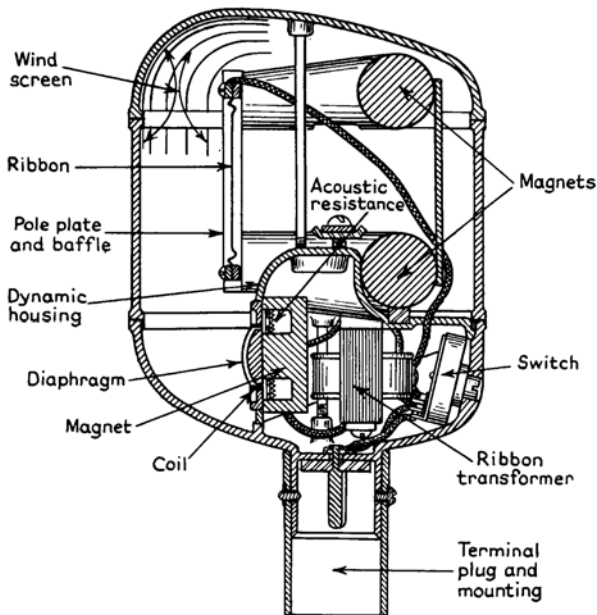


3. Mikrofone



Inhalt

1. Das Mikrofon als Wandler
2. Das Mikrofon im Schallfeld
3. Abstimmung von Aufnahmewandlern
4. Kondensatormikrofone,
Stromversorgung und Elektronik
5. Grenzflächenmikrofone,
am Körper befestigte Mikrofone
6. Exemplarische Beispiele
7. Uebertragungseigenschaften
8. Klangeigenschaften
9. Stereo-Mikrofonanordnungen
10. kopfbezogene Mikrofonanordnungen

Ueberblick Scripts

Theorie der Tontechnik

1. Geschichte der Tontechnik	tt01.pdf
2. Gehör	tt02.pdf
3. Mikrofone	tt03.pdf
4. Schallquellen	tt04.pdf
5. Lautsprecher und Kopfhörer	tt05.pdf
6. Akustik und Raumbeschallung	tt06.pdf
7. analoge Audiotechnik	tt07.pdf
8. digitale Audiotechnik	tt08.pdf
9. Signalaufzeichnung	tt09.pdf
10. Technik der Musikaufnahme	tt10.pdf
Anhang	
Grundlagen	ttA.pdf

Tontechnik special

Aufnahmen	ttspecial.aufnahmen
Grundlagen	ttspecial.grundlagen
Lautsprecher im Raum	ttspecial.L-imraum
Mhs2	ttspecial.mhs2
Mikrofone	ttspecial.mikrofon
Musikakustik	ttspecial.musikakustik
Surround	ttspecial.surround

Materialien zur Tontechnik

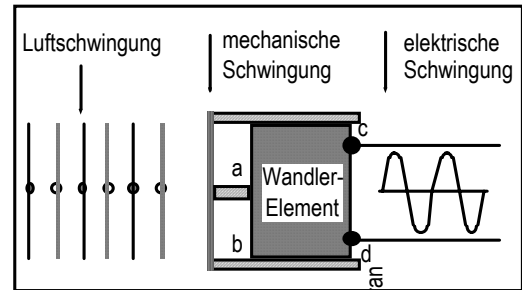
Computer	computer.pdf
Diverses	diverses.pdf
HD-Recording	hdrecording.pdf
Headphon	headphone.pdf
Lautsprecher	lautsprecher.pdf
Manuals	manuals.pdf
Mikrofone	microphone.pdf
Sound absorption	soundabsorption.pdf
Surround	surround.pdf
Technik	technik.pdf
Tube Data	tubedata.pdf

1. Das Mikrofon als Wandler

1.1 Funktionsweise eines Wandlers

Mikrofone sind elektroakustische Wandler. Sie wandeln Schallenergie in elektrische Energie um. Das elektrische Signal am Mikrofonausgang entspricht dem akustischen Eingangssignal.

(Bild 1)



Praktisch:

Eine Membran wird von den auftreffende Schallwellen zum Mitschwingen angeregt. Die Membran ist entweder an ein separates Wandler-System angekoppelt (zum Beispiel beim Tauchspulmikrofon), oder sie ist Bestandteil des Wandler-Systems (beim Bändchen- und beim Kondensatormikrofon). Das Mikrofon hat als Wandler zwei mechanische Eingangsklemmen /a,b) und zwei elektrische Ausgangsklemmen (c,d)

1.2 Wandlermöglichkeit

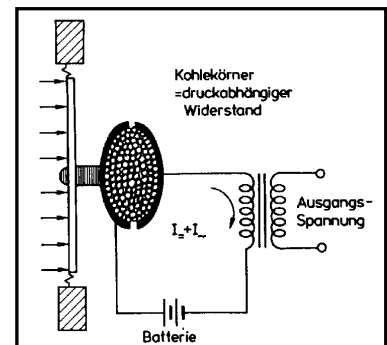
1.2.1 Relaiswandler (Kohlemikrofon)

Es handelt sich im Prinzip um einen Widerstand, dessen Wert sich unter dem Einfluss der Bewegung einer Mikrofonmembran ändert.

Kohlemikrofone sind gemäss Bild 2 aufgebaut:

Das als Widerstandsmaterial verwendete Kohlegriess liegt zwischen den zwei Elektroden, einer Kontaktplatte K und einer elektrisch leitenden Membran M. Durch das Mikrofon fliesst ein Gleichstrom i , dem bei beschallter Membran ein Wechselstrom überlagert ist. Die Ausgangsspannung u wird als Wechselspannungsabfall am Widerstand R entnommen.

In der heutigen Audiotechnik hat das Kohlemikrofon praktisch keine Bedeutung.



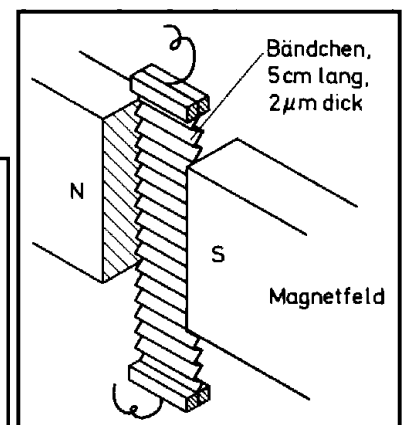
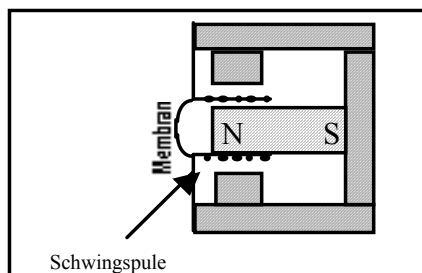
1.2.2 dynamische Wandler

In einem von einem Permanentmagneten erzeugten Magnetfeld bewegt sich eine mit einer Membran verkoppelte Leiterschleife. In der Leiterschleife wird eine der Schnelle der Membranbewegung proportionale Wechselspannung induziert.

Beim **Tauchspulmikrofon** ist an der Membran eine Spule befestigt, die sich im Luftspalt eines Topfmagneten befindet. Die Grösse der Signal-Ausgangsspannung wird von der magnetischen Induktion, der Anzahl der Windungen der Spule und der Schnelle der Spulenbewegung bestimmt.

Bild 3, 4

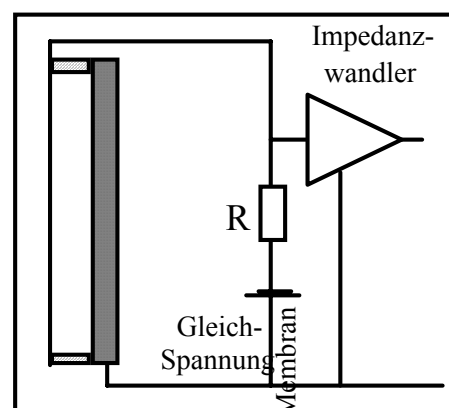
Beim **Bändchenmikrofon** hat die Leiterschleife im Magnetfeld die Form eines Bändchens, das gleichzeitig als Membran dient. Die Ausgangsspannung ist proportional zur Schnelle der Bewegung des Bändchens.



1.2.3 dielektrische Wandler (Bild 5)

Eine Membran mit einer Gegenelektrode bilden einen Kondensator. Die Kapazität eines Kondensators hängt vom Abstand der Elektroden ab. Mit der durch die auftretenden Schallwellen bewirkten Membranbewegung verändert sich die Kapazität der Einheit Membran - Gegenelektrode. Die zeitliche Kapazitätsänderungen entsprechen dem Schallsignal.

Bild 5



NF-Kondensatormikrofon

Beim NF-Kondensatormikrofon wird der Wandler-Kondensator über einen hochohmigen Widerstand mit einer Gleichspannung aufgeladen. Der durch die Kapazitätsänderung verursachte Ladungsausgleich hat einen entsprechenden Wechselladungsabfall u am Widerstand R zur Folge. Dieser ist proportional zur angelegten Gleichspannung U , zur Größe des Widerstandes R und zur Kapazitätsänderung der Einheit Membran - Gegenelektrode. Da der Widerstand R sehr hochohmig ist, muss zwischen dem Mikrofon und der Verbindungsleitung zum Mischpult eine Leistungs-Verstärkerschaltung, ein Impedanzwandler eingefügt werden, der von einem Speisegerät oder direkt vom Mischpult über das Mikrofonkabel mit Strom versorgt wird.

HF-Kondensatormikrofon

Beim HF-Kondensatormikrofon ist der Kondensator Bestandteil einer aktiven Schwingungsschaltung. Kapazitätsänderungen steuern die Frequenz oder die Phase einer HF-Schwingung. Nach der Demodulation dieser Schwingung erhält man ein der Membranauslenkung proportionales NF-Signal.

Die notwendige Elektronik ist im Mikrofon eingebaut. Die Stromversorgung geschieht direkt vom Mischpult über das Mikrofonkabel.

Elektret-Kondensatormikrofone benötigen keine Vorspannung, da die elektrische Ladung in der Membran oder Gegenelektrode quasi "eingefroren" ist. Im Übrigen unterscheiden sie sich nicht von den konventionellen Kondensatormikrofonen.

2. Das Mikrofon im Schallfeld

2.1 Schallwellen und Schallfeld

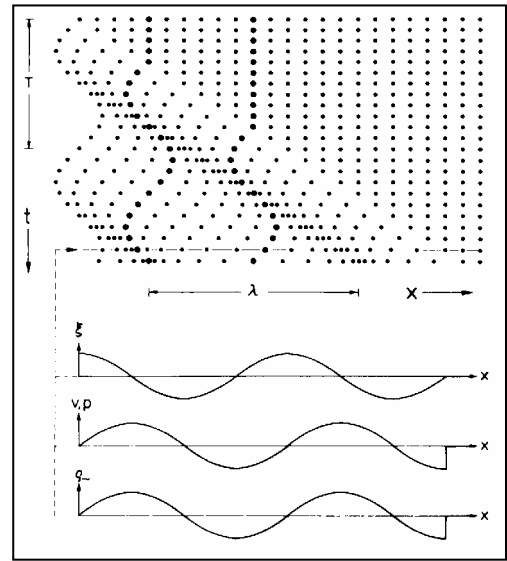
2.1.1 ebene Welle

- ξ Teilchenauslenkung
- ρ Wechseldichte
- v, p Schnelle und Druck

Wellenkennzahl k

$$k = \omega / c = (2 \pi f) / c = (2 \pi) / \lambda$$

Bild 6 ebene Welle



2.1.2 Kugelwelle

$$k r = (\omega r) / c = 2 \pi f r / c = (2 \pi r) / \lambda$$

$k r$: diese dimensionslose Grösse gibt an, wieviele Wellenlängen λ auf dem Umfang der Kugel Platz finden

$k r = 1$: Kugelwellen-Grenzfrequenz f_K

$$f_K = c / (2 \pi r)$$

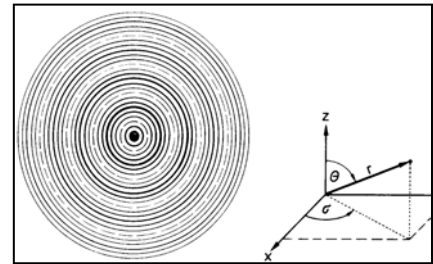
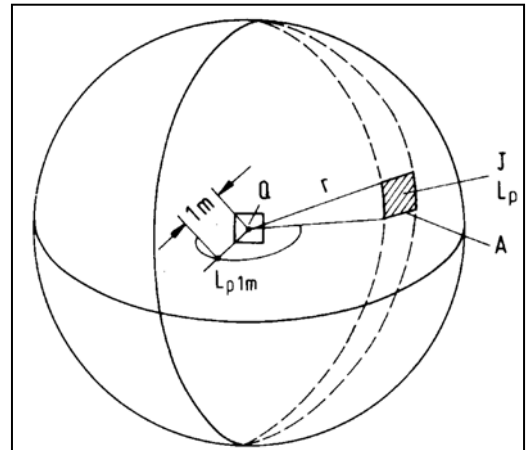


Bild 7/8 Kugelschallfeld

Phasenverschiebung

- Bei f_K ist die Phasenverschiebung zwischen p und v gleich 45°
- Für $\lambda \ll (2 \pi r)$ sind p und v in Phase
- Für $\lambda \gg (2 \pi r)$ beträgt die Phasenverschiebung zwischen p und v 90°

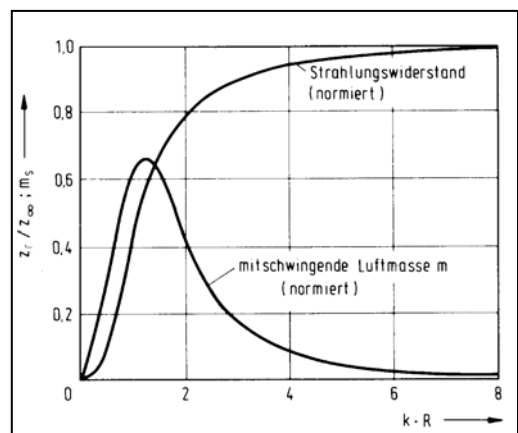


Schallfeld

- In grosser Entfernung ($k r \gg \pi$ oder $2 \pi r \gg \lambda$) nehmen der Schalldruck p und die Schallschnelle v mit $1 / r$ ab und die Phasenverschiebung geht gegen 0
- In kleiner Entfernung nimmt p mit $1 / r$ ab, v nimmt aber wegen der kr -abhängigen Kugelwellenimpedanz mit $1 / r^2$ ab
- In kleiner Entfernung ergibt sich eine Phasenverschiebung zwischen p und v

2.1.3 Strahlungswiderstand und mitschwingende Luftmasse

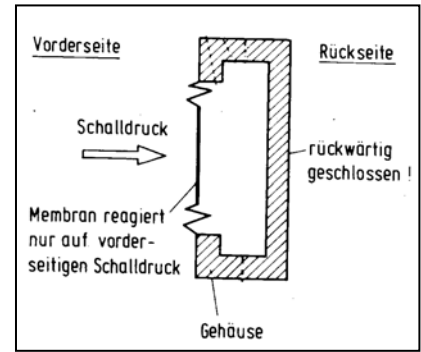
Bild 9



2.2 Schallempfänger

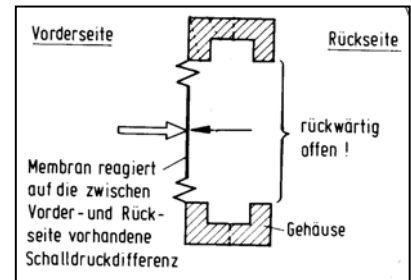
Schalldruckempfänger (Bild 10)

Die Membranauslenkung ist proportional zum Schalldruck



Druckgradientenempfänger (Bild 11)

Die Membranauslenkung ist proportional zum Druckgradienten, der Druckdifferenz zwischen der Membranvorderseite und der Membranrückseite

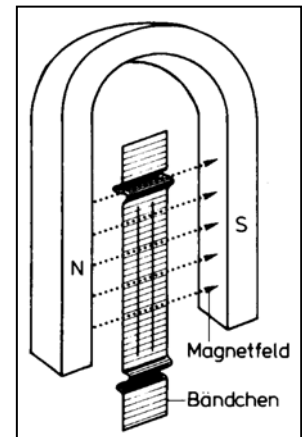


Schallschnelleempfänger (Bild 12)

Die Membranbewegung ist proportional zur Schallschnelle

Wichtig:

Schallschnelle- und Druckgradienten-Empfänger entsprechen sich.



2.3 Richtcharakteristik von realen Mikrofonen

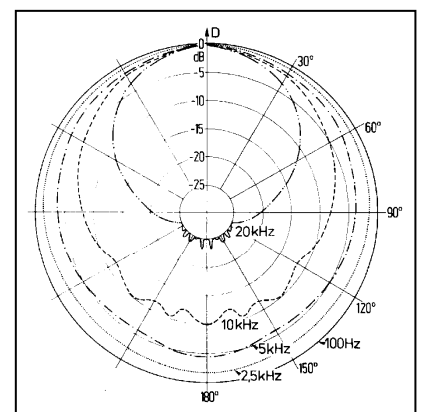
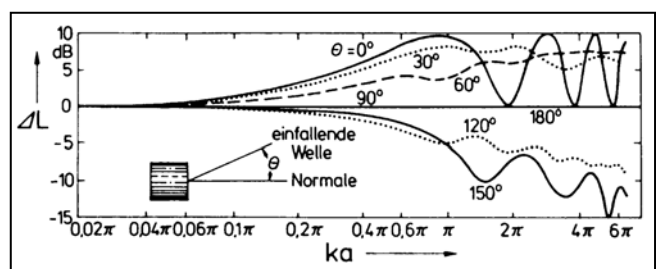
2.3.1 Schalldruckempfänger (Bild 13, 14)

Theoretisch haben Schalldruckempfänger eine kugelförmige Richtcharakteristik, die Schallaufnahme geschieht ungerichtet.

In der Praxis ist das aber nicht der Fall:

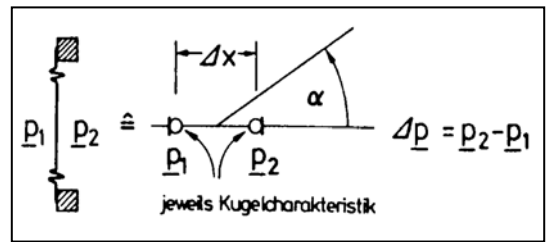
- von hinten auf die Membran auftreffender Schall wird vom Mikrofongehäuse abgeschattet. Dies spielt eine Rolle, wenn die Abmessungen des Mikrofons nicht klein sind im Verhältnis zur Wellenlänge.
- wenn der Membrandurchmesser nicht klein ist im Verhältnis zur Wellenlänge findet ebenfalls eine gerichtete Schallaufnahme statt. Massgebend ist hier der Membrandurchmesser.

In der Praxis wird also der Aufnahmewinkel mit zunehmender Frequenz immer kleiner.



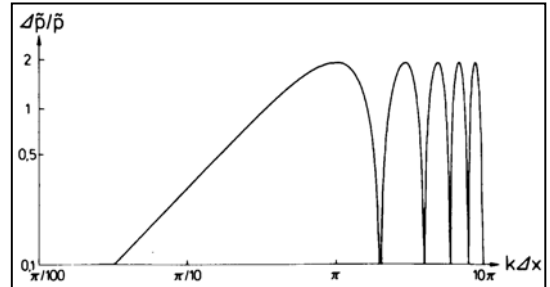
2.3.2 Druckgradientenempfänger

Prinzip (Bild 15)



resultierender Kammfiltereffekt (Bild 16)

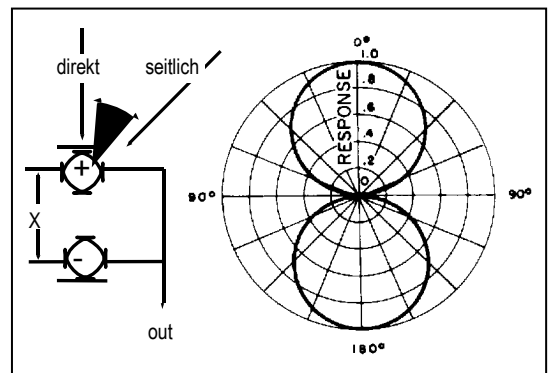
Wegen des auftretenden Kammfiltereffekts (Bild 12) ist nur der Bereich der ansteigenden Kurve nutzbar ($k \Delta x \leq \pi$)



resultierende Richtcharakteristik (Bild 17)

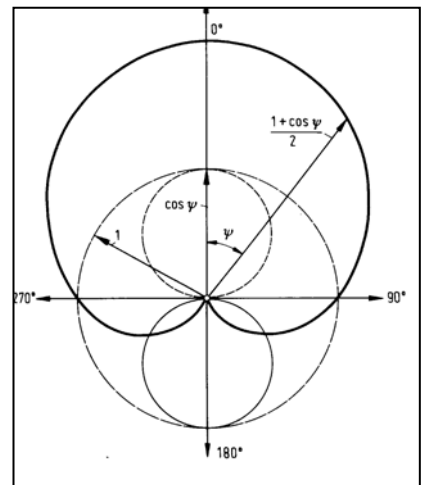
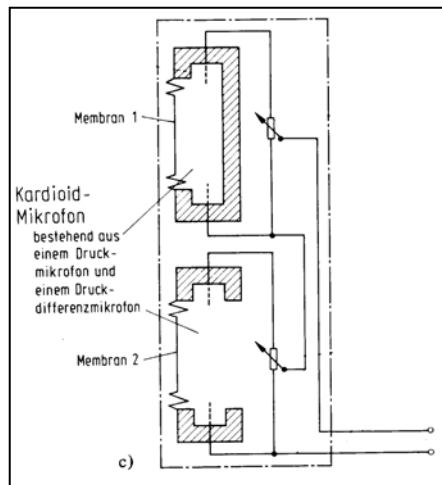
$$u = u_0 \cdot \cos \phi$$

u : winkelabhängige Ausgangsspannung
 u_0 : Ausgangsspannung in der Nullachse
 α : Beschallungswinkel

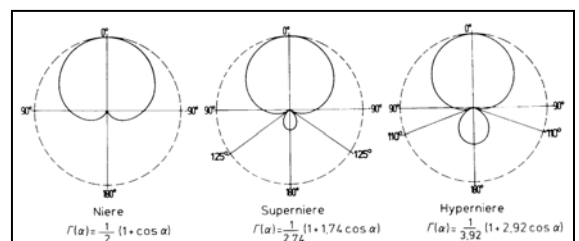


2.4 Realisierung der Richtwirkung

2.4.1 Kombination von Kugel und Acht

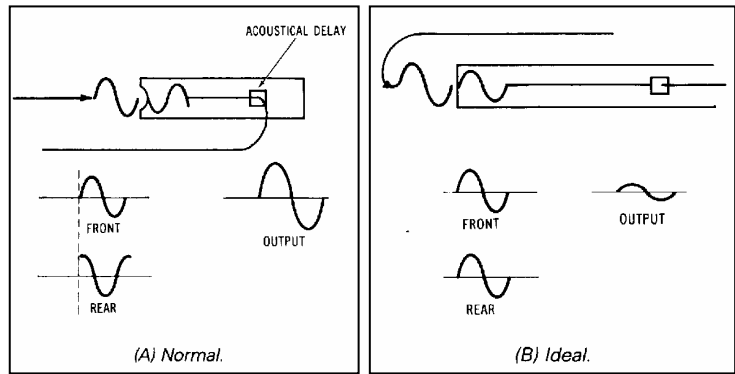


Bilder 18, 19, 20



2.4.2 Laufzeitglied und Umwegleitung

Prinzip (Bild 21, 22)



2.4.3 Gradientenwandler erster Ordnung

Bild 23, 24

$$u = u_0 \cdot (D2 + D1 \cdot \cos \phi)$$

- u : winkelabhängige Ausgangsspannung
- u_0 : Ausgangsspannung in der Nullachse
- ϕ : Beschallungswinkel
- D1: Abstand zwischen den zwei Elementen
- D2: Delay

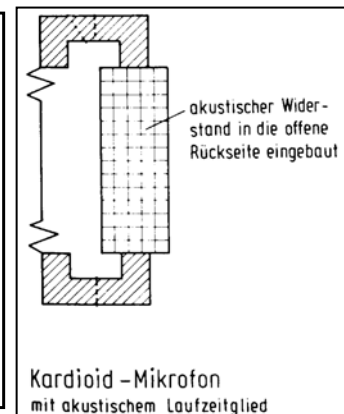
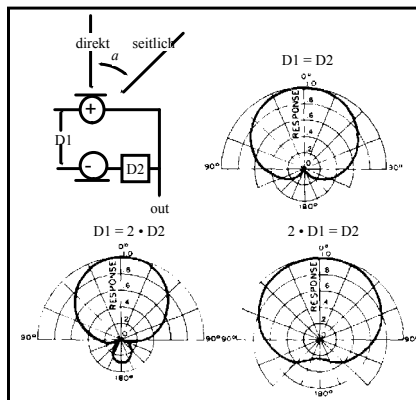
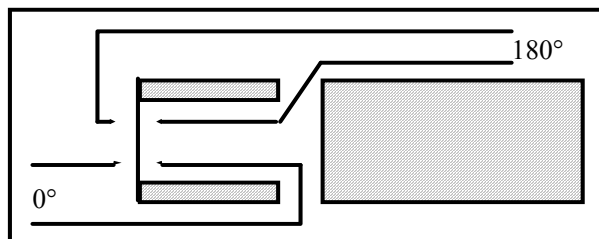
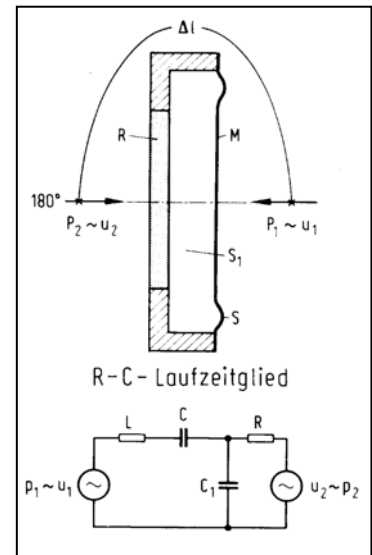
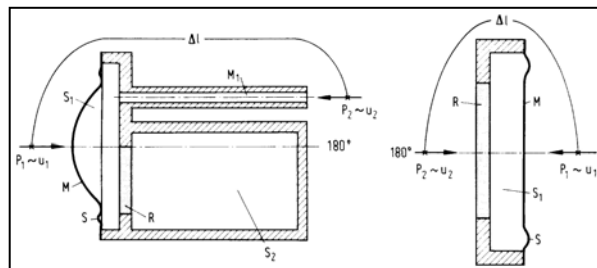


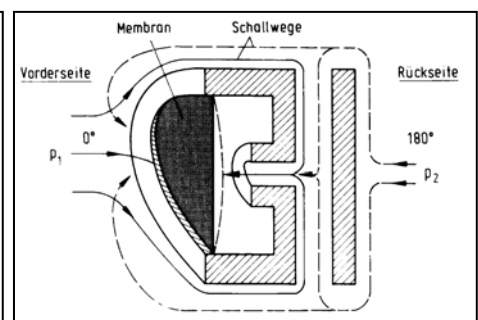
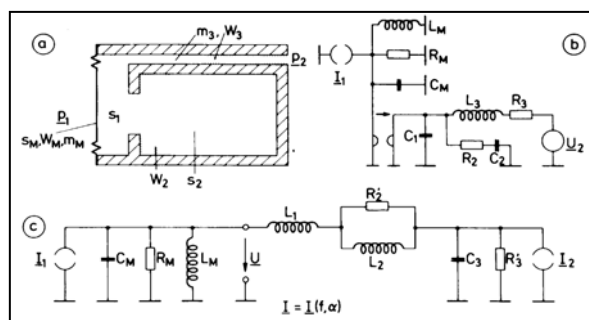
Bild 25



Bilder 26 -27

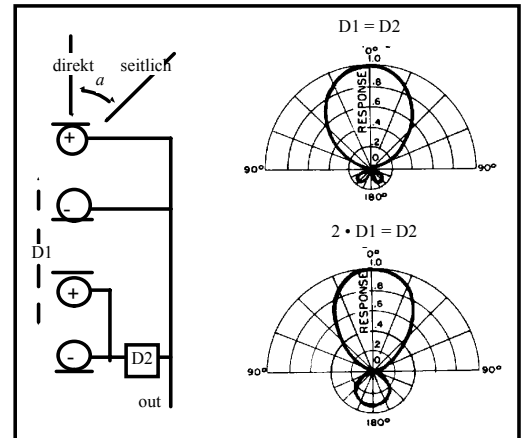


Bilder 28 -29

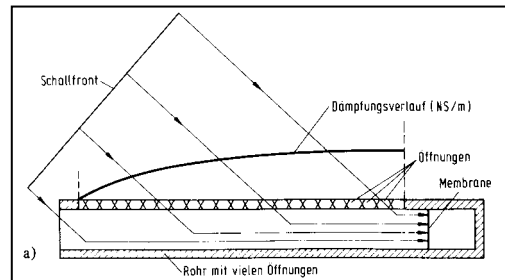


2.4.4 Gradientenwandler zweiter Ordnung

$$u = u_0 \cdot (D2 + D1 \cdot \cos \phi) \cdot \cos \phi$$



2.4.5 Interferenzrohr (Bild 31)



2.5 Nahbesprechungseffekt

Bei allen Druckgradientenempfängern (Mikrofone mit Nieren-, Achter-, Supernieren-, Hypernieren- und Keulen-Charakteristik) ändert sich der Frequenzgang mit dem Abstand der aufzunehmenden Schallquelle vom Mikrofon. Bei kleinem Abstand findet eine Überbetonung des tiefen Frequenzbereichs statt, die man den Nahbesprechungseffekt eines Mikrofons nennt. Die Tiefenanhebung ist umso größer, je niedriger die Frequenz und je kleiner Abstand Schallquelle – Mikrofon ist. Sie macht sich im Nahfeld bemerkbar, wenn der Mikrofonabstand kleiner als die Wellenlänge des aufzunehmenden Tones wird.

2.5.1 Ursache für den Nahbesprechungseffekt

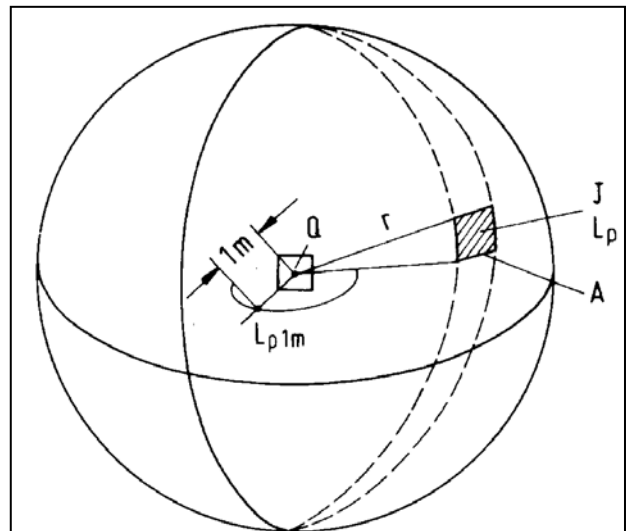
Bei einem Druckgradientenempfänger setzt sich die Schalldruckdifferenz zwischen Membranvorderseite und Membranrückseite aus den zwei Komponenten zusammen.

Es handelt sich dabei um folgendes:

- frequenzabhängiger Druckgradient (Fernfeldkomponente)
- entfernungsabhängige Abnahme des Schalldrucks (Nahfeldkomponente)
-

Bild 32 Kugelschallfeld

Bei den bisherigen Ausführungen war vorausgesetzt, dass das Mikrofon von einer ebenen Welle beschallt wird. Bei Nahbesprechung kann aber die Krümmung der Oberfläche einer Kugelwelle nicht vernachlässigt werden.



Für die akustische Situation auf der Oberfläche einer Kugelschallquelle mit dem Radius a gilt folgende Gleichung:

$$p(a,t) = p_a e^{j\omega t}$$

Für den Schalldruck p und die Schallschnelle v im Abstand r von der Schallquelle gilt folgendes

$$p(r,t) = p_a (a/r) e^{j(\omega t - kr)}$$

$$v(r,t) = 1/Z_0 (1 - j(1/kr)) p_a (a/r) e^{j(\omega t - kr)}$$

k ist das Verhältnis von Kugeldurchmesser zur Wellenlänge. $k = 1$ bedeutet, dass der Kugeldurchmesser gleich gross ist wie die Wellenlänge des abgestrahlten Tones.

Aus den obigen Gleichungen kann man folgendes herauslesen:

- In grosser Entfernung ($kr \gg 1$ oder $2\pi r \gg \lambda$) nehmen p und v mit dem Faktor $1/r$ ab und die Phasenverschiebung geht gegen 0.
- In kleiner Entfernung nimmt der Schalldruck p mit $1/r$ ab, die Schnelle v aber mit $1/r^2$. Zudem ergibt sich zwischen p und v eine Phasenverschiebung.

Ein Schalldruckempfänger wandelt den Schalldruck in eine proportionale elektrische Spannung u_p um:

$$U_p = T_{up} p$$

Für einen Schnelleempfänger gilt:

$$U_v = T_{uv} v \quad (T_{up} \text{ und } T_{uv} \text{ sind die Uebertragungskoeffizienten des Mikrofons})$$

Im Nahfeld besteht zwischen dem Schalldruck p und der Luftteilchen-Schnelle v eine Phasenverschiebung mit dem Winkel φ .

Es gilt: $\tan \varphi = \lambda / (2\pi r) = c / (\omega r)$

Wenn r kleiner ist als c (Nahfeld), dann gilt für die vom Mikrophon abgegebene Spannung:

$$u \sim 1 / \cos \varphi \sim \sqrt{1 + (1/kr)^2} \sim \sqrt{1 + (c/\omega r)^2} \sim 1/r$$

Dies hat folgenden Pegelunterschied zur Folge: $\Delta L = 20 \log \sqrt{1 + (1/kr)^2}$ (dB)

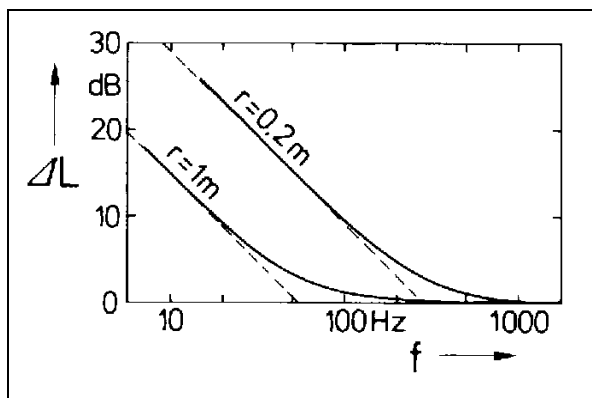


Bild 33 Abstandseffekt

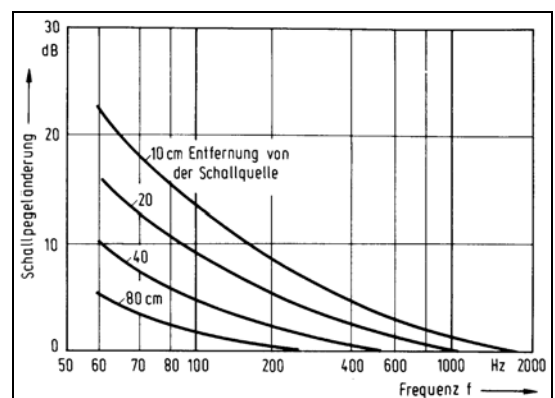


Bild 34 Tiefenanhebung

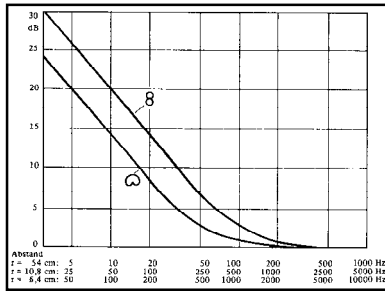


Bild 35 Niere und eine Acht

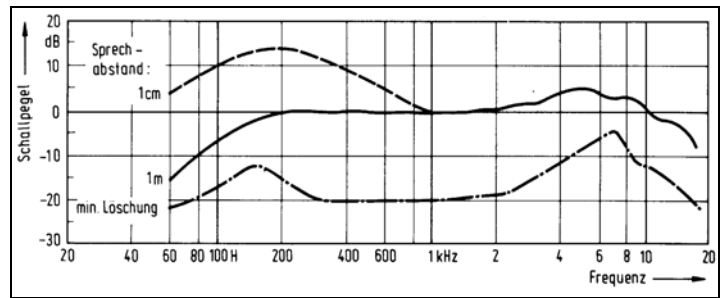


Bild 36 Abstandsabhängigkeit des Frequenzgangs

2.6 Zusammenstellung der Parameter

	A	B	C	D	E	F
1	Richt-Charakteristik	Kugel 	Acht 	Niere 	Super-Niere 	Hyper-Niere
2	Ausgangsspannung	$u = u_0$	$u = u_0 \cdot \cos \vartheta$	$u = u_0 / 2 \cdot (1 + \cos \vartheta)$	$u = u_0 / 2 \cdot [(1-3) + (3-1)\cos \vartheta]$	$u = u_0 / 4 \cdot (1 + 3\cos \vartheta)$
3	Energiediffus (%)	100	33	33	27	25
4	<u>Energie vorn</u> Energie hinten	1	1	□	3.8	2
5	<u>diffus vorn</u> diffus total	0.5	0.5	0.67	0.93	0.87
6	<u>diffus vorn</u> diffus hinten	1	1	7	14	7
7	Abstands-Faktor	1	1.7	1.7	1.9	2
8	Oeffnungswinkel (2 ϑ) für -3dB		90 $^\circ$	130 $^\circ$	116 $^\circ$	100 $^\circ$
9	Oeffnungswinkel (2 ϑ) für -6dB		120 $^\circ$	180 $^\circ$	156 $^\circ$	140 $^\circ$

3. Abstimmungen von Aufnahmewandlern

3.1 schwingendes System

Die schallaufnehmende Membran eines Mikrofons stellt zusammen mit der Membraneinspannung ein schwingendes System dar, das einem Federpendel entspricht. Im Gegensatz zu dem mit seiner Eigenfrequenz frei schwingenden Federpendel, werden einer Mikrofonmembran die Schwingungen vom auftretenden Schall aufgezwungen.

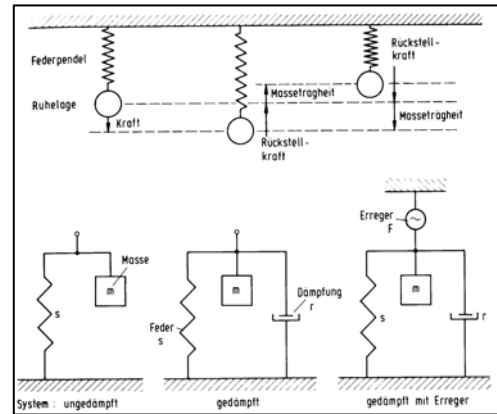


Bild 37

3.2 erzwungene Schwingung

Bild 39 zeigt den Frequenzgang der Bewegung eines schwingenden Systems erster Ordnung im Falle einer erzwungenen Schwingung. Der Verlauf der Kurve in der Umgebung der Resonanzfrequenz wird von der Dämpfung des schwingenden Systems bestimmt.

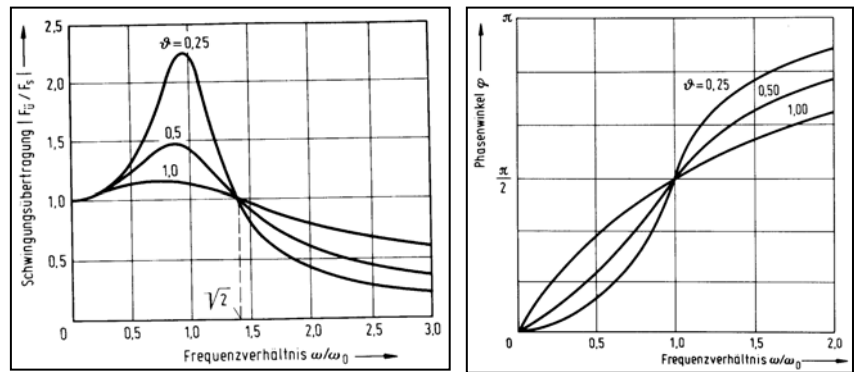


Bild 38, 39 Frequenzgang und Phasenwinkel bei erzwungener Schwingung

3.3 Mechanische Abstimmung von Schalldruckempfänger

Bei den im Folgenden zusammengestellten Gesetzmässigkeiten handelt es sich um die Kombination der Eigenheiten von erzwungenen Bewegungen eines schwingenden Systems (Bild 37) und dem für die jeweilige Wandlerart geltenden Kraftgesetz.

dynamisch

Kraftgesetz: $u = B | v$

tief abgestimmt $u_T \sim b | (A p / \omega m) \sim p / \omega$

bei Eigenfrequenz $u_m \sim b | (a p \omega / 2 s \phi) \sim p \omega$

hoch abgestimmt $u_h \sim b | (a p \omega / s) \sim p \omega$

elektrostatisch

Kraftgesetz: $W_c = (1/2) C_0 u_1^2 \quad F_x = W_c \quad F_x = (C_0 U_0 U_1 / l) x = C_0 U_1^2 / 2$
 Mit $x = v / w : U_1 = (2 U_0 v / l w)$

tief abgestimmt $u_T \sim (2 U_0 / l \omega) * (a p / \omega m) \sim p / \omega^2$

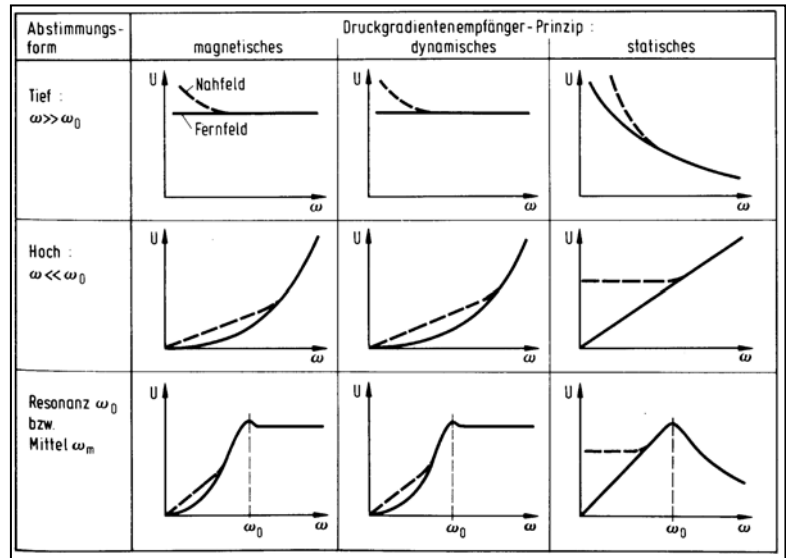
bei Eigenfrequenz $u_m \sim (2 U_0 / l \omega) * (A p \omega / 2 s f) \sim p$

hoch abgestimmt $u_h \sim (2 U_0 / l \omega) * (A p \omega / s) \sim p$

3.4 mechanische Abstimmung von Druckgradientenempfängern

Bei den im Folgenden zusammengestellten Gesetzmässigkeiten handelt es sich um die Kombination der Eigenheiten von erzwungenen Bewegungen eines schwingenden Systems, dem Frequenzgang des Druckgradienten, und dem für die jeweilige Wandlerart geltenden Kraftgesetz.

Bild 40



Dynamisch

Kraftgesetz: $u = B l v$

tief abgestimmt

$$u_T \sim B l v \sim B l (2 A p d / m c) \sim d / m$$

hoch abgestimmt

$$u_h \sim B l v \sim (2 A p \omega^2 d / s c) \sim \omega^2 d / s$$

bei Eigenfrequenz $u_m \sim b l v \sim (2 A p \omega^2 d / s 2 f c) \sim \omega^2 d / s$

elektrostatisch

Kraftgesetz: wie bei Schalldruckempfänger

tief abgestimmt $u_T = (2 u_0 / l \omega) (2 A p d / m c) \sim d / \omega m$

hoch abgestimmt $u_h = (2 u_0 / l \omega) (2 A p \omega^2 d / s c) \sim d \omega / s$

Bei Eigenfrequenz $u_m = (2 u_0 / l \omega) (2 A p \omega^2 d / 2 s f c) \sim d \omega / s$

Formelzeichen

B l	Krafftaktor	A :
Fläche		
p	Schalldruck	
ω	Kreisfrequenz	
s	Steifigkeit	
ϑ	Dämpfung des	
Systems		
Wc	Energie Kondensator	
U_0	Polarisationsspannung	
F	Kraft	
x	: Auslenkung	

4. Kondensatormikrofone Stromversorgung und Elektronik

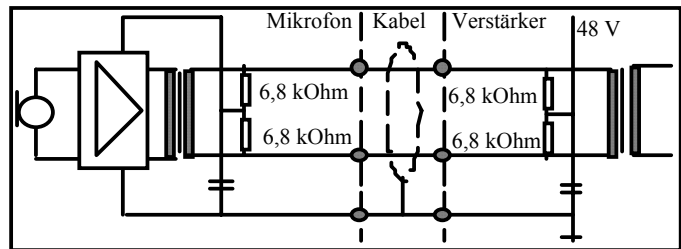
4.1 Stromversorgung

Direkt über das normale Mikrofonkabel ist eine Stromversorgung der Mikrofone mit der Technik der sogenannten Tonaderspeisung oder der Phantomspeisung möglich. Allgemein durchgesetzt hat sich die Phantomspeisung.

4.1.1 Phantomspeisung (Bild 41)

Die Versorgungsspannung von 12 V oder 48 V wird gleichzeitig über beide Adern der symmetrischen Verbindungsleitung, sowie über die Abschirmung gegeben (siehe Bild 5.15).

Es handelt sich um eine Brückenschaltung. Die vier Widerstände mit einem Wert von $6,8\text{k}\Omega$ (je zwei im Mischpult und im Mikrofon) müssen eng toleriert sein.



Die Vorteile dieser Stromversorgungstechnik:

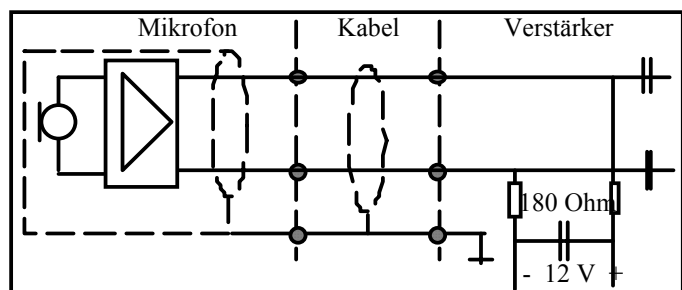
- nicht störanfällig,
- dynamische Mikrofone lassen sich problemlos anschliessen
- zwischen den zwei Tonadern liegt keine Spannung.
- Schwankungen der Versorgungsspannung wirken sich NF-mässig nicht aus.

4.1.2 Tonaderspeisung (Bild 42)

Für die Zuführung der Versorgungsspannung werden die beiden Tonadern benutzt. Der Versorgungsstrom läuft also über die gleichen Kabeladern wie der NF-Strom.

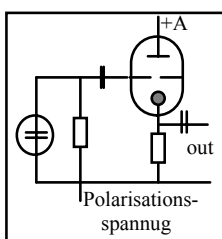
Der Eingang des Vorverstärkers muss deshalb mit zwei Kondensatoren entkoppelt werden.

An Mischpulteingänge mit Tonaderspeisung können keine dynamischen Mikrofone angeschlossen werden.

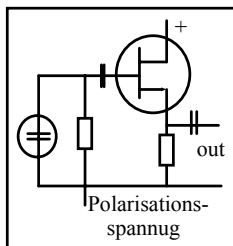


4.2 Elektronik

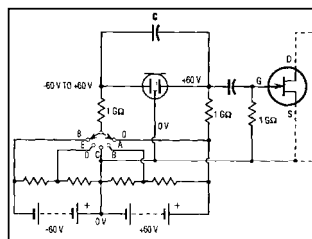
4.2.1 konventionelle Kondensatormikrofone (Bild 43-46)



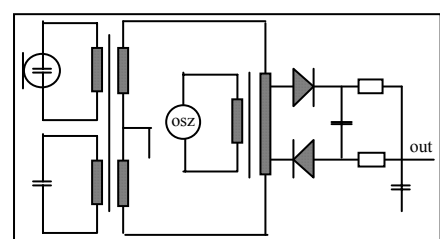
Impedanzwandler mit Röhre und FET



Polarisationsspannung



Doppelmembranmikrofon



Prinzipschaltung HF- Mikrofon

4.2.2 Elektretmikrofone

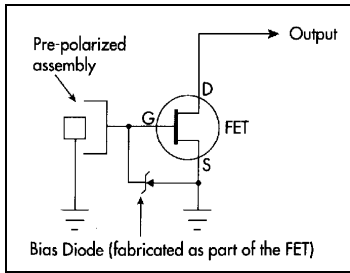


Bild 47 Elektretkapsel

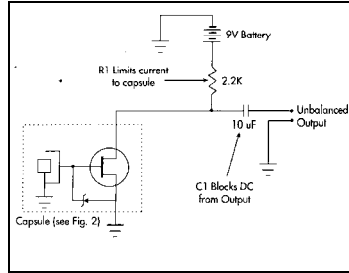


Bild 48 asymmetrischer Ausgang

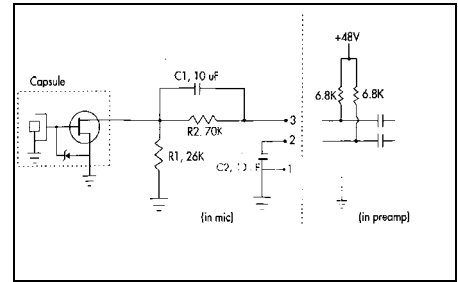


Bild 49 asymmetrisch mit Phantomspeisung

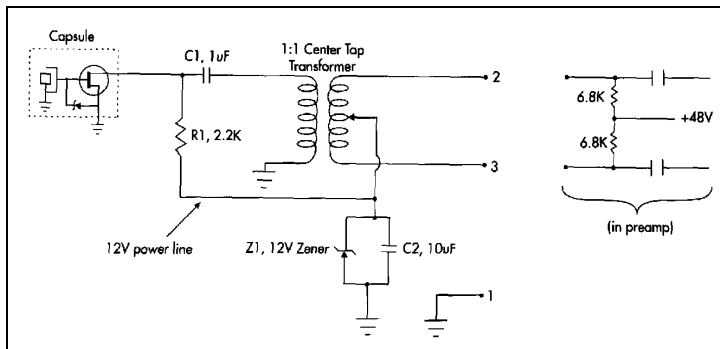


Bild 50 Ausgang symmetrisch mit Uebertrager

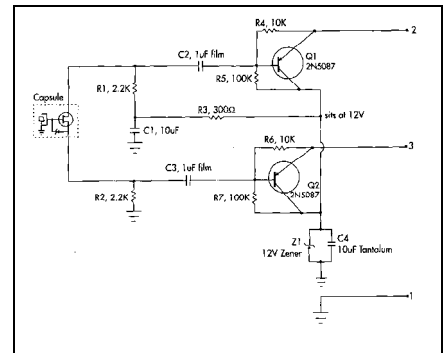


Bild 51 Ausgang elektronisch symmetriert

5. Grenzflächenmikrofone, am Körper befestigte Mikrofone

5.1 Grenzflächenmikrofone

Die üblichen Mikrofone arbeiten als Freifeldmikrofone. Sie werden im freien und ungestörten Schallfeld im Raum aufgestellt. Neben dem direkten und dem diffusen Schall nehmen diese Mikrofone auch die kurzverzögerte Bodenreflexion und den Schallrückwurf von der Raumrückwand auf. In der Praxis muss darauf geachtet werden, dass sich diese raum- und aufstellungstypischen akustischen Unstetigkeiten nicht hörbar auswirken. In akustisch problematischen Räumen ist es aber oft schwer, eine ungestörte

Freifeldposition für das Mikrofon zu finden. Der klangverfärbende Einfluss der Bodenreflexion und der Eindruck eines zu kleinen Raumes wegen einer starken Reflexion von der Rückwand des Raumes lassen sich unter Umständen nicht ganz beseitigen. Eine Lösung dieses Problems ist möglich, wenn ein Mikrofon nicht als Freifeldmikrofon konstruiert ist, sondern als sogenanntes Grenzflächen-Mikrofon.

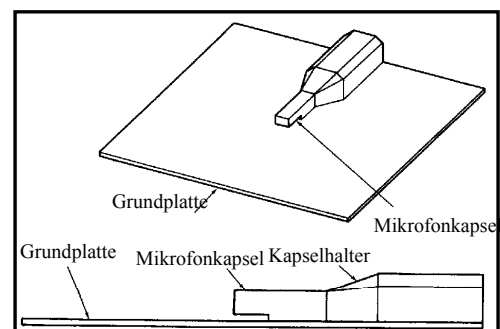
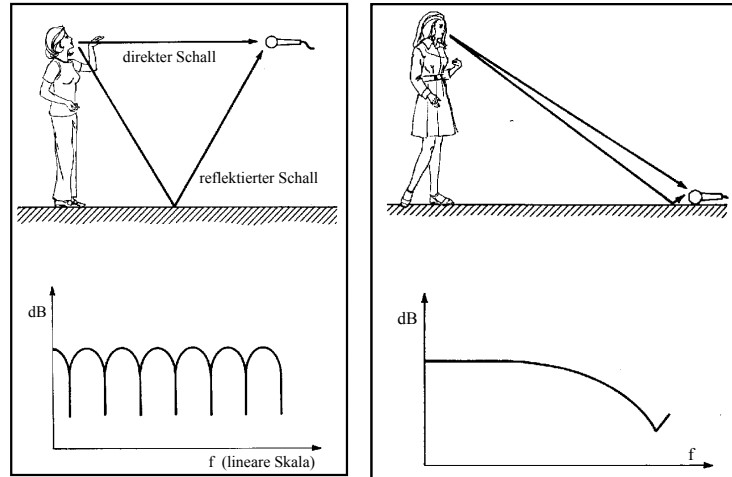
Direkt auf den Raumbegrenzungsflächen sind die akustischen Verhältnisse in einem Raum ebenso definiert wie im freien Schallfeld. Versenkt man zum Beispiel ein Mikrofon so im Boden, dass sich die schallaufnehmende Membran genau in der Bodenebene befindet, kann das Mikrofon nur den Schalldruck aufnehmen (Schallschnelleanteile sind auf einer Raumbegrenzungsfläche nicht vorhanden). Frühe Reflexion wirkt sich nicht aus, da sie ja am Ort des Mikrofons stattfinden, und auch Schallrückwürfe von der Raumrückwand erreichen das Mikrofon in der Regel nicht.

Aufbau der Grenzflächenmikrofone (Bild 54)

Grenzflächenmikrofone sind erst durch die kleinen Abmessungen von Elektret-Mikrofonkapseln möglich geworden, deren Membran sich zumindest in die Nähe der Raumbegrenzung bringen lässt. Bei einem typischen Grenzflächenmikrofon wird eine kleine Elektretkapsel so in einen Trägerarm eingebaut, dass sich die Membran im Abstand von weniger als einem Millimeter von einer Grundplatte befindet. Die Membran ist gegen die Grundplatte gerichtet. Wegen der im Verhältnis zur Wellenlänge kleinen Abmessungen der Kapsel spielt das keine grosse Rolle. (Es gibt auch vorn geschlossene Freifeldmikrofone, bei denen der Schall seitlich durch enge Schlitz eintritt). Diese Art des Aufbaus findet man in den PZ-Mikrofonen von Crown realisiert. Bei den Grenzflächenmikrofonen von andern Herstellern ist eine Mikrofonkapsel in einer dickeren Grundplatte nach oben gerichtet eingebaut. Die Kapsel befindet sich zwar nicht direkt auf der Grundfläche, der Abstand wirkt sich aber allenfalls bei sehr hohen Frequenzen aus.

Betriebstechnisch unterscheiden sich Grenzflächenmikrofone nicht von den konventionellen Freifeld-Kondensatormikrofonen. Sie arbeiten mit Phantomspeisung und lassen sich an jedem Mikrofoneingang anschliessen.

Bild 52, 53



Grenzflächenmikrofone in der Praxis

Grenzflächenmikrofone werden einfach vor einem aufzunehmenden Schallkörper auf den Boden gelegt. Die Richtcharakteristik ist halbkugelförmig (es handelt sich um Schalldruckmikrofone, der Schall wird aber logischerweise nur aus dem Raum aufgenommen). Wegen des geringeren Raumeinflusses wird man in der Praxis einen grösseren Abstand zwischen Schallquelle und Mikrofon wählen, als man es von der konventionellen Aufnahmetechnik her gewohnt ist.

Mit diesen Mikrofonen lassen sich im Prinzip die gleichen Stereotechniken realisieren wie bei einer konventionellen Mikrofontechnik, allerdings mit Ausnahme der Intensitäts-Stereofonie (XY- und MS-Technik).

Eine Mikrofonaufstellung direkt über dem Boden mutet auf den ersten Blick komisch an. Folgende Ueberlegung zeigt aber, dass sie nicht unsinnig ist:

- In einem Konzertsaal mit Podium befinden sich die Ohren der Zuhörer ungefähr in Podiumshöhe. Der Winkel zwischen der Schallquelle und den Ohren der Zuhörer entspricht also dem Winkel zwischen der Schallquelle und einem Grenzflächenmikrofon auf dem Boden. Im Grunde genommen kommt der Aufnahmewinkel dem natürlichen Zustand sogar näher als die Aufnahme mit einem höher platzierten Freifeldmikrofon.

Uebrigens, das Mikrofon muss nicht unbedingt auf den Boden gelegt werden. Wichtig ist nur, dass es sich auf einer Raumbegrenzungsfläche befindet. Es lässt sich zum Beispiel auch an einer Wand befestigen.

Technische und klangliche Eigenschaften

Der Geräuschabstand von kleinen Elektretkapseln ist schlechter als der von konventionellen Kondensatormikrofonen. Der Schalldruck an einer Raumbegrenzungsfläche ist aber grösser als im freien Schallfeld. Daraus resultiert in der Praxis ein Geräuschabstand, der dem von konventionellen Mikrofonen entspricht.

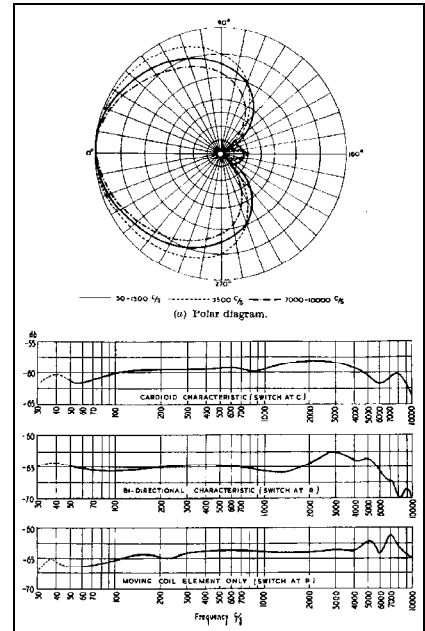
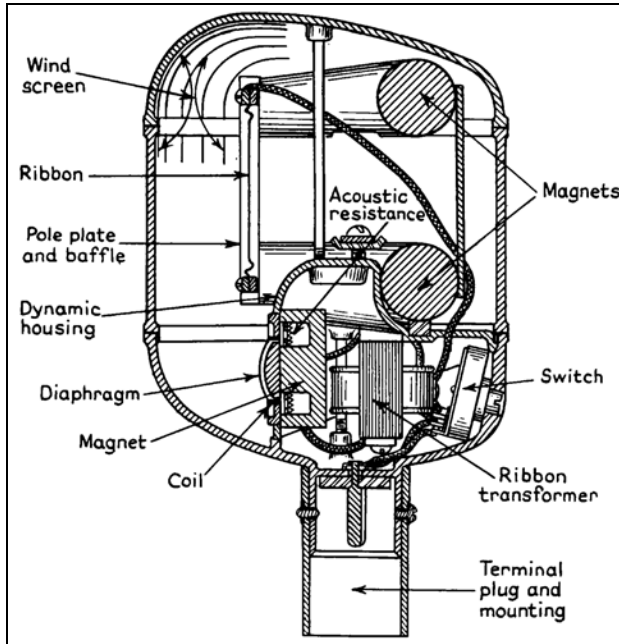
Dank seiner kleinen Abmessungen ist der Frequenzgang der beschriebenen Elektretkapseln sehr ausgeglichen und geht unter Umständen sogar über 20 kHz hinaus.

5.2 Am Körper oder Instrument befestigte Mikrofone

Es gibt Situationen, bei denen man mit der konventionellen Aufnahmetechnik keine brauchbaren Ergebnisse erzielen kann. Ein Beispiel dafür sind Opernmitschnitte bei denen Mikrofone entweder nicht sichtbar werden dürfen (Videoton), oder wenn sich die Bühne mit konventionellen Mikrofonen nicht abdecken lässt. In derartigen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als mit einem Sender versehenen Mikrofone direkt an den Sängern anzubringen. Für diesen Zweck geeignet sind hochwertige Elektret-Miniturmikrofone, die am Kopf der Sänger und Sängerinnen befestigt (angeklebt) werden. Notwendig ist dabei immer eine deutliche Equalisation, die individuell und sehr sorgfältig für jeden Sänger vorgenommen werden muss. Die realisierbare Klangqualität kommt aber nicht an die einer konventionellen Stimmen-Aufnahme heran. Man wendet diese Technik also nur an, wenn es keine anderen Möglichkeiten gibt

6. Exemplarische Beispiele

Vintage-Mikrofon Westrex 639A



Bilder 55, 56

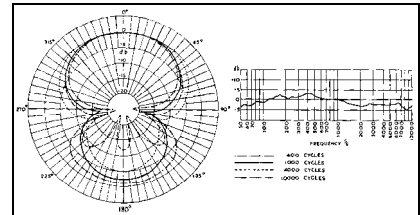
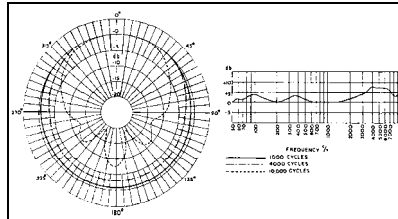
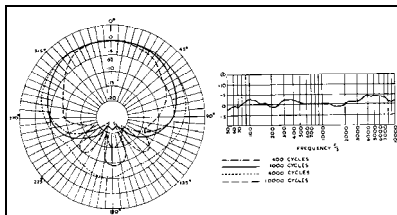


Bild 57-59

Typische Kondensatormikrofone

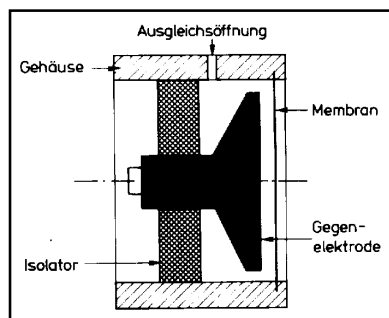
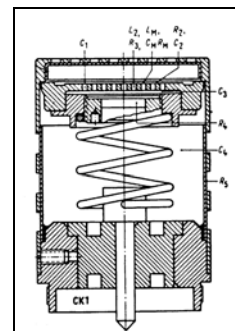
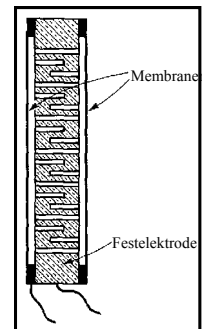


Bild 60 – 62 Kondensator-Schalldruckempfänger

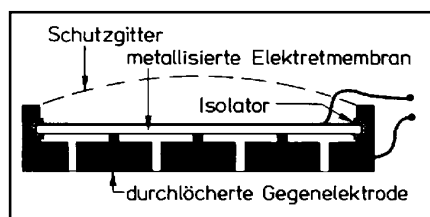


Kondensator-Niere

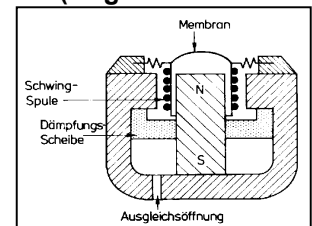


Doppelmembran-Mikrofon

Elektretmikrofon



Tauchspulmikrofon (Kugelcharakteristik)



7. Uebertragungseigenschaften

7.1 Uebertragungsbereich und Frequenzgang

Mit dem Begriff Uebertragungsbereich bezeichnet man den in der Praxis nutzbaren Frequenzbereich eines Mikrofons. Die Angabe des Uebertragungsbereichs ist nur (wenn auch eingeschränkt) aussagekräftig, wenn nicht nur die obere und untere Grenzfrequenz, sondern auch die Toleranzen, die Abweichungen des Frequenzganges in dB angegeben sind.

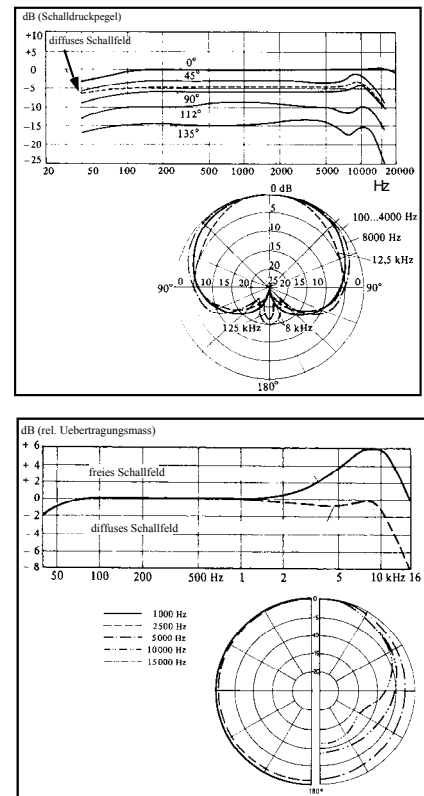
7.1.1 Direktfeld-Frequenzgang

In der Regel handelt es sich um den Frequenzgang des Mikrofons bei senkrecht auf die Mikrofonmembran auftreffendem Schall. Der Direktfeld-Frequenzgang kann natürlich auch für jeden andern Eintreffwinkel des Schalls gemessen Raumrichtungen auf das Mikrofon auftreffenden Schallanteile (in einem Raum ist ja immer ein diffuses Schallfeld vorhanden).

Der Diffusfeld-Frequenzgang wird von der Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik eines Mikrofons mitbestimmt. Im Bild 66 ist die Richtcharakteristik und die winkelabhängigen Frequenzgänge eines Nierenmikrofons aufgezeichnet. In diesem Beispiel stimmen die verschiedenen Direktfeld- und der Diffusfeld-Frequenzgang einigermaßen überein. Bild 67 zeigt die Frequenzgänge eines typischen Kondensator-Schalldruckempfängers. Der Direktfeld-Frequenzgang in der Mikrofonachse ist im hohen Frequenzbereich stark überhöht. Nur so lässt sich ein ausgeglichener Diffusfeld-Frequenzgang realisieren.

Bild 65, 66

Bei Schalldruckempfängern muss man sich also entscheiden, ob man einen linearen Direktfeld- oder einen linearen Diffusfeld-Frequenzgang realisieren will. Beides gleichzeitig ist nur im Falle eines kleinen Membrandurchmessers, oder mit Hilfe von konstruktiven Massnahmen (Diffusoren vor der Membran) zu haben.



7.1.2 Diffusfeld-Frequenzgang

Beim Diffusfeld-Frequenzgang handelt es sich um den Frequenzgang der Summe der aus allen Raumrichtungen auf das Mikrofon auftreffenden Schallanteile (in einem Raum ist ja immer ein diffuses Schallfeld vorhanden).

Der Diffusfeld-Frequenzgang wird von der Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik eines Mikrofons mitbestimmt.

Im Bild 36 ist die Richtcharakteristik und die winkelabhängigen Frequenzgänge eines Nierenmikrofons aufgezeichnet. In diesem Beispiel stimmen die verschiedenen Direktfeld- und der Diffusfeld-Frequenzgang einigermaßen überein.

Bild 37 zeigt die Frequenzgänge eines typischen Kondensator-Schalldruckempfängers. Der Direktfeld-Frequenzgang in der Mikrofonachse ist im hohen Frequenzbereich stark überhöht. Nur so lässt sich ein ausgeglichener Diffusfeld-Frequenzgang realisieren.

7.1.3 Abstandsabhängiger Frequenzgang

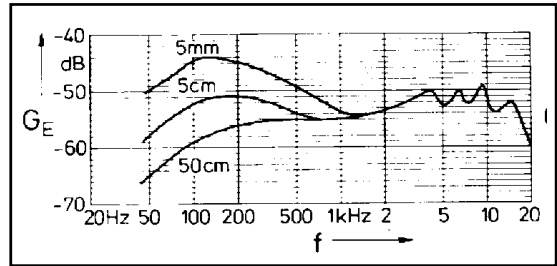
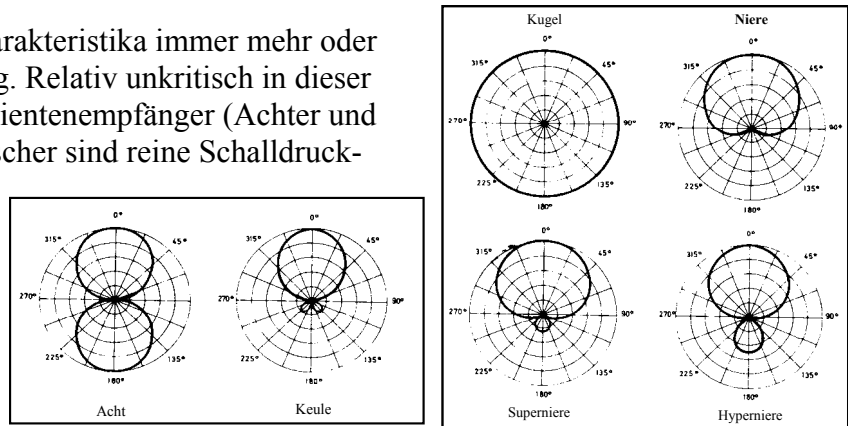


Bild 67, 68

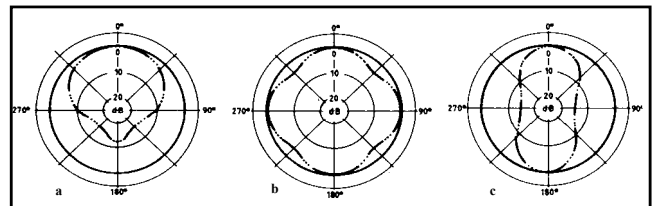
7.2 Richtcharakteristik

In der Praxis sind die Richtcharakteristika immer mehr oder weniger stark frequenzabhängig. Relativ unkritisch in dieser Beziehung sind die Druckgradientenempfänger (Achter und Niere). Wesentlich problematischer sind reine Schalldruckempfänger.

Bild 69, 70



Richtcharakteristik Doppelmembran-mikrofone (Bild 71)



Englische Bezeichnungen

deutsch	englisch
Kugel	Omnidirectional
Achter	Bidirektional, Figur Eight
Niere	Direktional, Chardioid
Superniere	Super-Chardioid
Hyperniere	Hyper-Chardioid

7.3 Ausgangsspannung, Störpegel und Impedanz

Ausgangsspannung

Die Ausgangsspannung eines Mikrofons wird immer im Bezug auf einen bestimmten Schallpegel bei einer bestimmten Frequenz (in der Regel 1 kHz) angegeben, und zwar in mV/Pa

Uebertragungsfaktor

Angabe der Ausgangsspannung als Effektivwert in mV/Pa

Uebertragungsmass

Angabe des Ausgangspegels in dB bezogen auf den Effektivwert in mV/Pa

Störpegel

Es gibt viele praktizierte Möglichkeiten der Messung und Angabe des Grundgeräuschpegels eines Mikrofons (Spitzen- oder Mittelwert, bewertet oder unbewertet).

Ersatzlautstärke

Die Ersatzlautstärke gibt die Pegeldifferenz in dB zwischen dem Uebertragungsfaktor bei einem Schalldruck von 94 dB und dem Geräuschpegel des Mikrofons. Kondensatormikrofone haben eine Ersatzlautstärke von 12 dB - 25 dB

Aussteuerungsgrenze, Grenzschalldruck

Es handelt sich um den Schalldruck, bei dem das Mikrofon einen Klirrfaktor von 0.5% nicht übersteigt.

Bei Kondensatormikrofonen liegt der Grenzschalldruck irgendwo zwischen 120 dB und 140 dB. Oft kann zusätzlich eine Vordämpfung von 10 dB oder 20 dB eingeschaltet werden.

Dynamische Mikrofone sind im Bezug auf die Aussteuerungsgrenze unkritisch. Sie verarbeiten auch sehr hohe Schallpegel. In den technischen Daten wird deshalb meist kein Grenzschalldruck angegeben.

Impedanz

Die Nennimpedanz, der Innenwiderstand der im Studiobereich verwendeten Mikrofone beträgt in der Regel 200 Ohm. Der Abschlusswiderstand (Eingangswiderstand des Mikrofonvorverstärkers muss mindestens fünf mal so gross sein. Ueblich sind 2 kOhm.

8. Klangeigenschaften

8.1 Allgemeines

Die Uebertragungseigenschaften (Frequenzgang, Richtcharakteristik, Empfindlichkeit etc.) eines Mikrofons kann man in aller Ausführlichkeit den technischen Unterlagen der Hersteller entnehmen. Wie das Mikrophon aber klingt, und das allein ist bei einer Aufnahme wichtig, geht aus den technischen Unterlagen nicht hervor.

Nun hat aber jeder Mikrofontyp spezifische Klangeigenschaften, die man dazu benutzen kann, irgendwelche Klangvorstellungen zu realisieren. Uebrigens waren früher die Klangunterschiede zwischen den verschiedenen Mikrofontypen grösser als heute. Viele ältere Mikrofone hatten (und haben) einen Klang, der bei manchen Aufnahmen mit Vorteil genutzt werden kann. Es gibt Tonmeister, die heute noch die alten U47 und M49 von Neumann verwenden.

In der Praxis werden die Klangeigenschaften der Mikrofone in erster Linie von folgenden Faktoren bestimmt:

- Arbeitsprinzip (elektrostatisch, dynamisch).
- Aufbau, mit dem die jeweilige Richtcharakteristik realisiert wird.
- Grösse der Mikrofonkapsel.

Die Aussagen in der folgende Zusammenstellung der Mikrophon-Klangeigenschaften basieren auf meinen Erfahrungen. Sie stimmen generell, nicht aber mit absoluter Sicherheit für jeden entsprechend aufgebauten Mikrofontyp.

8.2 Arbeitsprinzip und Klang

Kondensatormikrofone

klingen neutral, sauber, verzerrungsfrei, unter Umständen aber kalt und steril.

Tauchspulmikrofone

klingen sonor und warm, oft aber weniger neutral und sauber. Verfärbungen der Mittellagen sind typisch für diesen Mikrofontyp.

Bändchenmikrofone

klingen sauber, sehr sonor, in den Mittellagen ziemlich neutral, verzerrungsfrei, unverfärbt, oft aber leicht dumpf.

8.3 Richtcharakteristik und Klang

Schalldruck-Kondensatormikrofone

mit kugelförmiger Richtcharakteristik geben der Klang aller Musikinstrumente natürlich wieder. Grosse Klangkörper werden in der klanglichen Balance und in der Tiefenstaffelung richtig wiedergegeben. Der Klang ist voll, sauber und unverfärbt.

Dynamische Schalldruckempfänger

(Tauchspulmikrofone mit kugelförmiger Richtcharakteristik) geben grosse Klangkörper in der klanglichen Balance und der Tiefenstaffelung ziemlich richtig wieder. Der Klang ist voll, relativ sauber und nur wenig verfärbt.

Doppelmembran-Kondensatormikrofone

mit umschaltbarer Richtcharakteristik (Kugel, Niere, Acht) eignen sich vor allem für die Aufnahme von einzelnen Instrumenten und Gruppen von gleichen oder ähnlichen Instrumenten. Grosse Klangkörper werden nicht natürlich wiedergegeben (klangliche Balance und Tiefenstaffelung). Der Klang neigt in den Mittellagen zu Verfärbungen. Die Höhen sind oft leicht spitz. Die Richtcharakteristik ist frequenzabhängig. Bei den tiefsten Frequenzen ist die Richtcharakteristik kugelförmig, und zwar unabhängig von der eingestellten Richtcharakteristik. Tieffrequente Raumanteile werden so nicht ausgeblendet. Der Raumeindruck wird verfälscht.

Einmembran-Kondensatormikrofone

mit akustischem Widerstand auf der Membranrückseite und nierenförmiger Richtcharakteristik geben die klangliche Balance eines grossen Klangkörpers und die Tiefenstaffelung nicht so getreu wieder wie ein Schalldruckempfänger, aber besser als eine Doppelmembranmikrofon. Sie neigen zu Verfärbungen im mittleren Frequenzbereich. Die Richtcharakteristik ist frequenzabhängig, die Tiefen werden aus allen Richtungen aufgenommen. Tieffrequente Raumanteile werden nicht ausgeblendet, der Raumeindruck wird verfälscht.

Das Einmembran-Nierenmikrofon ist der meistverwendete Mikrofontyp. Er wird von vielen Herstellern angeboten. Dieser Mikrofontyp eignet sich für universelle Anwendung.

Tauchspul-Nierenmikrofone

können ganz unterschiedlich aufgebaut sein. Deshalb können sie sich auch klanglich stark unterscheiden.

Generell gilt aber folgendes:

Grosse Klangkörper werden in der klanglichen Balance und der Tiefenstaffelung nicht richtig wiedergegeben. Der Frequenzgang (und damit die klangliche Balance) ist abhängig vom Abstand zwischen Mikrofon und Schallquelle. Bei Nahbesprechung sind die Tiefen überbetont. Dies kann bei vielen Typen mit einem "Sprache-Musik"-Schalter korrigiert werden.

Tauchspul-Nierenmikrofone neigen zu mittleren bis starken Verfärbungen der Mittellagen.

Bändchen-Nierenmikrofone

geben grosse Klangkörper klanglich und in der Tiefenstaffelung ziemlich richtig wieder. Alle Musikinstrumente werden ziemlich natürlich wiedergegeben, tiefe Musikinstrumente klanglich besser als mit jedem anderen Mikrofon. Die Richtcharakteristik bleibt bis zu den tiefsten Frequenzen hin erhalten. Bändchenmikrofone sind für den Einsatz unter schwierigen akustischen Bedingungen geeignet. Es handelt sich um hervorragend geeignete Mikrofone für die Aufnahme der menschlichen Stimme bei Nahbesprechung (keine Zischneigung).

Super- und Hypernieren

können so eingesetzt werden, dass sie aus einem grossen Klangkörper einzelne Instrumente förmlich herausholen. Klanglich sind sie den anderen Mikrofonen unterlegen.

8.4 Einfluss der Mikrofongrösse (gilt für Kondensatormikrofone)**grosser Kapseldurchmesser**

Mikrofone mit grossem Kapseldurchmesser haben einen besonders brillanten Klang, die Tiefenwiedergabe ist sonor. Sie eignen sich für die Aufnahme von lauten Schallquellen.

Kleiner Kapseldurchmesser

Mikrofone mit kleinem Kapseldurchmesser sind klangneutraler als solche mit grossen Kapseln.

8.5 Klangeigenschaften von PZ-Mikrofonen

Verblüffend ist die Aufnahme des tiefen Frequenzbereichs und auch der Räumlichkeit. Grenzflächenmikrofonaufnahmen klingen unter Umständen voller und kompakter als konventionelle Aufnahmen, meist allerdings mit weniger Höhen. Unangenehme Raumeigenschaften (zu kleiner Raum, hörbare Reflexionen) kommen viel weniger zur Geltung. Grenzflächenmikrofon-Aufnahmen klingen, wie wenn sie in viel grösseren Räumen gemacht worden wären. Trotz diesen Vorteilen sind PZ-Mikrofone den konventionellen Freifeldmikrofonen klanglich unterlegen. Sie eignen sich für Sonderanwendungen unter akustisch schwierigen Bedingungen.

9. Mikrofonanordnungen für Intensitäts-Stereofonie

Ausgangspunkte für die Entwicklung von Stereo-Mikrofonanordnungen sind einerseits die Eigenheiten unseres zweiohrigen Hörens, andererseits die Aufstellung der zwei Wiedergabelautsprecher im Bezug auf den Zuhörer.

Aufnahmen in reiner Intensitäts-Stereofonie mit einem einzigen Stereomikrofon stellen einen nicht direkt kopfbezogenen Sonderfall des One Point Recording dar.

- Vorteil: Die Intensitätsstereofonie ist theoretisch einfach zu beherrschen
- Nachteil: Es wird nur einer der drei möglichen Parametern (Intensitäts-, Eintreffzeit-, und Klangfarbenunterschied am Ort der beiden Ohren) zur Richtungsbestimmung benutzt.

In einem Intensitäts-Stereomikrofon sind zwei Mikrofonkapseln theoretisch am gleichen Ort (praktisch übereinander) eingebaut. Der von einer Schallquelle auf das Mikrofon auftreffende Schall wird von den beiden Kapseln mit unterschiedlicher Intensität aufgenommen. Die Laufzeit des Schalls von der Quelle zu beiden Kapseln ist gleich gross.

Eine entsprechende Anordnung lässt sich auch mit zwei identischen Einzelmikrofonen realisieren.

Stereomikrofone und entsprechende Anordnungen von zwei Einzelmikrofonen arbeiten in XY- oder in MS-Technik. "X" steht für den linken, "Y" für den rechten Stereokanal, "M" bedeutet "Mittensignal", "S" steht für "Seitensignal".

9.1 XY-Technik

XY-Mikrofonanordnungen werden in der Regel mit zwei Nierenmikrofonen realisiert, die (symmetrisch in Bezug auf die aufzunehmende Schallquelle) nach links und rechts gerichtet sind. Schallquellen in der Mittelachse werden von beiden Kapseln gleich stark aufgenommen und erscheinen bei der Wiedergabe in der Mitte zwischen den Lautsprechern. Schallquellen links oder rechts vor dem Mikrofon werden nur von den X- und Y-Kapsel mit unterschiedlicher Intensität aufgenommen. Entsprechend werden sie bei der Wiedergabe zwischen dem linken oder rechten Lautsprecher abgebildet.

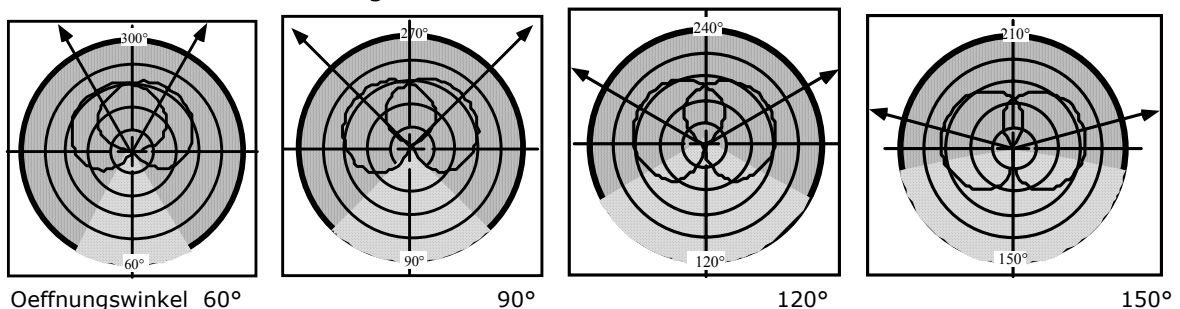
Vom Oeffnungswinkel zwischen den zwei Kapseln hängt die Breite der Stereoaufnahme ab. Je grösser der Oeffnungswinkel, um so breiter die Aufnahme.

XY-Anordnungen lassen sich auch mit Supernieren oder Achtermikrofonen realisieren.

9.1.1 XY - Anordnung mit Nieren (Bild 72 -75)

Aufnahmewinkel vorn: 360° - Oeffnungswinkel W ,

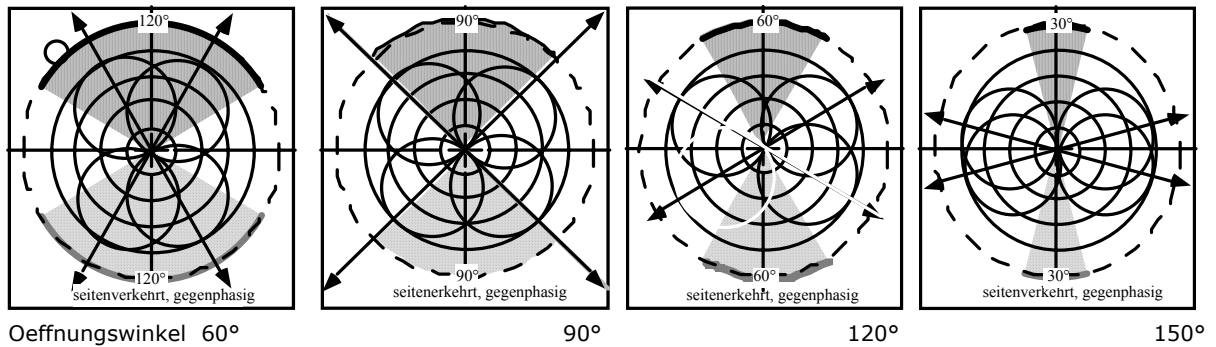
Aufnahmewinkel hinten: Oeffnungswinkel W



9.1.2 XY - Anordnung mit Achtercharakteristik (Bild 76 -79)

Aufnahmewinkel vorn: 180° - Öffnungswinkel W

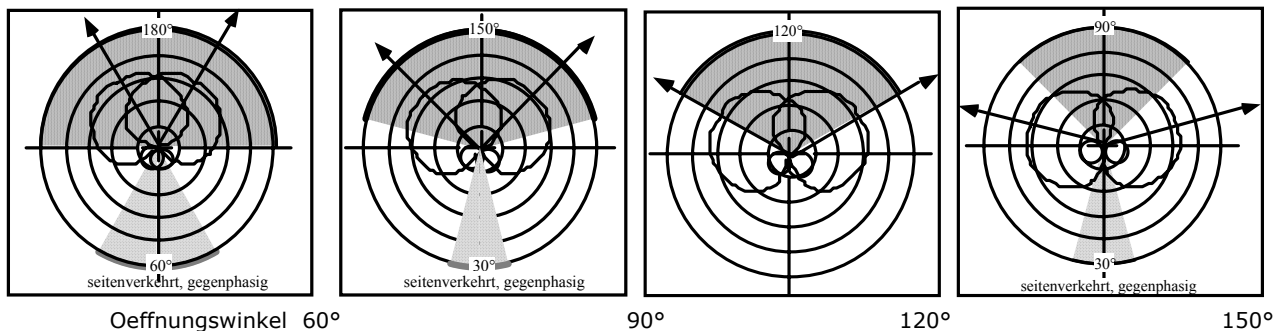
Aufnahmewinkel hinten: 180° - Öffnungswinkel W (seitenverkehrt, gegenphasig zu Front)



9.1.3 XY - Anordnung mit Supernieren (Bild 80 - 83)

Aufnahmewinkel vorn: 240° - Öffnungswinkel W,

Aufnahmewinkel hinten: Öffnungswinkel W - 120° (seitenverkehrt)



9.2 M/S-Technik

Aufgenommen wird je ein Mitten- und ein Seitensignal, die mit einer Matrixschaltung in ein XY-Signal umgewandelt werden.

Eine MS-Mikrofonanordnung setzt sich zusammen aus

- einer Mikrofonkapsel mit beliebiger Richtcharakteristik für den M-Kanal,
- einer zur Schallquelle "querstehenden" Kapsel mit achterförmiger Richtcharakteristik für den S-Kanal).

Durch eine einfache Addition und Subtraktion kann aus dem MS-Signal ein XY-Signal hergestellt werden:

$$M + S = 2 \cdot X \quad \text{und} \quad M - S = 2 \cdot Y$$

Beispiele

- Eine Schallquelle in der Mitte vor dem Mikrofon wird nur von der M-Kapsel aufgenommen. Nach der Addition und Subtraktion ($X=M+0$) und ($Y=M-0$) ist in beiden Kanälen das gleich Signal vorhanden, die Schallquelle wird in der Mitte zwischen den Lautsprechern abgebildet.
 - Eine Schallquelle links wird von der M-Kapsel und mit positivem Vorzeichen von der S-Kapsel aufgenommen. Nach der Addition und Subtraktion ($X=M+(+S)$) und ($Y=M-(+S)=0$) erscheint es nur im X-Kanal, sofern das M- und S-Signal gleich gross sind.

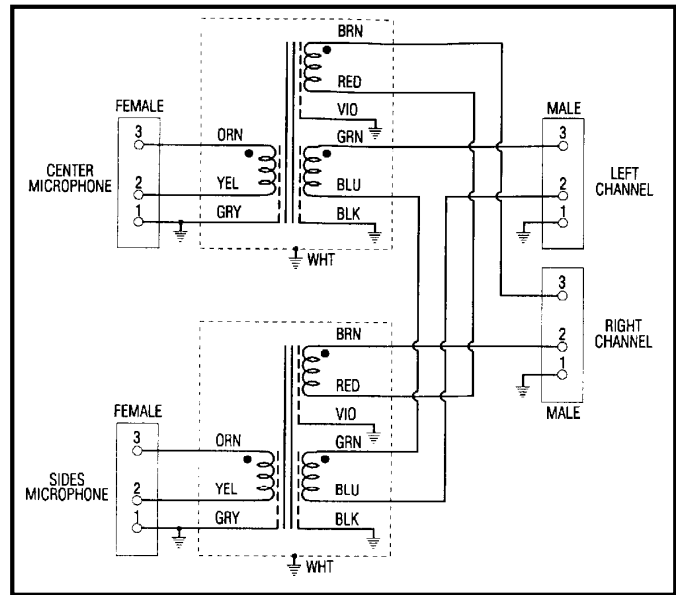
Matrixschaltung

Bild 84 zeigt eine konventionelle Überträger-Schaltung einer X/Y- M/S-Matrix. Heute wird sie in der Regel elektronisch mit OpAmps realisiert.

Stereobreite

Bei der MS-Technik hängt die Stereobreite einerseits von der Richtcharakteristik der M-Kapsel, andererseits vom Pegelverhältnis von M- und S-Signal ab:

- je grösser das S-Signal im Verhältnis zum M-Signal, desto grösser die Stereobreite.

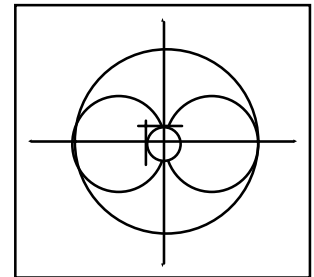


Aufnahme von Raumschallanteilen

Ausserhalb des (der) Aufnahmewinkel auf die Anordnung auftreffende Schallanteile, es handelt sich in der Regel um Raumschallanteile, werden als gegenphasiges „Raumsignal“ aufgenommen. Bei einem Mikrofon mit Achtercharakteristik im M-Kanal ist der Anteil des Raumschalls gleich gross wie der des Direktschalls.

9.2.1 MS - Anordnung mit Kugelcharakteristik (Bild 85)

- Die Aufnahmecharakteristik ist vorn/hinten-symmetrisch.
- Bei gleichem M- und S-Anteil und bei reduziertem S-Anteil beträgt die Aufnahmewinkel vorn und hinten je 180° (kein S-Anteil = Monoaufnahme).
- Wenn der S-Anteil 6 dB grösser ist als der M-Pegel reduzieren sich die beiden Aufnahmewinkel (vorn und hinten) auf 90° , bei einem um 6 dB höheren S-Anteil auf 60°
- Der Aufnahmewinkel ändert sich in der Gegend der Nullachse um rund $12^\circ / \text{dB}$

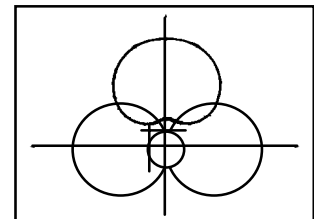


9.2.2 MS - Anordnung mit Nierencharakteristik (Bild 86)

Der Aufnahmewinkel hängt vom S-Anteil (bezogen auf den Pegel des M-Anteils) ab:

S-Anteil	Aufnahmewinkel
-6 dB	180°
-3 dB	140°
0 dB	106°
+3 dB	78°

Der Aufnahmewinkel ändert sich in der Gegend der Nullachse um rund $10^\circ / \text{dB}$

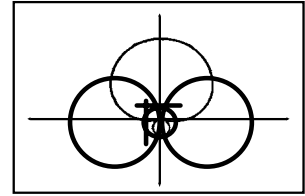


9.2.3 MS - Anordnung mit Supernieren-Charakteristik (Bild 87)

- Aufnahme von vorn und von hinten. Aufnahme von hinten mit kleinerem Pegel und kleinerem Aufnahmewinkel, sowie seitenverkehrt und gegenphasig.
- Der Aufnahmewinkel hängt vom S-Anteil (bezogen auf den Pegel des M-Anteils) ab:

S-Anteil	Aufnahmewinkel
-6 dB	154°
-3 dB	126°
0 dB	100°
+3 dB	76°

Der Aufnahmewinkel ändert sich in der Gegend der Nullachse um rund 8° / dB

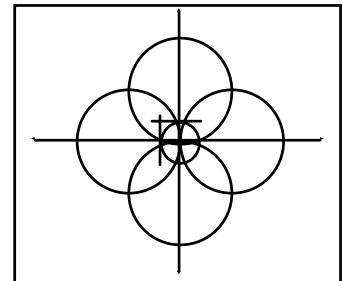


9.2.4 MS - Anordnung mit Achter-Charakteristik (Bild 88)

- Identische Aufnahmewinkel und Pegel vorn und hinten
- Der Aufnahmewinkel hängt vom S-Anteil (bezogen auf den Pegel des M-Anteils) ab:

S-Anteil	Aufnahmewinkel
-6 dB	126°
-3 dB	110°
0 dB	90°
+3 dB	70°

Der Aufnahmewinkel ändert sich in der Gegend der Nullachse um rund 7° / dB. Ausserhalb der Aufnahmewinkel wird der Raumschallanteil mit gleichem Pegel aufgenommen wie der Direktschall.



9.3 XY- und MS-Technik in der Praxis

Da sich XY- und MS-Signale ineinander überführen lassen, entsprechen sich die beiden Verfahren.

In der Praxis wird man, wenn immer möglich, mit dem einfacheren XY-Verfahren arbeiten. Will man aber aus klanglichen Gründen zum Beispiel einen Schalldruckempfänger im M-Kanal einsetzen, so ist dies nur mit der MS-Technik möglich, bei der die M-Kapsel eine beliebige Richtcharakteristik haben kann.

9.4 Koinzidenzmikrofone für Sound Field-Aufnahmen

Ambiosonics

Die Idee für die mit „Ambiosonics“ bezeichnete Technik stammt aus dem Jahre 1960. Es handelt sich um eine Aufnahme- und Wiedergabetechnik für die dreidimensionale Aufnahme von Schallfeldern.

In der Urform setzte sich die Mikrofonanordnung aus einem Schalldruckempfänger und drei Druckgradientenempfängern mit achterförmiger Richtcharakteristik zusammen, die in der Art eines M/S-Mikrofons möglichst nahe beieinander angeordnet waren (theoretisch müssten sich die 4 Mikrophonkapseln am gleichen Ort befinden).

Diese Mikrofonanordnung gibt vier Signale ab, die folgende Bezeichnungen tragen:

Kugelmikrofon:	W-Signal
3 Achtermikrofone	X-, Y-, und Z-Signal
Die spezielle Kombination der vier Signale trägt die Bezeichnung „B-Format“	

In diesem B-Format sind sämtliche Informationen über das aufgenommene Schallfeld enthalten.

Möglichkeiten von Ambiosonics-Aufnahmen

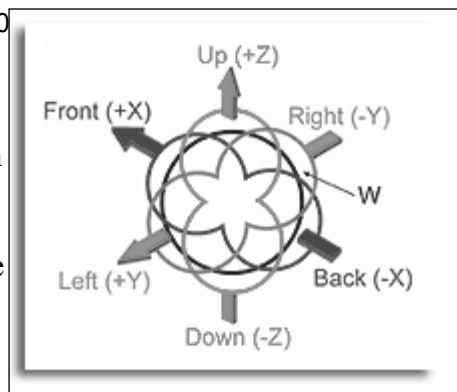
Aufnahmen im B-Format sind „wiedergabe-offen“. Sie lassen sich mit einer beliebigen Anzahl von beliebig platzierten Lautsprechern wiedergeben. Benötigt wird aber in jedem Fall eine der Anzahl der Wiedergabekanäle angepasste Wiedergabematrix, die entsprechend der einfachen Matrixschaltung für M/S-Aufnahmen entspricht. Die Qualität der Wiedergabe eines Schallfeldes hängt dann ausschliesslich von der Anzahl der Wiedergabekanäle ab.

Ebenfalls möglich ist eine beliebige Bearbeitung des „offenen“ B-Signals bei der Post Production. Aus einem B-Signal kann zum Beispiel sowohl eine übliches Stereo-, wie auch ein Surround-Endprodukt hergestellt werden.

Bild 89, 90

Sound Field-Anordnung mit 4 Nierenkapseln

Diese Anordnung basiert auf der gleichen Grundidee wie ein Stereo- XY-Mikrofon, es erfasst aber alle Raumrichtungen. Zum Herstellen eines B-Signals wird eine Matrixschaltung benötigt.



Nimbus-Halliday-Anordnung für die Abbildung von 2 Raumrichtungen

Diese Anordnung basiert auf der gleichen Grundidee wie ein M/S-Stereomikrofon.

Die Anordnung setzt sich aus einem Schalldruckempfänger und zwei Achtermikrofonen zusammen. Wiedergabeseitig wird eine Matrixschaltung benötigt.

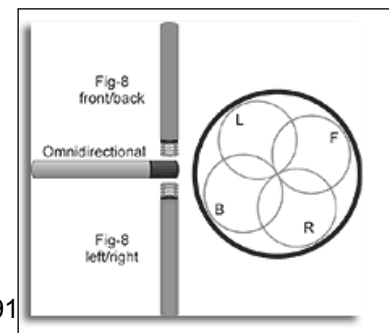


Bild 91

10. Kopfbezogene Mikrofonanordnungen

10.1 Grundidee

Beim Wort "One Point-Mikrofonanordnung" denkt man wohl zuerst an eines der handelsüblichen Stereomikrofone in MS- oder XY-Technik. Genau diese Mikrofone (oder entsprechende aus zwei Mikrofonen aufgebaute Anordnungen) sind damit nicht gemeint.

One Point-Anordnungen basieren auf der Grundidee der kopfbezogenen Aufnahmen, wie sie (theoretisch) optimal bei Kunstkopf-Aufnahmen zu realisieren sind.

Kunstkopfaufnahmen können faszinierend klingen. Leider lassen sie sich aber nur mit Kopfhörern wiedergeben. Bei den One Point-Aufnahmen hat man die Kunstkopf-Grundidee auf Zweimikrofon-Anordnungen übertragen, deren Stereosignal optimal für Lautsprecherwiedergabe geeignet ist.

Eigenheiten der One Point-Anordnungen

Das Stereosignal enthält winkelabhängige Laufzeit-, Intensitäts-, und eventuell auch noch Frequenzgang-Unterschiede zwischen den Kanälen.

Die Laufzeitunterschiede ergeben sich dabei durch den gegenseitigen Abstand der zwei Mikrofone, der oft wegen der (verglichen mit der Kopfhörerwiedergabe) anderen Wiedergabesituation grösser ist als der Ohrabstand.

Einsatzbereich

Bei One Point-Aufnahmen steht die richtige Abbildung von Klangkörper und Raum, sowie der "Natürlichkeitseindruck" an erster Stelle. One Point-Aufnahmen wird man immer dann machen, wenn man Natürlichkeit einer produzierten Spektakularität, einem überverdeutlichten musikalischen Ablauf und einem künstlich aufgemotzten Klangbild vorzieht.

One Point-Anordnungen kann man natürlich auch an Stelle einer A/B-Anordnung oder eines Intensitäts-Stereomikrofons als Hauptmikrofon einsetzen.

richtiges Einpegeln von one point-Anordnungen

one Point-Anordnungen liefern nicht zwei getrennte Signale, sondern (kombiniert) ein Stereosignal.

Konkret bedeutet das folgendes:

- Die Ausgangssignale der beiden Mikrofone müssen im diffusen Schallfeld gleich gross sein. Ungleiche Pegel des Direktschalls dürfen bei der Aufnahme nicht am Mischpult ausgeglichen werden. Es ist notwendig, die Anordnung so vor dem aufzunehmenden Klangkörper zu verschieben und zu verdrehen, bis sowohl die Abbildung, wie auch die Pegelbalance stimmen.

10.2 Mikrofonanordnungen für Stereoaufnahmen

10.2.1 ohne Trennkörper

Faulkner und Bluemlein

Vor dem Klangkörper werden zwei Mikrofone mit Achtercharakteristik mit einem gegenseitigen Abstand von ca. 30 cm aufgestellt. Da bei einem Achtermikrofon die Richtcharakteristik ziemlich frequenzunabhängig ist, wird die Tiefenabbildung eines grossen Klangkörpers richtig aufgenommen. Das Stereosignal dieser Anordnung enthält die gehörmässig richtigen winkelabhängigen Laufzeit-, Phasen- und Intensitätsunterschiede.

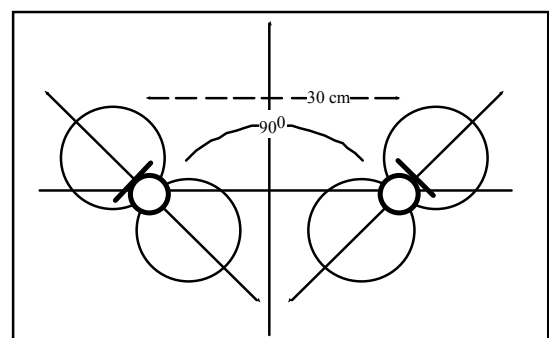


Bild 92

Aufnahmen mit dieser Anordnung sind eher mittenabbildungsbetont. Die Konfiguration eignet sich auch für Aufnahmen in zu halligen Räumen. Es handelt sich um die klassische Zweimikrofon-Anordnung für Bändchenmikrofone.

Bild 93

Olson Stereo-180

Verwendet werden zwei Supernieren, die mit einem gegenseitigen Abstand von 5 cm und einem Öffnungswinkel von 135 Grad vor dem Klangkörper aufgestellt werden.

Bei dieser Anordnung hängen Klangcharakter und Räumlichkeit der Aufnahme vom jeweiligen Mikrofontyp ab (es gibt keine "Standart-Superniere"). Zwischen den als Superniere erhältlichen Typen sind klanglich und im Bezug auf die Richtcharakteristik ziemliche Unterschiede vorhanden.

Wegen des kleinen Mikrofonabstandes kommt der Faktor Laufzeit nicht voll zur Geltung. In akustisch ungünstigen Räumen hat diese Anordnung aber günstigere Eigenschaften als alle andern hier beschriebenen Konfigurationen.

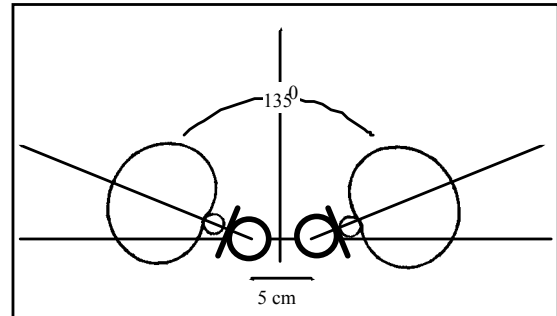


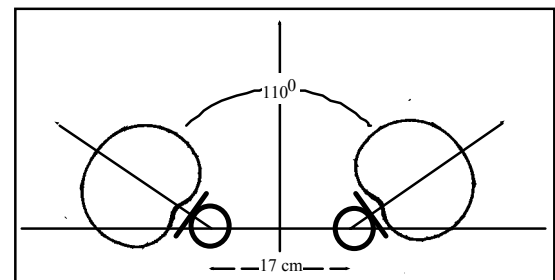
Bild 94

ORTF-Anordnung

Zwei Nierenmikrofone sind mit einem gegenseitigen Abstand von 17 cm auf einer Schiene montiert. Der Öffnungswinkel beträgt 110 Grad.

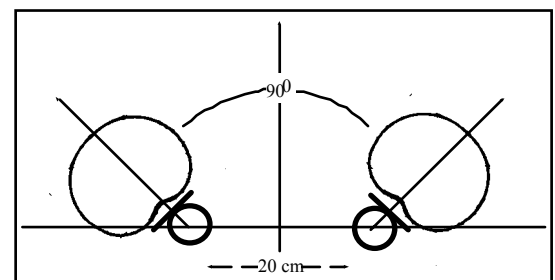
ORTF-Aufnahmen sind links/rechtsabbildungsrichtig. Die Tiefenstaffelung eines Klangkörpers wird aber wegen der "Niereneigenheiten" nicht richtig aufgenommen.

Es handelt sich um die gebräuchlichste One Point-Anordnung.



DIN-Anordnung

Es handelt sich um eine Abart der ORTF-Anordnung mit kleinerem Öffnungswinkel (90 Grad) und einem größeren gegenseitigen Mikrofonabstand (20 cm). Klanglich und in der Abbildung eines Klangkörpers unterscheiden sich DIN- nicht wesentlich von ORTF-Aufnahmen.

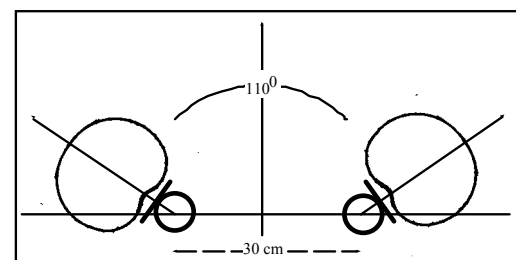


NOS-Anordnung

Die NOS-Anordnung des holländischen Rundfunks entspricht der ORTF-Anordnung. Der einzige Unterschied besteht im wesentlich größeren Mikrofonabstand von 30cm.

NOS-Aufnahmen klingen räumlich spektakulärer als ORTF- oder DIN-Aufnahmen, allerdings kann es bei naher Aufstellung vor dem Klangkörper zu Mono-Kompatibilitätsproblemen und einer schlechten Mittenabbildung kommen.

Die NOS-Technik ist für Aufnahmen geeignet, bei denen man das Mikrofon in größerem Abstand vor dem Klangkörper aufstellen will. Im Bezug auf die Tiefenstaffelung des Klangkörpers gilt das gleiche wie für die ORTF- oder DIN-Technik (Nieren-Eigenheit)

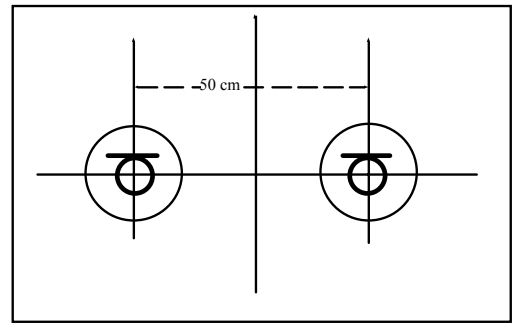


one point - Technik von Denon

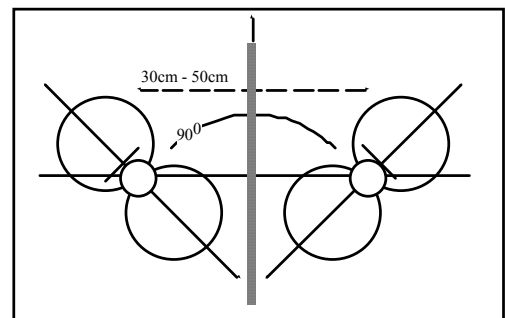
Zwei Kugelmikrofone werden mit einem gegenseitigen Abstand von 50 cm vor dem aufzunehmenden Klangkörper plazierte. Die Mikrofone müssen einen linearen Diffusfeld-Frequenzgang haben (B+K-Mikrofone mit Diffusfeldaufsatz)

Die Richtung der Mikrofone hängt von der bei Diffusfeldentzerrung unvermeidlichen) Ueberhöhung des Frequenzgangs in der Mittelachse ab. Ueblich ist, dass der Öffnungswinkel 45° bis 60° beträgt.

Bild 96

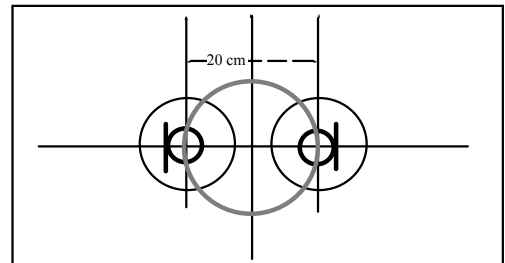
**10.2.2 mit Trennkörper****Madson Shadow**

Zwei Mikrofone mit achterförmiger Richtcharakteristik sind mit einem Öffnungswinkel von 90° und einem gegenseitigen Abstand von 30 cm bis 50 cm vor dem Klangkörper angeordnet. Zusätzlich sind die Mikrofone durch eine Trennplatte akustisch getrennt (Durchmesser der Trennplatte rund 50 cm). Dadurch unterscheiden sich die Signale der zwei Kanäle zusätzlich durch winkelabhängige Frequenzgangunterschiede.

**KFM - Kugel von Schoeps**

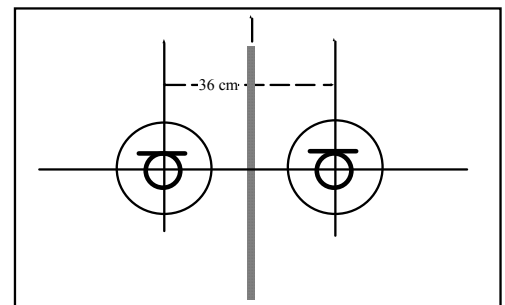
Bei dieser Mikrofonanordnung sind zwei Schalldruckempfänger auf der Oberfläche eines kugelförmigen Trennkörpers angebracht.

Die klanglichen Vorteile von Kugelmikrofonen kommen bei dieser Anordnung voll zur Geltung. Die notwendigen winkelabhängigen Laufzeitunterschiede ergeben sich durch Abstand der zwei Mikrofone, die Intensitäts- und (möglicherweise) auch Frequenzgangunterschiede durch die vom kugelförmigen Trennkörper bewirkte akustische Trennung der zwei Mikrofone.

**OSS - Technik (Jecklin-Scheibe)**

Zwei Kugelmikrofone sind mit einem gegenseitigen Abstand von 36 cm angeordnet und durch eine mit Schaumstoff belegte Scheibe von 35 cm Durchmesser akustisch getrennt.

Bei dieser Anordnung kommen die klanglichen Vorteile der Kugelmikrofone voll zur Geltung. Die richtigen winkelabhängigen Laufzeitunterschiede ergeben sich durch Abstand der zwei Mikrofone, die Intensitäts- und Frequenzgangunterschiede durch die akustische Trennung der Scheibe. Die zwei Mikrofone müssen einen linearen Diffusfeld-Frequenzgang haben. Optimal für diese Anordnung geeignet ist das Mikrofon 4006 von B+K mit Diffusfeld-Aufsatz (schwarz). Der Öffnungswinkel beträgt rund 60° (Grund: Ueberhöhung des Frequenzgangs in der Mikrofonachse)

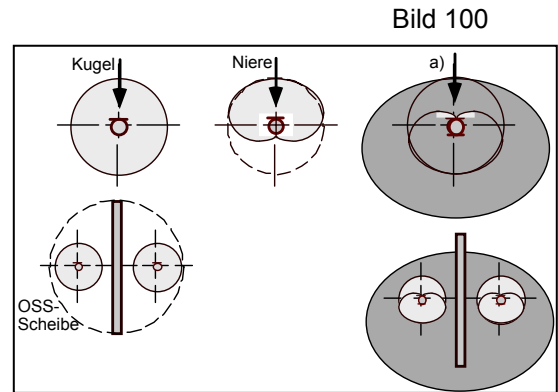


OSS4 - Technik (Jecklin-Scheibe mit vier Mikrofonen)

Zusätzlich zu den zwei Kugelmikrofonen werden zwei nach hinten gerichtete Nierenmikrofone verwendet, die möglichst an den gleichen Orten wie die Kugeln platziert werden müssen (optimal zu realisieren nur mit Mikrofonen mit seitlicher Einsprache)

Der seitliche Aufnahmewinkel wird so verbreitert, und gleichzeitig werden mehr Raumschallanteile aufgenommen.

Diese Anordnung erlaubt eine nähere Aufstellung und eine bessere Abdeckung von breiten Klangkörpern (Sinfonieorchester).

**10.3 Anordnung für Surround-Aufnahmen****10.3.1 OSIS Image-Scheibe**

Weiter entwickelte OSS-Scheibe mit einem dritten Mikrofon für den Center-Kanal.

Die OSIS Image-Scheibe ist Bestandteil der Surround-Aufnahmetechnik OSIS 321. Sie ist im Paper über diese Aufnahmetechnik näher beschrieben (siehe Tontechnik spezial).

10.3.2 OSIS Space-Scheibe

Abgewandelte OSS-Scheibe mit zwei parallel ausgerichteten Nierenmikrofonen

Die OSIS Space-Scheibe ist Bestandteil der Surround-Aufnahmetechnik OSIS 321. Sie ist im Paper über diese Aufnahmetechnik näher beschrieben (siehe Tontechnik spezial).