴⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 90

Je höher die Frequenz wird desto kleiner wird die Wellenlänge und desto schlechter beugt sich der Schall um die Mikrofonkapsel. Ab einer Frequenz von rund 5 kHz wird aus der Kugelcharakteristik eine Art Nierencharakteristik, die sich bei höheren Frequenzen bis hin zu einer Keulencharakteristik einengt.⁴⁸

Das zweite Bild zeigt einen Druckgradientenempfänger mit Richtwirkung, einer so genannten **Acht**. In diesem Fall lenkt von den Seiten kommender Schall die Membran nicht aus, es entsteht eine nahezu frequenzunabhängige Richtcharakteristik. Der Schall von den Seiten wird um etwa 20 bis 25 dB gedämpft. Eine ‚Acht‘ ist die beste Möglichkeit, zwei nebeneinander liegende Schallquellen getrennt voneinander aufzunehmen.⁴⁹

Das darunter liegende Bild zeigt uns einen Druckgradientenempfänger mit **Nierenrichtcharakteristik**. Realisiert wird diese Richtcharakteristik durch ein Laufzeitglied, das von hinten eintreffende Schallwellen einen gleichlangen Weg zur Vorder- und Rückseite der Membran zurücklegen lässt. Dieser „akustische Umweg“⁵⁰ verhindert ein Auslenken der Membran durch rückseitig eintreffende Schallwellen. Schall, der von der linken oder rechten Seite ($\pm 90^\circ$) eintrifft, wird um 6 dB gedämpft, im Bereich um die Hauptaufnahmeachse ($\pm 45^\circ$) gibt es praktisch keine Dämpfung.⁵¹

Abbildung 16 zeigt uns einen Vergleich mehrerer Richtcharakteristika. Man sieht, dass die **Hyperniere** den geringsten Diffusanteil aufnimmt, wodurch der Abstand von der Schallquelle zum Mikrofon im Vergleich zu einer Kugel verdoppelt werden kann (siehe 08). Da der von vorne einfallende Schall bevorzugt behandelt wird, eignet sich eine Hyperniere besonders gut für die Verwendung in halligen Räumen. Auch wenn es darum geht hinter dem Mikrofon platzierte Schallquellen auszublenden, bietet sich eine Nierencharakteristik zum Gebrauch an.

Die Richtcharakteristik der **Superniere** ist ein wenig breiter, sie besitzt dafür eine starke Rückwärtsdämpfung. Sie ist gewissermaßen ein Kompromiss zwischen der optimalen Rückwärtsdämpfung (Niere) und der Unterdrückung des Diffusschalls (Hyperniere).⁵²

⁴⁸ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 90

⁴⁹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 93

⁵⁰ Zitat: Dickreiter 2, 2003, S. 93

⁵¹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 93

⁵² Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 93

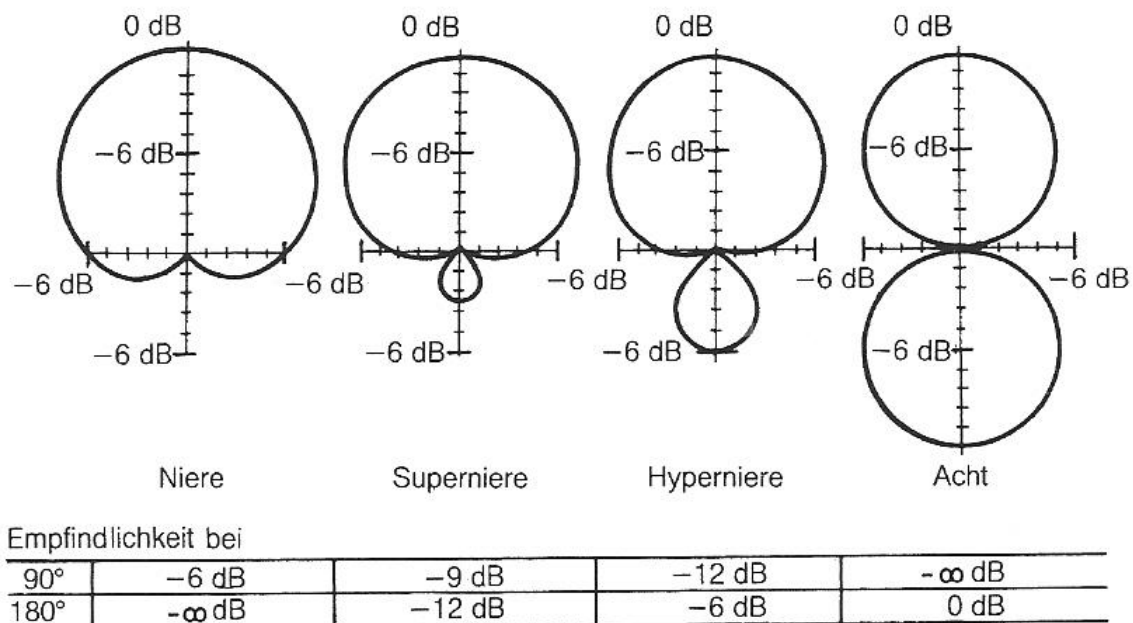


Abbildung 16: Niere, Superniere, Hyperniere und Acht im Vergleich (Dickreiter 2, 2003, S. 92)

Die Richtcharakteristik gilt allgemein für den Direktschall und nur innerhalb des Hallradius. Der Nachhall wird als diffuses Schallfeld bezeichnet. Hier kommen alle Reflektionen und Raumeigenschaften bei der Klangbildung zur Geltung.⁵³

Eine sehr spezielle Richtcharakteristik ist die **Keule**, welche bei so genannten Richtrohrmikrofonen zu finden ist. Richtrohre arbeiten als Druckgradientenempfänger und sind mit einem Rohrfortsatz, der seitlich Öffnungen besitzt, ausgestattet (siehe 07). Seitlich eintreffender Schall wird so durch Interferenzen teilweise ausgelöscht, deshalb auch die Bezeichnung Interferenzempfänger.

Mit dem Vorteil der hohen Richtwirkung kommt aber der Nachteil einer relativ großen Klangfärbung außerhalb des engen Richtbereiches. Die Bündelungswirkung des Richtrohrs beginnt bei der Frequenz, deren Wellenlänge der Rohrlänge entspricht, wodurch es vor allem bei tiefen, seitlich eintreffenden Frequenzen zu Klangverfärbungen kommt.

Ein Mikrofon dieser Bauart zu verwenden erweist sich nur dann als gewinnbringend, wenn genügend Direktschall eintrifft, also in großen Räumen und bei einer kurzen Nachhallzeit.⁵⁴

⁵³ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 90

⁵⁴ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 105

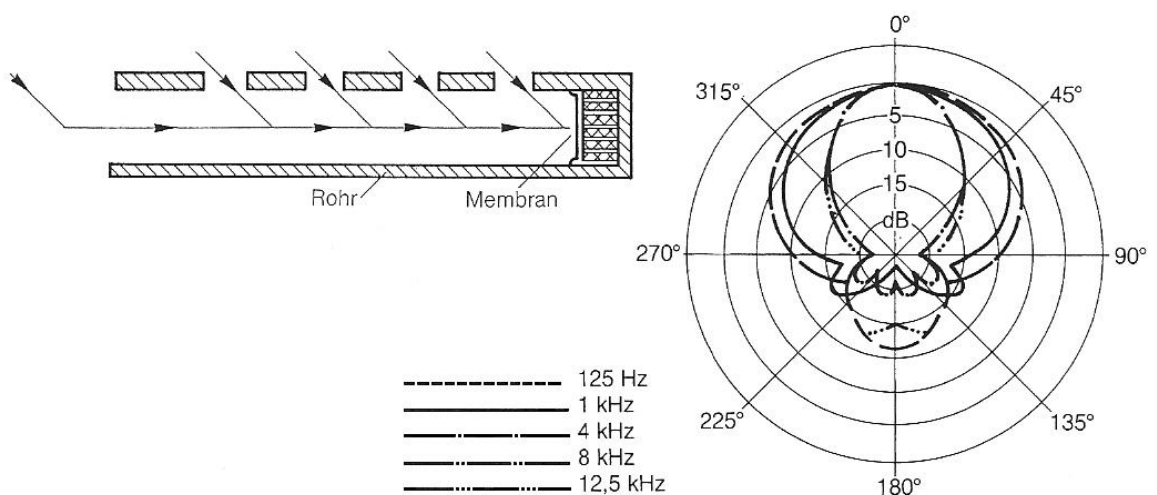


Abbildung 17: Richtcharakteristik und Arbeitsweise eines Richtrohrmikrofons (Dickreiter 2, 2003, S. 105)

Eine weitere Besonderheit sind **Grenzflächenmikrofone**. Diese „nutzen die besonderen akustischen Bedingungen an reflektierenden Flächen, ohne selbst das Schallfeld zu beeinflussen.“⁵⁵ Sie werden unscheinbar auf schallreflektierende Wände, Tischplatten oder den Fußboden montiert, die mindestens einen Durchmesser von der Wellenlänge der tiefsten zu übertragenden Frequenz besitzen. Durch ihre frequenzunabhängige Richtwirkung ändert sich die Klangfarbe weder mit der Schalleinfallrichtung noch mit der Entfernung. Die Platzierung direkt an Flächen bringt durch den um 6 dB höheren Schalldruck eine Verbesserung des Störabstandes und verhindert klangfärbende Kammfiltereffekte, die durch Reflexionen am Boden oder an Wänden entstehen können.⁵⁶

Die folgende Abbildung zeigt, um welchen Faktor sich der Hallradius bei den verschiedenen Richtcharakteristika im Vergleich zur Kugel verändert. Daraus lässt sich ablesen, dass man bei gleich bleibendem Verhältnis zwischen Direkt- und Diffusschall gerichtete Mikrofone deutlich weiter entfernt von einer Schallquelle platzieren kann als ungerichtete.⁵⁷

⁵⁵ Zitat: Dickreiter 2, 2003, S. 106

⁵⁶ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 106

⁵⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 92 und Dickreiter 1, 1997, S. 308

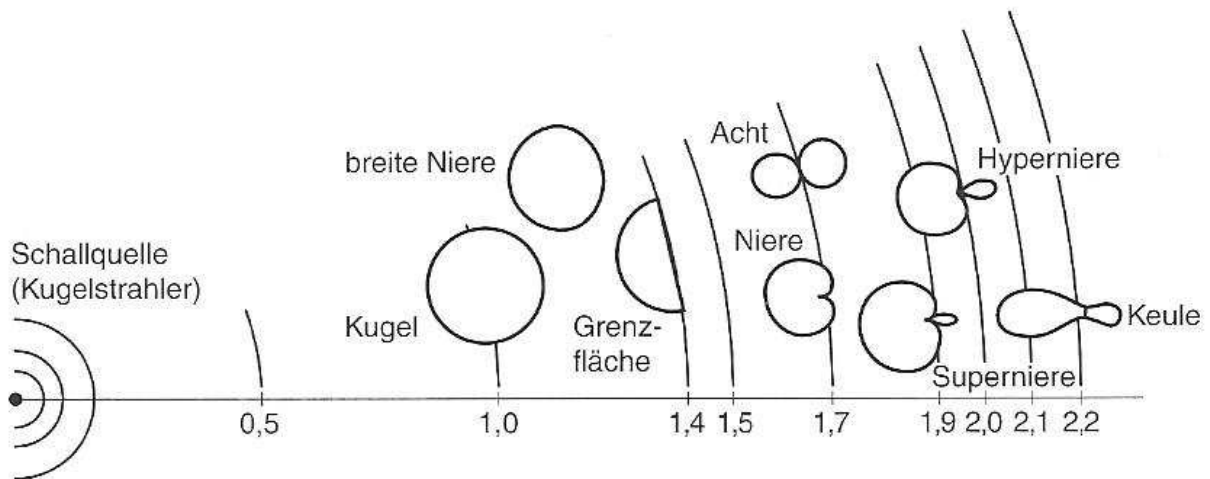


Abbildung 18: Unterschiedliche Mikrofonabstände bei gleich bleibendem Verhältnis zwischen Direkt- und Diffusschall (Dickreiter 2, 2003, S. 92 und Dickreiter 1, 1997, S. 308)

Durch mechanisch umschaltbare Elemente oder eine Doppelmembran können die Richtcharakteristika bei Kondensatormikrofonen umschaltbar sein. Bei mechanisch umschaltbaren Elementen funktioniert dies über die von hinten verschlossene (Kugel), offene (Acht) oder über ein Laufzeitglied offene (Niere) Mikrofonkapsel. Bei Doppelmembranmikrofonen können beide Membrane in Phase (Kugel, breite Niere) oder gegenphasig (Acht, Hypernieren) zusammen geschaltet werden oder es kommt nur eine Membran zur Anwendung (Niere).⁵⁸

⁵⁸ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 93

Wandlerprinzip

Erst die vom Schall angeregte, schwingende Membran ermöglicht es, die mechanischen Schwingungen in elektrische Signale zu wandeln. Die Eigenschaften eines Mikrofons, mit Ausnahme der Richtcharakteristik, werden vom Prinzip der elektroakustischen Wandlung bestimmt. Das elektrostatische Prinzip, bei Kondensator- und Elektretmikrofonen und das elektrodynamische Prinzip bei dynamischen Mikrofonen, sind sowohl in der professionellen Studioteknik als auch im Amateurbereich vorherrschend.⁵⁹

Kondensatormikrofone

Kondensatormikrofone oder elektrostatische Mikrofone sind nicht nur die weitest verbreiteten, sie zeichnen sich auch durch höchste Qualität aus. Die Membran wirkt, zusammen mit einer festen Gegenelektrode, als Kondensator. Durch die Schwingung der Membran ändert sich der Abstand zwischen den Kondensatorplatten und somit die Kapazität des Kondensators. Die Membran muss hierfür nur aus einer 1 bis 10 µm dicken Metallfolie oder metallbedampfter Kunststofffolie bestehen. Das Gewicht kann so bei wenigen Milligramm gehalten werden, was etwa dem Zwanzigstel des Gewichts einer ‚dynamischen Membran‘ entspricht. Da das Einschwingverhalten einer Membran besser ist, je leichter sie ist, trägt dies mit zur hohen Qualität der Kondensatormikrofone bei.⁶⁰

⁵⁹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 94

⁶⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 174

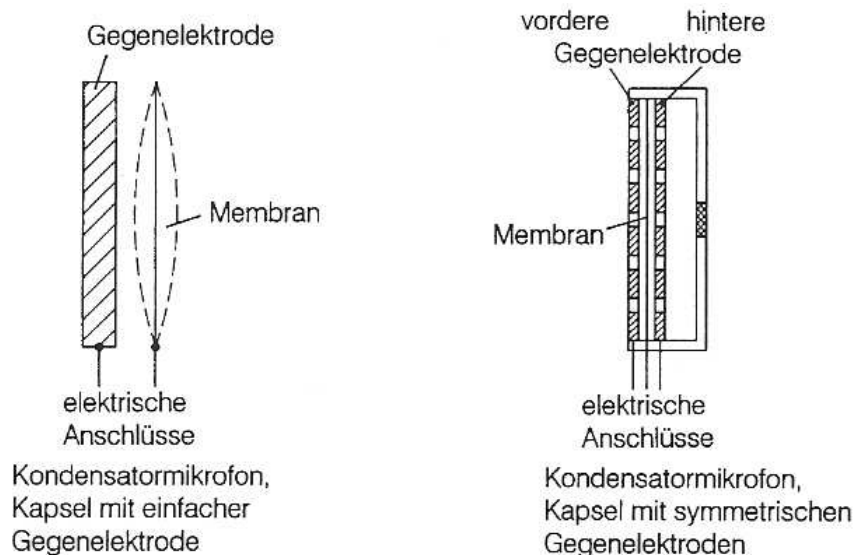


Abbildung 19: Wandlerprinzip eines Kondensatormikrofons (Dickreiter 2, 2003, S. 95)

Abbildung 19 zeigt die zwei möglichen Konstruktionen der Kapsel eines Kondensatormikrofons. Links bildet die Mikrofonmembran eine Elektrode des Kondensators, die Gegenelektrode bildet die feste Platte. Auf der rechten Seite wird die Membran von zwei schalldurchdringlichen Gegenelektroden umschlossen. Dieser symmetrische Aufbau verringert die nichtlinearen Verzerrungen und verbessert, durch die Verdopplung der Ausgangsspannung den Störabstand.⁶¹

Um die mechanischen Schwingungen der Membran nun in elektrische Schwingungen umzuwandeln, wird in den meisten Fällen eine Niederfrequenzschaltung, NF-Schaltung, verwendet. Es existiert auch eine nicht so weit verbreitete Hochfrequenzschaltung, HF-Schaltung. Es ist dem Endnutzer nicht möglich, die in seinem Mikrofon arbeitende Technik zu erkennen.

Beim NF-Prinzip wird eine Gleichspannung von meist 48V über einen Widerstand an der Mikrofonkapsel angelegt. Der Kondensator wird aufgeladen. Sobald nun eine Schallwelle auf die Membran trifft, führt dies zu einer Änderung der Kapazität und es entsteht ein Ladungsausgleich in Form einer Wechselspannung am Widerstand. Der Spannungsabfall widerspiegelt nun die elektrische Form der Schallwelle. Da der Widerstand aufgrund der Ladetätigkeit sehr hochohmig sein muss, üblicherweise bewegt sich seine Größe zwischen 80 und 400 M Ω , eignet sich das Signal noch nicht für eine Übertragung. Längere elektrische Leitungen können nicht über so hochohmige Quellen betrieben werden. Aus diesem Grund ist jedes Kondensatormikrofon mit einem Mikrofon-Vorverstärker ausgestattet, um den Innenwiderstand herab zu setzen und den

⁶¹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 94

Pegel anzuheben. Die Spannungsversorgung erfolgt im Normalfall direkt über das Mikrofonkabel und wird Phantomspeisung genannt. In manchen Fällen ist für die Spannungsversorgung auch eine Batterie oder ein eigenes Speisegerät erforderlich.⁶²

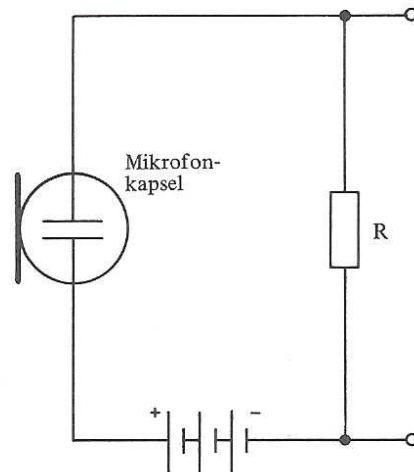
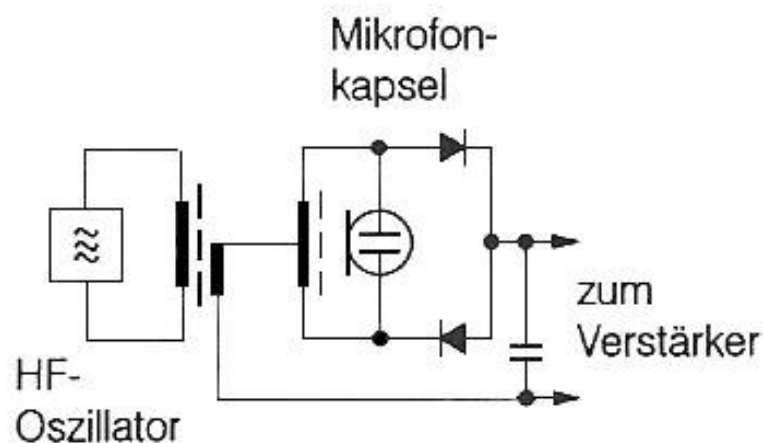


Abbildung 20: Prinzipschaltbild eines Kondensatormikrofons in NF-Schaltung (Dickreiter 1, 1997, S. 175)

Beim weitaus komplizierteren Hochfrequenz-Prinzip verändert das Schwingen der Membran die Frequenz oder die Phase einer hochfrequenten Schwingung. Erst durch eine Demodulation wird das Niederfrequenz-Signal gewonnen. Bei dieser Technik benötigt die Mikrofonkapsel keine Spannungsversorgung, dafür aber die HF-Schaltung.⁶³



⁶² Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 94ff und Dickreiter 1, 1997, S. 175

⁶³ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 94

Abbildung 21: Prinzipschaltbild eines Kondensatormikrofons in HF-Schaltung (Dickreiter 2, 2003, S. 95)

Um Kondensatormikrofone zu betreiben, benötigt man also eine Versorgungsspannung. Es handelt sich hierbei um eine Gleichspannung die üblicherweise 48 V beträgt. Diese ‚Phantomspannung‘ wird dem Mikrofon über das zweiadrige geschirmte Mikrofonkabel zugeführt. Die Speisespannung von 48 V liegt jeweils zwischen den beiden Adern, die am selben Potential liegen, und der Abschirmung des Kabels auf.⁶⁴

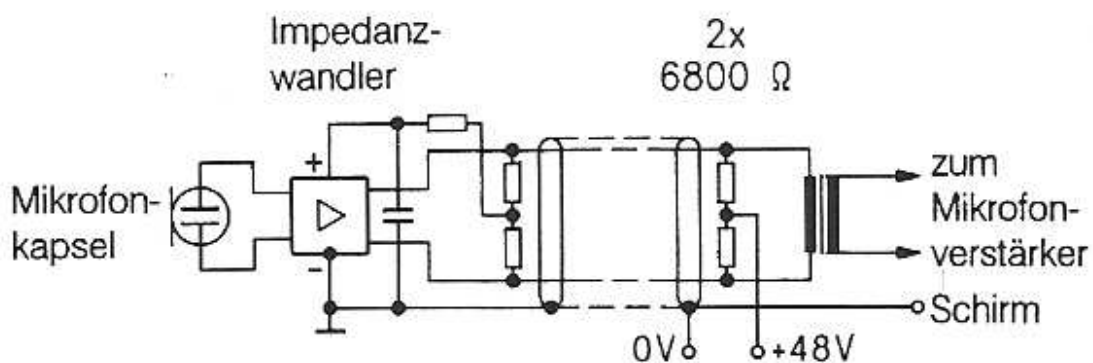


Abbildung 22: Phantomspeisung bei Kondensatormikrofonen (Dickreiter 2, 2003, S. 95)

Die Phantomspeisung hat sich gegenüber der früher auch durchwegs gebräuchlichen Tonaderspeisung aufgrund ihrer überwiegenden Vorteile durchgesetzt. Da die Stromzufuhr über beide Adern und die Rückführung über den Kabelschirm erfolgt, sind eine Umpolung der Leitungen und ein Verwenden von dynamischen Mikrofonen möglich. Bei der Tonaderspeisung fungierte die a-Ader eines Mikrofonkabels als Stromzuführung und die b-Ader als Rückführung. Ein Umpolen der Leitungen war nicht zulässig. Da in diesem Fall zwischen den beiden Adern eine Gleichspannung anlag, musste die Speisespannung abgeschaltet werden, bevor ein dynamisches Mikrofon angeschlossen wurde. Wurde dies nicht berücksichtigt, kam es zu einer Verzerrung der Aufnahme oder sogar zu einer Beschädigung des Mikrofons.

Die Phantomspeisung lässt eine gemeinsame Speisung von mehreren Mikrofonen aus einer Stromquelle ohne Weichen zu und eventuelle Störspannungen aus der Speisung überlagern nicht die Modulation. Bei der Tonaderspeisung waren Speisungsweichen erforderlich, um mehrere Mikrofone zu versorgen und Störspannungen haben direkt die Modulation überlagert.

⁶⁴ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 176 und Dickreiter 2, 2003, S.94

Die Kapselversorgung von Elektretmikrofonen ist in eine Kunststoff-Folie auf der Membran oder der Gegenelektrode ‚eingefroren‘. Man benötigt nur eine Batterie zur Versorgung des mikrofoninternen Impedanzwandlers und Mikrofonverstärkers.⁶⁵

Auch im Falle der Kondensator-Ausführung ist ein **Druckempfänger** schalldicht geschlossen. Nur durch eine kleine Öffnung gleicht sich der Innendruck dem äußeren Luftdruck an.

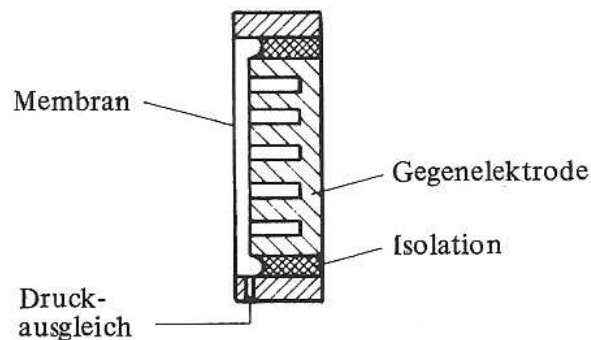


Abbildung 23: Aufbau eines Kondensator-Druckempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 180)

Eine sehr leichte Membran und eine geringe mitschwingende Luftmasse garantieren eine Eigenresonanz der Membran, die jenseits der höchsten zu übertragenden Frequenz liegt. Dies ist wichtig für eine frequenzunabhängige Membranauslenkung und somit für eine, von der Frequenz unabhängige, konstante Ausgangsspannung. Die so genannten Sacklöcher in der Gegenelektrode machen das Luftvolumen im ausreichenden Maß komprimierbar.⁶⁶

Die hohe Membranresonanz lässt auch nur sehr geringe Phasenverzerrungen im Übertragungsbereich des Druckempfängers zu und führt zu einer Unempfindlichkeit gegenüber Körperschall.⁶⁷

Bei der einfachen, aber wenig verbreiteten Art der **Druckgradientenempfänger** mit Kondensator-Wandlung, dem Überlagerungsprinzip, darf die Membran nicht hoch abgestimmt sein. Die Resonanz, die sich aus der Membranmasse und der Membranrückstellkraft ergibt, liegt in diesem Fall in der Mitte des Frequenzbereichs des

⁶⁵ Verg. Dickreiter 1, 1997, S. 175 und Dickreiter 2, 2003, S. 97

⁶⁶ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 179

⁶⁷ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 180

Mikrofons. Die Luftreibung in den Sacklöchern und den Durchbohrungen der Gegenelektrode wirkt als Dämpfer für die Resonanz, was sich so nicht mehr auswirkt.⁶⁸

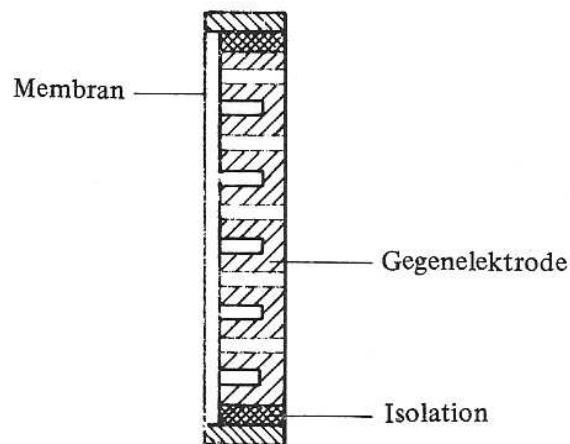


Abbildung 24: Aufbau eines, nach dem Überlagerungsprinzip funktionierenden, Kondensator-Druckgradientenempfängers mit Nierencharakteristik (Dickreiter 1, 1997, S. 181)

In den meisten Fällen werden Druckgradientenmikrofone mit Nierencharakteristik mit Hilfe eines Laufzeitglieds realisiert. Durch verschiedene Bohrungen und Hohlräume, die als Reibungswiderstände oder akustische Energiespeicher funktionieren, erhält die Gegenelektrode den Charakter eines akustischen Tiefpasses. Im hohen Frequenzbereich wird die Membran nur noch durch Schall ausgelenkt, der von vorne auf sie trifft. Das Mikrofon verhält sich in diesem Frequenzbereich also wie ein Druckempfänger.⁶⁹

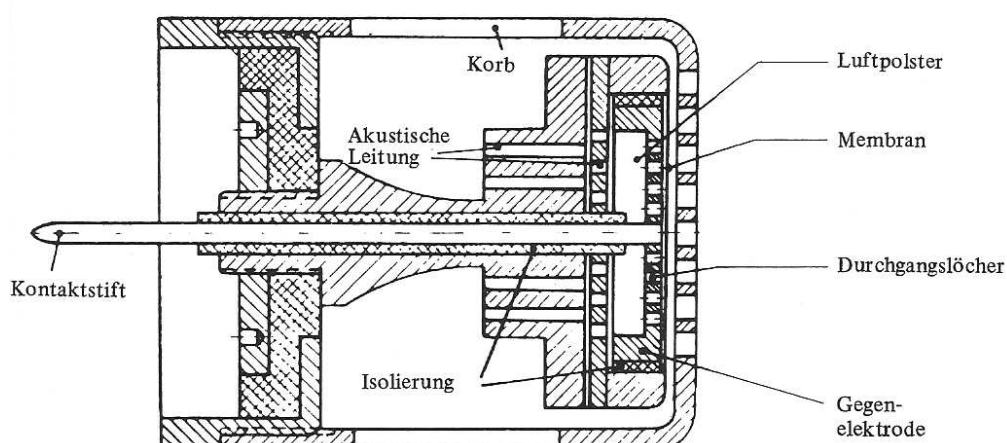


Abbildung 25: Mechanischer Aufbau eines Kondensator-Druckgradientenempfängers mit Laufzeitglied (Dickreiter 1, 1997, S. 181)

⁶⁸ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 180

⁶⁹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 180

Durch eine niedrigere Dimensionierung der Laufzeit des Laufzeitglieds erhält man eine Hyper- oder Supernierencharakteristik.⁷⁰

Da die Gegenelektrode bei einer Achterrichtcharakteristik akustisch durchlässig sein muss, um die Membran beidseitig den Schallwellen auszusetzen, werden nur wenige Mikrofone nach diesem Prinzip gebaut. Verbreiteter ist es, die Achterrichtcharakteristik bei Mikrofonen mit umschaltbarer Richtcharakteristik anzubieten.⁷¹

Bei Mikrofonen mit **umschaltbarer Richtcharakteristik** befindet sich auf beiden Seiten der Gegenelektrode eine Membran. Die teils angebohrte, teils durchbohrte Gegenelektrode vereint die beiden, in gegensätzliche Richtungen arbeitenden, Nierencharakteristiken.

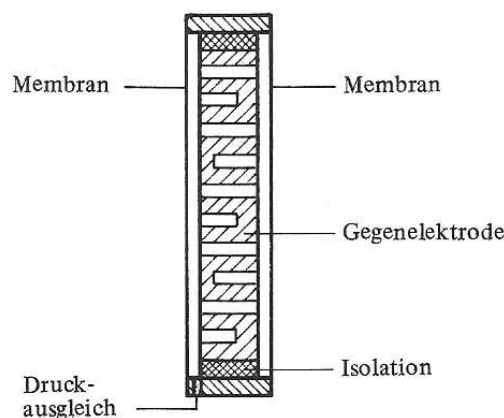


Abbildung 26: Aufbau eines Kondensatormikrofons mit Doppelmembran (Dickreiter 1, 1997, S. 182)

Je nachdem, welche Membran aktiv ist, bzw. in welcher Polarität die Membranen zusammengeschaltet werden, ergibt sich die Richtcharakteristik des Mikrofons. Verbindet man die Spannungsquelle mit nur einer Membran, so erhält man eine Nierencharakteristik. Versorgt man beide Membranen mit gleich großer Spannung der gleichen Polarität, so addieren sich die beiden Nieren zu einer Kugel. Dreht man die Polarität bei der Spannungsversorgung um, so subtrahieren sich die beiden Nieren, es entsteht eine achterförmige Richtcharakteristik. Durch die Addition und Subtraktion von verschieden großen Teilen der zweiten Membran, dies geschieht durch ein Ändern der

⁷⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 180

⁷¹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 181

Spannung, erhält man Zwischenformen wie die breite Niere, Superniere oder die Hypernieren.⁷²

Die folgende Abbildung zeigt welche Richtcharakteristik sich durch Addition bzw. Subtraktion ergibt.

⁷² Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 182

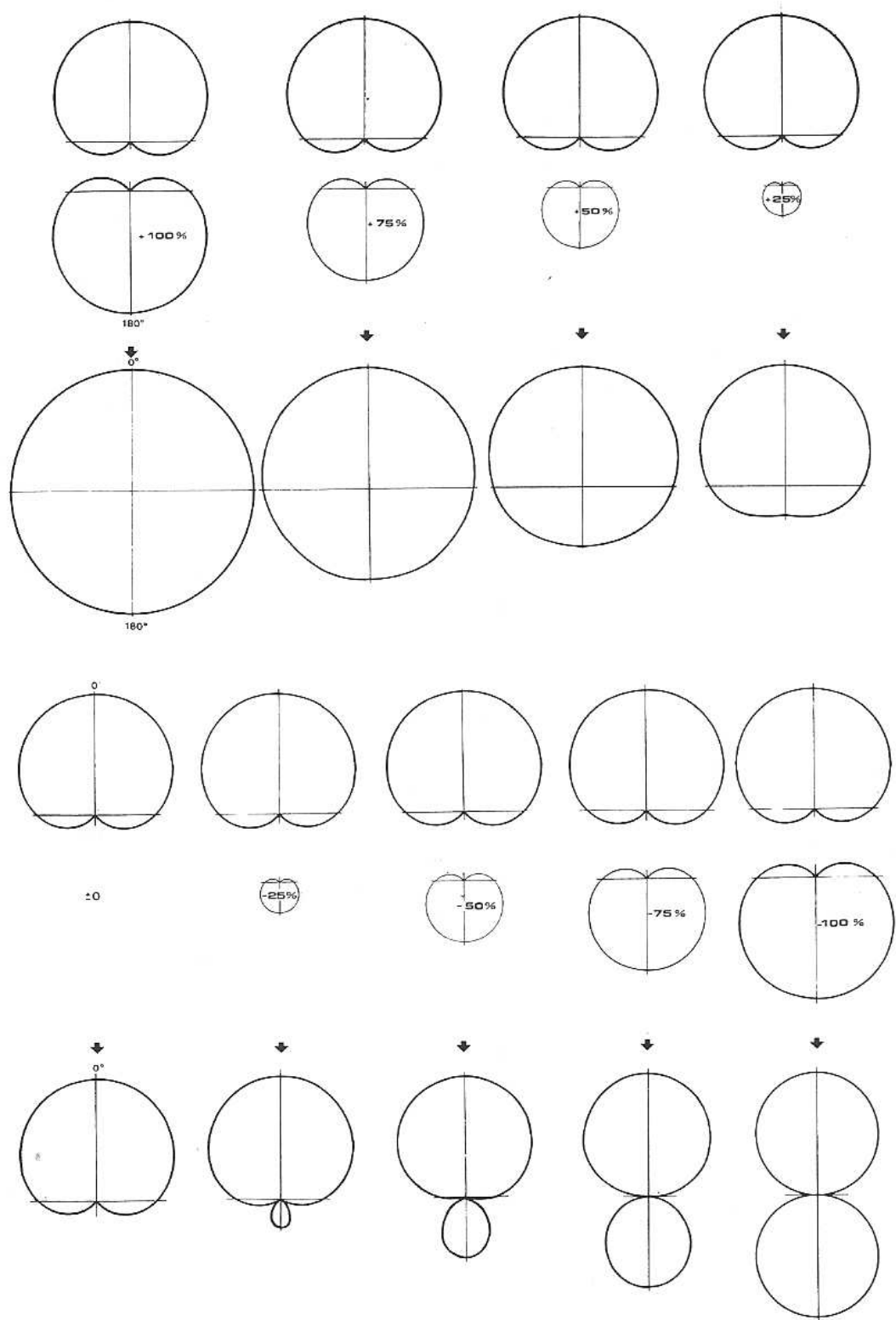


Abbildung 27: Mögliche Richtcharakteristika eines Doppelmembranmikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 183)

Da die Kugelcharakteristik eines Doppelmembranmikrofons aus der Zusammensetzung von zwei Nierenrichtcharakteristika gewonnen wird, hat sie einen signifikant anderen

Frequenzgang als die Kugelcharakteristik eines Druckempfängers. Der beim Druckempfänger durch die Kapsel verursachte Schallschatten tritt hier nicht auf, da beide Membranen aktiv sind. Dadurch entsteht bei höheren Frequenzen nicht eine Keulen- sondern, je nach Größe der Membranen, eher eine Achterrichtcharakteristik.⁷³

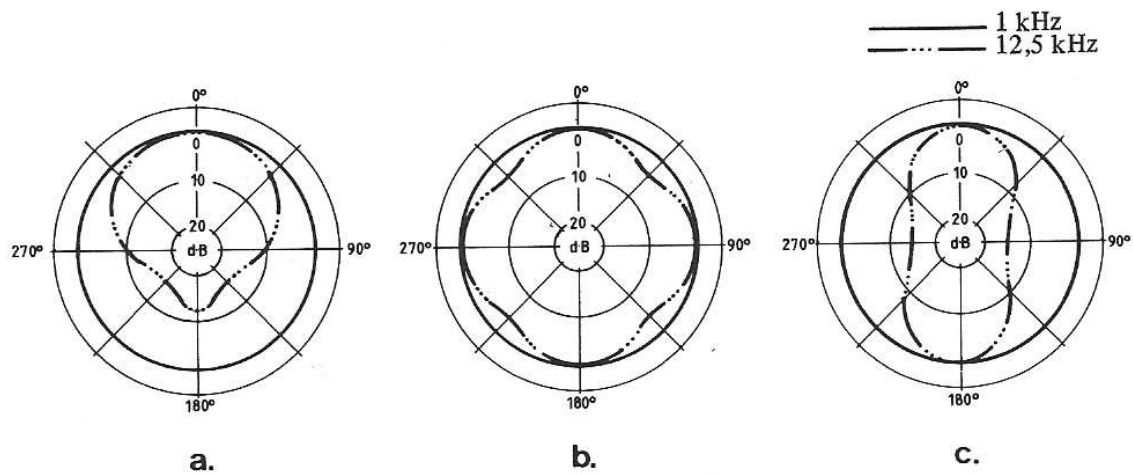


Abbildung 28: Frequenzabhängigkeiten von verschiedenen Kugelmikrofonen (Dickreiter 1, 1997, S. 186)

- a. Druckempfänger
- b. Druckgradientenempfänger mit kleiner Doppelmembran
- c. Druckgradientenempfänger mit großer Doppelmembran

⁷³ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 184

Dynamische Mikrofone

Dynamische Mikrofone arbeiten nach dem Induktionsgesetz. In einem durch einen Permanentmagneten erzeugten Magnetfeld wird eine kleine Spule (bei einem Tauchspulenmikrofon mit Hilfe der Membran) oder eine Leiterschleife (bei Bändchenmikrofonen) bewegt. Durch diese Bewegung im Magnetfeld bildet sich eine „induktive“ Spannung.⁷⁴

Durch diese Arbeitsweise benötigen dynamische Mikrofone keine Speisespannung und arbeiten auch noch bei hohen Lautstärken verzerrungsarm. Diese Robustheit führt aber zu einem unregelmäßigeren Frequenzgang als bei Kondensatormikrofonen. Die durch die Schwingspule resultierende größere Masse beeinträchtigt auch das Einschwingverhalten von Tauchspulenmikrofonen. Je höher die geforderte Qualität ist, desto eher kommen Kondensatormikrofone zur Anwendung. Dynamische Mikrofone werden besonders im Popmusikbereich verwendet, da hier meist der subjektive Klang des Mikrofons wichtiger ist als die messtechnisch begründeten Anforderungen.⁷⁵

Dynamisch ausgeführte Druckmikrofone verwenden eine auf mittlere Frequenzen abgestimmte Membran, die durch Reibung gedämpft wird. Durch Hohlräume in der Mikrofonkapsel entstehen zusätzlich Resonanzen, die mithelfen, den Frequenzgang zu glätten.

Druckgradientenempfänger verfügen über eine mit der Frequenz ansteigende Krafteinwirkung. Hier kommt eine auf tiefe Frequenzen abgestimmte Membran zum Einsatz, um eine frequenzunabhängige Ausgangsspannung zu gewährleisten. Dies bedeutet aber, dass Windgeräusche und Trittschall erheblich störender wirken als bei hoch abgestimmten Membranen.⁷⁶

Empfänger \ Wandler	Kondensator- mikrofon	dynamisches Mikrofon
Druck- empfänger	Membran hoch abgestimmt	Membran mittig abgestimmt
Druck- gradienten- empfänger	Membran mittig abgestimmt und reibungsgesammt	Membran tief abgestimmt

⁷⁴ Vergl. Böhmer, 1998, S. 56

⁷⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 189 und Dickreiter 2, 2003, S. 97

⁷⁶ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 190

Abbildung 29: Membranresonanzabstimmung bei Mikrofonen (Dickreiter 1, 1997, S. 190)

Bei einem **Tauchspulenmikrofon** taucht eine an der Membran befestigte Spule in einem Luftspalt in das Magnetfeld eines Dauermagneten. Es wird Spannung induziert. Die magnetische Induktion und die Dimensionierung sind zwei konstante, bei der Konstruktion festgelegte Größen, die die Größe der Induktion genauso beeinflussen wie die Geschwindigkeit, mit der die Spule im Magnetfeld bewegt wird. Je schneller sich die Membran bewegt, das heißt je höher die Frequenz ist, desto mehr Spannung wird theoretisch induziert. Durch die Masse der Membran an sich und der zusätzlichen Masse der Spule verhält es sich aber umgekehrt. Die Dämpfung ist so stark, dass die Geschwindigkeit der Membran bei steigender Frequenz abnimmt. Um zu einer gleichmäßigen Übertragung zu kommen, muss dem mit Resonanzen entgegengewirkt werden. Die Membranresonanz wird dafür in die Mitte des Übertragungsbereichs gelegt und die Luftvolumina des Innenraumes des Gehäuses werden als Resonanzen genutzt. Durch kleine Kanäle, zur Verbindung der Resonatoren untereinander und durch dämpfende Filzscheiben werden diese untereinander abgestimmt.⁷⁷

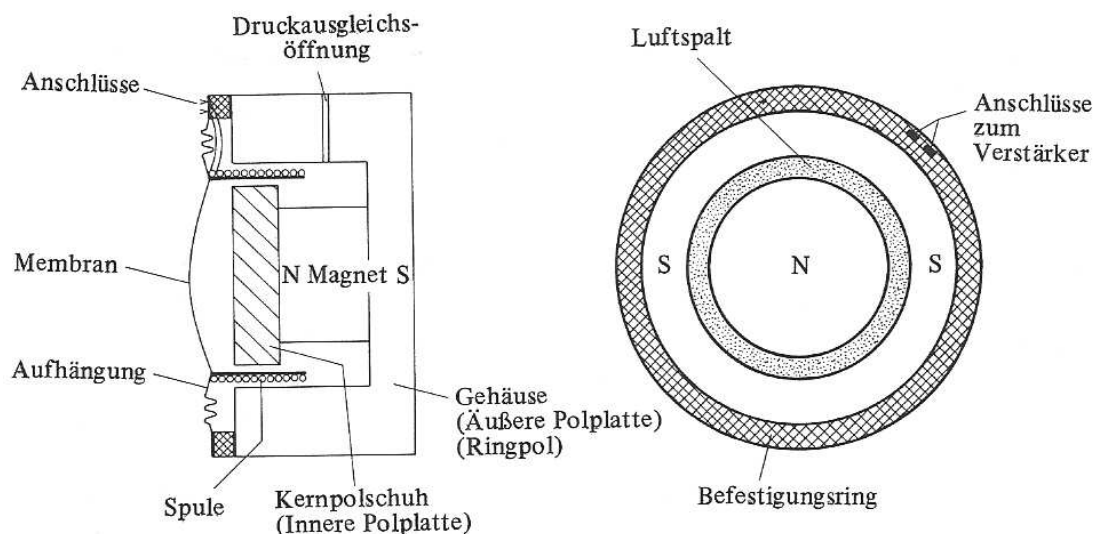


Abbildung 30: Prinzip eines Tauchspulenmikrofons nach dem Druckempfängerprinzip (Dickreiter 1, 1997, S. 191)

Bei der Ausführung als Druckgradientenempfänger mit Richtcharakteristik hingegen ist die Membranresonanz tief angesetzt und die Rückseite der Kapsel als Laufzeitglied ausgeführt.

⁷⁷ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 190ff und Dickreiter 2, 2003, S. 97

Magnetische Störfelder, die etwa durch Motoren oder Netztransformatoren erzeugt werden können, werden durch eine, nahe bei der Schwingspule angebrachte Kompensationsspule unterdrückt. Diese Kompensationsspule ist mit der Schwingspule in Reihe geschaltet, aber entgegengesetzt gewickelt.⁷⁸

Bei einem **Bändchenmikrofon** ist die Membran gleichzeitig der elektrische Leiter. Ein Aluminiumbändchen, das etwa 2 – 3 µm dick, 3 – 4 mm breit und etwa 4 cm lang ist, wird oft gefaltet und möglichst lose zwischen den Magnetpolen aufgehängt. Um die Unabhängigkeit der Ausgangsspannung zur übertragenden Frequenz zu gewährleisten, ist die Eigenfrequenz am unteren Ende des Übertragungsbereichs angesiedelt. Durch die geringe Masse und die weiche Aufhängung des Bändchens besitzt das Mikrofon ein sehr gutes Impulsverhalten und auch der Frequenzgang ist weitestgehend linear. Aufgrund der Membranabstimmung auf tiefe Frequenzen sind Bändchenmikrofone sehr empfindlich gegenüber Wind und Körperschall.⁷⁹

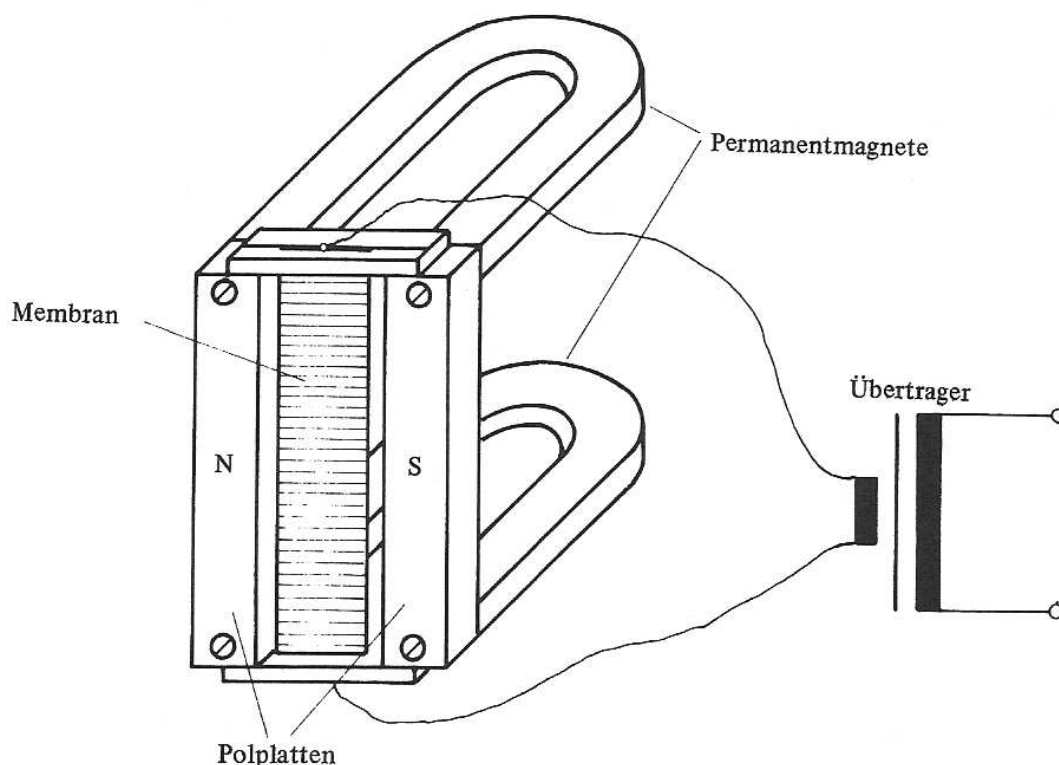


Abbildung 31: Prinzip eines Bändchenmikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 193)

⁷⁸ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 192

⁷⁹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 192ff und Dickreiter 2, 2003, S. 97

Wie die Mikrofone mit Röhren sind auch die Bändchenmikrofone wegen ihres besonderen Klanges zu Bekanntheit gelangt und nicht durch messtechnisch optimale Eigenschaften. Dem Bändchenmikrofon wird in diesem Zusammenhang eine besondere Klangtransparenz bei weichen Höhen nachgesagt, die niedrige Ausgangsspannung führt aber zu vergleichsweise hohem Rauschen.⁸⁰

Elektroakustische Kennwerte

Die Eigenschaften von Mikrofonen werden mit Hilfe von elektroakustischen Kennwerten in Form eines Datenblattes dargestellt. Moderne Studiomikrofone bieten sehr ähnliche Werte, klingen aber trotzdem für unser Ohr unterschiedlich. Es werden also nicht alle Mikrofoneigenschaften vollständig erfasst. In die Auswahl der Mikrofone für eine Aufnahme spielt immer noch die persönliche Hörerfahrung des Tontechnikers mit ein. Einige typische Kennwerte sollen nachfolgend vorgestellt werden:

Grenzschalldruck / maximaler Schalldruckpegel

Der Grenzschalldruck ist jener Schalldruckpegel, bis zu welchem der maximal angegebene Verzerrungswert (meist 0,5%) nicht überschritten wird. Dieser Wert liegt bei Kondensatormikrofon etwa zwischen 120 und 140 dB, bei dynamischen Mikrofonen zwischen 130 und 150 dB. Je höher dieser Wert ist, desto eher ist das Mikrofon für laute Schallquellen geeignet.⁸¹

Maximale Ausgangsspannung

Diese gibt an, mit welcher Ausgangsspannung bei Erreichen des Grenzschalldrucks zu rechnen ist. Je nach Mikrofontyp können 0,5 bis 5V am Mikrofonausgang anliegen.⁸²

Übertragungsbereich

Der für eine Aufnahme nutzbare Frequenzbereich eines Mikrofons nennt sich Übertragungsbereich. In diesem Frequenzband werden die für das Mikrofon zugesicherten Eigenschaften eingehalten. Bei Studiomikrofonen beträgt der Übertragungsbereich üblicherweise 40 bis 20.000 Hz.⁸³

⁸⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 193

⁸¹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 96

⁸² Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 96

⁸³ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 96 und Dickreiter 1, 1997, S. 148

Frequenzgang

Der Frequenzgang zeigt grafisch die Abhängigkeit des Übertragungsmaßes von der Frequenz. Üblicherweise wird auch der Toleranzbereich (± 2 dB) in dieser Grafik dargestellt. Die Frequenzkurve gilt nur bei der Verwendung des Mikrofons innerhalb des Hallradius und bei senkrecht auf die Membran auftreffendem Schall.⁸⁴

Richtdiagramm, Polardiagramm

Ein Polar- oder Richtdiagramm gibt über die Richtwirkung des Mikrofons in Bezug auf ausgewählte Frequenzen Auskunft. Man erkennt so, wie mit einer Änderung der Frequenz auch eine Änderung der Richtwirkung einhergeht. In dieser Diplomarbeit finden sich mehrere Polardiagramme, die dies recht deutlich machen. Auch in den Datenblättern der Mikrofone im Anhang findet man Polardiagramme.⁸⁵

Frequenzgang

Der Frequenzgang gehört mit zu den wichtigsten Qualitätsmerkmalen von Mikrofonen. Er ist gewissermaßen eine Bedingung für ein gutes Mikrofon, aber noch lange keine Garantie dafür. Da eine Musikaufnahme durch die Mikrofone maßgeblich ‚gefärbt‘ werden kann, sollen hier Details, die es über den Frequenzgang zu schreiben gibt, angeführt werden.

Im Polardiagramm sieht man, dass bei einer Abweichung von der 0°-Richtung jede Frequenz verschieden stark aufgenommen wird. Schall, der von der Seite oder von hinten ankommt, wird anders aufgenommen als der von vorne, er erhält eine Klangfärbung. Aus diesem Grund können Studiomikrofone, auch wenn sie einen weitgehend linearen Frequenzgang haben, deutlich unterschiedlich klingen.⁸⁶

Die folgende Abbildung zeigt die Frequenzgänge von einem Mikrofon mit Nierencharakteristik und einem Mikrofon mit breiter Nierencharakteristik bei 0°, 90° und 180°:

⁸⁴ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 96

⁸⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 158

⁸⁶ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 98 und Dickreiter 1, 1997, S. 148

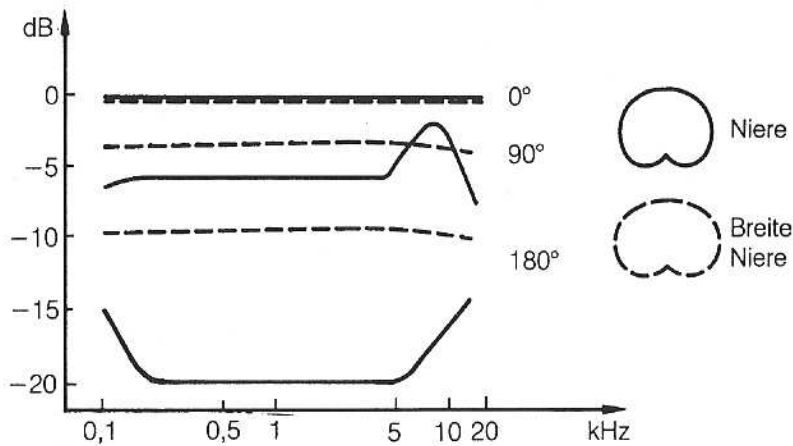


Abbildung 32: Schematischer Frequenzgang für Nierencharakteristik und Breite Niere (Dickreiter 2, 2003, S. 99)

Wie man sieht, ist die breite Niere von einer Gleichheit von Direkt- und Diffusfeldfrequenzgang nahe. Obwohl man bei der Niere bei 90° eine Unregelmäßigkeit und bei 180° eine Anhebung der Höhen erkennen kann, gilt auch für sie die Gleichheit von Direkt- und Diffusfeldfrequenzgang. Seitliche und von hinten auftreffende Schallwellen werden klanglich nicht stark verfärbt.⁸⁷

Als frequenz-unabhängig kann man am ehesten die Achterrichtcharakteristik beschreiben. Tiefe Frequenzen werden allerdings in allen Richtungen benachteiligt. Wie bei einer Acht üblich, sieht man die starke Dämpfung bei 90°:⁸⁸

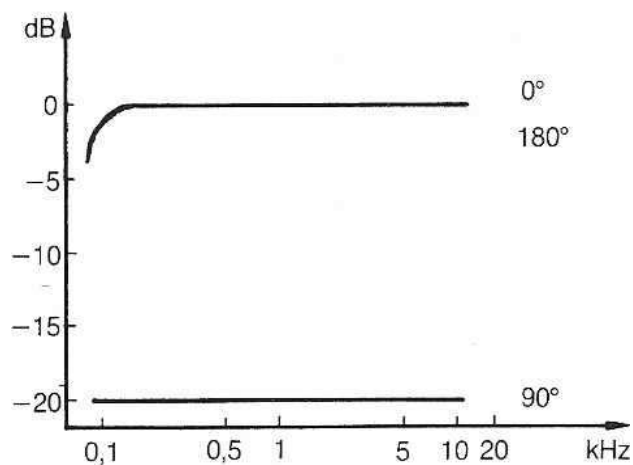


Abbildung 33: Schematischer Frequenzgang für Achterrichtcharakteristik (Dickreiter 2, 2003, S. 99)

⁸⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 98
⁸⁸ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 98

Die Kugelcharakteristik wirkt hier bei weitem komplizierter. Bei einem Druckmikrofon steigt mit den Graden der Eintreffenden Schallwellen auch die Dämpfung der hohen Frequenzen, was aber keinesfalls die hohen Frequenzen im Diffusschallfrequenzgang vermissen lässt. Eine Höhenanhebung im Direktschallfrequenzgang ermöglicht einem Druckempfänger mit Diffusfeldentzerrung eine nahezu lineare Aufnahme. Sinnvoll erscheint diese Bauform, wenn das Mikrofon in einem größeren Abstand zur Schallquelle platziert wird.

Arbeitet man mit einem Mikrofon mit umschaltbarer Richtcharakteristik, so entsteht die Kugelcharakteristik durch die Überlagerung von zwei Nieren (siehe Abb. 20). So ein Druckgradientenempfänger hat unter 180° den gleichen Frequenzgang wie bei 0° .⁸⁹

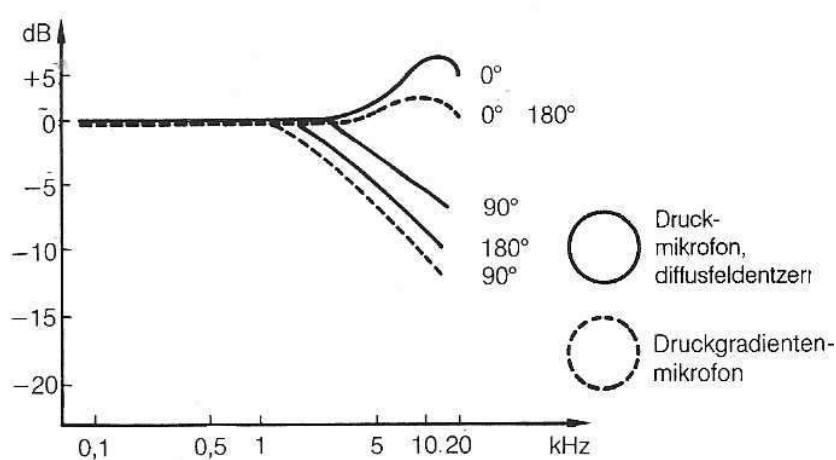


Abbildung 34: Schematischer Frequenzgang einer Kugelcharakteristik (Dickreiter 2, 2003, S. 99)

Direktfeld- und Diffusfeld-Frequenzgang

Durch die Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik unterscheidet sich der Frequenzgang des frontal im 0° Winkel auftreffenden Direktschalls von dem von allen Seiten eintreffenden Diffusschall. Für Schallquellen die vom Mikrofon weiter entfernt sind als der Hallradius, gilt auch in 0° -Richtung der Diffusfeldfrequenzgang. Die Klangeigenschaften eines Mikrofons werden also maßgeblich vom Diffusfeldfrequenzgang beeinflusst.

Bei Druckgradientenempfängern gleichen sich Freifeld- und Diffusfeldfrequenzgang annähernd. Meist kommt es beim Diffusfeldfrequenzgang zu einer geringen Höhenanhebung.

⁸⁹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 98

Zu einem gravierenden Unterschied zwischen Freifeld- und Diffusfeldfrequenzgang kommt es jedoch bei Druckempfängern. Während bei diffusfeldentzerrten Druckempfängern der Frequenzgang im Diffusfeld eben ist, kommt es im Direktfeld zu einer Höhenanhebung von 6 dB zwischen 7 und 12 kHz. Für Schallquellen, die nahe am Mikrofon platziert sind, bewirkt dies die für diesen Mikrofontyp typische Präsenz. Im Falle eines freifeldentzerrten Druckempfängers hat der Direktschall keine Klangfärbung, der Diffusschall hat eine bei ca. 2 kHz beginnende Höhenabsenkung.⁹⁰

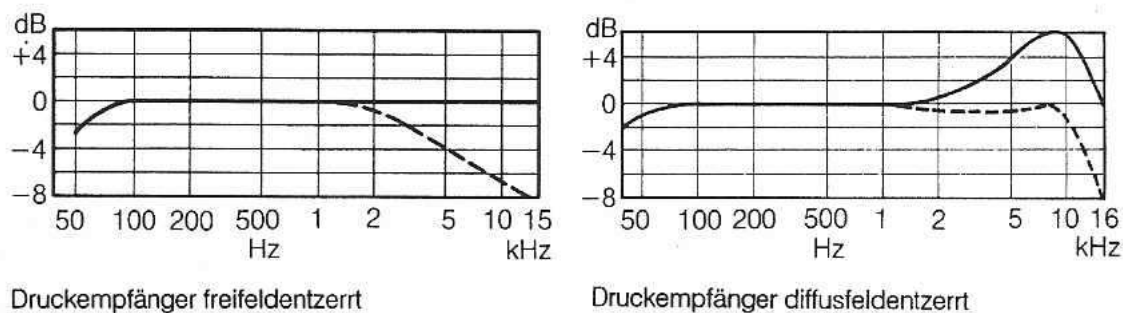


Abbildung 35: Frequenzgang im Direktfeld (---) und Diffusfeld (- - -) (Dickreiter 2, 2003, S. 100)

Aufnahmetechniken

Unter der Mikrofonaufnahme versteht man jede Art von dokumentarischer Aufzeichnung von Schall.⁹¹ So wie die Musikstücke und Klänge, die gespielt werden, als Kunst bezeichnet werden, so ist auch das Aufnehmen eine bewusste Gestaltung eines Kunstwerks. Die Mikrofonaufnahme wird zur „akustischen Kunst“⁹². Einige Punkte, die bei dieser Kunst zu berücksichtigen sind, sollen nachfolgend angeführt werden.

Es ist wichtig ein Klangziel zu verfolgen, das ästhetisch zum Stil des aufzunehmenden Werkes passt. Eine Schubert-Arie verfolgt beispielsweise ein anderes Klangziel als eine Beethoven-Sinfonie. Diese klingt jedoch auch, vergleicht man mehrere Aufnahmen miteinander, immer etwas anders. Dies liegt an den ästhetischen Zielsetzungen des Dirigenten und des Tonmeisters.

Neben der Beurteilung des Aufnahmeraumes und der akustischen Eigenschaften der Schallquelle(n), spielt die Auswahl der Mikrofone und deren Platzierung eine sehr wichtige Rolle im Aufnahmeverfahren. Hier ist das technische Wissen über Mikrofone

⁹⁰ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 98ff

⁹¹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 122

⁹² Zitat: Dickreiter 2, 2003, S. 122

wesentlich, um die richtigen Mikrofone auszuwählen und in der Folge unter Berücksichtigung des Raumes und der Schallquelle(n) zu positionieren.⁹³

Betrachtet man das Aufnehmen von Musik erst einmal als künstlerischen Akt, so wird schnell klar, dass es kein Standardverfahren, keine Anleitung für perfekte Aufnahmen geben kann. Die theoretischen Grundkenntnisse mögen bei vielen Tonmeistern ähnlich sein, die gesammelten Erfahrungen und persönlichen Vorstellungen werden aber die Arbeit jedes einzelnen ein wenig anders klingen lassen.

Beim größten Teil der Tonaufnahmen in der heutigen Zeit handelt es sich um die etwa 1960 eingeführte Zweikanalstereofonie. Der eigentlichen Bedeutung des Wortes Stereofonie, nämlich „dreidimensionaler Klang“, kommt dies nicht nach, da man als Hörer eher eine zweidimensionale Klangscheibe vor sich hat, in die man hineinhört.⁹⁴ Die im Filmtone und in manchen Heimkinos weit verbreitete Mehrkanalstereofonie bietet ein tatsächlich dreidimensionales Klangbild. Bis jetzt konnte sich diese Technik bei Musikaufnahmen aber noch nicht durchsetzen, da weder die Aufnahmetechniken ausgereift sind noch alle Haushalte dafür eingerichtet wären CDs, die diese Daten enthalten, abzuspielen.

Bei der Zweikanalstereofonie, die oft einfach nur Stereofonie genannt wird und der wir hier unsere Aufmerksamkeit schenken, kann zwischen der raumbezogenen und der kopfbezogenen Stereofonie unterschieden werden.

Die raumbezogene Stereofonie ist einem fixen Raum zugeordnet. Der Hörer kann seine Position auf der Stereofläche frei wählen und den Klang der Musik durch Herumgehen oder ein einfaches Drehen des Kopfes verändern. Im Gegensatz dazu wird das Klangbild bei der kopfbezogenen Stereofonie von einem Kunstkopf aufgenommen und direkt am Ohr des Hörers reproduziert. Der Klang des Raumes, in dem man sich gerade befindet, wird vollkommen ausgeblendet. Bewegt der Hörer nun seinen Kopf, so hat dies keinerlei Auswirkungen auf den Klang der gehörten Musik. Dies wird als unnatürlich wahrgenommen.⁹⁵

Da bei einer Wiedergabe eines einzelnen Instrumentes, in vorliegendem Fall das Klavier, welches in der Mitte der Stereofläche erklingt, hätte man im Falle der kopfbezogenen Mikrofonie eine Im-Kopf-Lokalisation. Man hätte den Eindruck als würde das Klavier in der Mitte des eigenen Kopfes stehen und von dort aus spielen. Um den

⁹³ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 122ff

⁹⁴ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 160

⁹⁵ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 124

vollen Klang eines Flügels genießen zu können, soll hier deshalb eine raumbezogene Stereophonie empfohlen und im Nachfolgenden genauer betrachtet werden.

Es gibt zwei Aufnahmeverfahren, die bei der raumbezogenen Stereophonie zur Anwendung kommen: die Laufzeitstereophonie und die Intensitätsstereophonie. Wegen Laufzeitdifferenzen, die durch den unterschiedlichen Abstand der Schallquellen zu den Mikrofonen entstehen, kommt es zu einer zeitlich versetzten Wiedergabe des Signals an beiden Lautsprechern. Dies führt zur Bildung so genannter Phantomschallquellen. Je größer der zeitliche Versatz ist, desto weiter wandert das Signal auf eine Seite. Treffen Signale ohne Laufzeitunterschied auf die Mikrofone, so werden diese in der Mitte abgebildet. Bei diesem Aufnahmeverfahren wird ein guter Raumeindruck vermittelt, die Ortbarkeit der Signale und die Richtungsauflösung sind jedoch nicht so gut.

Pegelunterschiede eines Signals an den Mikrofonen bestimmen den Stereoklang bei der Intensitätsstereophonie. Diese Pegelunterschiede entstehen durch die Kombination bestimmter Mikrofon-Richtcharakteristika an ein und demselben Ort. Dieses Verfahren ist aufgrund seiner Monokompatibilität sehr beliebt.⁹⁶

Intensitätsstereophonie

Bei der Intensitätsstereophonie kann man die beiden Signale links und rechts an Hand ihrer Pegel unterscheiden. Ein akustisches Ereignis erreicht beide Mikrofonkapseln im besten Fall gleichzeitig und in derselben Phasenlage. Durch die unterschiedliche Richtung der Mikrofone wird das Signal aber in unterschiedlichen Lautstärken aufgezeichnet. Um den Wunsch-Zustand ohne Laufzeit- und Phasendifferenz zu erreichen, wurden sogenannte Koinzidenzmikrofone entwickelt. Bei diesem Mikrofon handelt es sich um ein Stereomikrofon, das zwei Mikrofonkapseln enthält, die möglichst knapp übereinander montiert, aber verschieden gerichtet sind. Dies bedeutet eine hohe Monokompatibilität, da beim elektrischen Addieren der beiden Signale keine Auslöschungen durch Phasenverschiebungen passieren. Die nicht vorhandenen Laufzeitunterschiede an den beiden Kapseln verursachen allerdings auch die Abnahme der räumlichen Tiefe auf der Aufnahme.

⁹⁶ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 124

Kommen Einzelmikrofone zur Anwendung, so verbessert sich die Tiefenstaffelung, die originale Raumakustik kann aber nicht wiedergegeben werden.⁹⁷



Abbildung 36: Ein Audio-Technica AT2022 X/Y als Beispiel für ein Koinzidenzmikrofon der XY-Aufnahmetechnik⁹⁸

Im Folgenden sollen nun die gängigsten Intensitätsstereofonie-Aufnahmeverfahren erörtert werden:

XY-Mikrofonverfahren

Beim XY-Mikrofonverfahren handelt es sich um ein Hauptmikrofonverfahren, das aufgrund seiner Einfachheit gerne Verwendung findet. Man kann hierfür ein Koinzidenzmikrofon (siehe vorangehende Abbildung) heranziehen oder mit zwei einzelnen Mikrofonen arbeiten.

Die beiden Mikrofone werden so montiert, dass die Kapseln unmittelbar übereinander sind, aber mit dem jeweils gleichen Versatzwinkel nach außen zeigen. Über diesen Versatzwinkel und die verwendeten Mikrofone kann man sich den Aufnahmebereich errechnen.⁹⁹

⁹⁷ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 289

⁹⁸ Bildquelle: <http://eu.audio-technica.com/de/products/product.asp?catID=1&subID=3&prodID=4131>

⁹⁹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 130

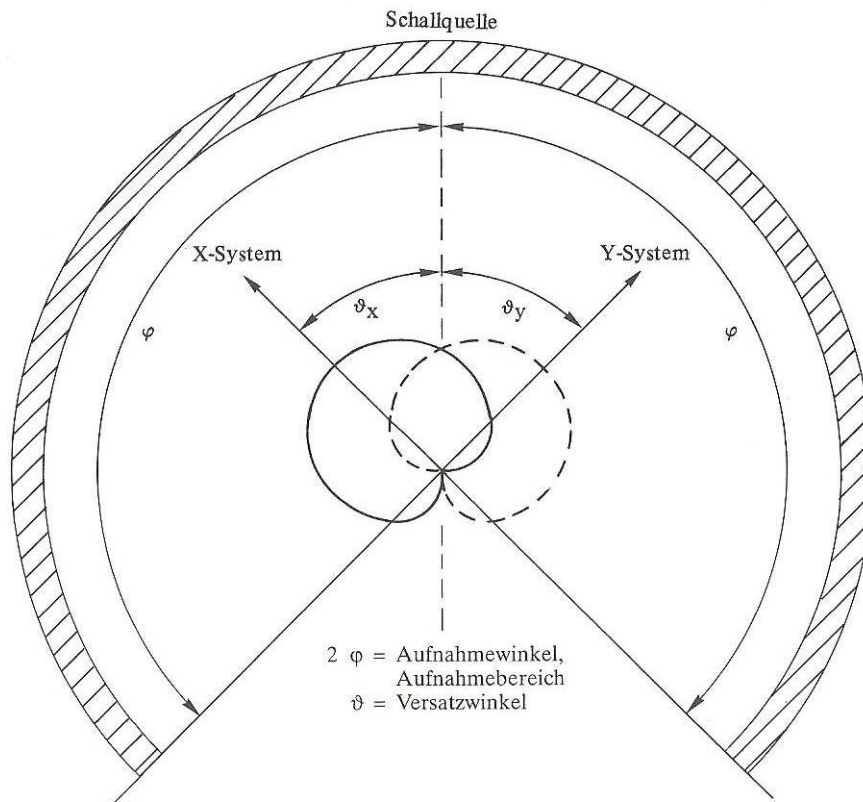


Abbildung 37: XY-Mikrofonverfahren mit 2 Nieren (Dickreiter 1, 1997, S. 290)

In der Abbildung ist schön zu sehen, dass bei einer Vergrößerung des Versatzwinkels der Aufnahmewinkel kleiner wird. Bei einem Versatzwinkel von beispielsweise 90° beträgt der Aufnahmewinkel 180° . Da es sich um eine Intensitätsstereofonie handelt, müssen sich das rechte und das linke Signal durch Pegeldifferenzen unterscheiden. Um das Signal ganz an einer Seite zu platzieren, ist ein Pegelunterschied von 15dB notwendig. Dies schließt die Verwendung von Kugel-Richtcharakteristiken aus. Im Normalfall werden Nieren, Supernieren oder Hypernieren bei diesem Aufnahmeverfahren herangezogen.

Der große Aufnahmebereich ermöglicht es, viel Raumklang, wie zum Beispiel Beifall, mit auf die Aufnahme zu bekommen. Jedoch ist eine Klangfärbung der Mittensignale durch die Verwendung von 2 Mikrofonen nicht vermeidbar. Sollte beim Aufstellen der Mikrofone schon der Fehler gemacht worden sein, sie auf den äußersten Rand des gewünschten Aufnahmebereichs zu richten, so entsteht ein extrem schmales Klangbild, hier wird die Abbildungsschärfe eher unpräzise.¹⁰⁰

Ein Sonderfall des XY-Mikrofonverfahrens ist die Verwendung von zwei Mikrofonen mit der Richtcharakteristik einer Acht, genannt „Blumlein-Technik“. Die Acht bietet schon

¹⁰⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 290

weit früher, nämlich ab etwa 70° Öffnungswinkel, die 15dB Unterschied, die für die Links-Rechts Ortung notwendig sind. Dies ermöglicht einen kleineren Aufnahmebereich als bei der Verwendung von Nieren, Supernieren oder Hypernieren. Bei einem Öffnungswinkel von beispielsweise 45° erhält man bei der Blumlein-Technik lediglich einen 70° Aufnahmewinkel, im Gegensatz zu 270° bei Nieren-Mikrofonen.¹⁰¹

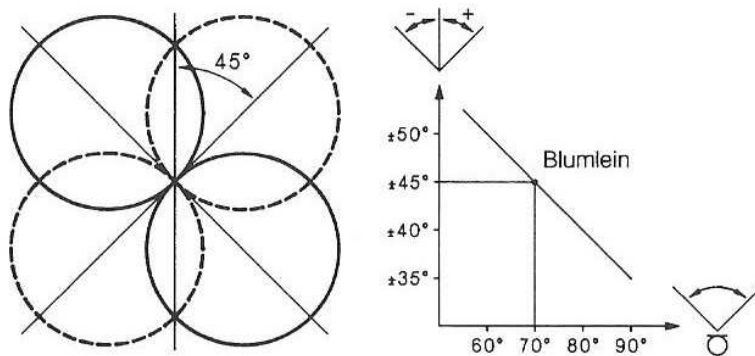


Abbildung 38: XY-Mikrofontechnik mit zwei Achten (Dickreiter 2, 2003, S. 131)

Die Blumlein-Technik nimmt auch deutlich unterschiedliche Schallwellen des Diffusschalls auf. Dieser wirkt dadurch deutlich räumlicher. Der große Nachteil der Mikrofone mit einer Acht als Richtcharakteristik ist die Tiefenabsenkung. Diese erlaubt es nicht, dieses Verfahren bei Aufnahme tiefer Instrumente als Hauptmikrofonverfahren einzusetzen.¹⁰²

MS-Mikrofonverfahren

Der große Unterschied zur XY-Technik ist, dass beim MS-Mikrofonverfahren ein Mikrofon das Mittensignal aufnimmt und eines die beiden Seitensignale oder auch Richtungssignale. Die Aufnahme der Mitte kann mit einer Kugel-, Nieren- oder Achtercharakteristik erfolgen, wobei das Mikrofon stets auf das Zentrum der Schallquelle gerichtet sein muss. Das Seitensignal wird von einem Mikrofon mit einer Achtercharakteristik aufgenommen, das mit einem Versatzwinkel von 90° montiert ist. Dadurch wird die positive Hälfte zum Signal für links und die negative Hälfte zum Signal für rechts. Das Mono-Signal ist dadurch jederzeit wiedergebar, die beiden Seiten links und rechts müssen erst durch Summen- und Differenzbildung aus dem Signal des zweiten Mikrofons gewonnen werden.¹⁰³

¹⁰¹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 290

¹⁰² Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 130

¹⁰³ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 132

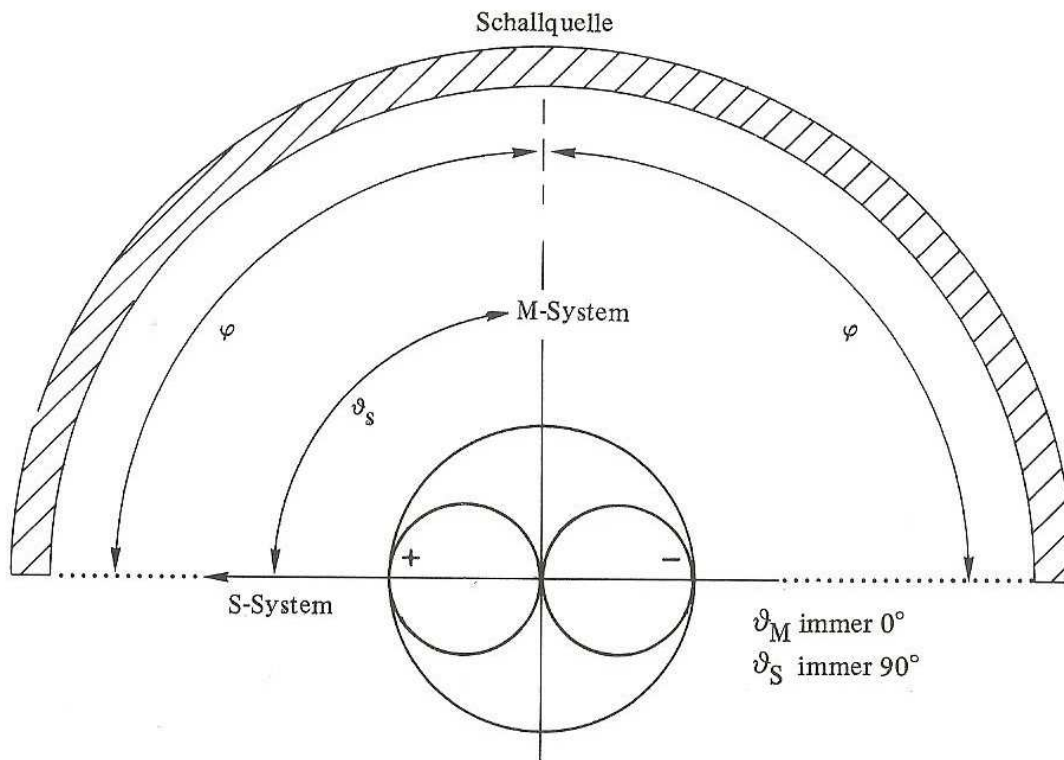


Abbildung 39: MS-Mikrofontechnik mit einer Kugel und einer Acht (Dickreiter 1, 1997, S. 291)

Die Wahl der Richtcharakteristik des Mitten-Mikrofons hat hauptsächlich auf die Erfassung des Diffusschalls und auf die Klangfarbe der Aufnahme auswirkungen. Die Abbildung des Stereobildes wird nur sehr wenig beeinflusst. Bei der Verwendung einer Acht muss man mit schwachen Tiefen rechnen, eine Niere bietet hier schon mehr tiefe Frequenzen für die Aufnahme und eine Druckkugel bietet hier den meisten „Tiefgang“. Das Aufnahmeverfahren selbst bewirkt keine Signalfärbung am Mittensignal, da dieses ja nur aus einem Mikrofon entsteht. Auch die Seitensignale werden nur minimal im Klang gefärbt und die Abbildungsschärfe ist präzise.¹⁰⁴

Die Veränderung des Aufnahmebereichs geschieht bei der MS-Mikrofontechnik durch die Mischung der beiden Mikrofonsignale. Dies bedeutet, dass man noch lange Zeit nach der Aufnahme die Möglichkeit hat, die Richtcharakteristik zu ändern. Dies ist einer der wichtigsten Vorteile der MS-Mikrofontechnik. Um das Audiosignal brauchbar zu machen, muss dieses verarbeitet werden. Das Seitensignal „S“ muss auf zwei Mischpultkanäle aufgeteilt und einmal mit positiver Welle sowie einmal phasengedreht

¹⁰⁴ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 291

mit negativer Welle zum Mittensignal „M“ addiert werden um die Einzelsignale links und rechts zu erhalten.¹⁰⁵

Links = Mitte + Seite

Rechts = Mitte - Seite

Für die nachfolgend geplante Testaufnahme scheinen alle Intensitäts-Verfahren weniger gut geeignet. Die Aufnahme von einem Klavier, also einem einzelnen Instrument mit sehr großem Tonumfang, in einem kleinen Konzertraum verlangt die präzise Aufnahme des Instruments selbst mit einem angenehmen Raumklang. Diverse Tiefenabsenkungen bzw. die Aufnahme von Geräuschen, die aus dem hinteren Teil des Aufnahmebereichs kommen, sind hier unerwünscht.

Einzelmikrofonverfahren

Im Gegensatz zu den vorher genannten Intensitätsstereoverfahren funktioniert das Einzelmikrofonverfahren nicht mit einem Koinzidenzmikrofon. Hier kommen mehrere einzelne Mono-Mikrofone, welche jeweils im Nahbereich der Schallquelle platziert werden, zum Einsatz. Dies bedeutet einen erheblichen Mehraufwand vor dem Beginn der Aufnahme, der zur Folge hat, dass jede Schallquelle einzeln aufgenommen wird. Dies gibt dem Tontechniker im Nachhinein die Möglichkeit, die Mischung öfters und nach verschiedenen Gesichtspunkten zu gestalten. Allerdings muss auch der Raumklang über Hallgeräte etc. per Hand hinzugefügt werden. Die Mikrofone liefern nur das trockene Signal der jeweiligen Schallquelle.¹⁰⁶

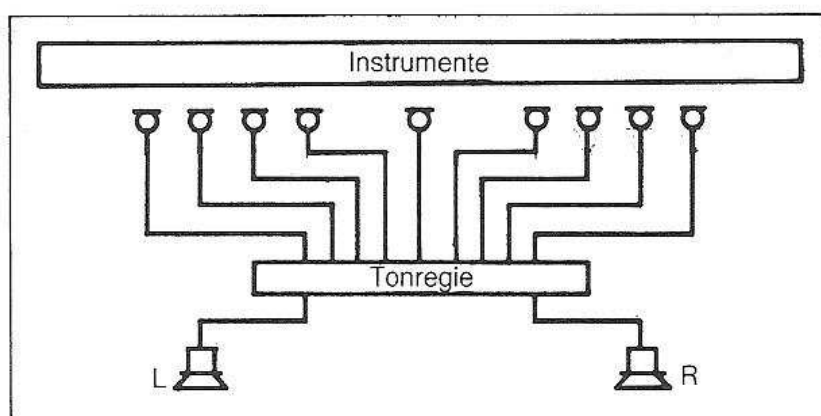


Abbildung 40: Funktionsweise des Einzelmikrofonverfahrens (Dickreiter 2, 2003, S. 135)

¹⁰⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 292

¹⁰⁶ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 307

Das Hauptproblem bei diesem Verfahren ist, jede Schallquelle mit einem Mikrofon aufzunehmen und zwar nur mit einem. Oft ist eine räumliche Trennung der Schallquellen nicht möglich oder einzelne fallen durch erhöhte Lautstärke auch auf anderen Spuren auf. Je besser hier gearbeitet wird, desto mehr Gestaltungsfreiheiten hat der Tontechniker später. Der Aufnahmebereich richtet sich hier nach den verwendeten Mikrofonen, der Anzahl der Mikrofone und deren Aufstellung. Im optimalen Fall handelt es sich um einige kleine Aufnahmebereiche, die dann vom Tontechniker zu einem Gesamtwiedergabe-Bereich zusammengemischt werden.¹⁰⁷

Da es sich bei nachfolgender praktischer Aufnahme um eine Klavieraufnahme handelt, findet dieses Aufnahmeverfahren keine Anwendung. Ziel ist, ein Instrument inklusive seines Raumklangs aufzuzeichnen, hierfür ist das Einzelmikrofonverfahren jedoch nicht brauchbar.

Laufzeitstereofonie

Bei der Laufzeitstereofonie werden die Mikrofone getrennt, aber nebeneinander vor der Schallquelle aufgestellt. Der Abstand der beiden Mikrofone richtet sich dabei nach dem Abstand zu der Schallquelle und der Ausdehnung eben jener. Aufgrund der unterschiedlichen Entfernung von der Schallquelle zu jedem einzelnen Mikrofon entsteht ein zeitlicher Versatz bei der Aufnahme. Infolge dieser Laufzeitdifferenzen erhält man ein Stereoabbild. In der Realität wird dieser Effekt durch einen Lautstärkeunterschied unterstützt. Da man für die Aufnahme 2 Mikrofone benötigt und diese häufig mit „A“ und „B“ bezeichnet werden, heißt das Mikrofonverfahren der Laufzeitstereofonie AB-Verfahren. Wie auch das MS- oder XY-Verfahren bezeichnet man auch das AB-Verfahren als Hauptmikrofonverfahren, da man mit nur 2 Mikrofonen das gesamte Klangbild aufnehmen kann.¹⁰⁸

¹⁰⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 134ff

¹⁰⁸ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 316

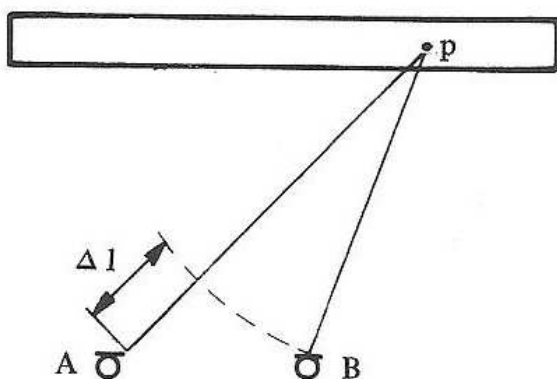


Abbildung 41: AB-Aufnahmeverfahren (Dickreiter 1, 1997, S. 316)

Der Entfernungsunterschied Δl zwischen der Schallquelle und den beiden Mikrofonen sorgt für eine Laufzeitdifferenz, das heißt die Schallwellen erreichen beide Mikrofone zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dies ermöglicht die Ortung der Schallquelle im Stereobild.

Bei Verwendung des AB-Verfahrens erreicht man eine große Abbildungsbreite und eine sehr gute Raumabbildung und Tiefenstaffelung. Leider muss man im Gegenzug mit einer schlechten Lokalisierbarkeit der Schallquellen und einem „Mittenloch“ rechnen.¹⁰⁹

Die Laufzeitstereofonie bietet keine Monokompatibilität. Sollten die Signale an beiden Mikrofonen gleich laut, jedoch in umgekehrter Phasenlage ankommen, was aufgrund der Entfernung der beiden Mikrofone denkbar ist, so kommt es zu einer vollständigen Auslöschung des Signals. Da das AB-Verfahren aber üblicherweise im Diffusfeld, das heißt, weiter von der Schallquelle entfernt aufgestellt wird, wirken sich die Auslöschung bzw. Dämpfung nicht so stark aus. Dies bedeutet aber auch, dass der Akustik des Aufnahmeraums eine weit höhere Gewichtung zukommt als bei Intensitätsstereofonieverfahren. Das Problem der Monokompatibilität kann auch dadurch umgangen werden, dass nur ein Kanal zur Verwendung kommt und nicht beide zusammengemischt werden.¹¹⁰

Die Wahl des Mikrofontyps ist bei diesem Aufnahmeverfahren maßgeblich klanggestaltend. Die Wiedergabe des Diffusschalls lässt die Aufnahme sehr räumlich wirken, dies erreicht man am besten mit Mikrofonen mit Kugelrichtcharakteristik. Im Falle von Aufnahmen in halligen Räumen, wie etwa großen Kirchen, kommen oftmals auch Richtmikrofone zur Anwendung, die parallel ausgerichtet werden. Bei der

¹⁰⁹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 316

¹¹⁰ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 316ff

Verwendung von Kugelmikrofonen stehen mehrere Typen zur Auswahl (siehe Kapitel „Mikrofone“). Vom Druckempfänger mit ebenem Diffusfeld- oder Freifeldfrequenzgang über Druckgradientenempfänger bis hin zu Grenzflächenmikrofonen sind alle Bauarten geeignet. Die klanglich bessere Qualität der Druckempfänger lässt Tontechniker eher selten zu Druckgradientenempfängern greifen.¹¹¹

Die Verwendung von Grenzflächenmikrofonen setzt eine nicht schallabsorbierende Fläche voraus, auf der das Mikrofon aufgelegt werden kann. Diese Fläche bildet die akustische Ausdehnung der Mikrofonmembran und sollte mindestens 75cm in alle Richtungen um das Mikrofon reichen. Es entsteht eine gewisse Linearität von Freifeld- und Diffusfeldfrequenzgang. Da dies genau der gewünschte Effekt ist, erreicht man eine räumlich sehr gute und trotzdem präzise Aufnahme.

In der Realität stellen am Boden aufgelegte Mikrofone ein Sicherheitsrisiko für das Publikum, aber auch für die Technik selbst dar, da die Platzierung der Mikrofone meist schon im Publikumsbereich erfolgen muss. Dies kann auch unerwünschte Nebengeräusche des Publikums mit sich bringen.¹¹²

Die Suche nach dem richtigen Abstand der Mikrofone von der Schallquelle ist immer die Suche nach einem Kompromiss. Mit wachsender Entfernung zur Schallquelle gewinnt die Aufnahme an Homogenität, die Schallquelle wird aber immer schmaler abgebildet und erhält weit mehr Hallanteile. Die Mikrofonbasis, also der Abstand der beiden Mikrofone zueinander, entscheidet über den Aufnahmebereich und somit auch über die Stereobasis der Wiedergabe. Das Verhältnis von Mikrofonbasis zu Aufnahmebereich wird in der folgenden Abbildung gezeigt.¹¹³

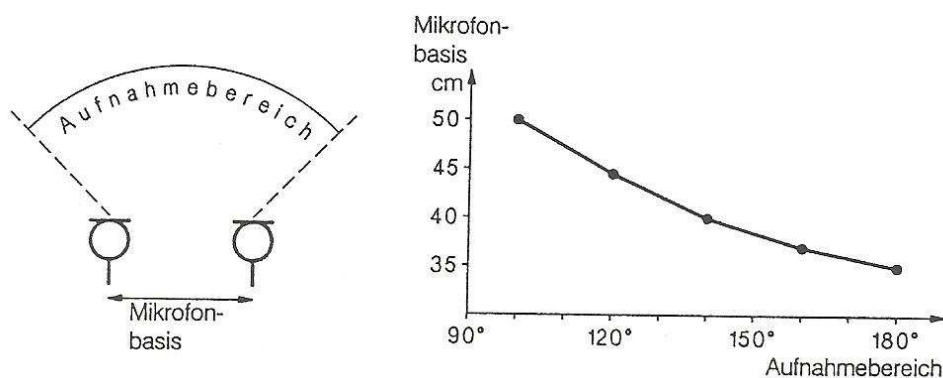


Abbildung 42: Mikrofonbasis und Aufnahmebereich bei Laufzeitstereofonie (Dickreiter 1, 1997, S. 321)

¹¹¹ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 318

¹¹² Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 319ff

¹¹³ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 320

Eine Variante des AB-Verfahrens erweitert die Mikrofonbasis deutlich und platziert zwischen den beiden Mikrofonen ein weiteres Mikrofon. Hierbei kommt es zu erheblichen Pegelunterschieden an den einzelnen Mikrofonen. Diese Variante wird bevorzugt zur Aufnahme von Raumschall verwendet, den gewünschten Direktschall erhält man durch Verwendung von Stützmikrofonen.¹¹⁴

Aufgrund der Aufnahme nur eines Instruments bei vorliegender Testaufnahme wird das AB-Verfahren angewendet. Die Verdichtung der Randzonen und die schlechte Lokalisierbarkeit werden keine maßgebliche Bedeutung finden. Die Vorteile in Form von einer guten Raumillusion und einer großen Abbildungsbreite sollten hier überwiegen.

Gemischte Aufnahmeverfahren

Gemischte Aufnahmeverfahren kombinieren Laufzeit- und Intensitätsverfahren, das heißt, es ist nicht nur der zeitliche Unterschied oder der Pegelunterschied eines Signals verantwortlich für die Abbildung im Stereobild, sondern eine Kombination aus beiden. Die Vorteile der Intensitätsstereofonie und der Laufzeitstereofonie, also sowohl die präzise Abbildung der Stereobasis als auch die gute Räumlichkeit, werden miteinander kombiniert. Will man sich vor einer Aufnahme nicht lange mit Überlegungen zum Aufnahmebereich, Versatzwinkel oder Mikrofonbasis befassen oder kommt in einen unbekannten Raum und muss hier schnell Mikrofone anordnen, so ist ein gemischtes Verfahren von Vorteil.¹¹⁵

ORTF-Mikrofonverfahren

Das Office de Radiodiffusion Télévision Française, kurz ORTF-Verfahren, ist eine Kombination von AB-Verfahren mit 17,5cm Basisabstand und XY-Verfahren mit einem Versatzwinkel von je 55° an jedem Mikrofon und wurde vom französischen Rundfunk entwickelt. Der Laufzeitunterschied macht bei diesem Verfahren maximal 0,5ms aus, man spricht von 40% „Schuld“ am Stereobild. Dem frequenzunabhängigen Pegelunterschied, der durch den Versatzwinkel von 55° zustande kommt, schreibt man 60% zu. Der maximale Aufnahmebereich bei Ausnutzung der vollen Basisbreite beträgt 96°.¹¹⁶

¹¹⁴ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 322

¹¹⁵ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 323ff

¹¹⁶ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 327

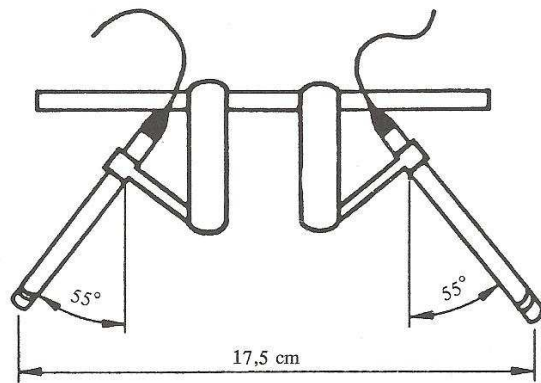


Abbildung 43: ORTF-Mikrofonanordnung (Dickreiter 1, 1997, S. 327)

Eine Variation dieses Verfahrens ist das NOS-Verfahren des niederländischen Runfunks. NOS steht hier für „Nederlandse Omroep Stichting“. Bei diesem Verfahren wird die Basisbreite im Vergleich zu ORTF auf 30cm erweitert und der Öffnungswinkel auf 90° reduziert. Dies führt zu einer höheren Bewertung des Laufzeitunterschieds, der mit etwa 58% für das Stereobild verantwortlich gemacht wird. Der maximale Aufnahmewinkel, wieder unter Ausnutzung der vollen Basisbreite, beträgt 81° .¹¹⁷ Bei beiden Verfahren kommt es zu einer Pegelzunahme, wenn die Schallquelle auf eine Seite wandert.

OSS-Mikrofonverfahren

Die Abkürzung „OSS“ steht bei diesem Verfahren für „Optimales Stereo-Signal“ und wurde vom Schweizer Tonmeister Jürg Jecklin vorgeschlagen und trägt deshalb den Beinamen Jecklin-Scheibe. Diese Aufnahmetechnik versucht ähnlich dem menschlichen Gehör zu funktionieren. Es wird versucht, konstante Laufzeitunterschiede und frequenzabhängige Pegelunterschiede zu erzeugen. Beim menschlichen Gehör übernimmt die unterschiedliche Ohrenform das unterschiedliche Färben des Klangs. Wie das Trommelfell funktionieren auch die Mikrofonkapseln als Druckempfänger. Je höher in diesem Fall die Frequenz wird, desto gerichteter wirkt das Mikrofon.¹¹⁸

Die Mikrofone werden mit einem Kapselabstand von 17,5cm zueinander und einer leichten Neigung nach außen hin montiert. Zwischen sie kommt eine Scheibe mit 30cm Durchmesser die beiderseits mit Schaumstoff belegt ist. Dies bewirkt eine gewisse Schalltrennung bzw. Schallfärbung für seitlich angeordnete Schallquellen.

¹¹⁷ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 145

¹¹⁸ Vergl. Dickreiter 1, 1997, S. 328

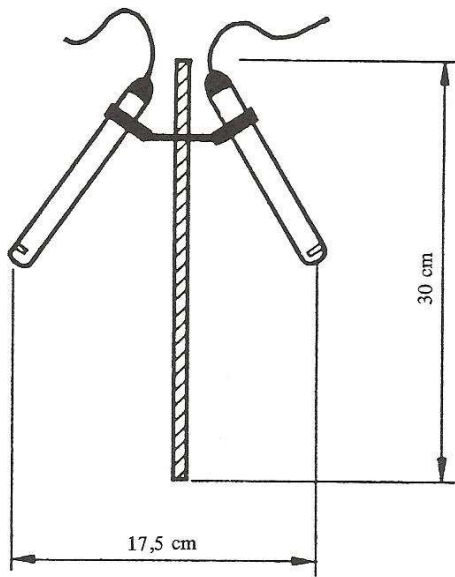


Abbildung 44: Mikrofonanordnung mit Trennscheibe bei OSS-Aufnahmetechnik (Dickreiter 1, 1997, S. 329)

Diese Färbung des Klangs entsteht durch Kammfiltereffekte, die bei Direktschall über 500Hz auftreten, da die Schaumstoff-Scheibe diese Frequenzen reflektiert. Diffusschall, der aus dem Aufnahmerraum kommt, ist von diesem Effekt nicht betroffen. Aus diesem Grund kann die OSS-Technik wie auch die Trennkörper-Techniken mit anderen Objekten zwischen den beiden Mikrofonen ihre Vorteile nur bei hohem Diffusschallanteil ausspielen, das heißt bei einem großen Mikrofonabstand in gut klingenden Räumen.¹¹⁹ Eine Klavieraufnahme in einem mittelgroßen Aufnahmerraum erscheint deshalb mit dieser Technik als nicht sinnvoll.

Stützmikrofone

Die in den vorangehenden Kapiteln erörterten Hauptmikrofonverfahren werden oft durch sogenannte Stützmikrofone unterstützt. Diese werden näher an der Schallquelle platziert, um zusätzlich die Möglichkeit einer Klangfärbung zu erhalten. So kann nicht nur die Brillanz und Nähe einer Schallquelle in der Aufnahme erhöht werden, man kann auch in die Klangbalance und die Lokalisierbarkeit eingreifen. Ein nahe der Schallquelle aufgestelltes Mikrofon erlaubt es, im Fall der Klavieraufnahme etwa Geräusche des Anschlags, der Mechanik oder einfach nur den klaren, direkten Klang der Saiten zur Mischung hinzuzufügen. Weiters kann mit mehreren Mikrofonen für das Klavier selbst leichter ein Panorama, zum Beispiel tiefe Frequenzen links, hohe Frequenzen rechts,

¹¹⁹ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 150ff

erzeugt werden. Dies lässt bei der Gesamtmischung ein sauberes, klanglich abgestimmtes Klaviersignal entstehen, ohne dabei den Gesamtklang des Raumes von der Hauptmikrofonierung zu verlieren.

Um eben diese Räumlichkeit nicht zu verlieren, müssen die Stützmikrofone bei der Mischung zeitlich verzögert werden. Der Schall trifft aufgrund der kürzeren Distanz früher bei den Stützmikrofonen ein und wird das Hauptmikrofonsystem erst einige Millisekunden später erreichen. Eine zusätzliche Verzögerung des Signals ist notwendig, da es sonst zu einer ungewollten Klangfärbung des Signals kommen würde, üblicherweise spricht man von etwa 20ms zusätzlicher Verzögerung.

Aufgrund der Ausdehnung eines Klaviers werden üblicherweise Stereostützmikrofone oder gleich mehrere Stereo-Hauptmikrofone verwendet, um die Aufnahme im Nachhinein noch klanglich zu bearbeiten.¹²⁰

¹²⁰ Vergl. Dickreiter 2, 2003, S. 154ff

Die Testaufnahme

Um das Erläuterte auszuprobieren und um Behauptungen zu beweisen, wurde eine Aufnahme eines Klavierstückes gemacht. Bei dieser Aufnahme kamen verschiedene Mikrofone und unterschiedliche Aufnahmepunkte zum Einsatz. Nach dem erklärenden Teil über die Aufnahmebegebenheiten, die verwendeten Mikrofone und die Mikrofonieverfahren folgt eine Analyse des aufgenommenen Materials. Die Aufnahmen können auf der beigelegten CD angehört und verglichen werden.

Der Aufnahmerraum

Als Aufnahmerraum wurde mir ein kleiner Konzertraum der Musikschule Deutsch-Wagram im östlichen Niederösterreich zur Verfügung gestellt. Mit 8m Breite, 14m Länge und einer Höhe von 3,2m bietet er bei Musikschkonzerten etwa 50-70 Zuhörern Platz. Sowohl die Decke als auch die Wände sind mit Schalldämmungsmaßnahmen versehen, um den Klang des Raums für Konzerte zu optimieren.

Messungen mit einem aufgestellten Lautsprecher, der an den Ausgang eines Sinusgenerators geschlossen wurde, und einem Messmikrofon haben ergeben, dass bei 70 Hz und bei 150 Hz stehende Wellen, sogenannte Raummoden, vorkommen. Dies bedeutet, dass Schallwellen bei eben diesen Frequenzen zwischen zwei Wänden so reflektiert werden, dass sich dieselben Wellenverläufe überlagern. Dies führt entweder zu einer Auslöschung oder zu einer extremen Verstärkung des Signals.¹²¹ Vor der Aufnahme selbst habe ich durch mehrmaliges Umstellen der Mikrofone sichergestellt, dass die Mikrofone weder an einem Punkt der totalen Auslöschung noch bei einer extremen Verstärkung aufgestellt sind.

Das Klavier in diesem kleinen Konzertsaal ist ein kleiner Flügel von Yamaha, ein C2. Mit einer Länge von 173cm und einem Gewicht von 305kg gehört dieses 88-Tasten-Instrument nicht zu den größten Konzertflügeln. Für den Platz, der als Bühne zur Verfügung steht, den Raum selbst und die Zuschauerkapazität ist das Instrument aber passend gewählt, was auch der Klang der Aufnahmen verdeutlicht. Der Öffnungswinkel des Deckels betrug bei der Aufnahme 30°.

¹²¹ Vergl. Friesecke, 2007, S. 52ff



Abbildung 45: Der Aufnahmesaal nach vorne hin fotografiert (Foto: Sonja Mitterer)



Abbildung 46: Der Aufnahmesaal von der Gegenseite fotografiert (Foto: Sonja Mitterer)



Abbildung 47: Der Aufnahmesaal von der Bühne aus (Foto: Sonja Mitterer)

Die Aufnahme

Die Aufnahme selbst wurde mit 4 Mikrofonpaaren durchgeführt. Jedes Paar erzeugt ein Stereoabbild vom jeweiligen Ort, an dem es platziert wurde. Es kamen nur qualitativ hochwertige Mikrofone der Marken Schoeps, Neumann und Microtech Gefell zum Einsatz. Die Signale wurden über eine M-Audio ProFire 2626 Soundkarte in ein MacBook gespielt und mittels der Software „ProTools“ weiterverarbeitet und gespeichert.

Frau Sonja Maria Mitterer, Musikschullehrerin und Korrepetitorin der Musikschule Deutsch-Wagram, hat sich bereit erklärt, Mozarts Fantasie in d-Moll (KV 385g) zu spielen.

Die verwendeten Mikrofone

Bei den eingesetzten Mikrofonen handelt es sich um Leihgaben der Universität für Musik und Darstellende Kunst Wien. Die folgenden Typen kamen zum Einsatz:

Schoeps CMC 5 mit MK 2S Kapsel



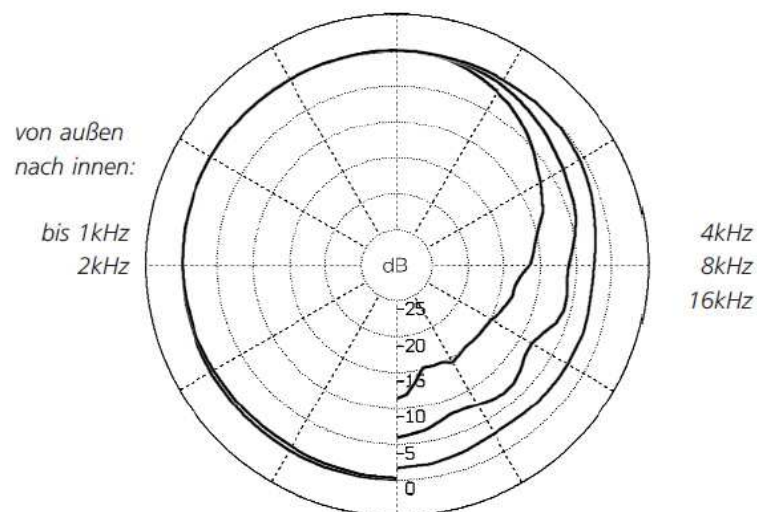
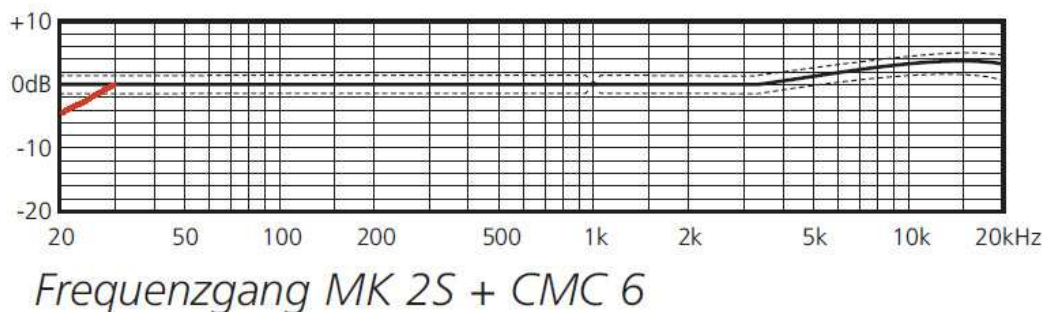
Abbildung 48: Schoeps CMC 5 Verstärkereinheit und MK2s¹²²

Bei den verwendeten Mikrofonen der Marke Schoeps handelt es sich um ein Modul System mit dem Namen ‚Colette‘. Dieses Modulsystem erlaubt die Kombination von verschiedenen Mikrofonvorverstärkern (CMC) mit den verschiedensten Mikrofonkapseln (MK). Die Kapsel dient zur Wandlung der akustischen Signale in elektrische Signale und bestimmt sowohl die Klangqualität als auch die Richtcharakteristik des Mikrofons. Um das Signal nutzbar, niederohmig und symmetrisch zu machen, lädt der Vorverstärker die kapazitive Kapsel. Die Energie für diese Arbeit bezieht der Vorverstärker über die Phantomspeisung, die ihm über ein Mischpult bzw. dem jeweiligen Aufnahmegerät gesendet werden muss. Dieses System ist noch durch weiteres aktives Zubehör erweiterbar – im vorliegenden Anwendungsfall kam allerdings kein Zubehör zum Einsatz.

Das erste System beinhaltet den Mikrofonvorverstärker CMC 5 und die Mikrofonkapsel MK 2S. Der CMC 5 Vorverstärker ist sozusagen der Standard-Vorverstärker im 48 Volt – Betrieb. Dies bedeutet, dass das Mischpult oder Aufnahmegerät (in diesem Fall ein M-

¹²² Bildquelle: <http://www.schoeps.de/en/products/cmc5> und <http://www.schoeps.de/de/products/mk2s>

Audio ProFire 2626 Audiointerface) eine 48 V Spannung zur Verfügung stellen muss, um das Mikrofon zu betreiben. Der Vorverstärker ist weiters mit einer unteren Grenzfrequenz von 30 Hz mit einer Flankensteilheit von 6 dB/Oktave ausgestattet. Die Wahl der Mikrofonkapsel fiel auf einen Druckempfänger mit Kugelcharakteristik, die MK 2S. Diese garantiert eine perfekte Tiefenwiedergabe und einen guten „Raumanteil“ in der Aufnahme. Das Datenblatt der Firma Schoeps (siehe Anhang) empfiehlt die MK 2S Kapsel für alle Instrumente, wenn ein wenig mehr Raum aufgenommen werden soll, vor allem für Orgel. Obwohl es keine dezidierte Empfehlung für Klavier gibt, stellt das System das Hauptmikrofon-System dar, da der Raumklang auf der Aufnahme durchaus eine Daseinsberechtigung hat.



Polardiagramm MK 2, -2H, -2S, -3

Abbildung 49: Frequenzgang und Polardiagramm Schoeps MK2S (Schoeps ModulSystem Colette Datenblatt S. 12)

Der Frequenzgang und das Polardiagramm des Mikrofons lassen eine sehr lineare Abbildung des Klanges zu. Einzig bei 30 Hz, also im untersten Teils des Frequenzgangs, ist in diesem Fall durch die Verwendung des CMC 5 Vorverstärkers ein kleiner Knick nach unten (siehe rote Linie).

Schoeps CMC 6 mit BLM3g Kapsel



Abbildung 50: Schoeps CMC 6 mit BLM3g Kapsel (Foto: Martin Nikendei)

Das zweite System entstammt auch dem ‚Colette‘ – Modul System. Es handelt sich um den CMC 6 Mikrofonvorverstärker mit der BLM3g Kapsel.

Der Unterschied zum CMC 5 Vorverstärker des ersten Systems ist, dass der CMC 6 sowohl mit 48 Volt als auch mit 12 Volt betrieben werden kann und dass die Grenzfrequenz erst bei 20 Hz liegt, danach aber eine Filtersteilheit von 12dB/Oktave aufweist.

Bei der BLM3g handelt es sich um eine rochenförmige Grenzflächen-Kapsel mit einer halbkugelförmigen Richtcharakteristik. Dies führt zu einer gleichmäßigen Aufnahme auch von seitlich einfallendem Schall.

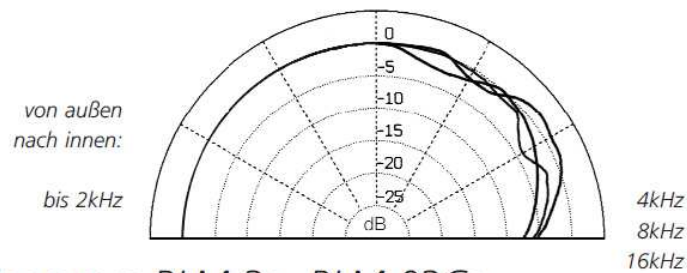
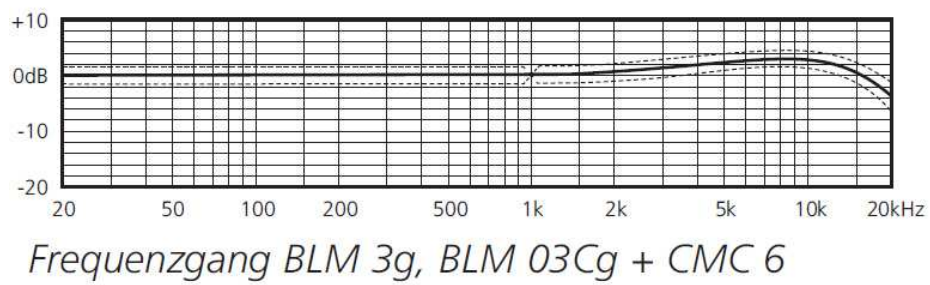


Abbildung 51: Frequenzgang und Polardiagramm Schoeps BLM3 (Schoeps ModulSystem Colette Datenblatt S. 13)

Neumann KM 140

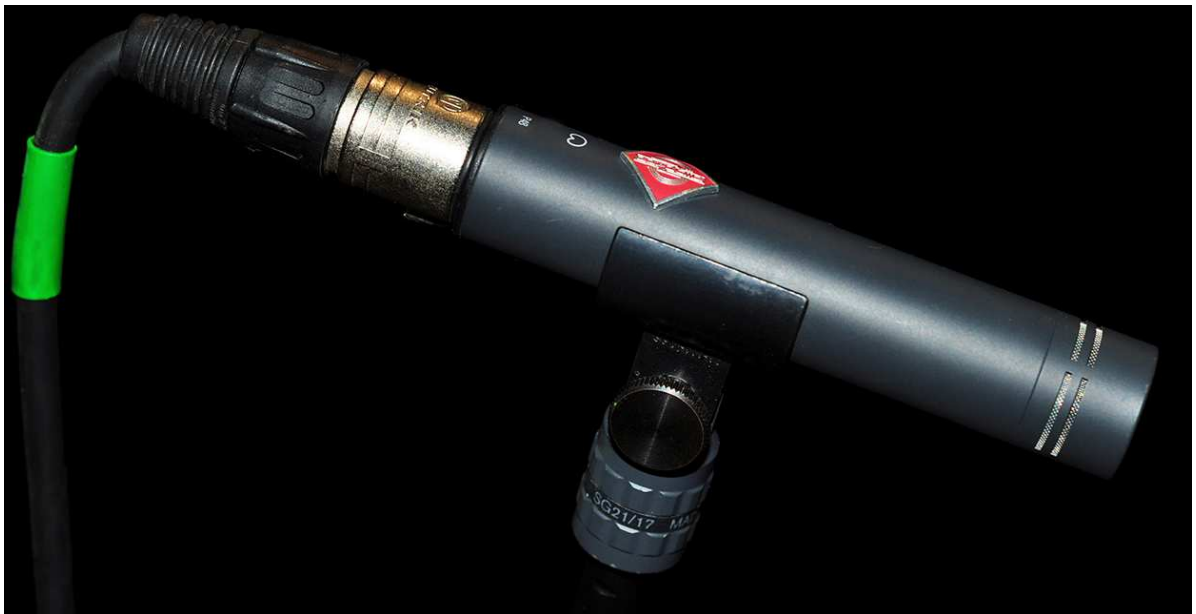


Abbildung 52: Neumann KM 140 (Foto: Sebastian Schmid)

Auch beim Neumann KM 140 handelt es sich um ein Mikrofon aus einem Kondensator-Kleinmikrofon-System mit der Bezeichnung KM 100. Diesen Namen verdankt das System seiner Baulänge, die unter 100mm gehalten werden konnte. Ähnlich dem

Schoeps Mikrofon-System besteht auch dieses aus einer Ausgangsstufe und verschiedenen unterschiedlichen Kondensatorkapseln. Das niedrige Eigenrauschen, die klare Klangübertragung, die hohe Aussteuerbarkeit und die kompakte Verarbeitung des Mikrofons konnten durch einen transformatorlosen Aufbau erreicht werden.

Die Ausgangsstufe KM 100 wird mit 48V über die Phantomspeisung betrieben und verfügt über einen Schiebeschalter, der die Spannung in der Kapsel auf ein Drittel reduziert. Dies hat eine Vordämpfung von 10dB zur Folge und ermöglicht das verzerrungsfreie Aufnehmen von Schalldruckpegeln bis 150dB.

Bei der verwendeten Kapsel handelt es sich um die AK 40 die gemeinsam mit der Ausgangsstufe das Mikrofon mit der Bezeichnung KM 140 bildet. Dies ist ein Druckgradientenempfänger mit Nieren-Richtcharakteristik. Dieses Mikrofon verfügt bei 0° Schalleinfallswinkel über sehr gleichmäßige, parallele Frequenzkurven, welche eine Aufnahme ohne Klangfärbung bis zu einem Winkel von $\pm 135^\circ$ zulassen.

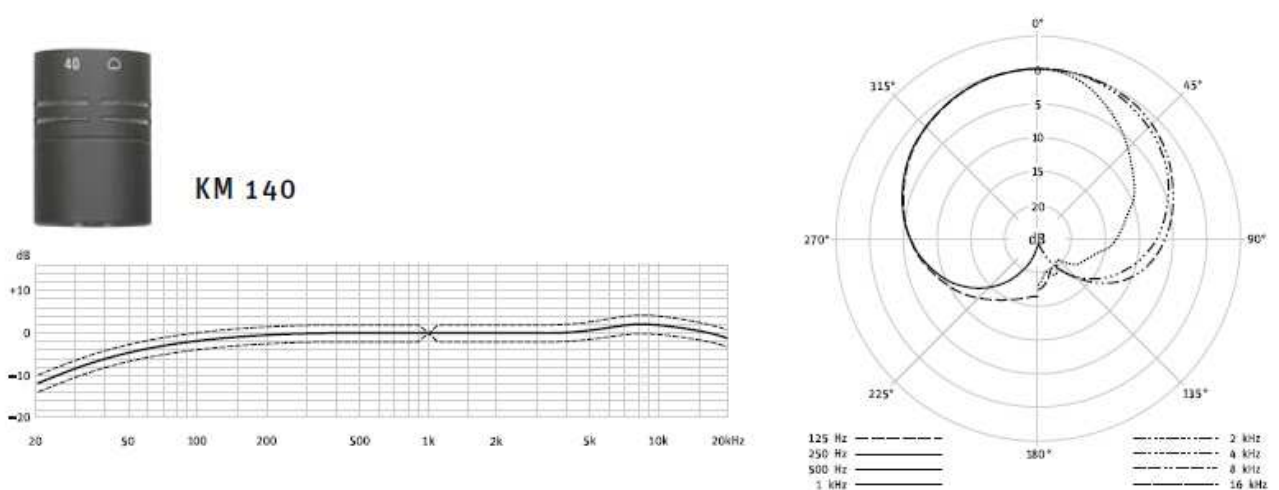


Abbildung 53: Frequenzgang und Polardiagramm eines Neumann KM 140 (Neumann KM100 Datenblatt S. 13)

Das Neumann KM 140 gilt als universell einsetzbar und ist laut Produktdatenblatt der Firma Neumann besonders für Streichinstrumente, Percussion und Klavier geeignet.

Microtech Gefell M930



Abbildung 54: Microtech Gefell M930¹²³

Das Microtech Gefell M930 ist das einzige Mikrofon mit Großmembran-Kapseltechnik in der Gruppe der verwendeten Mikrofone. Es handelt sich um einen Druckgradientenempfänger mit Nierencharakteristik, der eine leichte Höhenanhebung zwischen 7 und 11 kHz und einer hohen Auslöschung des rückwärtig einfallenden Schalls aufweist. Dies garantiert eine sehr klare und direkte Aufnahme des Flügels ohne viele Raumanteile.

Wie auch die anderen verwendeten Mikrofone, muss auch dieses über die genormte 48V Phantomspeisung mit Strom versorgt

werden.

¹²³ Bildquelle: <http://www.microtechgefell.de/index.php/en/microphones/studio-a-recording/large-membrane-transistor-mics/211-m930>

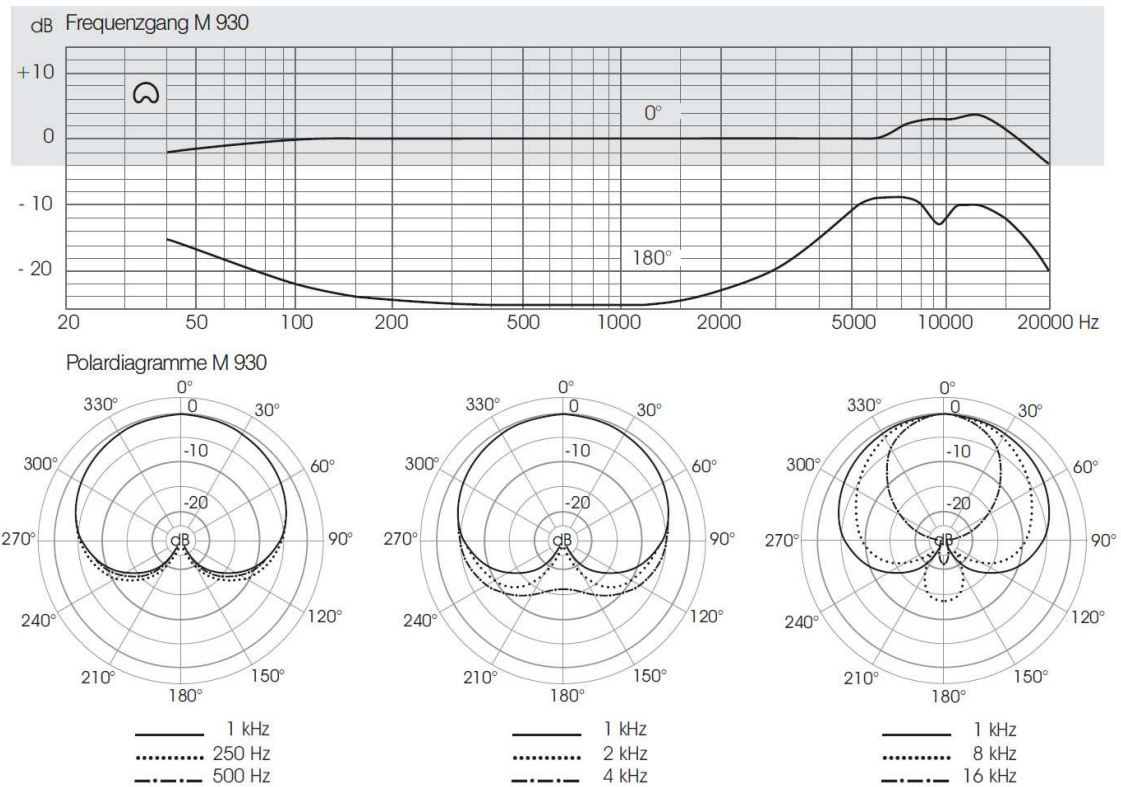


Abbildung 55: Microtech Gefell M930 Frequenzgang und Polardiagramm (Microtech Gefell M930 Datenblatt S. 4)

Zu den von Microtech Gefell selbst empfohlenen Einsatzgebieten gehören neben Streich- und Schlaginstrumenten auch Tasteninstrumente. All die oben angeführten Gründe führten zur Verwendung dieses Mikrofons nahe am Klavier.

Positionierung der Mikrofone im Raum

Bei der Positionierung der Mikrofone habe ich mich dafür entschieden, mit jedem Mikrofonpaar eine eigene Stereoaufnahme mit unterschiedlichen Abständen und Winkeln zum Klavier zu machen. Die einzelnen Paar-Positionen wurden aber so gewählt, dass bei der Gesamtmischung ein Hauptmikrofonpaar gewählt werden kann und die anderen Paare Stereo-Stützmikrofone sind, die helfen, den Klang zu verbessern.

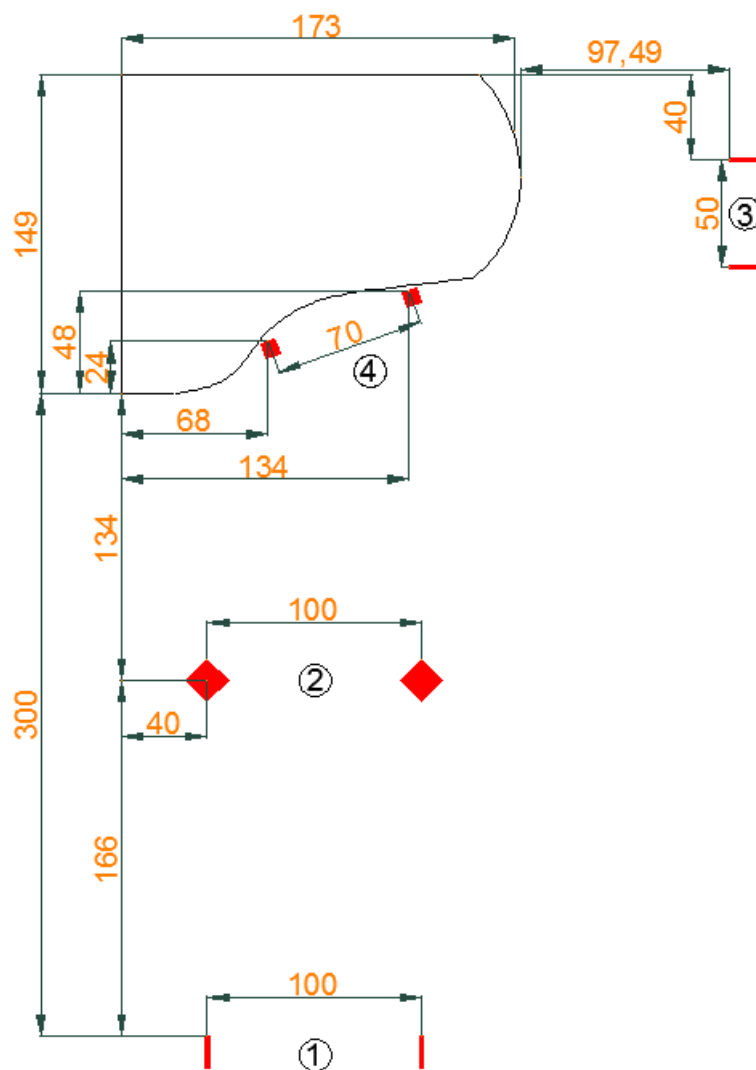


Abbildung 56: Grundriss der Aufnahmesituation; alle Maße in Zentimetern (Bild: Martin Nikendei)

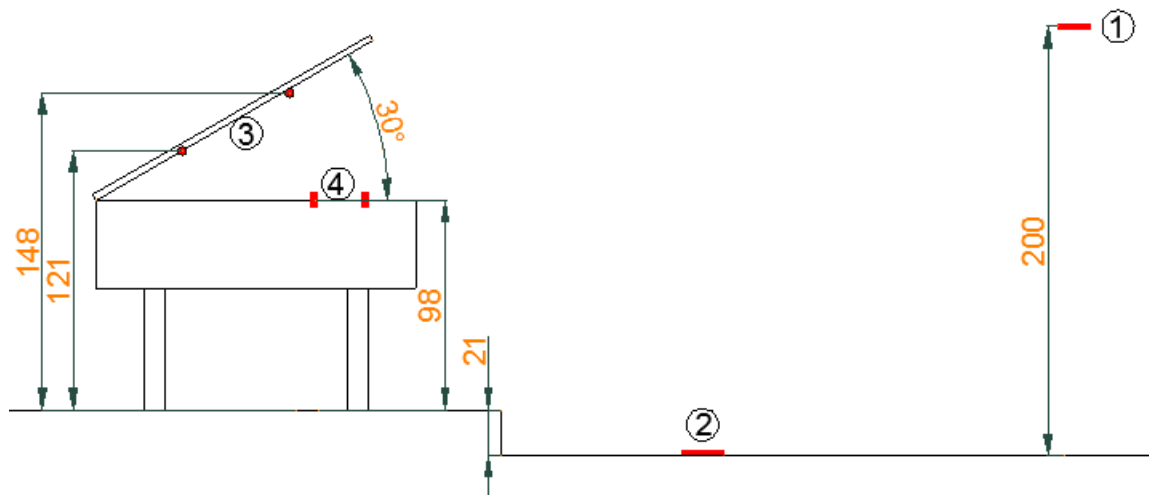


Abbildung 57: Seitenansicht der Aufnahmesituation, alle Maße in Zentimetern bzw. Grad (Bild: Martin Nikendei)

Die Durchnummerierung der Mikrofonpaare entspricht der Track-Nummer auf der beigefügten CD. Will man also beispielsweise die Grenzflächen-Mikrofone hören, so muss man Track 2 wählen.

Die beiden Schoeps CMC 5 mit MK 2S Kapsel (Nr. 1) stellen ein Hauptmikrofonsystem dar. Das heißt, dass diese Mikrofone bei der abschließenden Gesamtmischung das federführende System darstellen. Die weiteren Mikrofone werden als Stereo-Stützmikrofone hinzugemischt und werden den Gesamtklang vor allem in Sachen klarer, heller Klang und Ortbarkeit unterstützen. Als AB-Stereosystem wurden sie in 2 Meter Höhe 1 Meter voneinander aufgestellt und direkt auf das 3 Meter entfernte Klavier gerichtet. Dieser Aufstellungsplatz entspricht in etwa der Mitte des Aufnahmerraumes, liegt aber abseits der bereits erwähnten Raummoden. Eine extreme Verfälschung des Signals durch stehende Wellen ist nicht zu erwarten.



Abbildung 58: Schoeps MK 2S auf einem 2m Stativ und Schoeps BLM3 am Boden liegend (Foto: Martin Nikendei)

Die beiden Grenzflächenmikrofone (Schoeps CMC 6 mit BLM3 Kapsel; Nr. 2) wurden etwa im Bereich der teuersten Sitzplätze für Zuhörer aufgelegt. In größeren Konzertsälen ist die erste Reihe meist die teuerste und die Wunschreihe der meisten Gäste. Aus diesem Grund wurde dieser Aufnahmeplatz auch bei vorliegender Arbeit gewählt. Der Entfernung zum Klavier wurde durch Tests mit Bestuhlung ermittelt und nicht mit dem Maßband eingerichtet. Am Boden liegend und mit einem Abstand von 1 Meter zueinander liefern die Mikrofone die zweite Stereoaufnahme. Der Holzfußboden bietet mit seinen nicht schallabsorbierenden Eigenschaften optimale Voraussetzungen um die Grenzflächenmikrofone zu unterstützen. Es darf ein präziser Klang erwartet werden, der direkter wirken wird als der des ersten Systems. Der Raumeindruck wird etwas in den Hintergrund rücken. Die weite Mikrofonbasis lässt den Aufnahmebereich eher klein werden, was bei der Aufnahme von nur einem Instrument nicht weiter problematisch wirkt. Der Flügel ist zusätzlich im 90° Winkel zu den Zuhörern und somit auch zu den ersten beiden Mikrofonsystemen gedreht. Dies ermöglicht es dem Deckel den Schall von den Saiten in den Zuhörerbereich bzw. zu den Mikrofonen zu reflektieren. Leider ist ein Stereoeindruck, der links die tiefen Frequenzen darstellt und rechts die hohen, auf diese Art nicht ohne technische Hilfsmittel wie einem Equalizer zu realisieren.

Das nächste Paar bilden die beiden Neumann KM 140 (Nr. 3), welche in einem Meter Entfernung zum Flügel-Ende platziert wurden. Dieses Stereopaar ist mit 50 cm Abstand zueinander das engste, da es als einziges Paar sozusagen die Breite des Klaviers aufnimmt und nicht wie die anderen Mikrofonpaare die Länge. Es ist auch das einzige Mikrofonpaar, dessen Mikrofone nicht auf derselben Höhe montiert sind. In diesem Fall wurde die Höhe der Steigung des geöffneten Klavierdeckels angepasst, beide Mikrofone sitzen somit quasi auf der Höhe des Deckels. Dies ist der Versuch, die Reflexionen des Klavierdeckels für beide Mikrofone gleich zu gestalten und den Deckel somit als Klangveränderer auszublenden. Dadurch ergeben sich die Höhen 121 cm für das tiefere rechte Mikrofon und 148 cm für das linke. Durch die unterschiedlichen Höhen ergibt sich ein effektiver Mikrofonabstand von 56,8 cm, was einen Aufnahmebereich von etwas unter 100° bedeutet. Dieser ermöglicht das Aufzeichnen des gesamten Klavierklangs und blendet Reflektionen von den seitlichen Wänden, die den Zuhörer betrachtet vorne und hinten im Raum liegen, aus. Es ist eine äußerst klare und präzise Aufnahme des Flügels zu erwarten, die auch in der Gesamtmischung in einem gewissen Teil für die Ortung der hohen und tiefen Frequenzen verantwortlich sein wird. Der Klang sollte ähnlich dem sein, den der Klavierspieler selbst zu hören bekommt und wird deshalb für den Musiker am angenehmsten zu hören sein.



Abbildung 59: Neumann KM 140 mit unterschiedlicher Höhe am Ende des Klaviers (Foto: Martin Nikendei)

Die beiden Microtech Gefell Mikrofone (Nr. 4) bilden den Abschluss und wurden wie in Abbildung 10 im Kapitel der Klanganalyse des Flügels den Positionen 5 und 6 zugeordnet. Mit einem Abstand von 70 cm zueinander und 68 cm bzw. 134 cm von der

Klaviatur kamen sie an der Klavierkante in 98 cm Höhe zum Einsatz. Durch den geöffneten Deckel sollten vor allem die hohen Frequenzen klar zu dieser Position getragen werden. Ein klares, wenn auch etwas scharfes Tonabbild sollte entstehen, das auch Geräusche der Mechanik enthalten wird. Die Nähe zur Klavierkante kann zu unerwünschten Beugungen und Brechungen der Schallwellen führen, die den Klang des Flügels auf der Aufnahme verfälschen. Aufgrund des geöffneten Deckels wird in diesem Fall davon ausgegangen, dass die reflektierten Schallwellen diesen Effekt nicht zum Vorschein treten lassen.



Abbildung 60: Microtech Gefell M930 an der Klavierkante (Foto: Martin Nikendei)

Im Live-Betrieb, also mit Zuhörern, die sich im Raum befinden und sich vor bzw. nach der Aufnahme durch den Raum bewegen, sind die Positionen 3 und 4 ohne Bedenken verwendbar. Diese Mikrofone bilden höchstens eine kleine sichttechnische Behinderung für die Zuhörer, stellen aber weder eine Gefahr dar, noch laufen sie Gefahr von den Zuhörern beschädigt zu werden. Position 1, das Hauptmikrofonsystem nahe der Mitte des Raums, bildet hier einige Probleme, da es sich zentral im Zuhörerbereich befindet. Zuhörer könnten über die Stativfüße stolpern und sich dabei verletzen bzw. könnten umfallende Stative auch für Verletzungen sorgen und auch das technische Material in Gefahr bringen. Hier ist, wenn möglich, eine hängende Installation zu bevorzugen oder für ausreichende Sicherung zu sorgen. Die Grenzflächenmikrofone bei Position 2 eignen sich in diesem Fall überhaupt nicht für den Live-Betrieb, zu groß ist die Gefahr für Mensch und Technik.

Fazit - Ein Vergleich der Aufnahmen

Um für eine bessere Übersicht zu sorgen, folgt noch einmal der Plan der Aufstellungsorte der Mikrofone. Die Bezeichnung 1-4 für die Einzelsysteme bzw. 5 für die Gesamtmischung sind ident mit den Tracknummern auf der CD und können in der beschriebenen Reihenfolge angehört werden. Die Reihenfolge ist so gewählt, dass Nr. 1 das am weitesten vom Klavier entfernte Mikrofonpaar ist und Nr. 4 das direkteste. Bei Nr. 5 handelt es sich wie schon beschrieben um eine Gesamtmischung aller Signale.

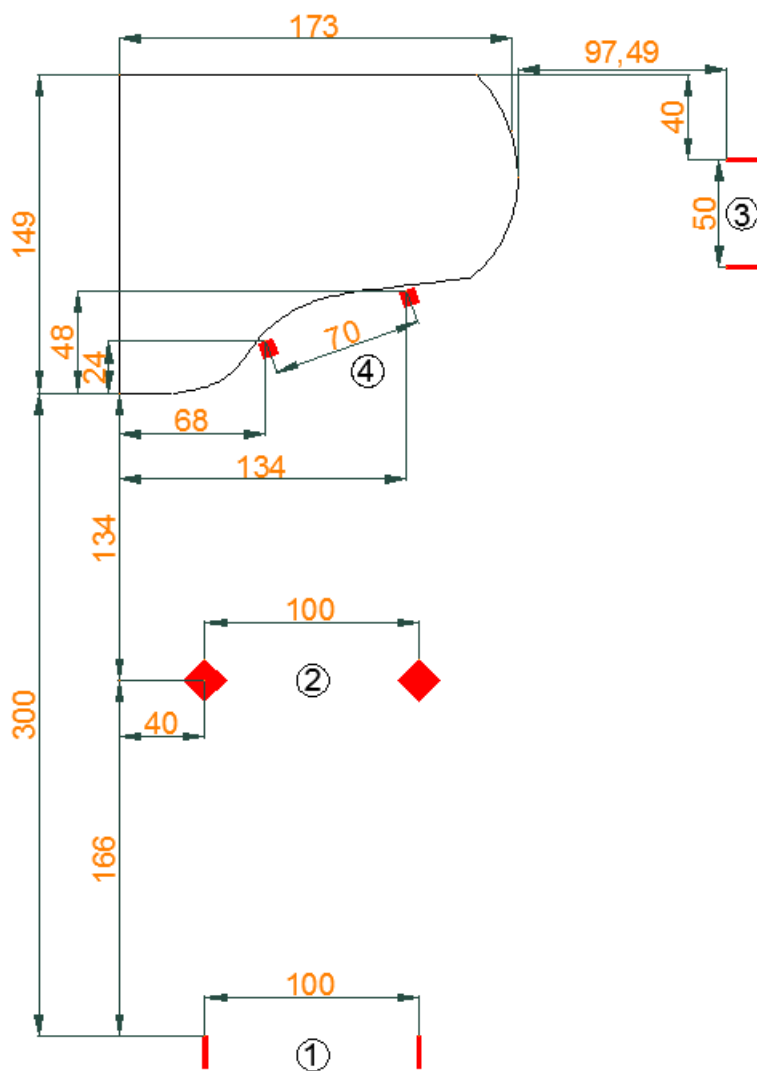


Abbildung 61: ident zu Abb. 56; Die Aufstellungsorte der Mikrofone (Bild: Martin Nikendei)

1. – AB-Aufnahmetechnik, 3m entfernt, 1m Mikrofonabstand

Bei der ersten Aufnahmeposition handelt es sich um die entfernteste vom Klavier. 3m Abstand zum Flügel bedeuten, dass die Mikrofone etwa in der Raummitte stehen und mit 2m Höhe in einem 320cm hohen Raum im oberen Drittel liegen.

Die verwendeten Schoeps Mikrofone mit Kugel-Richtcharakteristik eignen sich bestens für diese Position. Wie schon das Polardiagramm erahnen ließ, wird die Kapsel mit steigender Frequenz immer gerichteter nach vorne. Auf der Aufnahme hört man einen satten, sanften Gesamtklang mit sehr schönen ausgewogenen Raumanteilen. Diese verringern sich bei steigender Frequenz, was dem Gesamtklang ein wenig von den hohen, schrillen Frequenzen beschneidet und für eben diesen sanften Klang sorgt. Wie erwartet ist der Raumeindruck der AB-Technik großartig, sogar über den Erwartungen für diesen doch nicht allzu großen Aufnahmeraum. Leider kommt es auch zu der erwarteten schweren Lokalisation im Stereobild. Wobei hier nochmals darauf hinzuweisen ist, dass es sich nur um ein einzelnes Instrument handelt und die Lokalisation von hohen und tiefen Frequenzen von dieser Position nahezu unmöglich ist. Der Deckel des Klavieres wirft alle Frequenzen in den Zuschauerraum und mischt dadurch den Klang, was Vor- und Nachteile mit sich bringt.

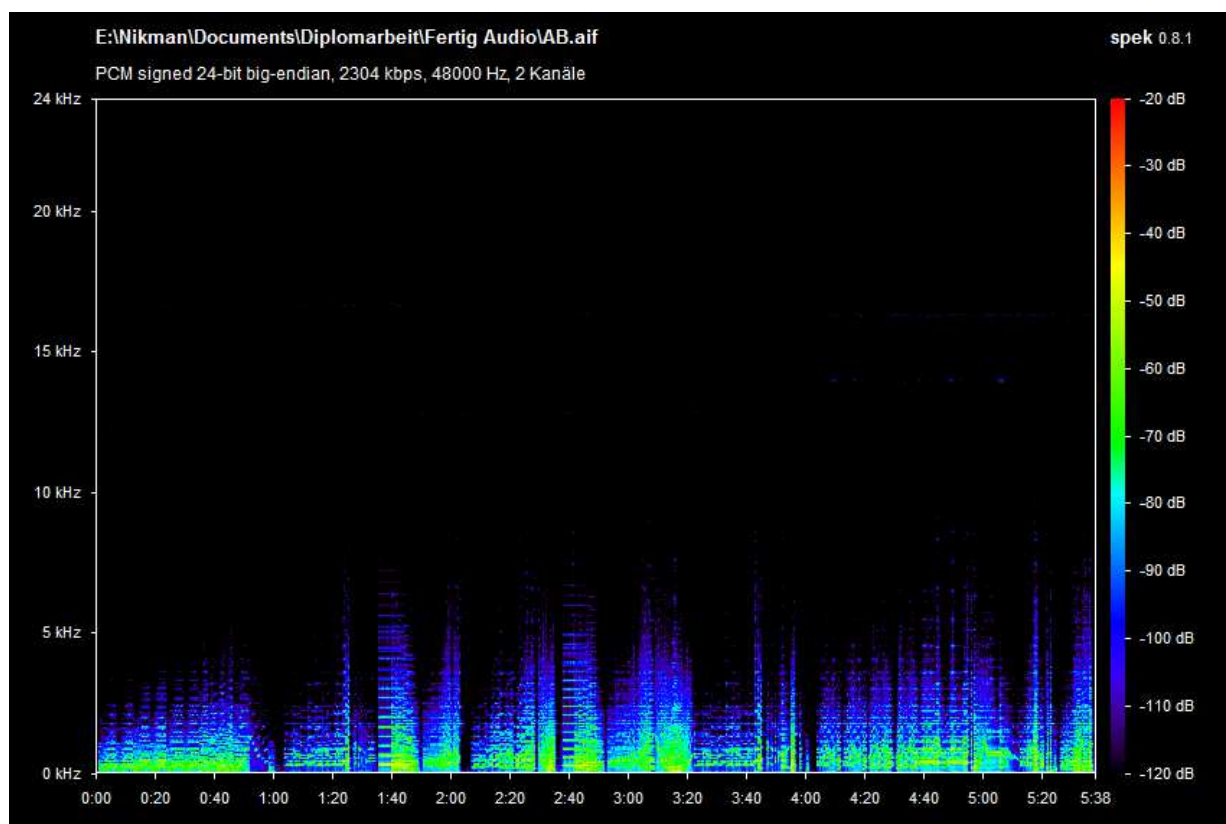


Abbildung 62: Spektrogramm der ersten Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyzer)
Eine Spektralanalyse der Aufnahme verdeutlicht, dass die Frequenzobergrenze der Aufnahme bei etwa 17kHz liegt, wobei die Hauptbestandteile der Aufnahme bis etwa

8kHz reichen. Des Weiteren ist zu sehen, dass die lautesten Anteile um die -40dB liegen und dass diese Lautstärke bei etwa 1:40min, 2:45min, 3:15min und zwischen Minute 4 und 5 von Frequenzen unterhalb von 1kHz erreicht werden. Das liegt an der Lautstärke der Grundtöne, deren Obertöne den bläulichen Schleier im Bild produzieren. Waagrechte Striche, die nach oben hin dunkler werden, bedeuten, dass ein einzelner Ton erklingt mit all seinen leiser werdenden Obertönen (siehe 1:35min oder 2:36min). Diese Aufnahme eignet sich gut als Basismaterial für eine mögliche CD-Produktion. Durch die hohe Empfindlichkeit der Mikrofone wurden einige störende Nebengeräusche aufgezeichnet und das Klavier wirkt etwas bedeckt. Um einen etwas helleren Klang zu erzeugen können höheren Frequenzen etwas angehoben werden.

2. AB-Aufnahmetechnik, 134cm entfernt, Grenzflächen

Die Schoeps Grenzflächen-Mikrofone sind ähnlich dem ersten System platziert, nur deutlich näher und auf dem Boden. Wie schon vorangehend beschrieben ergibt sich die Entfernung von 134cm zum Flügel aus der ungefähren Entfernung der ersten Reihe der Zuhörer. Der harte Holzboden bietet sich für die Aufnahme mit Grenzflächenmikrofonen an, da er optimal als Reflektor genutzt werden kann, um die Schallquelle aufzuzeichnen. Dies bringt einen hellen und klaren Klang mit geringem Raumanteil zum Vorschein. Da die Grenzflächenmikrofone selbst keinen klangfärbenden Einfluss auf das Signal nehmen, ist auch der Raumklang hell und klar. Leider ist auch hier die Lokalisation durch die AB-Mikrofonierung nicht so klar.

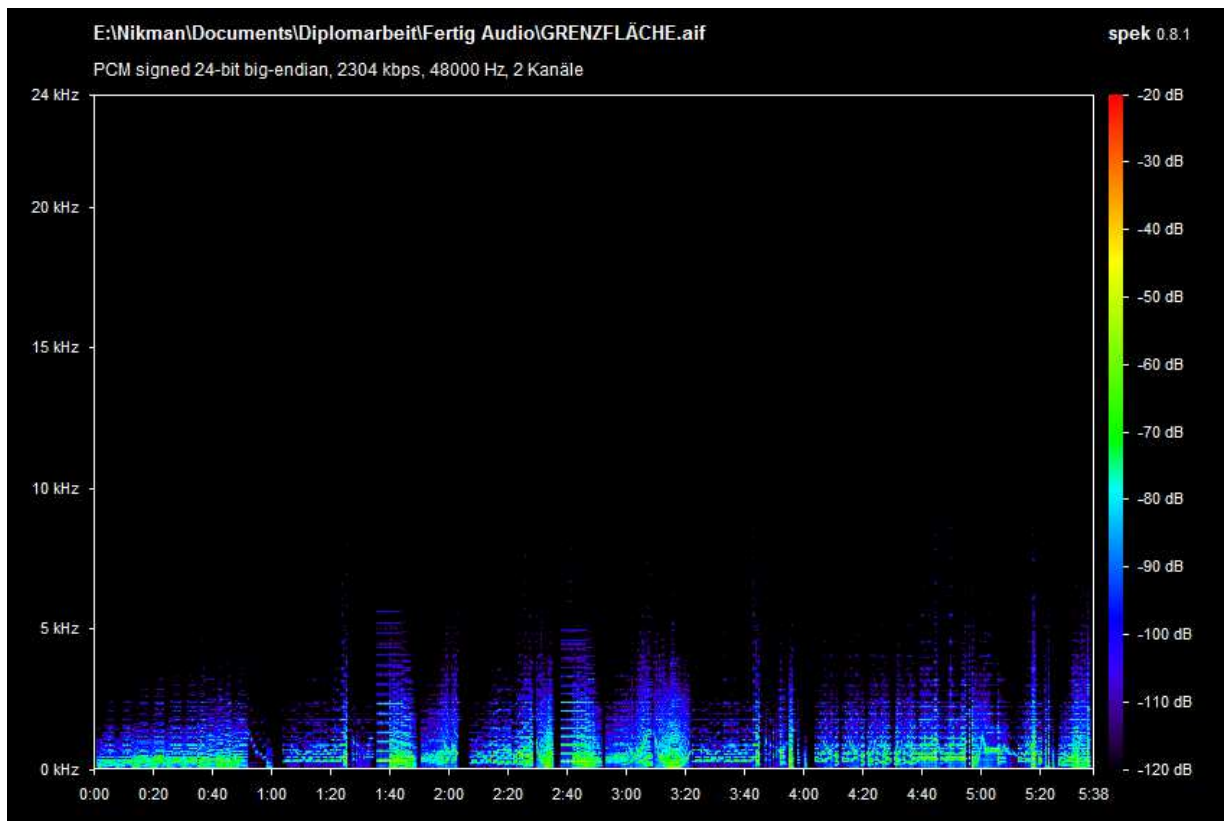


Abbildung 63: Frequenzspektrum der 2. Stereofonie (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)

Das Frequenzspektrum wirkt bei dieser Aufnahme etwas beschnitten. Es ist kein Signal über 10kHz zu erkennen. Auch die allgemeine Lage wirkt etwas niedriger als bei Aufnahme Nr. 1. Dies ist wohl durch die Nähe zum Klavier zu erklären. Hohe Frequenzen werden eher nach oben abgestrahlt und dann vom Deckel in Richtung Zuhörer gelenkt. Je höher also die Frequenz ist, desto gerichteter wandert sie in Richtung Publikum. Es fällt auch auf, dass das Signal etwas leiser aufgenommen wurde als das erste, was aber klanglich keinen Einfluss hat.

Für eine CD-Produktion ist auch diese Aufnahme geeignet, wenn auch Höhenanteile hinzugefügt werden sollten, um ein klareres und schärferes Bild des Flügels zu bekommen. Dies kann über einen Equalizer künstlich geschehen oder über das Hinzumischen eines direkter aufgenommenen Signals.

3. AB-Aufnahmetechnik, 100cm entfernt, mit 50cm Abstand zueinander; am Ende des Flügels

Es handelt sich bei dieser Version um die erste Aufnahme, die nicht auf die Breite des Klaviers, sondern auf dessen Ende gerichtet ist. Das Klangbild ähnelt also dem, das der Musiker, der das Klavier spielt, hört. Dadurch fällt als erstes natürlich die bessere Lokalisierbarkeit der verschiedenen Frequenzen auf. Tiefe Klänge eher rechts und hohe eher links lassen den Klang etwas präziser und weniger durcheinander wirken. Diese Aufnahme wird aufgrund der Gewohnheit für den Musiker am natürlichsten klingen. Es handelt sich also um eine gute Basis, um einen Klang zu erarbeiten, der sowohl für den Musiker selbst als auch für den Techniker passend erscheint.

Das Neumann KM140 Mikrofon, das besonders für Perkussion und Klavier geeignet ist, arbeitet an dieser Stelle ausgezeichnet. Die Nierencharakteristik lässt eine klanglich unverfälschte Aufnahme bis $\pm 135^\circ$ von vorne zu. So kommt es, auch wegen der Nähe zum Klavier, zu einem sauberen, klaren und hellen Klang mit nur einem minimalen Raumanteil. Im Vergleich zu den vorangegangenen Aufnahmen ist der Klang deutlich heller und auch schärfer. Er eignet sich ausgezeichnet, um in der Gesamtmischung das Klavier direkter und feiner klingen zu lassen. Als Einzelklang wirkt er etwas zu scharf.

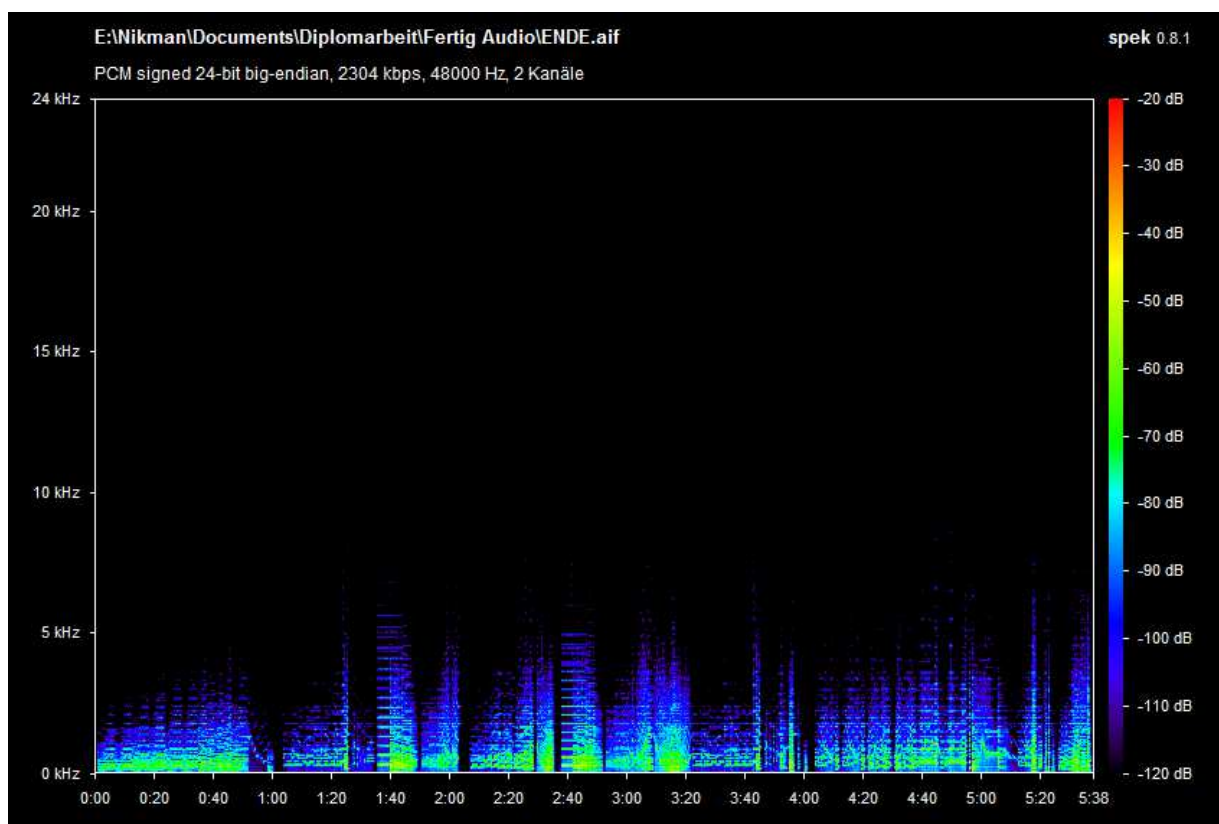


Abbildung 64: Frequenzspektrum der 3. Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)
Das Frequenzspektrum dieser Aufnahme ist ähnlich dem der zweiten Aufnahme. Man sieht, dass weniger Raumklang vorhanden ist, da das Bild weniger dicht wirkt. Bei den

tiefen Frequenzen werden wieder annähernd -40dB erreicht und in der Höhe kommt die Aufnahme bis 8kHz inklusiver zweier Klangpunkte bei etwa 14kHz. Dies ist aber weit deutlicher zu hören als auf dem Bild ersichtlich.

Um diese Aufnahme CD-tauglich fertigzustellen, müsste künstlich ein geeigneter Raumeindruck hinzugefügt werden, da das Klavier alleine hier zu trocken wirkt, das heißt der Klang eines Tones oder eines Akkordes ist zu schnell und abrupt zu Ende. Auch müsste ein wenig von der Schärfe des Klangs weggenommen werden. Dies kann durch ein Anheben der tieferen Frequenzen oder ein Absenken der hohen Frequenzen geschehen.

4. AB-Aufnahmetechnik, direkt am Flügel; 70cm Abstand zueinander

Die einzigen beiden verwendeten Großmembran-Mikrofone zeichnen einen vollen, satten Klang auf. Das Polardiagramm der Mikrofone verspricht einen gleichmäßigen Frequenzverlauf mit einer leichten Anhebung zwischen 7kHz und 11kHz. Diesen erhalten wir auch. Leider sind bei der Aufnahme nicht allzu viele Signale über den 7kHz, weshalb die Anhebung nicht ins Gewicht fällt. Die Aufnahme wirkt im Vergleich zur letzten Aufnahme am Ende des Klaviers etwas dumpf und bedeckt. Lediglich die höchsten Töne klingen sehr klar und hell. Die satten und vollen Tiefen dieser Aufnahme eignen sich wunderbar, um die Gesamtmischung fertig zu stellen.

Durch die Nähe zu den Saiten ist auch deren Mitschwingen vor allem bei hohen Tönen zu hören. Es bildet sich dadurch eine Art Nachhall, der aber in diesem Fall vom Klavier bzw. den Saiten kommt und nicht wie bei den anderen Mikrofonen aus dem Raum. Diese Art von Nebengeräuschen wirkt störend und ist bei dieser Aufnahme unerwünscht.

Die Platzierung der Mikrofone hat auch zur Folge, dass der linke Kanal präsenter und aktiver wirkt. Durch die Platzierung vor den mittleren und hohen Saiten werden diese primär vom linken Mikrofon aufgezeichnet. Da sich tiefe Frequenzen weniger gerichtet ausbreiten als die hohen, werden auch diese im linken Mikrofon mit aufgezeichnet. Das rechte Mikrofon zeichnet im Gegensatz dazu die stärker gerichteten hohen Frequenzen weniger stark auf. Dies bewirkt, dass das linke Mikrofon stärker zur Geltung kommt.

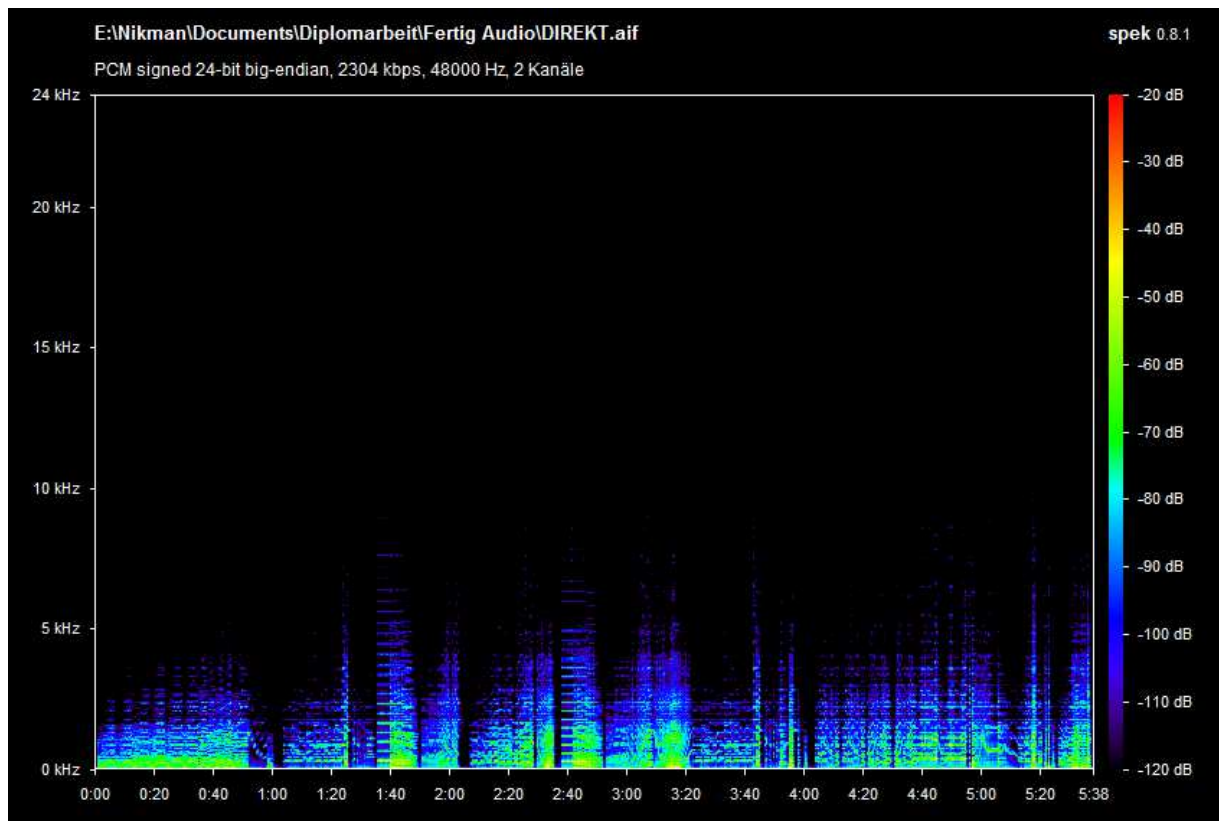


Abbildung 65: Frequenzspektrum der 4. Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)

Das Frequenzspektrum zeigt deutlich, dass durch die Platzierung näher am Klavier auch höhere Frequenzen direkter aufgezeichnet werden. Oftmals reicht die Aufnahme sichtbar bis 10kHz.

Würde nur an dieser Position aufgezeichnet werden, so sollte eher ein Kleinmembran-Mikrofone, wie zum Beispiel das Neumann KM140, verwendet werden. Dies würde die Aufnahme heller klingen lassen und den Bässen etwas die Sättigung nehmen. Des Weiteren wäre es ratsam, die Mikrofone über die Kante hinweg in das Klavier hineinzusetzen, um etwaige Klangfärbungen durch Biegungen und Brechungen an der Klavierkante zu vermeiden. Diese Maßnahmen sollten einen noch klareren Klang ohne störende Klangfärbungen zur Folge haben.

Für den vorliegenden Anwendungsfall des Zusammenmischens mehrerer Mikrofonsignale bietet uns diese Aufnahme den notwendigen Bass-Klang, um unsere Gesamt Mischung im tiefen Frequenzspektrum abzurunden.

Vergleicht man diese vier Aufnahmen miteinander, so hat jede einzelne Vor-, aber auch Nachteile. Jede ist in gewisser Weise ein Kompromiss. Sei es der schöne Raumklang mit schlechter Lokalisierbarkeit der ersten beiden Aufnahmen, der präzise, klare Klang ohne Raumanteile der dritten oder der direkte, aber etwas dumpfe Klang mit Störgeräuschen der hohen Saiten der vierten Aufnahme.

Mit etwas tontechnischem Geschick sind alle 4 Aufnahmen so zu bearbeiten, dass sie für eine CD-Produktion brauchbar sind. Meine abschließende Gesamtmischung greift auf das Material aller vier Aufnahmen zurück und versucht die positiven Eigenschaften aller zu vereinen.

5. Mischung aller Aufnahmen

Die fünfte Aufnahme ist eine Mischung aus allen bereits getätigten Aufnahmen. Es wurde versucht alle positiven Aspekte der vorangehenden Aufzeichnungen zu einem Gesamtwerk zu vereinen. Sowohl der klare und direkte Klavierklang der Aufnahme 3 ist zu hören, als auch der satte Raumklang der Nummer 1. Die satten, vollen Bässe der direkten Mikrofonierung (Nr.4) sind ebenso ein Teil der Aufnahme wie die angenehm klaren Höhen der Nummer 2. Zusammen ergibt sich ein ausgewogenes Klangbild, das auch im Frequenzspektrum zu sehen ist. Dieses unterscheidet sich nicht großartig von den vorangehend gezeigten Abbildungen, wirkt aber in sich homogener bzw. voller. Wie bei jeder Darstellung sind die tiefen Frequenzen die Lauten, die für den Klang verantwortlichen Obertöne verlaufen, aber scheinbar länger und bilden dadurch einen satteren Klang.



Abbildung 66: Frequenzspektrum der Gesamtmischung (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)

Durch die unterschiedliche Abstrahlung der verschiedenen Frequenzen und die verschiedensten Reflektionen im Raum wird man fast dazu gezwungen, mit mehreren Mikrofonen aufzunehmen. Dies lässt dem Techniker im Nachhinein weit mehr Möglichkeiten offen, den Klang zu bearbeiten. Eine einfache Stereoaufnahme mit nur zwei Mikrofonen hingegen, lässt nur noch die Möglichkeit, den Klang mit technischen Hilfsmitteln zu bearbeiten.

Für die Aufnahmesituation der vorgelegten Diplomarbeit war das AB-Verfahren nicht die einzige Möglichkeit, jedoch wurde die Verwendung dieses Verfahrens nicht bereut. Es war von Anfang an recht unkompliziert in der Anwendung und hat nach der Meinung des Autors dieser Diplomarbeit ein gutes Ergebnis geliefert. Natürlich besteht die Möglichkeit weit mehr Mikrofone rund um ein Klavier anzuordnen, um eine Aufnahme in CD-Qualität zu tätigen. Dies ist aber, wie mit diesen Aufnahmen bewiesen wurde, nicht zwanghaft notwendig.

Oft spart das genaue Anhören des Musikstücks im Aufnahmerraum viel Arbeit im Verlauf der Aufnahme und im Verlauf auch viel Arbeit beim Schneiden, Mischen und Mastern der CD. Man lernt den Klang des Klaviers und des Raums an verschiedenen Plätzen

kennen und fühlt ein wenig der spielerischen Energie des Musikers. Wählt man danach den Platz bzw. die Plätze der Mikrofone, so wird das Ergebnis von Grunde auf kein schlechtes.

Zusammenfassung

Das Klavier als Instrument lernt man im mitteleuropäischen Raum wohl zwanghaft im Laufe des Musikunterrichts kennen. Einige Menschen entschließen sich, das Klavierspiel zu erlernen, sei es aus Spaß oder um Geld damit zu verdienen. Wiederum nur ein kleiner Prozentsatz von diesen ‚gelernten Klavierspielern‘ lernt die Möglichkeiten eines Klaviers voll auszunutzen. Seien es Cluster-Akkorde, der Einsatz aller zur Verfügung stehender Pedale oder das Zupfen von Saiten. All dies sind Möglichkeiten, am Klavier Klänge zu erzeugen.

Viele Klavierdarbietungen erreichen ein Niveau, das eine Aufnahme des Gespielten interessant werden lässt. Sei es für den persönlichen Nutzen, die Werbung für das eigene Können oder für kommerzielle Zwecke. Auch das Aufnehmen ist eine Kunst für sich. Diese beginnt bei der Auswahl der Mikrofone und reicht über die Positionierung der Mikrofone bis zum Aufnahmeverfahren selbst. Tontechniker, Toningenieure und Tonmeister verbringen Jahre in der Ausbildung und lernen noch danach bei jeder Aufnahme mehr. Die Erfahrung lässt sie eine gewisse Routine entwickeln, die sehr oft von großem Vorteil ist.

Ein Musiker muss kein technisches Wissen besitzen und sich bei Aufnahmetechniken auskennen, doch schadet es oftmals nicht, wenn man mit einem Grundverständnis in eine Aufnahmesituation kommt und schon weiß, was möglich ist und was man will. Ebenso ist es umgekehrt. Ein Tontechniker muss kein Klaviervirtuose sein, um ein Klavier aufnehmen zu können. Es ist aber nur vorteilhaft wenn man weiß, wo und wie man am Klavier Klänge erzeugen kann und was sich der Musiker an Gesamtklang wünscht. Haben also beide Seiten zumindest ein Grundverständnis des jeweiligen Gegenparts, so wird eine Aufnahme nicht nur schneller und gemütlicher ablaufen, auch das Ergebnis wird mehr dem entsprechen was man sich vorgestellt hat.

Literatur

Bertram, K.: Über den Umgang mit Stereo-Koinzidenz-Mikrofonen; Sonderdruck aus Telefunken-Zeitung, Jahrgang 38 (1965) Heft 3/4 Seite 338-347

Böhmer, Erwin: Elemente der angewandten Elektronik, Kompendium für Ausbildung und Beruf, 11., verbesserte Auflage; Vieweg Verlag; Braunschweig/Wiesbaden 1998

Borè, Gerhart: Grundlagen und Probleme der stereophonen Aufnahmetechnik; Druck: Walter Grützmacher, Berlin SW 29

Boudreau, John: Microphone Techniques for Studio Recording, A Shure Educational Publication; Shure Incorporated, Niles 2002

Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik Band 1, 6. verbesserte Auflage; K.G.Saur; München 1997

Dickreiter, Michael: Mikrofon-Aufnahmetechnik, 3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage; S. Hirzel Verlag Stuttgart; Leipzig 2003

Donhauser, Peter; Prucha, Ingrid: Musikinstrumente – Handwerk, Technik, Kunst; FRIC & FRIC interaktiv Verlag; Wien 1999

Friesecke, Andreas: Studio Akustik, Konzepte für besseren Klang; PPVMedien; Bergkirchen 2007

Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch, Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik; GC Carstensen; München 2001

Hollfelder, Peter: Geschichte der Klaviermusik Band 1&2, Florian Noetzel Verlag, Wilhelmshaven 1989

Hollfelder, Peter: Klaviermusik – Geschichte Komponisten Werke Literatur, Florian Noetzel Verlag; Wilhelmshaven 1999

Schiffner, Wolfgang: Lexikon Tontechnik, 2. Auflage; Bärenreiter-Verlag; Kassel 2003

Sevsay, Ertuğrul: Handbuch der Instrumentationspraxis; Bärenreiter-Verlag; Kassel 2005

White, Paul: basic Microphones; Sanctuary Publishing Limited; London 1999

Wuttke, Jörg: Mikrofonaufsätze, 2., erweiterte Auflage; Karlsruhe 2000

Internetquellen

<http://www.bruckmur.at/musikschule/Geschichte%20Klavier.htm> (zuletzt abgerufen am 8.Dezember 2009)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Flageoletton> (zuletzt abgerufen am 28.Februar 2010)

<http://eu.audio-technica.com/de/products/product.asp?catID=1&subID=3&prodID=4131> (zuletzt abgerufen am 25.11.2012)

<http://www.microtechgefell.de/index.php/en/microphones/studio-a-recording/large-membrane-transistor-mics/211-m930> (zuletzt abgerufen am 04.11.2012)

http://www.neumann.com/?lang=de&id=current_microphones&cid=km100_description (zuletzt abgerufen am 04.11.2012)

<http://www.pian-e-forte.de> (zuletzt abgerufen am 8.Dezember 2009)

http://www.pianos.de/das_instrument/index.php?id=33 (zuletzt abgerufen am 8.Dezember 2009)

<http://www.schoeps.de/de/products/mk2s> (zuletzt abgerufen am 04.11.2012)

<http://www.sengpielaudio.com> (zuletzt abgerufen am 04.12.2012)

<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Klavier.html> (zuletzt abgerufen am 8.Dezember 2009)

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Notation einer zu spielenden Resonanz (Sevsay, 2005, S. 267).....	6
Abbildung 2: Notation der Echo-Techniken (Sevsay, 2005, S. 267)	6
Abbildung 3: Notation der drei möglichen Flageolett-Techniken (Sevsay, 2005, S. 263)	8
Abbildung 4: Notation der drei Möglichkeiten Pizzicato-Töne zu erzeugen (Sevsay, 2005, S. 264)	8
Abbildung 5: Notation zum Abdämpfen einer Saite mittels Fingerspitze bzw. Fingernagel (Sevsay, 2005, S. 263).....	9
Abbildung 6: Notation eines Glissandos (Sevsay, 2005, S. 257)	10
Abbildung 7: Notation eines horizontalen Glissandos und eines horizontalen Glissandos mit stumm gedrückten Tasten (Sevsay, 2005, S. 258)	11
Abbildung 8: Darstellung von Cluster-Akkorden (Sevsay, 2005, S. 256)	12
Abbildung 9: Darstellung von Clusterakkorden mit ungefähren Tonhöhen mit (a) und ohne (b) Notenlinien (Sevsay, 2005, S. 256).....	12
Abbildung 10: Klanganalysepunkte um einen Flügel (Bildvorlage: Boudreau 2002, S. 9; Bearbeitung: Nikendei).....	15
Abbildung 11: Klanganalysepunkte an einem Piano (Bildvorlage: Boudreau 2002, S. 11; Bearbeitung: Nikendei).....	17
Abbildung 12: Prinzipieller Aufbau eines Mikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 146).....	19
Abbildung 13: Aufbau eines Druckempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 162)	21
Abbildung 14: Aufbau eines Druckgradientenempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 166).....	22
Abbildung 15: Empfängerprinzipien und ihre Richtcharakteristiken (Dickreiter 2, 2003, S. 91)	24
Abbildung 16: Niere, Superniere, Hyperniere und Acht im Vergleich (Dickreiter 2, 2003, S. 92)	26
Abbildung 17: Richtcharakteristik und Arbeitsweise eines Richtrohrmikrofons (Dickreiter 2, 2003, S. 105)	27
Abbildung 18: Unterschiedliche Mikrofonabstände bei gleich bleibendem Verhältnis zwischen Direkt- und Diffusschall (Dickreiter 2, 2003, S. 92 und Dickreiter 1, 1997, S. 308)	28
Abbildung 19: Wandlerprinzip eines Kondensatormikrofons (Dickreiter 2, 2003, S. 95).....	30
Abbildung 20: Prinzipschaltbild eines Kondensatormikrofons in NF-Schaltung (Dickreiter 1, 1997, S. 175)	31
Abbildung 21: Prinzipschaltbild eines Kondensatormikrofons in HF-Schaltung (Dickreiter 2, 2003, S. 95)	32
Abbildung 22: Phantomspeisung bei Kondensatormikrofonen (Dickreiter 2, 2003, S. 95)	32
Abbildung 23: Aufbau eines Kondensator-Druckempfängers (Dickreiter 1, 1997, S. 180)	33
Abbildung 24: Aufbau eines, nach dem Überlagerungsprinzip funktionierenden, Kondensator-Druckgradientenempfängers mit Nierencharakteristik (Dickreiter 1, 1997, S. 181)	34
Abbildung 25: Mechanischer Aufbau eines Kondensator-Druckgradientenempfängers mit Laufzeitglied (Dickreiter 1, 1997, S. 181).....	34
Abbildung 26: Aufbau eines Kondensatormikrofons mit Doppelmembran (Dickreiter 1, 1997, S. 182)	35
Abbildung 27: Mögliche Richtcharakteristika eines Doppelmembranmikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 183)	37
Abbildung 28: Frequenzabhängigkeiten von verschiedenen Kugelmikrofonen (Dickreiter 1, 1997, S. 186)	38
Abbildung 29: Membranresonanzabstimmung bei Mikrofonen (Dickreiter 1, 1997, S. 190)	40
Abbildung 30: Prinzip eines Tauchspulenmikrofons nach dem Druckempfängerprinzip (Dickreiter 1, 1997, S. 191)	40
Abbildung 31: Prinzip eines Bändchenmikrofons (Dickreiter 1, 1997, S. 193)	41

Abbildung 32: Schematischer Frequenzgang für Nierencharakteristik und Breite Niere (Dickreiter 2, 2003, S. 99)	44
Abbildung 33: Schematischer Frequenzgang für Achterrichtcharakteristik (Dickreiter 2, 2003, S. 99)	44
Abbildung 34: Schematischer Frequenzgang eine Kugelcharakteristik (Dickreiter 2, 2003, S. 99)	45
Abbildung 35: Frequenzgang im Direktfeld (---) und Diffusfeld (- - -) (Dickreiter 2, 2003, S. 100)	46
Abbildung 36: Ein Audio-Technica AT2022 X/Y als Beispiel für ein Koinzidenzmikrofon der XY-Aufnahmetechnik	49
Abbildung 37: XY-Mikrofonverfahren mit 2 Nieren (Dickreiter 1, 1997, S. 290).....	50
Abbildung 38: XY-Mikrofontechnik mit zwei Achten (Dickreiter 2, 2003, S. 131).....	51
Abbildung 39: MS-Mikrofontechnik mit einer Kugel und einer Acht (Dickreiter 1, 1997, S. 291)	52
Abbildung 40: Funktionsweise des Einzelmikrofonverfahrens (Dickreiter 2, 2003, S. 135).....	53
Abbildung 41: AB-Aufnahmeverfahren (Dickreiter 1, 1997, S. 316).....	55
Abbildung 42: Mikrofonbasis und Aufnahmebereich bei Laufzeitstereofonie (Dickreiter 1, 1997, S. 321)	56
Abbildung 43: ORTF-Mikrofonanordnung (Dickreiter 1, 1997, S. 327).....	58
Abbildung 44: Mikrofonanordnung mit Trennscheibe bei OSS-Aufnahmetechnik (Dickreiter 1, 1997, S. 329)	59
Abbildung 45: Der Aufnahmesaal nach vorne hin fotografiert (Foto: Sonja Mitterer).....	62
Abbildung 46: Der Aufnahmesaal von der Gegenseite fotografiert (Foto: Sonja Mitterer) ..	62
Abbildung 47: Der Aufnahmesaal von der Bühne aus (Foto: Sonja Mitterer).....	63
Abbildung 48: Schoeps CMC 5 Verstärkereinheit und MK2s.....	64
Abbildung 49: Frequenzgang und Polardiagramm Schoeps MK2S (Schoeps ModulSystem Colette Datenblatt S. 12).....	65
Abbildung 50: Schoeps CMC 6 mit BLM3g Kapsel (Foto: Martin Nikendei).....	66
Abbildung 51: Frequenzgang und Polardiagramm Schoeps BLM3 (Schoeps ModulSystem Colette Datenblatt S. 13).....	67
Abbildung 52: Neumann KM 140 (Foto: Sebastian Schmid).....	67
Abbildung 53: Frequenzgang und Polardiagramm eines Neumann KM 140 (Neumann KM100 Datenblatt S. 13).....	68
Abbildung 54: Microtech Gefell M930.....	69
Abbildung 55: Microtech Gefell M930 Frequenzgang und Polardiagramm (Microtech Gefell M930 Datenblatt S. 4)	70
Abbildung 56: Grundriss der Aufnahmesituation; alle Maße in Zentimetern (Bild: Martin Nikendei).....	71
Abbildung 57: Seitenansicht der Aufnahmesituation, alle Maße in Zentimetern bzw. Grad (Bild: Martin Nikendei)	72
Abbildung 58: Schoeps MK 2S auf einem 2m Stativ und Schoeps BLM3 am Boden liegend (Foto: Martin Nikendei)	73
Abbildung 59: Neumann KM 140 mit unterschiedlicher Höhe am Ende des Klaviers (Foto: Martin Nikendei).....	74
Abbildung 60: Microtech Gefell M930 an der Klavierkante (Foto: Martin Nikendei)	75
Abbildung 61: ident zu Abb. 56; Die Aufstellungsorte der Mikrofone (Bild: Martin Nikendei).....	76
Abbildung 62: Spektrogramm der ersten Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)	77
Abbildung 63: Frequenzspektrum der 2. Stereofonie (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)	79
Abbildung 64: Frequenzspektrum der 3. Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)	80
Abbildung 65: Frequenzspektrum der 4. Aufnahme (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyser)	82

Abbildung 66: Frequenzspektrum der Gesamtmischung (Quelle: Spek – Acoustic Spectrum Analyer)	84
--	----

Anhang

CD - Inhaltsverzeichnis

1. AB-Mikrofonierung 3m vom Flügel in Richtung Zuhörer, Schoeps CMC5 mit MK2s
2. AB-Mikrofonierung 1,34m vom Flügel in Richtung Zuhörer, Schoeps CMC6 mit BLM 3 Grenzflächen
3. AB-Mikrofonierung 1m vom Flügel in der Verlängerung des Flügels, Neumann KM140
4. AB-Mikrofonierung 20cm vom Flügel in dessen Rundung, Microtech Gefell M930
5. Gesamtmischung, Track 1 wurde als Hauptsystem genommen, die anderen 3 Tracks jeweils als Stereo-Stützmikrofone hinzugefügt

Datenblätter

Es folgen die informativen Seiten der Datenblätter der Mikrofone und des Klaviers. Als Quellen dienten die jeweiligen Internetauftritte der Firmen.

<http://www.schoeps.de>

<http://www.neumann.com>

<http://www.microtechgefell.de>

<http://de.yamaha.com>

Datenblatt der Schoeps Mikrofone



ModulSystem Colette

MK --

Mikrofonkapseln

CMC --

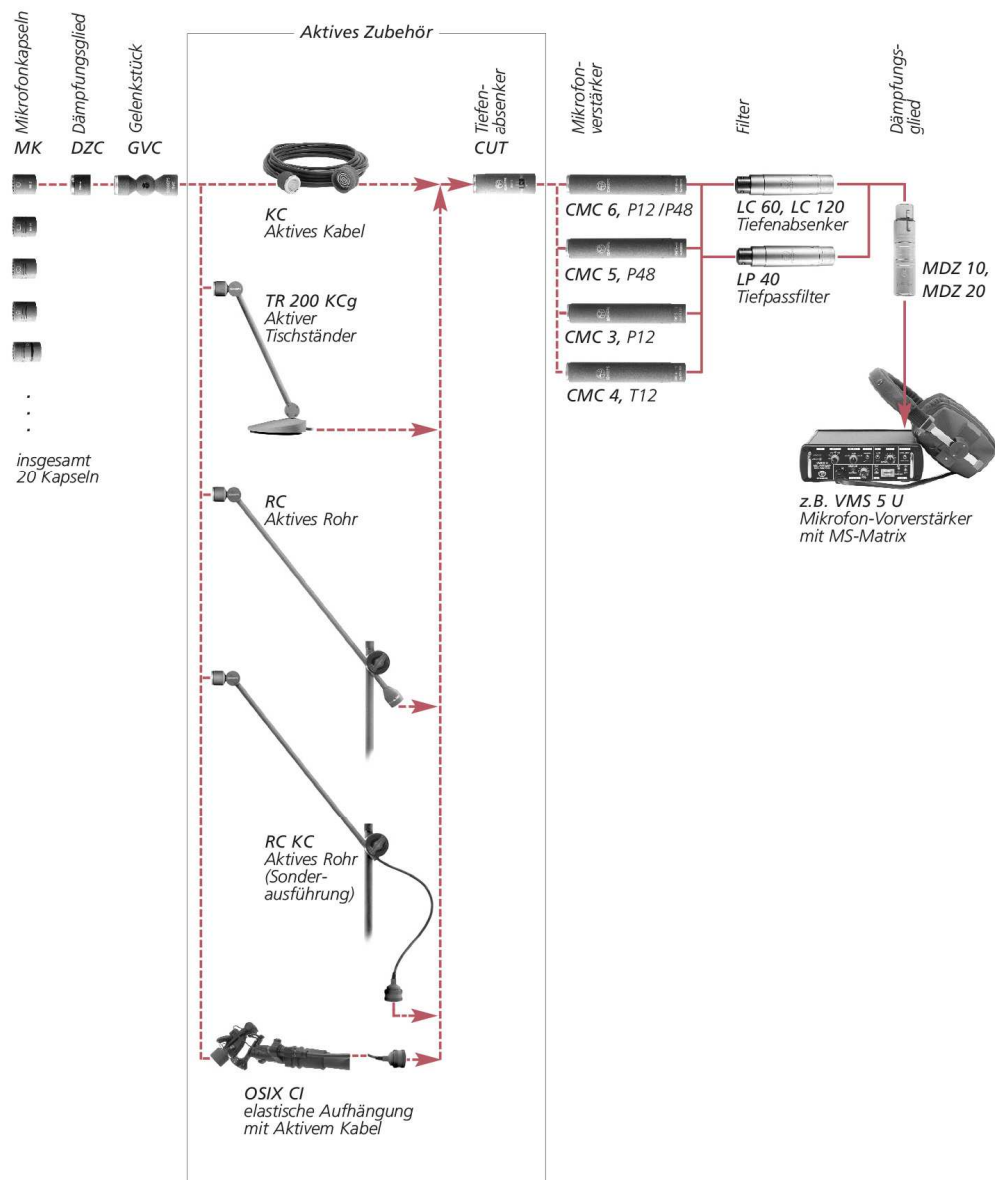
Mikrofonverstärker

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Systemübersicht	2
Mikrofonverstärker CMC --	3
Phantomspesung	5
Technische Daten	7
Hinweise zur EMV	7
Blockschaltbild	8
Mikrofonkapseln MK --	9
Wahl der Kapsel	9
Aufschrauben der Kapseln	9
Grundlegende Wandlereigenschaften	10
Einsatzgebiete	11
Druckempfänger	12
Grenzflächen-Mikrofone	13
Druckgradientenempfänger	14
Technische Daten der Mikrofone	21
Pflege und Wartung	22
Mögliche Probleme	22
Garantie	24

Bedienungsanleitung

ModulSystem Colette



Signalführung:

symmetrisch —————

unsymmetrisch - - - - -

Sehr geehrter Kunde,

herzlichen Glückwunsch zu Ihrer Entscheidung für Kondensatormikrofone der Colette-Serie von SCHOEPS. Es ist weltweit das umfangreichste und damit vielseitigste modulare Mikrofonsystem. Jede Konfiguration bietet höchste Klangqualität und Professionalität. Auf Seite 2 finden Sie eine System-Übersicht.

ModulSystem Colette

Ein Colette-Mikrofon besteht aus der Kombination von mindestens zwei Komponenten – einer Kapsel und einem Mikrofonverstärker:

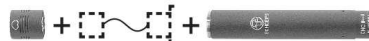


Die Kapsel wandelt Schallwellen in eine entsprechende elektrische Spannung. Sie bestimmt nicht nur die Richtcharakteristik, sondern größtenteils auch die Klangqualität des Mikrofons. Der Verstärker ist der zweite Teil des Mikrofons mit einer Schaltung zum Laden (Polarisieren) der kapazitiven Kapsel. Durch ihn wird das Signal der Kapsel nutzbar, er macht es niederohmig und symmetrisch.

Mikrofone der Colette-Serie sind modular: d.h. jede Colette-Kapsel (MK--) kann mit jedem Mikrofonverstärker (CMC--) kombiniert werden. Es sind 20 verschiedene Kapseltypen erhältlich, womit ein sehr großer Anwendungsbereich abgedeckt wird. Auch von dem Mikrofonverstärker gibt es mehrere Ausführungen für die verschiedenen möglichen Speisungen.

Zusätzlich werden die Einsatzmöglichkeiten der Colette-Serie durch das "Aktive Zubehör" enorm erweitert – spezielle Schwanenhäuse, dünne Kabel und schlanke Rohre, die es erlauben, die Kapsel vom Mikrofonverstärker zu trennen und damit unauffällig einzusetzen, so als handelte es sich um Miniaturmikrofone. Die aktive Schaltung in diesem Zubehör setzt die Impedanz des Audiosignals direkt an der Kapsel herab, so dass es keine Einbuße bei der Klangqualität gibt (siehe Abb. rechts oben).

Auf den folgenden Seiten finden Sie einige technische Informationen, Anwendungs- und



Aktives Zubehör

Pflegehinweise zu Colette-Mikrofonen.

Wir beginnen mit dem CMC-Mikrofonverstärker und hier mit dem Anschluss und der Speisung. Der zweite Teil dieser Bedienungsanleitung befasst sich mit den Kapseln der Colette-Serie. Für Informationen zum Zubehör (inklusive Aktivem Zubehör) schlagen Sie bitte in unserem Hauptkatalog nach oder besuchen Sie uns im Internet (www.schoeps.de).

Mikrofonverstärker CMC --

...zeichnen sich aus durch:

- einen konstanten Frequenzgang
- geringe Verzerrungen und Rauschen
- einen symmetrischen, besonders niederohmigen Ausgang
- den Betrieb auch an sehr langen Kabeln
- Ausführungen für verschiedene Speisungen

Es sind verschiedene Standard-Ausführungen erhältlich, die alle mit einer symmetrischen, übertrager- und kondensatorfreien Ausgangsstufe im A-Betrieb arbeiten. Das führt zu einer kleinen Ausgangsimpedanz, einer hohen Störsicherheit, geringen Verzerrungen und einem niedrigen Gewicht.

Die CMC-Mikrofonverstärker sind elektrisch aktiv und müssen daher mit Strom versorgt werden. Dies übernehmen meist die Eingänge eines Mischpults, Mikrofon-Vorverstärkers (z.B. SCHOEPS VMS 5 U – siehe unten auf Seite 2) oder Recorders, wenn eine entsprechende Speisung eingebaut ist.

Standard-Ausführungen

Es gibt vier Standard-Ausführungen des CMC für die verschiedenen Speisungen und darüber hinaus jeweils Varianten mit einer anderen Verstärkung oder einem erweiterten Übertragungsbereich. Jede dieser Ausführungen arbeitet nur mit dem Speisungstyp und der Speisungsspannung einwandfrei, für die sie ausgelegt ist.

Bitte beachten Sie:

Bei Verwendung von Mikrofonpaaren sollten die Mikrofonverstärker vom gleichen Typ sein. Für kritische Einsatzfälle sind Kapselpaare

erhältlich, die durch uns auf gleiche Empfindlichkeit und gleichen Frequenzgang selektiert wurden. Das Selektieren erfordert einen geringen Preisaufschlag.

Wie die meisten professionellen Mikrofone erfordern auch der CMC 6, 5 und 3 den Betrieb an einer genormten, so genannten Phantomspannung. Die meisten Aufnahmegeräte bieten sie in der 48V-Ausführung an. Einige jedoch haben eine 12V-Phantomspannung oder können entsprechend modifiziert werden. Die SCHOEPS CMC 6 Mikrofonverstärker arbeiten mit beiden Versionen, da ihre Schaltung automatisch die Spannung erkennt und sich darauf einstellt. Ihre Eigenschaften bleiben im Wesentlichen unverändert – es wird lediglich der Strom an die Speisespannung angepasst.

Beachten Sie, dass der CMC 6 für Norm-Phantomspannungen mit 12V oder 48V konzipiert ist. Er ist kein "12-48Volt"-Mikrofon. Der Eingang, an den er angeschlossen wird, muss einer der Normen (12V oder 48V) entsprechen. Nicht nur die Spannung der Speisung muss im Normbereich liegen, sondern auch der Wert der Speisewiderstände.

Für die Fälle, in denen stets nur eine 48V- oder 12V-Phantomspannung zum Einsatz kommt, sind die älteren Modelle CMC 5 bzw. CMC 3 erhältlich. Der CMC 6 bietet bezüglich der Speisung die größte Flexibilität sowie eine erhöhte Immunität gegen Hochfrequenz-Störungen. Auch ist er der einzige Verstärkertyp, der auf Wunsch als "xt"-Version geliefert werden kann (siehe "Sonderausführungen").

Hinsichtlich der Audioqualität liegt der einzige geringe Unterschied zwischen CMC 3 bzw. CMC 5 und dem CMC 6 in der Wiedergabe tiefster Frequenzen: Als Schutz vor unhörbarem Infraschall hat der Übertragungsbereich der Standard-Ausführung des CMC 6 eine untere Grenzfrequenz von 20Hz bei einer Filtersteilheit von 12dB/Okt., während die Standard-Ausführung von CMC 3 und CMC 5 eine Steilheit von 6dB/Okt. bei 30Hz haben. Jeder CMC-Verstärker kann mit deutlich niedrigerer unterer Grenzfrequenz bestellt (oder im Werk modifiziert) werden (siehe "linear"-Version).

Im Allgemeinen wird ein 48V-Mikrofon beim Betrieb an 12V nicht beschädigt, aber es wird

nicht korrekt arbeiten. Andererseits kann ein CMC 3 problemlos an einer 48V-Phantomspannung betrieben werden, wenn sie 11mA pro Mikrofon liefern kann. Dieser Strom übersteigt jedoch die Anforderung an eine 48V-Phantomspannung. Leider ist es so, dass viele Speisungen nicht einmal den von der Norm verlangten Strom von 10mA liefern können. Daher kann man sich bei dieser Betriebsart nicht auf das Funktionieren verlassen.

Im Film- und Videobereich – besonders bei Nagra-Bandmaschinen – wird teilweise immer noch mit einem inzwischen wenig gebräuchlichen System mit dem Namen "Tonaderspeisung" gearbeitet, das mit $12V \pm 1V$ betrieben wird. Hierfür ist der CMC 4 geeignet. Abb. 3 auf Seite 6 zeigt die Schaltung. Da diese Speisung immer seltener anzutreffen ist, wird sie hier nicht genauer beschrieben. Bei Fragen hierzu wenden Sie sich bitte an unsere Vertretung oder direkt an SCHOEPS.

Sonderausführungen

CMC 6 U"xt" – die 40kHz-Version

Diese Version ist durch die Gravur "xt" auf der Rückseite des Ausgangssteckers gekennzeichnet. Mit dieser Ausführung des CMC 6 wird der Frequenzgang der axial besprechbaren Kapseln nach oben erweitert bis über 40kHz. Zusätzlich werden die Höhen ab ca. 10kHz leicht angehoben. Die Frequenzgänge der Standard- und xt-Ausführung entnehmen Sie bitte der den Kapseln beiliegenden Dokumentation.

CMC "+5 dB"

Mikrofone mit derartig gekennzeichnetem Verstärker sind 5dB empfindlicher als die Standardversion. Der Grenzschalldruckpegel verringert sich um 5dB und der Störspannungsabstand sinkt geringfügig. Die Verwendung dieser Version kann dennoch vorteilhaft sein, wenn man das Mikrofonsignal über den Rauschpegel des angeschlossenen Geräts anheben muss oder meist eher kleine Pegel aufgenommen werden. Ansonsten kann es mit ihr bei hohen Schalldruckpegeln eher zu einer Übersteuerung des Eingangs des angeschlossenen Geräts oder des Mikrofonverstärkers selbst kommen.

CMC "linear"

Die CMC-Mikrofonverstärker haben eine untere Grenzfrequenz von 30Hz (CMC 6: 20Hz) um Infraschallstörungen verschiedenen Ursprungs, z.B. durch Luftströmungen oder Vibrationen, klein zu halten.

Bei Verwendung von Druckempfängern kann jedoch der Wunsch aufkommen, auch Frequenzen unterhalb von 20 - 30Hz ungeschwächt aufzunehmen. Die CMC-Mikrofonverstärker erlauben dies. Auf Wunsch werden sie mit einer unteren Grenzfrequenz von 3Hz geliefert.

Vorsicht: Da Druckempfänger auch Infraschall bis zu sehr tiefen Frequenzen herab aufnehmen, können in großen Räumen, z.B. Kirchen, selbst Geräusche von Lüftungsanlagen oder Schienenfahrzeugen problematisch werden. Bei Druckgradientenempfängern ist die Gefahr noch größer. Zwar übertragen sie tiefste Frequenzen aus dem Schallfeld nur geschwächt, sie reagieren aber auf andere, unerwünschte Anregungen wie Luftbewegungen und Körperschall umso heftiger. Obgleich diese Signale außerhalb des Hörbereichs liegen, können sie durch Übersteuerung besonders von Eingängen mit unterdimensionierten Übertragern starke, hörbare Verzerrungen verursachen.

Phantomspannung nach DIN EN 61938 (früher DIN 45 596)

Die "Phantom"-Speisung ist die Standardmethode, mit der die Schaltung eines Mikrofons über ein zweiadriges geschirmtes Kabel mit Strom versorgt wird. Hierbei fließen exakt gleiche Ströme in den beiden Modulationsadern. Das macht sie für die meisten symmetrischen Mikrofone, die keine solche Speisung benötigen (z.B. die meisten dynamischen Mikrofone, inklusive Bändchenmikrofone) "unsichtbar" und ungefährlich. Es gibt nur wenige Ausnahmen:

Der einzige mögliche Fall, in dem eine Norm-Phantomspannung ein professionelles symmetrisches Mikrofon (z.B. ein Bändchen) gefährdet, ist bei Defekt oder falschem Anschluss eines Steckers, Adapters oder Kabels. Dann kann eine Signal führende Ader mit der Masse verbunden sein. Wird jetzt die Speisung einge-

schaltet oder das Mikrofon bei eingeschalteter Speisung an das Kabel angeschlossen, fließt stoßartig ein Strom, der z.B. ein Bändchenmikrofon gefährden kann.

Abb. 1 zeigt die einzig gültige 48V- bzw. 12V-Phantomspannung (kurz P48 und P12). Sie wird mit ohmschen Widerständen realisiert. Diese Abbildung basiert auf der Norm EN 61938 von 1997. Unsere Mikrofone wurden mit Speisungen entwickelt und getestet, die dieser Norm entsprechen. Wir können das einwandfreie Funktionieren mit nicht der Norm entsprechenden Speisungen nicht garantieren. Abweichenden Phantomspannungen können – besonders bei hohen Schalldruckpegeln oder starken Windgeräuschen – Betriebsprobleme verursachen (Verzerrungen und sogar Signalunterbrechungen), deren Grund oft unerkannt bleibt.

Die zulässige Toleranz des Wertes der Speisewiderstände ist $\pm 20\%$. Hingegen sollte die Differenz **zwischen ihnen** kleiner als 0,4% sein (27 Ohm bei 6,8 kOhm). Nur so ist eine ausreichende Impedanz-Symmetrie gegeben, und es wird eine Gleichstrom-Unsymmetrie und damit ein Differenzstrom durch den Eingangsübertrager vermieden – falls vorhanden. Ein Differenzstrom hätte eine verringerte Aussteuerbarkeit bzw. Verzerrungen zur Folge.

Der maximale Strom, den ein für 48V Phantomspannung konzipiertes Mikrofon nach Norm aufnehmen darf, beträgt 10mA. Ein SCHOEPS CMC 5 oder CMC 6 braucht 4mA – auch bei Verwendung von Aktivem Zubehör. Damit liegt es weit unter der genormten Grenze.

Es gibt vor allem ältere, aber vereinzelt auch neue Speisungen in Vorverstärkern und Mischpulten, die nicht der Norm entsprechen und dadurch nicht in der Lage sind, einen ausreichenden Strom zur Verfügung zu stellen. Im Zweifelsfall sollte deshalb überprüft werden, ob bei dem vorliegenden Gerät das professionelle Arbeiten mit SCHOEPS-Mikrofonen überhaupt möglich ist. Auf Seite 8 ist beschrieben, wie Sie eine Prüfung einfach und schnell durchführen können.

Bei P12 erlaubt die Norm einen Strom von 15mA. Der SCHOEPS CMC 3 benötigt 11mA und der CMC 6 nur 8mA bei 12 V.

Abb. 2 zeigt einen symmetrischen aber nicht

Alle SCHOEPS-Mikrofone (auch die umschaltbare) sind klassische elektrostatische Wandler mit nur einer Membran. Sie werden in zwei grundlegende Klassen eingeteilt: Druckempfänger und Druckgradientenempfänger. Viele unserer Kapseln kombinieren diese beiden Arbeitsprinzipien mit unterschiedlicher Gewichtung, woraus die Richtcharakteristika von der Breiten Niere bis zur Superniere resultieren. Auch wenn dies streng genommen nicht ganz korrekt ist, werden auch diese Kapseln als Druckgradientenempfänger bezeichnet.

Im Gegensatz zu Doppelmembrankapseln weist unsere umschaltbare Kapsel in der Stellung "Kugel" einen konstanten Tiefenfrequenzgang, eine geringe Wind- und Körperschallempfindlichkeit sowie keinen Nahbesprechungseffekt auf. In Stellung "Niere" behält sie ihre Richtcharakteristik bis herab zu tiefsten Frequenzen. Auch das findet man bei Doppelmembrankapseln nicht.

Die folgende Tabelle listet die grundlegenden Eigenschaften der beiden Wandlertypen auf:

Eigenschaften der beiden grundlegenden Wandlertypen

	Druckempfänger (Kugeln) MK 2, 2H, 2S, 3, BLM 3, BLM 03C MK 5 in Stellung "Kugel"	Druckgradientenempfänger MK 21, 21H, 22, 4, 4V, 41, 41V, 8 MK 5 in Stellung Niere, MK 4S, 40, 4A, 4VXS, 41S
Frequenzgang:	Konstant, perfekte Tiefenwiedergabe; im oberen Frequenzbereich muss zwischen Freifeld- und Diffusfeldtypen unterschieden werden.	Abnahme der Empfindlichkeit zu den tiefsten Frequenzen hin; kann bei Positionierung in geringem Abstand zur Schallquelle durch den Nahbesprechungseffekt kompensiert werden.
Richtwirkung / Richtdiagramm:	Kugel (keine Richtwirkung); wird aber nur bis inklusive der mittleren Frequenzen ideal erreicht. Bei sehr hohen Frequenzen: zunehmende Richtwirkung. Deshalb werden auch Kugeln meist auf die Schallquelle ausgerichtet.	Es gibt: Breite Niere, Offene Niere™, Niere, Superniere, Hypernieren, Acht-Charakteristik. Das Richtdiagramm ist bei unserer Acht und der Breiten Niere besonders frequenzunabhängig.
Nahbesprechung:	Nicht vorhanden	Nahheitseffekt auf Grund der Ausbreitungsdämpfung: deutliche Anhebung der tiefen Frequenzen bei abnehmendem Besprechungsabstand (deutlich unter 50cm)
Körperschall-, Wind- und Poppempfindlichkeit:	Sehr gering. Oft bieten schon einfache Schaumstoffwindschutze ausreichenden Schutz.	Meist erhöht; elastische Aufhängungen und aufwändigere Windschutze sind erforderlich.

Die Mikrofonkapseln MK-- der Colette-Serie können auf allen CMC-- Verstärkern eingesetzt werden, ebenso wie auf den speziellen Verstärkern CMBI (Speisung über interne Batterie, mit unsymmetrischem Ausgang) und VST 62 IU (phantomgespeist, zweikanalig, symmetrisch) oder dem M 222-Verstärker (moderne, übertragerlose Röhrenschaltung). Die Art der Speisung und das einsetzbare Zubehör entnehmen Sie bitte dem Hauptkatalog oder www.schoeps.de.

Kapseln

	Einsatzgebiet	Empfehlung
Redher / Sprecher	am Pult	MK 4 (Niere) mit Besprechungs- / Poppschutz B 5 D
	Konferenztechnik	MK 4 (Niere) mit Besprechungs- / Poppschutz B 5 D
	Sprechertisch TV	MK 4 (Niere), bei Abständen größer 0,5m ohne Besprechungsschutz
	im Rundfunk	MK 4V (seitlich besprechbare Niere) mit Poppschutz PR 120 SV
	in lauter Umgebung	(Super-)Niere mit Tiefenabsenkung für Nahbesprechung (10 – 20cm): MK 4S, MK 40, MK 41S
Bühne	TV-Diskussionsrunden	MK 4 (Niere) oder Grenzflächen-Kapsel BLM 03 Cg (Halb-Kugel)
	Kirche	MK 40 (Niere), evtl. in Grenzflächentechnik mit BLCg oder BLM 03 Cg (Halb-Kugel)
	Bühne	Sendemikrofon von AUDIO Ltd., Typ HXiR mit MK 4 (Niere) und Poppschutz B 5 D oder MK 2 S (Kugel)
Vocals	Reportage	MK 5 (Kugel / Niere, umschaltbar) mit Windschutz B 5 D oder W 5 D oder W 20 R1 (Stellung "Kugel" bei starkem Wind und / oder wenn keine störenden Nebengeräusche vorhanden sind)
	Bühne, beweglich	HXiR-Sendemikrofon von AUDIO Ltd. mit MK 4 (Niere) oder MK 2 S (Kugel) und Poppschutz B 5 D
	Bühne, fest	MK 4 (Niere) auf Aktivem Rohr RC mit Windschutz B 5 D, Handmikrofon CMH 64 (Niere)
	Studio	MK 4, 4V (Nieren), MK 22 (OffeneNiere™) mit Poppschutz PR 120 S/SV
Instrumente	alle Instr. (inkl. Percussion): besonders für Orgel:	MK 4 (Niere); wenn mehr Raum aufgenommen werden soll: MK 2S (Kugel) oder – besonders wenn die Tiefen problematisch oder zu stark sind: MK 21 (Breite Niere) oder MK 4 (Niere)
	Pauke, Bass Drum etc.	Druckempfänger, z.B. MK 2 (Kugel)
	Instrumente mit Adapter	Flöte: MK 8 (Acht), Violine: MK 4V (Niere), Saxophon: MK 4 oder MK 4V (Nieren)
	Stützmikrofon	im Orchester: MK 4 (Niere), MK 41 (Superniere), sonst auch MK 21 (Breite Niere) und MK 22 (OffeneNiere™)
Stereo	Orchester, Chor	ORTF-Mikrofon MSTC 64; für beste Tiefenwiedergabe: AB (z.B. mit MK 2S), AB in Grenzflächentechnik mit BLM 3g oder BLM 03 Cg; Decca-Tree mit 3x MK 2S, evtl. mit Kugelaufsatz KA 50
	kleines Orchester/Ensemble	MS mit Aktivem Rohr RCY, Mikrofonen des COLETTE MODULSYSTEMS oder in Grenzflächentechnik, XY mit Mikrofonschiene UMS 20
	Kino- / Fernsehfilm	MS mit MK 41 (Superniere) im M-Kanal oder XY an der Angel, Grenzflächentechnik mit BLM 03 Cg z.B. unter einem dünnen Tischtuch oder im Auto an der Decke
Surround	Orchester	OCT-Surround; Decca-Tree mit 3x MK 2S, evtl. mit Kugelaufsatz KA 50
	Film, Fernsehen	Doppel-MS an der Angel + evtl. Hamasaki-Square für erweiterte Um- hüllung



- MK 2 freifeld-entzerrt
MK 2H Einsatz nahe des Hallradius*
MK 2S universell, Einsatz nahe des Hallradius*
MK 3 diffusfeld-entzerrt

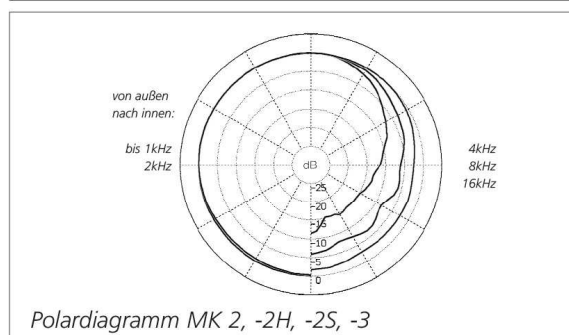
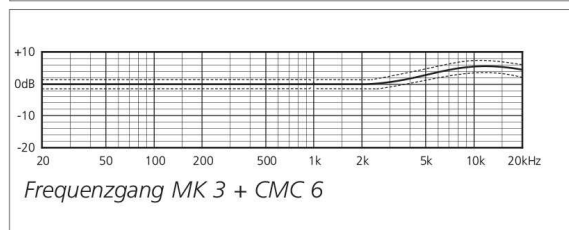
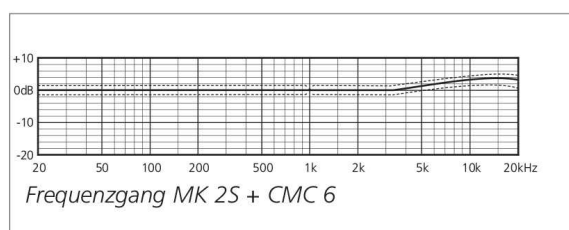
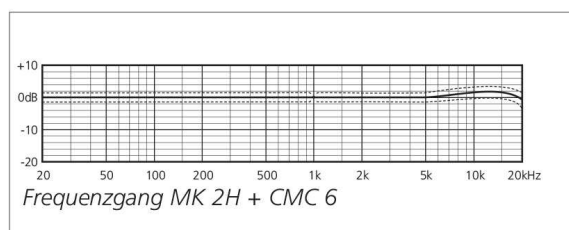
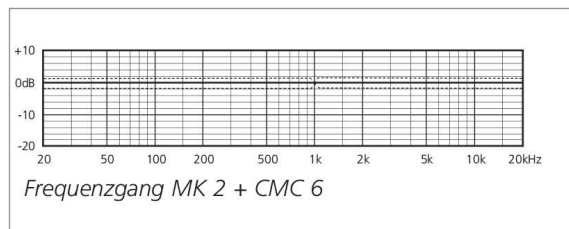
empfohlener Abstand zur Schallquelle:

- MK 2 gering
MK 2H mäßig
MK 2S mittel
MK 3 groß

Die tatsächlichen Mikrofonabstände hängen stark von den Eigenschaften des Aufnahmerraums ab (besonders Größe und Nachhall). Im richtigen Abstand eingesetzt, hat jede dieser Kapseln einen ausgeglichenen Gesamt-Frequenzgang, der durch das für diesen Abstand typische Verhältnis zwischen direktem und reflektiertem Schall gegeben ist.

Hinweise: Trotz der Richtcharakteristik "Kugel" haben diese Kapseln bei hohen Frequenzen eine Richtwirkung. Dies sollte bei der Ausrichtung zur Schallquelle berücksichtigt werden.

Mit dem Mikrofonverstärker CMC 6xt kann der Übertragungsbereich dieser Kapseln bis 40kHz erweitert werden. Zusätzlich werden die Höhen ab ca. 10kHz leicht angehoben.



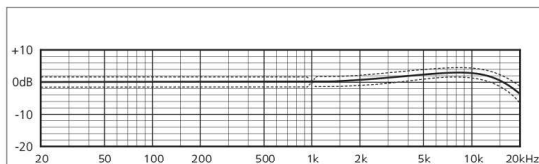
*Hallradius: Der Abstand zur Schallquelle, wo der direkte und der diffus reflektierte Schall den gleichen Pegel haben. Er hängt von der Raumgröße und der Absorption ab.



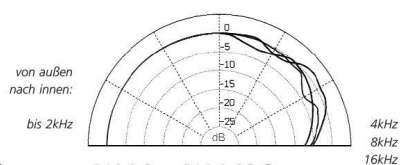
BLM 3g



BLM 03Cg



Frequenzgang BLM 3g, BLM 03Cg + CMC 6



Polardiagramm BLM 3g, BLM 03Cg

- Grenzflächen-Kapseln
- halbkugelförmige Richtcharakteristik
- keine Verfärbung seitlich einfallenden Schalls

Einsatzgebiete:

Musik (Orchester allgemein, im Orchestergraben), auf Bühnen, Sprache; BLM 03C: Diskussionsrunden bei Einsatz auf der Tischplatte

Hinweise: Die BLM-Kapseln nutzen den Grenzflächeneffekt und haben nur dann den hier ausgewiesenen Frequenzgang, wenn sie auf den Boden gelegt werden oder an einer großen Wandfläche angebracht sind. Der Boden bzw. die Wand sollen möglichst schallhart sein (Holz, Fliesen, Stein bzw. Putz, kein dicker Teppich oder Schall schluckende Beläge). Bei Sprache reicht die Platzierung auf einem Tisch.

Messwerte kompletter Mikrofone (Mikrofonkapseln MK -- mit Mikrofonverstärker CMC 6)

Mikrofontyp	Richtcharakteristik	Übertragungsbereich	Empfindlichkeit	Ersatzgeräuschpegel CCIR A-bewertet		Geräuschpegelabstand A-bewertet	Grenzschalldruck (0,5%THD)
MK 2	Kugel	20Hz – 20kHz*	15mV/Pa	23dB	11dB	83dB	130dB
MK 2H	Kugel	20Hz – 20kHz*	15mV/Pa	23dB	12dB	82dB	130dB
MK 2S	Kugel	20Hz – 20kHz*	12mV/Pa	24dB	12dB	82dB	132dB
MK 3	Kugel	20Hz – 20kHz*	10mV/Pa	26dB	14dB	80dB	134dB
BLM 3g	Halbkugel	20Hz – 20kHz	19mV/Pa	23dB	12dB	82dB	128dB
BLM 03 Cg	Halbkugel	20Hz – 20kHz	19mV/Pa	23dB	12dB	82dB	128dB
MK 21	Breite Niere	30Hz – 20kHz*	13mV/Pa	25dB	15dB	79dB	132dB
MK 21H	Breite Niere	30Hz – 20kHz*	10mV/Pa	26dB	16dB	78dB	134dB
MK 22	OffeneNiere™	40Hz – 20kHz*	14mV/Pa	23dB	14dB	80dB	131dB
MK 4	Niere	40Hz – 20kHz*	13mV/Pa	24dB	15dB	79dB	132dB
MK 4V	Niere	40Hz – 20kHz	13mV/Pa	24dB	14dB	80dB	132dB
MK 41	Superniere	40Hz – 20kHz*	13mV/Pa	24dB	16dB	78dB	132dB
MK 41V	Superniere	40Hz – 20kHz	13mV/Pa	24dB	15dB	79dB	132dB
MK 8	Acht	40Hz – 16kHz	10mV/Pa	26dB	18dB	76dB	134dB
MK 5	Kugel	20Hz – 20kHz*	11mV/Pa	26dB	14dB	80dB	133dB
	Niere	40Hz – 20kHz	13mV/Pa	25dB	16dB	78dB	132dB
MK 4S	Niere	80Hz – 20kHz	13mV/Pa	24dB	15dB	79dB	132dB
MK 40	Niere	80Hz – 20kHz	18mV/Pa	22dB	13dB	81dB	129dB
MK 4A	Niere	Nahbesprechung	3mV/Pa	29dB	18dB	76dB	144dB
MK 4VXS	Niere	Nahbesprechung	10mV/Pa	24dB	14dB	80dB	134dB
MK 41S	Superniere	80Hz – 20kHz	13mV/Pa	24dB	15dB	79dB	132dB

**Bei Einsatz des Mikrofonverstärkers CMC 6 xt reicht der Frequenzgang bis 40kHz)*

Anmerkung zum Geräuschpegelabstand bei Studiomikrofonen: Diese Angabe machen wir entsprechend der Norm. Es ist lediglich eine andere Art, den Ersatzgeräuschpegel anzugeben, und erlaubt den Vergleich verschiedener Mikrofone bezüglich ihres Grundrauschens. Anders als die Angabe des Signal-Rauschabstands, wie man sie von übrigen Audio-Equipment kennt, sagt dieser Wert nichts über den Dynamikumfang des Mikrofons aus. Vielmehr ist er bezogen auf einen Referenzpegel von 1 Pascal (1 Pa= 94dB SPL). Der maximale Schalldruckpegel, den ein Mikrofon verträgt, überschreitet diesen

Wert beträchtlich. Würde diese Angabe so wie bei den übrigen Geräten gemacht, läge der Wert für den Geräuschpegelabstand 35 bis 40dB höher!

Die Angabe von A-gewichteten Ersatzgeräuschpegeln führen oft zu einem weiteren Missverständnis. Die A-Gewichtung hat stets deutlich niedrigere Werte zur Folge (meist um 10dB oder mehr). Deshalb wird gerne mit ihm geworben, obgleich die CCIR-gewichteten Rauschwerte in der Praxis ein besserer Indikator für die Bewertung der Wahrnehmbarkeit des Rauschpegels eines Mikrofons sind.



▶ NEUMANN.BERLIN



BEDIENUNGSANLEITUNG OPERATING INSTRUCTIONS

▶ KM 100 SYSTEM

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzbeschreibung
2. Das Kleinmikrofon-System KM 100
- 2.1 Allgemeines, Beschreibung
- 2.2 Die verschiedenen aktiven Kapseln
- 2.3 Ausgangsstufe KM 100
3. Stromversorgung
- 3.1 Phantomspannung
- 3.2 Betrieb mit Netzgeräten
- 3.3 Batteriespeisung
- 3.4 Betrieb an unsymmetrischen oder mittengeerdeten Eingängen
4. Technische Daten
5. Schaltbild KM 100
6. Einige Hinweise zur Pflege von Mikrofonen
7. Frequenzgänge und Polardiagramme
8. Zubehör

1. Kurzbeschreibung

KM 100 ist das variable Kondensator-Kleinmikrofon-System aus der Typenreihe „Jet 100[™]“. Es besteht aus: aktiven Kapseln mit den Richtcharakteristiken Kugel, breite Niere, Niere, Niere mit abgesenktem Basbereich, Hypernieren und Acht, zwei unterschiedlichen Ausgangsstufen und umfangreichem Zubehör für unterschiedlichste Kapselmontage.

Das transformatorlose Schaltungskonzept zeichnet sich aus durch besonders niedriges Eigengeräusch und höchste Aussteuerbarkeit, besonders saubere, freie und verfärbungsfreie Klangübertragung. Die Ausgangsstufen haben einen symmetrischen, transformatorlosen Ausgang.

Der 3-polige XLR-Stecker hat jeweils folgende Belegung:

- Pin 1: 0 V/Masse
Pin 2: Modulation (+Phase)
Pin 3: Modulation (-Phase)

Table of Contents

1. Summarized Description
2. The KM 100 Miniature Microphone System
- 2.1 General Information, Description
- 2.2 The Various Active Capsules
- 2.3 KM 100 Output Stage
3. Power Supply
- 3.1 Phantom Powering
- 3.2 ac Supply Operation
- 3.3 Battery Powering
- 3.4 Operation with Unbalanced or Center Tap Grounded Inputs
4. Technical Specifications
5. Circuit Diagram KM 100
6. Some Remarks on Microphone Maintenance
7. Frequency Responses and Polar Patterns
8. Accessories

1. A Short Description

The KM 100 is the variable condenser miniature microphone system of the "Jet 100[™]" Series. It consists of: active capsules with the directional characteristics omnidirectional, wide-angle cardioid, cardioid with bass roll-off, hypercardioid and figure-8, two different output stages and a comprehensive range of accessories for widely varying methods of capsule mounting.

The main points of excellence of the transformerless circuit design are: remarkably low intrinsic noise and high output capability and particularly clean, free and colorless sound reproduction. The output stages have a balanced, transformerless output.

The 3-pin XLR plug connector is wired as follows:

- Pin 1: 0 V/ground
Pin 2: Modulation (+phase)
Pin 3: Modulation (-phase)

Die Mikrofone werden mit 48 V, 2 mA phantomgespeist (IEC 1938). Feldbetriebsübertragungsfaktor je nach Mikrofonkapsel 10...15 mV/Pa entsprechend -40...-36 dB re. 1 V/Pa. In den Ausgangsstufen befindet sich jeweils ein 10 dB-Schalter zum Absenken des Übertragungsmalles, in der Ausgangsstufe KM 100 F zusätzlich ein Schalter zur Bassabsenkung. Der Dynamikumfang reicht von ca. 16 dB-A (Ersatzgeräuschpegel) bis ca. 138 dB SPL (Grenzschalldruckpegel). Das sind 122 dB.

2. Das Kleinmikrofon-System KM 100

2.1 Allgemeines, Beschreibung

KM 100 ist das variable Kondensator-Kleinmikrofon-System aus der Typenreihe „Jet 100[™]“. Das System ist variabel, weil es eine Reihe unterschiedlicher Kondensatorkapseln mit verschiedenen Richtcharakteristiken anbietet und weil es eine Vielzahl an Zubehör gibt, das zwischen die Kapseln und die Ausgangsstufen geschraubt werden kann. Dadurch lassen sich die Mikrofone an unterschiedlichste Aufgaben besonders leicht und gut anpassen. Ein eventuell im Fernsehbild, auf der Bühne oder im Konzertsaal sichtbares Mikrofon kann besonders unauffällig gehalten werden.

KM 100 heißt Kleinmikrofon-System, weil die Mikrofone nur 92 mm lang sind und einen Durchmesser von 22 mm haben. Das Mikrofon besteht aus der Kondensatorkapsel AK... und der Ausgangsstufe KM 100. z. B. bilden AK 30 und KM 100 das Mikrofon KM 130. Beide Teile können auseinandergeschraubt werden. Das Kapselteil kann auf Zubehör

- Kabel,
- Kapselverlängerungen,
- Stativgelenke,
- Tischständer,
- Schwenkhalterungen und
- Abhängevorrichtungen

geschraubt werden und ist dabei als Kapselteil nur ca. 35 mm lang (AK 20: ca. 50 mm).

Die Ausgangsstufe kann über ein ca. 3 mm dickes Kabel bis etwa 50 m vom Kapselteil abgesetzt werden.

2. The KM 100 Miniature Microphone System

2.1 General Information, Description

The KM 100 is the variable condenser miniature microphone system of the "Jet 100[™]" Series. The system is variable because it offers a number of different condenser capsules with various directional characteristics and because a wide range of accessories can be supplied, which are simply screwed between the capsules and the output stages. The microphones can thus be easily and effectively used for an infinitely wide variety of purposes. A visible microphone in a television scene, on the stage or in the concert hall can thus be kept extremely small and unobtrusive.

The KM 100 is called a miniature microphone system because the microphones are a mere 92 mm long and 22 mm in diameter. The microphone consists of the AK... condenser capsule and the KM 100 output stage. AK 30 and KM 100, for example, make up the KM 130. Both these parts can be unscrewed from each other. The capsule section can be screwed to accessories, such as

- cables,
- capsule extensions,
- stand mounts,
- table stands,
- goosenecks,
- stereo mounts and
- auditorium hangers

and is not more than about 35 mm long (AK 20 approx. 50 mm).

The output stage can be operated at a distance of up to 50 m from the capsule section via a cable only about 3 mm thick.

Anwendungsempfehlungen für das Kleinstmikrofon-System KM 100 sind im Prospekt „KM 100 Application Guide“ beschrieben.

Das KM 100-System gehört zur Typenreihe „let 100“, weil die Mikrofon-Schaltung transformatorlos arbeitet. Sie ist gekennzeichnet durch:

- besonders hohe Aussteuerbarkeit bei sehr niedrigem Eigengeräuschpegel,
- besonders saubere, freie und verfärbungsreife Klangübertragung,
- besonders kompakter Aufbau, indem die gesamte Mikrofon-Schaltung als Baustein mit ca. 2 cm² Grundfläche in Hybridbauweise zusammengefasst ist.

Die Schaltung befindet sich jeweils im Gehäuse der Mikrofonkapsel, die damit zur aktiven Kapsel wird. Dadurch wird bei Verwendung nur der Kapsel, abgesetzt von der Ausgangsstufe und montiert an einem Kabel oder auf einem Schwenkarm, die gesamte hochwertige Mikrofon-Schaltung abgesetzt. Das hat zur Folge, dass die Verwendung des Zubehörs keinerlei Einschränkung in der Übertragungsqualität bedeutet, und dass auch ein langes Kabel zwischen aktiver Kapsel und Ausgangsstufe sehr unempfindlich gegen äußere Störfelder ist. Erst bei Kabellängen deutlich über 50 m macht sich bei dieser Anwendung ein Abfall im oberen Frequenzbereich bemerkbar.

Allerdings kann die Kabellänge durch starke umgebende Störfelder (HF, kapazitive oder induktive Einkopplungen) auf deutlich kleinere Werte begrenzt werden. Dann sollte nach der mindestens erforderlichen Kabellänge auf die Ausgangsstufe des Systems übergegangen werden, um von dort mit der symmetrischen Modulationsleitung (z.B. IC 3 mt) störreicher weiterzugehen. Erst bei (Neumann-) Kabellängen deutlich über 300 m macht sich bei dieser Anwendung ein Abfall im oberen Frequenzbereich bemerkbar.

2.2 Die verschiedenen aktiven Kapseln

Es stehen folgende sieben aktive Kapseln zur Verfügung:

AK 20 SW Best.-Nr. 71659 Druckgradientenempfänger mit der Richtcharakteristik Acht, die mit nur einer Membran realisiert ist. Alle Schallkomponenten wirken unmittelbar an dieser einen Membran ohne die inneren Lauf-

Application hints for using the KM 100 Miniature microphone system are described in the catalog "KM 100 Application Guide".

The KM 100 system is part of the "let 100" Series, the microphone circuitry being transformerless. The system is distinguished by:

- particularly high output level with very low intrinsic noise,
- remarkably clean and uncolored sound reproduction,
- extremely compact design, the entire microphone circuitry of hybrid construction is constituted by a module measuring only 2 cm² in area.

The circuitry is contained in the case of the microphone capsule, which therefore becomes an active capsule. Thus, if the capsule is used by itself, separately from the output stage and mounted on a cable or gooseneck, the entire high quality microphone circuitry is separated with it. The result is that the use of the accessories entails absolutely no impairment of the quality of reproduction and that even a long cable connection to the active capsule is very insensitive to external interference fields. Only when for this application cable lengths are well in excess of 50 m is any fall-off in the upper frequency range noticeable.

It must be mentioned, however, that the useful cable length can be considerably reduced by strong surrounding interference fields (RF, capacitive or inductive coupling). In such cases, the cable length should be kept to the bare minimum and the connection to the output stage of the system should be made, so that from this point, interference can be eliminated with a balanced modulation lead (e.g. IC 3 mt). It is only when (Neumann) cables are well over 300 m that for this application any fall-off in the upper frequency range becomes apparent.

2.2 The Various Active Capsules

The following seven active capsules are available:

AK 20 blk Cat. No. 71659 Pressure gradient transducer with the figure-8 characteristic, realized with a single diaphragm. All sound field components reach the diaphragm directly without the internal path lengths in dou-

zeiten bei Doppelmembransystemen. Der obere Teil der AK 20 lässt sich gegenüber dem unteren verdrehen, um die Kapsel akustisch ausrichten zu können. Befindet sich die bedruckte Kapselhälfte vorne und über dem Logo der Ausgangsstufe, ist das Mikrofon phasenrichtig eingestellt und stimmt mit anderen, seitlich besprochenen Mikrofonen überein. Die Verbindung ist schwergängig konstruiert, so dass die Verdrehung mit einer langsamen, gleichmäßigen Bewegung und nicht versehentlich erfolgen kann. Die Kapsel lässt sich ohne Anschlag beliebig verdrehen.

AK 30 SW Best.-Nr. 69001 AK 30 ist ein freifeldzentrierter Druckempfänger mit einem im freien Schallfeld wirksamen Höhenanstieg (ca. 7 dB bei 10 kHz). Dadurch ist der Frequenzgang im diffusen Schallfeld bis 10 kHz eben.

AK 31 SW Best.-Nr. 69002 AK 31 ist ein freifeldzentrierter Druckempfänger. Das Übertragungsmaß ist im freien Schallfeld bis 20 kHz eben, fällt dafür im diffusen Schallfeld oberhalb 5 kHz ab.

AK 40 SW Best.-Nr. 69007 AK 40 ist ein Druckgradientenempfänger mit Richtcharakteristik Niere. Sehr gleichmäßige, zur 0°-Schalleinfallrichtung parallele Frequenzkurven. Damit wird der Aufnahmesektor bis ± 135° ohne Klangfärbungen übertragen.

AK 43 SW Best.-Nr. 69014 AK 43 ist ein Druckgradientenempfänger mit Richtcharakteristik Breite Niere. Die Dämpfung beträgt 4 dB bei 90°, 8 dB bei 135° und 11 dB bei 180°. Die Frequenzkurven für den von vorn einfallenden Schall (± 90°) sind bis 12 kHz parallel.

AK 45 SW Best.-Nr. 69015 AK 45 ist ein Druckgradientenempfänger mit Richtcharakteristik Niere wie AK 40. Eine akustische Tiefenabsenkung im Freifeld dient der Unterdrückung von tiefrequenten Störungen (Windgeräusche, Körperschall). Durch den bei Druckgradientenmikrofonen physikalisch bedingten Naheffekt ergibt sich bei Nahbesprechung aus ca. 15 cm Abstand ein ebener Frequenzgang (Sprachmiete).

AK 50 SW Best.-Nr. 69016 AK 50 ist ein Druckgradientenempfänger mit Richtcharakteristik Hypermiete. Dämpfung für Schall-

ble diaphragm designs. The top part of the AK 20 is rotatable relative to the lower part in order to allow acoustic alignment of the front side with the logo on the output stage. When the front side of the capsule with the printed figure-8 symbol is aligned with the logo, the microphone is phase-aligned and has the same polarity as other side-entrance microphones. The rotating joint is constructed with some mechanical resistance, so that the alignment can be performed with a smooth, slow rotating motion and cannot happen accidentally. The capsule can be rotated infinitely through 360 degrees.

AK 30 blk Cat. No. 69001 AK 30 is a diffuse-field equalized pressure transducer with a free-field treble boost (approx. 7 dB at 10 kHz). The frequency response in the diffuse sound field is flat up to 10 kHz.

AK 31 blk Cat. No. 69002 AK 31 is a free-field equalized pressure transducer. The sensitivity in the free sound field is flat up to 20 kHz. In the diffuse sound field there is a roll-off above 5 kHz.

AK 40 blk Cat. No. 69007 AK 40 is a pressure gradient transducer with cardioid characteristic. The frequency curves are very even and parallel to 0° sound incidence. Sound sources within a pickup angle of ± 135° are transmitted without coloration.

AK 43 blk Cat. No. 69014 The AK 43 is a pressure gradient transducer with wide-angle cardioid characteristic. Attenuation: 4 dB at 90°, 8 dB at 135° and 11 dB at 180°. The frequency response for sound sources within an angle of ±90° (off axis) is parallel up to 12 kHz.

AK 45 blk Cat. No. 69015 AK 45 is a pressure gradient transducer with cardioid characteristic just like the AK 40. However, it has an acoustic bass roll-off characteristic in the free field and therefore suppresses interfering LF noise (wind, structure-borne noise). Since proximity effect is a natural feature of pressure gradient microphones, the AK 45 appears to be optimized for a flat frequency response at a recording distance of approximately 15 cm (speech cardioid).

AK 50 blk Cat. No. 69016 AK 50 is a pressure gradient transducer with a hypercardioid characteristic. Attenuation of sound

4. Technische Daten / Technical Specifications

Typ / Type	KM 120	KM 130	KM 131	KM 143	KM 140	KM 145	KM 150
Akustische Arbeitsweise Acoustic operating principle	Druckgradientenempfänger Pressure gradient transducer	Druckempfänger Pressure transducer	Druckempfänger Pressure transducer	Druckempfänger Pressure transducer	Druckempfänger Pressure transducer	Druckgradientenempfänger Pressure gradient transducer	Druckgradientenempfänger Pressure gradient transducer
Richtcharakteristik Directional pattern							
Übertragungsbereich / Frequency range	20 ... 20.000 Hz		20 ... 20.000 Hz		20 ... 20.000 Hz		
Feldübertragungsfaktor ¹⁾ / Sensitivity ¹⁾	12 mV/Pa	12 mV/Pa	12 mV/Pa	15 mV/Pa	15 mV/Pa	14 mV/Pa	10 mV/Pa
Nennimpedanz / Rated impedance	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm
Geräuschpegelabstand ²⁾ , CCIR ³⁾ Signal-to-noise ratio ²⁾ , CCIR ³⁾	68 dB	67 dB	69 dB	69 dB	69 dB	68 dB	67 dB
Geräuschpegelabstand ²⁾ , A-bewertet ³⁾ Signal-to-noise ratio ²⁾ , A-weighted ³⁾	76,5 dB	78 dB	78 dB	78 dB	78 dB	77 dB	76 dB
Ersatzgeräuschpegel, CCIR ³⁾ Equivalent noise level, CCIR ³⁾	26 dB	27 dB	25 dB	25 dB	25 dB	26 dB	27 dB
Ersatzgeräuschpegel, A-bewertet ³⁾ Equivalent noise level, A-weighted ³⁾	17,5 dB-A	16 dB-A	16 dB-A	16 dB-A	16 dB-A	17 dB-A	18 dB-A
Grenzschalldruckpegel für 0,5 % Klirrfaktor ⁴⁾ Max. SPL for less than 0.5 % THD ⁴⁾	140 dB	140 dB	140 dB	138 dB	138 dB	138 dB	142 dB
mit Vordämpfung / with preattenuation	150 dB	150 dB	150 dB	148 dB	148 dB	148 dB	152 dB
Dynamikumfang des Mikrofonverstärkers Total dynamic range of the microphone amplifier	122,5 dB	124 dB	124 dB	122 dB	122 dB	121 dB	124 dB
Stromaufnahme ⁵⁾ / Current consumption ⁵⁾	2 mA	2 mA	2 mA	2 mA	2 mA	2 mA	2 mA
Gewicht / Weight	100 g	80 g	80 g	80 g	80 g	80 g	80 g
Abmessungen / Dimensions (L x ø)	110 x 24 mm	92 x 22 mm	92 x 22 mm	92 x 22 mm	92 x 22 mm	92 x 22 mm	92 x 22 mm

94 dB SPL $\hat{=}$ 1 Pa = 10 μ bar, 0 dB $\hat{=}$ 20 μ Pa

1) bei 1 kHz an 1 kOhm Nennlastimpedanz.

2) bezogen auf 94 dB SPL

3) nach IEC 60268-1; CCIR-Bewertung nach CCIR 468-3, Quasi-Spitzenwert;

A-Bewertung nach IEC 61672-1, Effektivwert

4) Klirrfaktor des Mikrofonverstärkers bei einer Eingangsspannung, die der von der Kapsel beim entsprechenden Schalldruck abgegebenen Spannung entspricht.

5) Phantomspannung (P48, IEC 61938).

1) at 1 kHz into 1 kohms rated load impedance.

2) re 94 dB SPL

3) according to IEC 60268-1; CCIR-weighting according to CCIR 468-3, quasi peak;

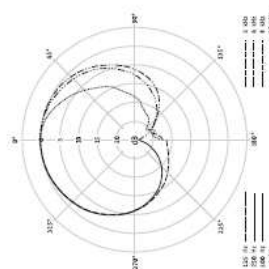
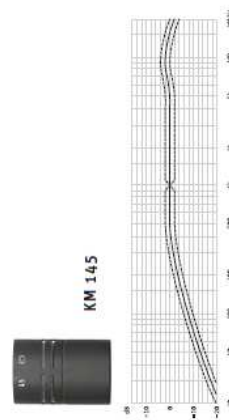
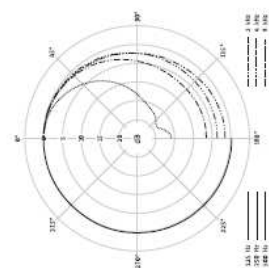
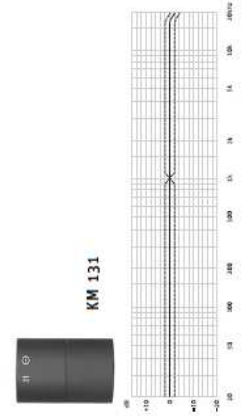
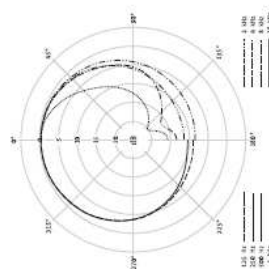
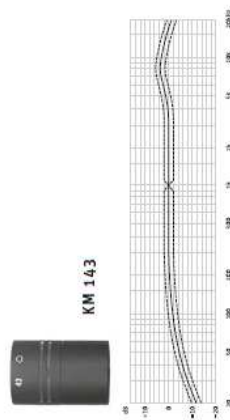
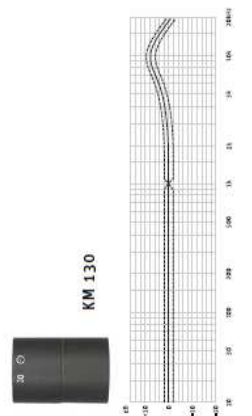
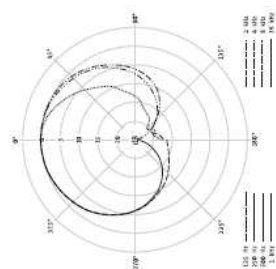
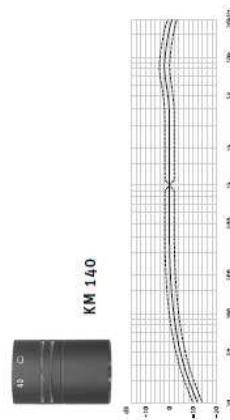
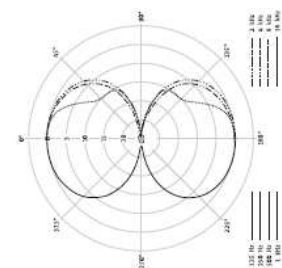
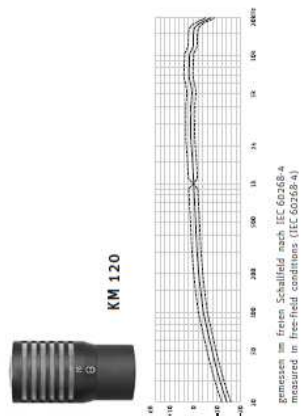
A-weighting according to IEC 61672-1, RMS

4) THD of microphone amplifier at an input voltage equivalent to the capsule output at the specified SPL.

5) Phantom powering (P48, IEC 61938).



7. Frequenzgänge und Polardiagramme / Frequency Responses and Polar Patterns



SEIT 1928 KONDENSATORMIKROFONE
FÜR STUDIO - UND MESSTECHNIK

MICROTECH GEFELL



M 930



M 940



M 950



**KONDENSATOR-STUDIO-
MIKROFONE**

- hoch aussteuerbar
- Ersatzgeräuschpegel 7 dB-A
- universell einsetzbar
- neue Großmembrankapsel
- vollendetes Schaltungsdesign
- transformatorlos
- elastische Systemaufhängung
- kompakt und preiswert



M 930 M 940 M 950

2

KONDENSATOR-STUDIOMIKROFONE

hoch aussteuerbar und außergewöhnlich rauscharm

M 930 mit nierenförmiger Richtcharakteristik

M 940 mit supernierenförmiger Richtcharakteristik

M 950 mit breitnierenförmiger Richtcharakteristik

Die Studiomikrofone M 930, M 940, M 950 vereinen moderne Großmembran-Kapseltechnologie mit neuester Halbleiter-Schaltungstechnik.

Sie sind für professionelle und semiprofessionelle Anwender konzipiert, die höchste Ansprüche an ihr Equipment stellen.

Die Mikrofone sind für den universellen Einsatz in Rundfunk- und Tonstudios sowie aufgrund des günstigen Preises auch im anspruchsvollen Home-Recording-Bereich besonders geeignet.

Mögliche Anwendungen sind: Gesang, Sprecherplätze, Hörspiele und als Stützmikrofon für Aufnahmen von Gitarren, Tasten-, Schlag-, Blas- und Streichinstrumenten.

Die Einsprechrichtung ist senkrecht zur Mikrofonachse. An der Vorderseite sind die Typ-Kennzeichnung und das Richtcharakteristiksymbol angeordnet.

Die verwendeten Kondensator-Mikrofonkapseln - Niere, Superniere oder Breitnieren - besitzen einen ausgeglichenen Frequenzgang mit einer leichten Höhenpräsenz von 7 bis 11 kHz und eine hohe Auslöschung für rückwärtigen bzw. seitlichen Schalleinfall.

Das neuartige Schaltungsdesign des Impedanzwandlers ermöglicht aufgrund des erweiterten Aussteuerungsbereiches die detailgetreue Übertragung geringer Schallpegel sowie die verzerrungsfreie Abbildung sehr hoher Schalldrücke.

Die EMV-Festigkeit des M 930, M 940, M 950 liegt deutlich über der herkömmlicher Mikrofone.

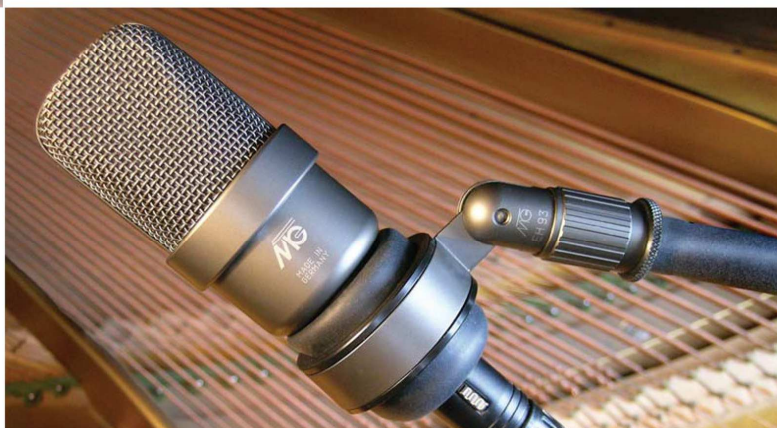
Im kompakten Mikrofongehäuse ist der Innenaufbau gemeinsam mit der Kapsel elastisch gelagert, um Körperschall und Stöße zu dämpfen. Darüber hinaus ist der am Mikrofon befestigte Mikrofonhalter MH 93.1 im Bedarfsfall gegen eine elastische Mikrofonhalterung EH 93 austauschbar.

Die Mikrofone sind mit einem 3-poligen XLR-Stecker für den Anschluss eines Mikrofonkabels, z.B. C 70, ausgestattet. Die Stromversorgung erfolgt in genormter 48 V-Phantomspannung nach DIN 45596 und IEC 268-15.

Die Mikrofone werden in den Varianten nickel matt und dunkel bronze gefertigt.



M 930
mit elastischer
Halterung EH 93



M 930 M 940 M 950

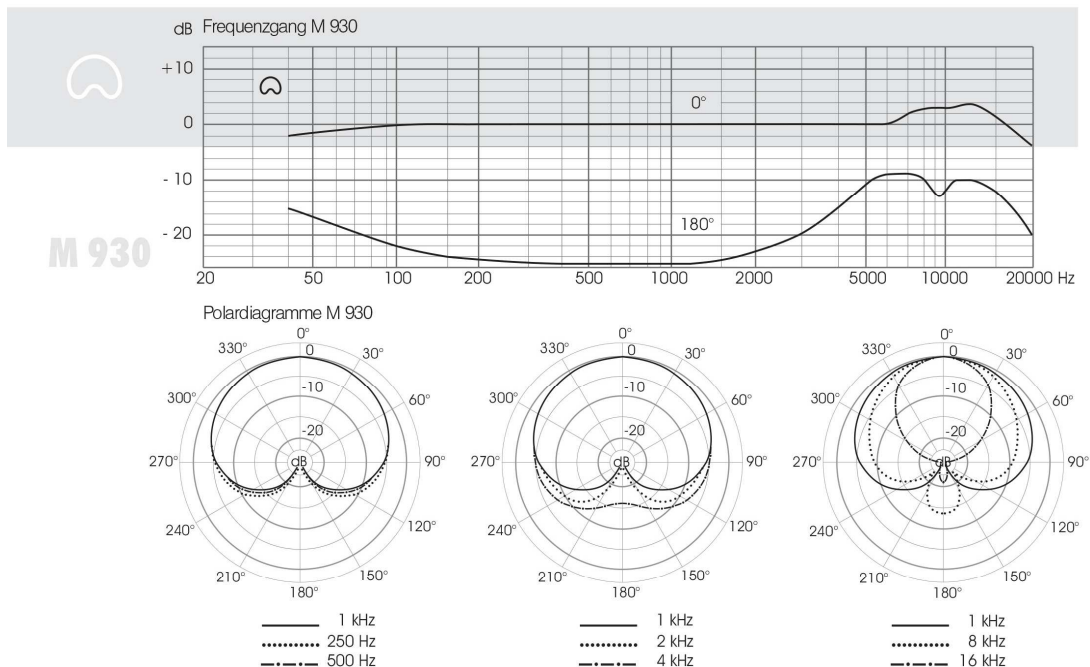
4

TECHNISCHE DATEN

CE Zertifikat

		M 930	M 940	M 950
Richtcharakteristik		Niere	Superniere	Breitniere
Akustische Arbeitsweise		Druckgradientenempfänger		
Übertragungsbereich		40 ... 18000 Hz		
Feldbetriebsübertragungsfaktor bei 1 kHz		21 mV/Pa	23 mV/Pa	20 mV/Pa
Nennimpedanz		100 Ω	100 Ω	100 Ω
Ersatzgeräuschpegel	CCIR 468-4	13 dB	12 dB	13 dB
	DIN EN 60 651	7 dB - A	6 dB - A	7 dB - A
Geräuschpegelabstand (bez. auf 1 Pa bei 1 kHz)	CCIR-bewertet	81 dB	82 dB	81 dB
	A-bewertet	87 dB	88 dB	87 dB
Grenzschalldruckpegel für K < 0,5 %		142 dB	141 dB	142 dB
Max. Ausgangsspannung bei R _L = 1 kW		17 dBu	17 dBu	17 dBu
	R _L = 10 kW	18 dBu	18 dBu	18 dBu
Dynamikumfang des Mikrofonverstärkers		135 dB	135 dB	135 dB
Stromaufnahme (P 48, DIN 45596, IEC 268-15)		3,6 mA	3,6 mA	3,6 mA
Anschlussarmatur		XLR-Steckverbinder 3-polig, Kontakte vergoldet		
Gewicht ohne MH 93.1		210 g		
Abmessungen (L x Ø)		118 mm x 45 mm		
Farbe		nickel matt, dunkel bronze		

FREQUENZGÄNGE M 930



XY-UND ORTF-STEREOAUFNAHMEN

M 930 mit nierenförmiger Richtcharakteristik

M 940 mit supernierenförmiger Richtcharakteristik

M 950 mit breitnierenförmiger Richtcharakteristik

Das sehr geringe Eigenrauschen der Mikrofone, 6 bzw. 7 dB-A, die extrem hohe Aussteuerbarkeit und die große EMV-Festigkeit unterstreichen den Gebrauchswert für hochwertige Stereoaufnahmen.

Die ansprechende Formgebung der derzeit kleinsten, äußerst kompakten Großmembranmikrofone ermöglicht den Einsatz für Stereoaufnahmen in XY-Technik, Bild 1 oder ORTF-Anordnung, Bild 2.

Die XY-Technik ist die meist angewandte Intensitätsstereophonie. Sie lässt sich vorteilhaft durch die koinzidente Anordnung von zwei Monomikrofonen mit ausgeprägter Richtcharakteristik realisieren. Beide Mikrofone werden zueinander in einem Winkel von 45°-180° entsprechend der Aufnahmesituation eingestellt.

Ebenso ist die vom französischen Rundfunk entwickelte ORTF-Anordnung der Mikrofone als leicht handhabbare und variable Lösung nutzbar. Die Studiomikrofone werden in einem Abstand von 170 mm und einem Winkel von 110° - Skalierung ORTF - zueinander auf dem Tandem TD 93 montiert, wobei Abstand und Winkel entsprechend dem Einsatz angepasst werden können. Für ORTF-Stereoaufnahmen werden Laufzeit und Intensitätsdifferenzen der Signale genutzt.

Optional sind für die ORTF-Anwendung auch anstelle der zugehörigen Mikrofonhalter MH 93.1 die elastischen Mikrofonhalter EH 93 einsetzbar.

Zusammen mit den speziellen Mikrofonträgern, Stereohalter SH 93 und Tandem TD 93, ergeben sich preisgünstige Alternativen zu einem Stereomikrofon.

Die Studiomikrofone werden für diese Anwendungen paarig selektiert.

Oberfläche: nickel matt, dunkel bronze

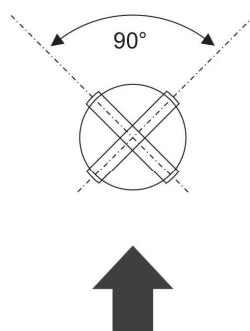


Bild 1: XY-Anordnung

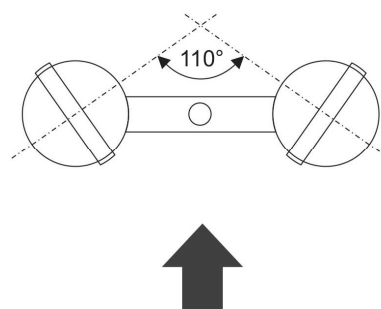
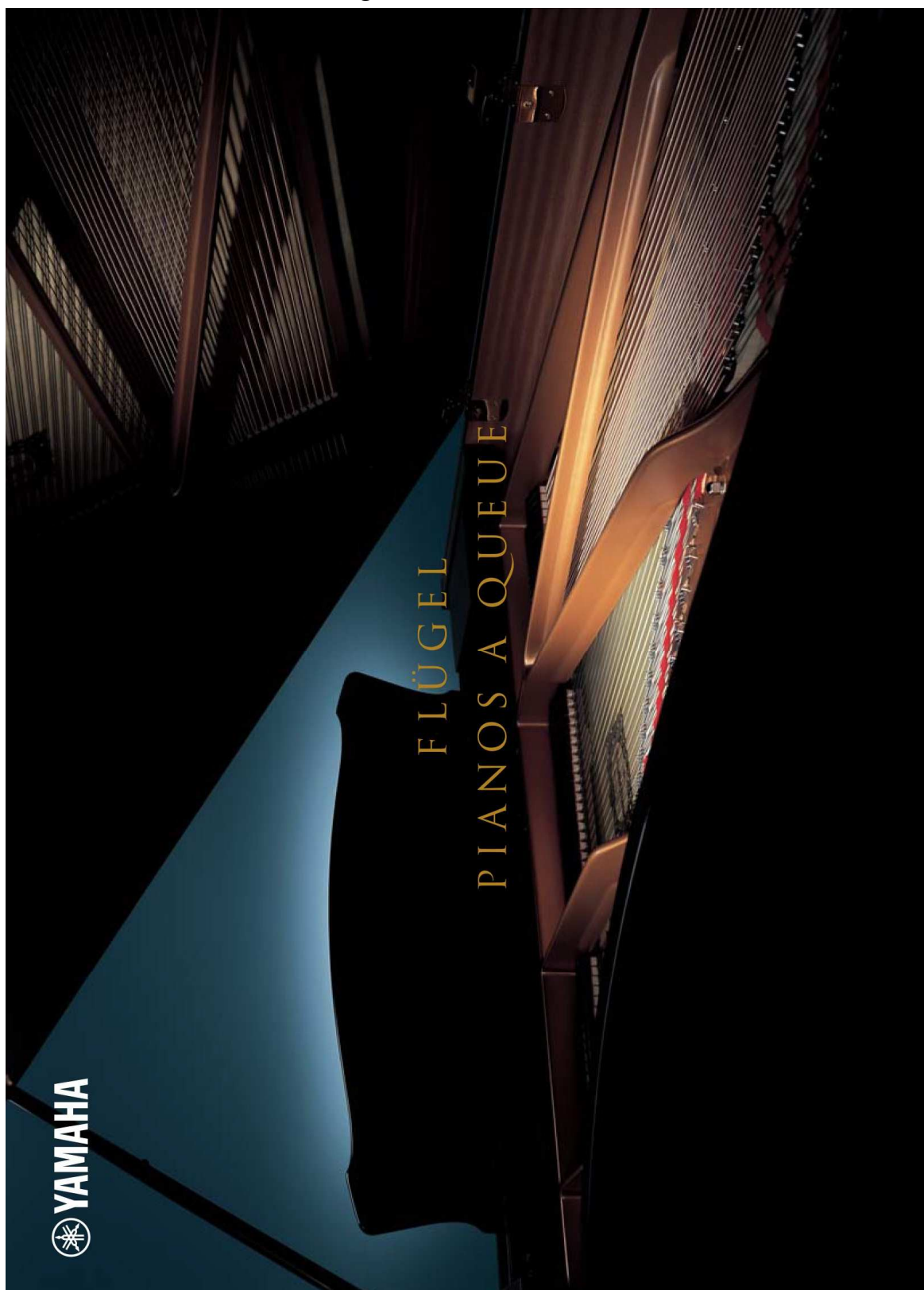


Bild 2: ORTF-Anordnung

Datenblatt des Yamaha Flügels



C2

173cm (5'8")

Tastatur aus Ivorite® und Holzverbundmaterial. Obwohl er noch relativ kompakt ist, kann durch die größere Länge des C2 ein tieferer und herrlicher Klang erzielt werden.

Abgebildet in schwarz hochglanzpoliert

Le C2, avec son clavier en Ivorite® et bois composite, offre une longueur de cordes permettant d'obtenir un son d'une richesse et d'une beauté exceptionnelles, pour un encombrement réduit.

Représenté en finition noir brillant sur la photo



Modell-Spezifikation

Lebenslauf

Caractéristiques

Modell	Modèle	GB1	GC1	GC2	C1	C2	C3STUDIO	C3	C5	C6	C7
Abmessungen: Länge (cm) (Fuß/Zoll)	Dimensions: Longueur (cm) (pied/pouces)	151 5'	161 5'3"	173 5'8"	161 5'3"	173 5'8"	186 6'1"	186 6'1"	200 6'7"	212 7'	227 7'6"
Breite (cm) (Fuß/Zoll)	Largeur (cm) (pouces)	146 57"	149 59"	149 59"	149 59"	149 59"	149 59"	149 59"	149 59"	154 61"	155 61"
Höhe (cm) (Fuß/Zoll)	Hauteur (cm) (pouces)	99 39"	101 40"	101 40"	101 40"	101 40"	101 40"	101 40"	101 40"	102 40 1/2"	102 40 1/2"
Gewicht (kg) (lb)	Poids (kg) (lb)	261 575	290 639	305 672	290 639	305 672	320 705	320 705	350 772	405 892	415 915
Duplex-Skala	Système duplex	Nur vorne A l'avant seulement									
Ton-Kollektor	Capteur de tonalité	Nein Non									
Tastoberflächen: Weiß Schwarz	Revêtement des touches: Blanches Noires	Acrylharz Phenolharz	Résine Acrylique Résine Phénolique		Ivorite ^{EW} Verbundholz	Ivorite ^{MD} Bois composite	Resine Acrylharz Phenolharz	Ivorite ^{EW} Verbundholz	Ivorite ^{MD} Bois composite		
Notenhalter- positionen	Nombre de Positions du Positions du lutrin										
Deckelstützen- positionen	Positions du couvercle		2		3		2		3		
Deckelstützen- Sicherheitsvorrichtung	Mécanisme d'arrêt du bras de couvercle	Nein Non									
Deckellante	Bords du couvercle										
Safrt schließende Klaviaturklappe TM	Cylindre à fermeture progressive [®]										
Deckel-und Klappenschloß	Serrure du couvercle										
Mittel-Peda	Pédale centrale		Nein Non								
Gehäusenausführungen	Finitions										
Auch erhältlich als:	Également offert en version :										
SILENT <i>Piano</i>		—	GC1SG	GC2SG	C1SG	C2SG	—	C3SG	C5SG	C6SG	C7SG
disklavier [®] MARK V SERIES		—	DGC1M4 —	DGC2M4 —	DC1M4 —	DC2M4 —	—	DC3M4 DC3M4PRO	DC5M4 DC5M4PRO	DC6M4 DC6M4PRO	DC7M4 DC7M4PRO
disklavier [®] E3		DGBIE3	DGCIE3	DGC2E3	DCIE3	DC2E3	—	—	—	—	—

• Die Beschreibungen und Fotografien in dieser Broschüre dienen lediglich der Information.
• Änderungen der Produkte und technischen Daten vorbehalten.

• Les descriptions et photographies contenues dans cette brochure ne sont données qu'à titre indicatif.
• Yamaha se réserve le droit de changer ou de modifier ses produits ou les caractéristiques à tout moment sans préavis.

Lebenslauf

Angaben zur Person



Nachname / Vorname	Nikendei Martin
Adresse	Kaiserstraße 37/14, 1070 Wien, Österreich
Telefon	+43 (0)660 / 81 41 812
E-mail	Martin.nikendei@gmx.at
Staatsangehörigkeit	Österreich
Geburtsdatum	14.10.1982
Geschlecht	Männlich

Schul- und Berufsbildung

Datum	Oktober 2003 – Heute
Bezeichnung der erworbenen Qualifikation	Student der Musikwissenschaft; Diplomarbeit „Mikrofonierung und Aufnahmetechniken von Klaviermusik“
Hauptfächer	Systematische Musikwissenschaft, Ethnomusikologie, Technologie in der Musikwissenschaft
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Institut für Musikwissenschaft, Universität Wien, Spitalgasse 2-4. 1090 Wien
Datum	September 2003 – Juni 2005
Bezeichnung der erworbenen Qualifikation	„Basic Media Certificate“ und „Audio Engineering Diploma“
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Studiotechnik, Livetechnik inkl. Technische Planung, Lichttechnik, Filmschnitt, Animation
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	SAE Technology Institute, Linke Wienzeile 130A, 1060 Wien
Datum	September 1997 - Juni 2002
Bezeichnung der erworbenen Qualifikation	Reife- und Diplomprüfung der Höheren Lehranstalt für Elektronik; Nachrichtentechnik Ausbildungsprofil: Technologien der Medien Maturaprojekt: Präsentations CD für TTTech
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Mess- Steuerungs- und Regelungstechnik, Fertigungstechnik und Konstruktionslehre, Medienproduktion, Elektronik und Digitaltechnik, Nachrichtentechnik, Multimediadesign, Technologie der Medien, Hochfrequenz- und Impulstechnik
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	TGM Wien 20, Höhere Technische Bundes- Lehr- und Versuchsanstalt, Wexstrasse 19-23, 1200 Wien
Datum	September 1993 - Juni 1997
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Bundesrealgymnasium Gänserndorf, Gärtnergasse 5-7, 2230 Gänserndorf

Berufserfahrung

Datum	Juli 2009 bis Heute
Beruf oder Funktion	Audio- / Videotechniker
Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Technische Planung und Konzeption von Audio- und Videosystemen, Aufbau und Wartung dieser Anlagen, Leitung des technischen Services
Name und Adresse des Arbeitgebers	checkpointmedia AG, Im Haus der Musik / Seilerstätte 30, 1010 Wien
Datum	September 2007 – September 2009
Tätigkeit	Selbsterhalterstipendium der Studienbeihilfenbehörde für das Studium der Musikwissenschaften
Datum	Dezember 2007 bis Juli 2009
Beruf oder Funktion	Projektweise Audio- / Videotechniker
Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Technische Planung und Betreuung von Events, Herstellung und Wartung von Live-Webstreams, Aufbau und Wartung von Audio- und Video- und Multimediaanlagen
Namen der Arbeitgeber	Checkpointmedia Multimediaproduktionen, Unas Media Productions, Wiener Volksliedwerk, Universität Wien, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien,
Datum	Juli 2007 bis Dezember 2007
Beruf oder Funktion	Audio- / Videotechniker
Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Aufbau von Konferenzräumen, Medienstationen und weiterer AV-, Studio- und Eventtechnik, sowie Wartung der Anlagen
Name und Adresse des Arbeitgebers	Checkpointmedia, Im Haus der Musik / Seilerstätte 30, 1010 Wien
Datum	Seit November 2004
Beruf oder Funktion	Ton- & Lichttechniker
Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Technische Planung und Durchführung von Konzerten, Tagungen und Konferenzen
Namen der Arbeitgeber	Regionalmusikschule Strasshof, Universität für Musik und darstellende Kunst, Universität Wien
Datum	August 2004 bis August 2007
Beruf oder Funktion	Bundesdienst beim Stadtschulrat für Wien Laborant im Elektrotechniklabor der HTL Wien Donaustadt
Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Instandhaltung und Umbau der Elektrotechnik-Labors, Wartung der im Laborbetrieb eingesetzten Geräte, Unterstützung der Lehrer im Laborunterricht, Instandhaltung der PCs und des Schulnetzwerkes, Beschaffung und Bereitstellung der für den Labor- und Projektunterricht benötigten Bauteile
Name und Adresse des Arbeitgebers	Stadtschulrat für Wien; Wipplingerstrasse 28, 1010 Wien

Persönliche Fähigkeiten und Kompetenzen

Muttersprache	Deutsch
Sonstige Sprachen	Englisch in Wort und Schrift Weiters Unterricht in Französisch, Spanisch und Slowakisch erhalten
Soziale Fähigkeiten und Kompetenzen	- Teamgeist (Leitung des Service-Teams, Mitglied eines Radsportteams) - gute Kommunikationsfähigkeit, erworben unter anderem durch meine Tätigkeit als Rettungssanitäter sowie als Studentenvertreter
Organisatorische Fähigkeiten und Kompetenzen	- Organisationsfähigkeit (Erfahrung auch im Bereich Logistik) - Erfahrung im Bereich Projekt- und Teamleitung, gesammelt sowohl im Zuge meiner Arbeitstätigkeit als auch bei Universitätsprojekten
Technische Fähigkeiten und Kompetenzen	- Planung, Aufbau und Wartung technischer Anlagen unter Berücksichtigung von Kundenwünschen, technischen Vorgaben und Sicherheitsvorschriften - Beschallungstechnik (Planung, Bau und auch die Nutzung als Tontechniker u.A. für das Wiener Volksliedwerk, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien und der Universität Wien) - Lichttechnik (Planung, Bau und auch die Nutzung als Lichttechniker bei diversen Konzerten und einem Kinder-Musical) - Film- und Videoschnitttechnik (Tontechniker, Kameramann und Produktion von Musikvideos und Beiträgen für das Sendeformat „Globalista Livingroom“ auf Okto TV) Zusammenarbeit u.A. mit: Erwin Leder (Regie/Schauspieler), Herwig Steiner (Kamera), Klaus Achter (Kamera) - Tontechnik (Audioaufnahme und –schnitt u.A. bei „Joel“, „Marcin Suder“, „Plan B“, „Philharmonie Marchfeld“, „Arc en ciel“ sowie bei diversen Volksmusikern, Universitäts- und Musikschulprojekten) - Audio- und Videostreaming (Tätigkeit für emap.fm, ohr.fm und unas media productions)
IKT-Kenntnisse und Kompetenzen	- souverän im Umgang mit: Microsoft Office, Autodesk AutoCAD, ProTools, Fruity Loops, Sibelius, Adobe Premiere, - Grundkenntnisse im Umgang mit: Ecs-CAD, Logic, Adobe Photoshop & After Effects, Final Cut Pro - Apple-Benutzer
Künstlerische Fähigkeiten und Kompetenzen	- Musikschulausbildung an folgenden Instrumenten: Violine, Viola, Klavier, Schlagzeug, Gesang - Mitglied und Tontechniker der Philharmonie Marchfeld, der Klangvereinigung Wien und des Coro Siamo
Sonstige Fähigkeiten und Kompetenzen	- Oktober 2011 Erste Hilfe Kurs beim Arbeitersamariterbund - Juli 2007 bis Juli 2009 Studienrichtungsvertreter des Instituts für Musikwissenschaft an der Universität Wien - Oktober 2007 Zusatzergänzungsprüfung Latein an der Universität Wien - April 2006 Dienstprüfung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur; mit Auszeichnung bestanden (Prüfungsgegenstände: Öffentliches Recht, Öffentlicher Dienst, Informations- und Kommunikationstechnologie, Grundzüge der Verwaltungsökonomie und Haushaltsrecht, Ressortfach Bildung) - Juni 2005 Teilnahme an einem Kurs über Abfallwirtschaft der Magistratsabteilung 22 - 01.10.2003 bis 31.12.2007 ehrenamtlicher Mitarbeiter des Österreichischen Roten Kreuzes, Bezirksstelle Gänserndorf - Zivildienst vom 01.10.2002 bis 30.09.2003 beim Österreichischen Roten Kreuz
Hobbys	- Sport: Mountainbiken, Laufen - Technik: Fotografie, PC-Technik, Neue Medien - Reisen
Führerscheine	A, B