

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik

Mikrophon:

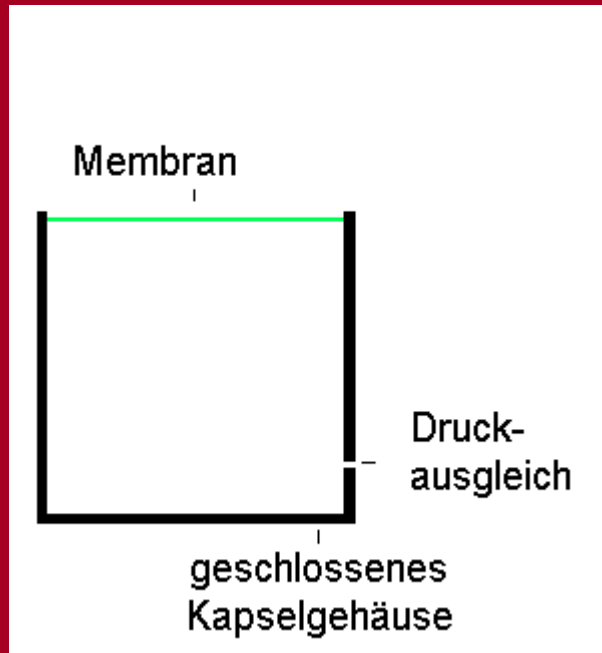
Schall- bzw. elektroakustischer Wandler, die bestimmte Schallfeldgrößen in eine möglichst zu diesen Größen proportionale elektrische Spannung wandeln.

Man unterscheidet:

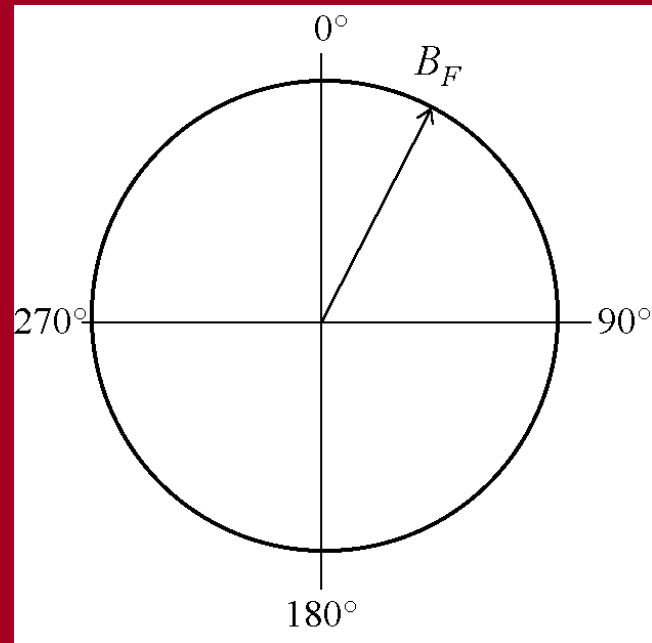
- *Wandlerart*
 - Druckempfänger
 - Druckgradientenempfänger
 - Überlagerte Empfänger
 - Interferenzempfänger
- *Wandlungsprinzip*
 - elektrostatische Wandler (Kondensatormikrophone)
 - elektrodynamische Wandler (Tauchspulen- und Bändchenmikrophone)

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Bei einem Druckempfänger ist nur die Vorderseite der Membran dem Schall ausgesetzt



Druckkapsel
(stark idealisiert und schematisiert)

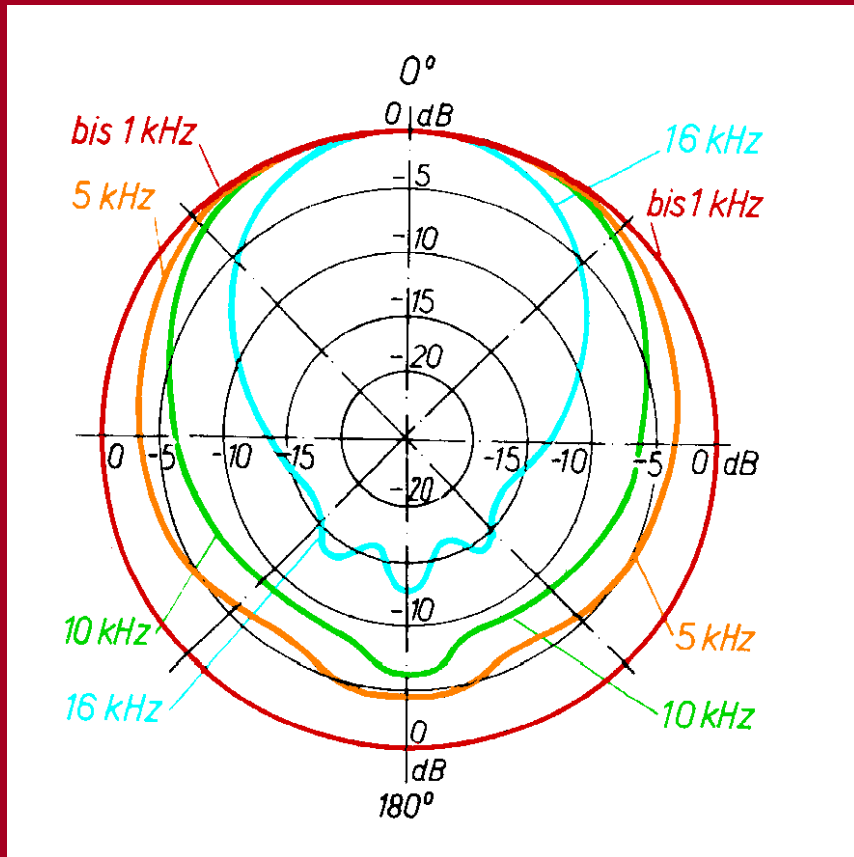


resultierende Richtcharakteristik: „Kugel“
(Polardiagramm)

- **Wenn der Luftdruck vor der Membran vom Kapselinnendruck abweicht, wird die Membran ausgelenkt (alle Mikrophone reagieren auf Druckunterscheide vor und hinter der Membran).**
- **Die Schalldruckschwankungen sind an der Membranvorderseite unabhängig von Schalleinfallrichtung. Der ideale Druckempfänger hat keine Richtwirkung!**

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Aweichung vom Ideal: Anhand des gemessenen Richtdiagramms erkennt man, daß Druckempfänger in der Studioteknik deutlich vom idealen Wandler abweichen:



Richtcharakteristik des KM 83 (Neumann),
Meßabstand 1m / Freifeld (Log!)

- die Richtcharakteristik ist stark frequenzabhängig: nur unterhalb 1 kHz ist sie kugelförmig
- bei seitlichem Schalleinfall werden die Höhen immer geringer übertragen werden als bei frontalem Schalleinfall.
- je höher die Frequenz, desto stärker ist die Bündelung des Mikrophons

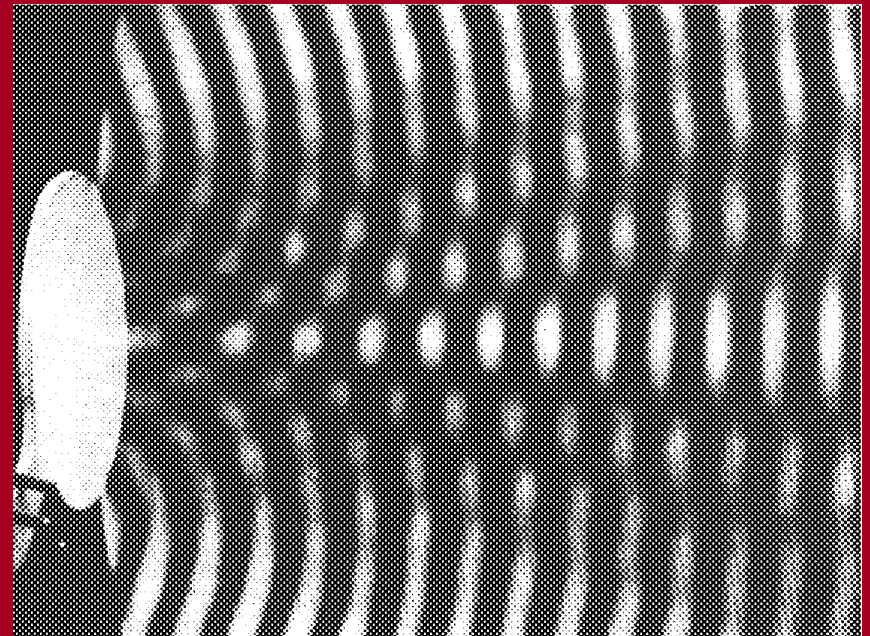
Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik

Anschauliche Darstellung der Schallbeugung um Gegenstände:



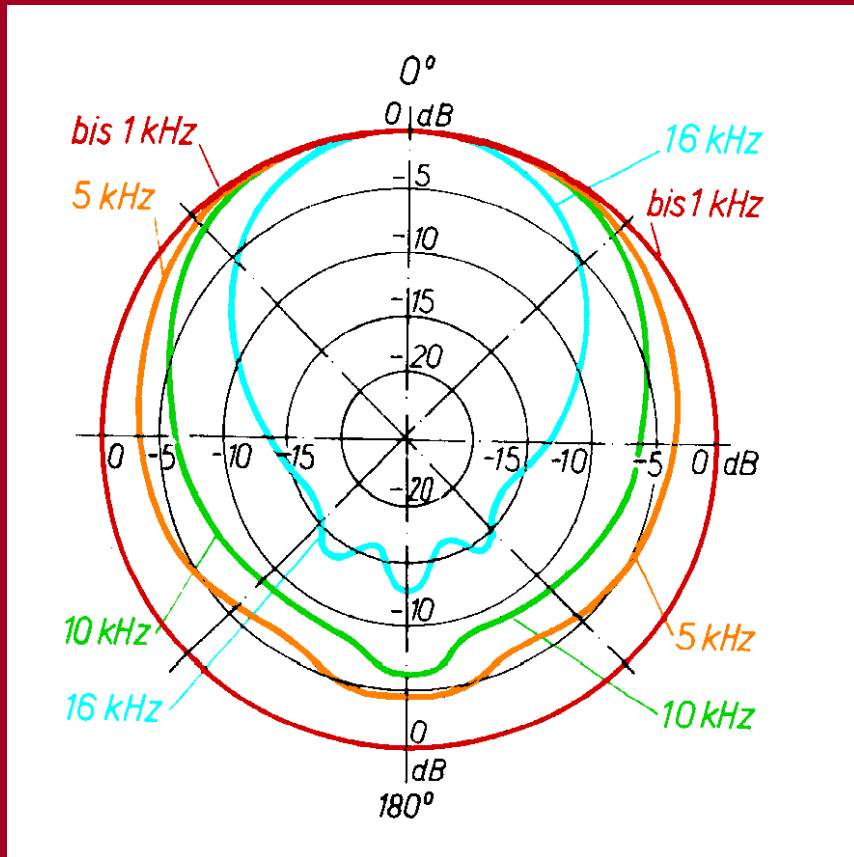
gebeugte Schallquelle an der
Kante einer Platte



Schallbeugung an einem
Tischtennisschläger

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Gründe: durch den erforderlichen Geräuschspannungsabstand und die daraus resultierenden Größe der Kapselkonstruktion ergeben sich:



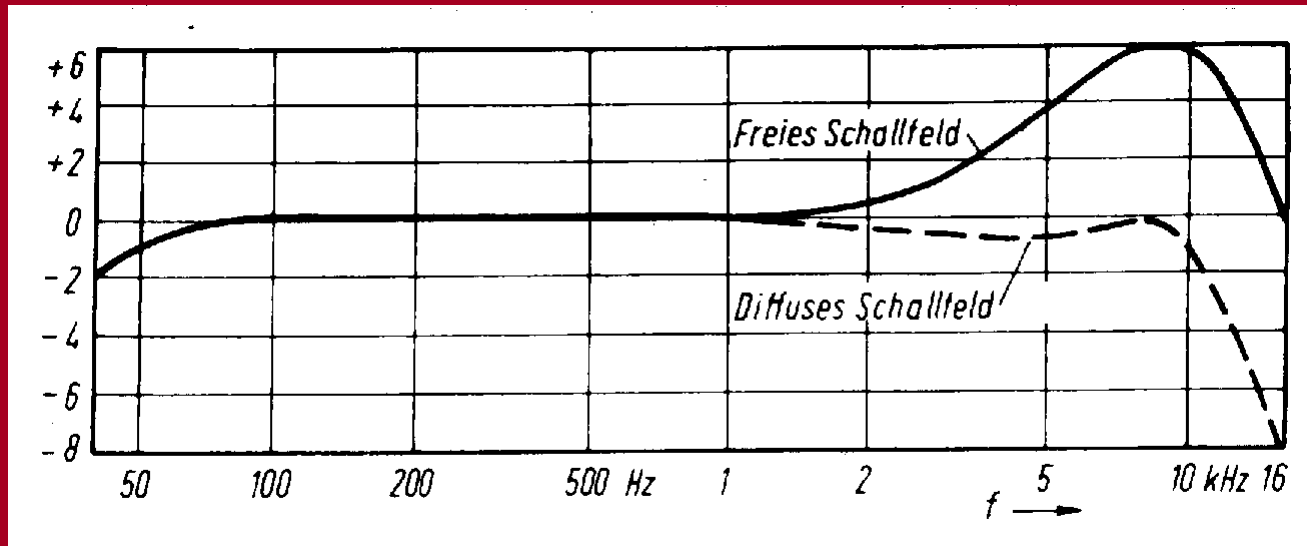
Richtcharakteristik des KM 83 (Neumann),
Meßabstand 1m / Freifeld (Log!)

- Beugungserscheinungen an Kapsel und Gehäuse
- Interferenzen bei seitlichem Schalleinfall (seitl. Schall trifft nicht gleichzeitig auf Membran)
- Abschattungen bei rückwärtigem Schalleinfall
- Reflexionen auf der Membran (Druckstau, sogar erwünscht bei sog. „Diffusfeldentzerrung“ $f = 8 - 12 \text{ kHz}$: + 10 dB)

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik

Diffusfeldentzerrung zur Milderung des Richtwirkungseffektes

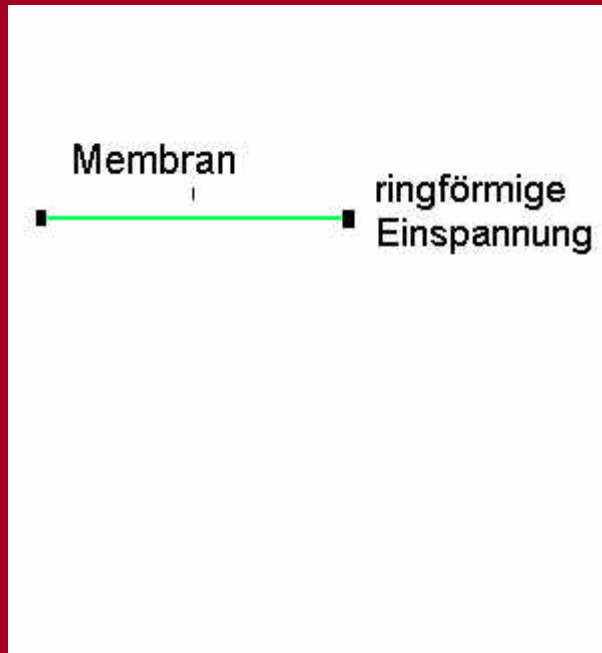


Amplitudenspektrum des KM 83 (Neumann) in dB

- Aufgrund des Richtdiagramms müßte das Diffusfeldspektrum zu hohen Frequenzen hin abfallen.
- Auch möglich: geschickte Einstellung mit separaten Studioentzerrern (Mischpult EQ)

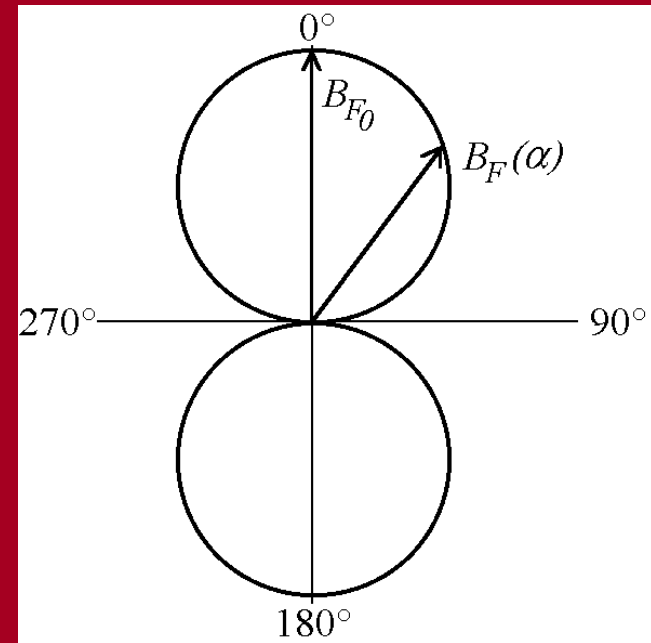
Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Bei einem Druckgradientenempfänger ist die Vorder- und Rückseite der Membran dem Schall ausgesetzt:



Kapsel

(stark idealisiert und schematisiert)



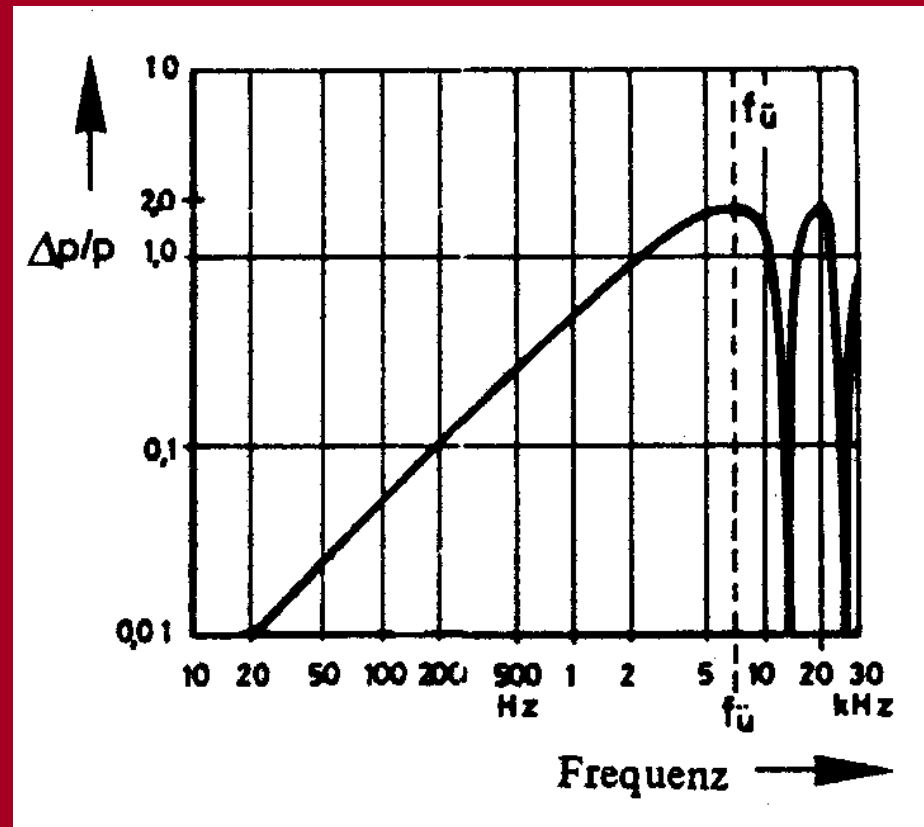
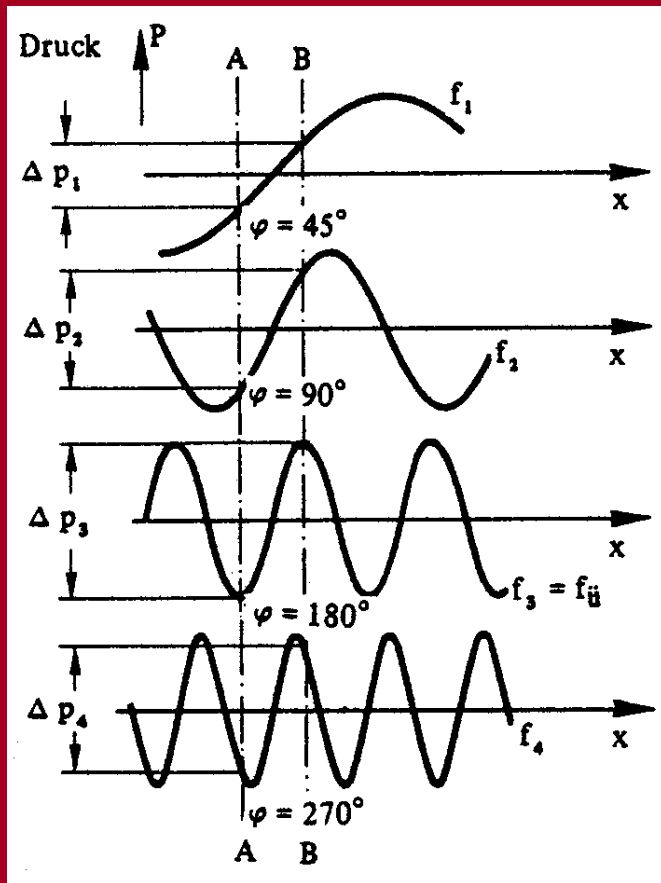
resultierende Richtcharakteristik:

„Acht“(Polardiagramm)

- Wenn der Luftdruck vor der Membran vom Druck dahinter abweicht (Druckdifferenz zw. Zwei Punkten: Druckgradient), wird die Membran ausgelenkt. ® Wie war das mit der Schallausbreitung?
- Die Membranauslenkung ist abh. von der Schalleinfallrichtung! ® Druckgradientenempfänger hat eine bestimmte Richtcharakteristik!

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

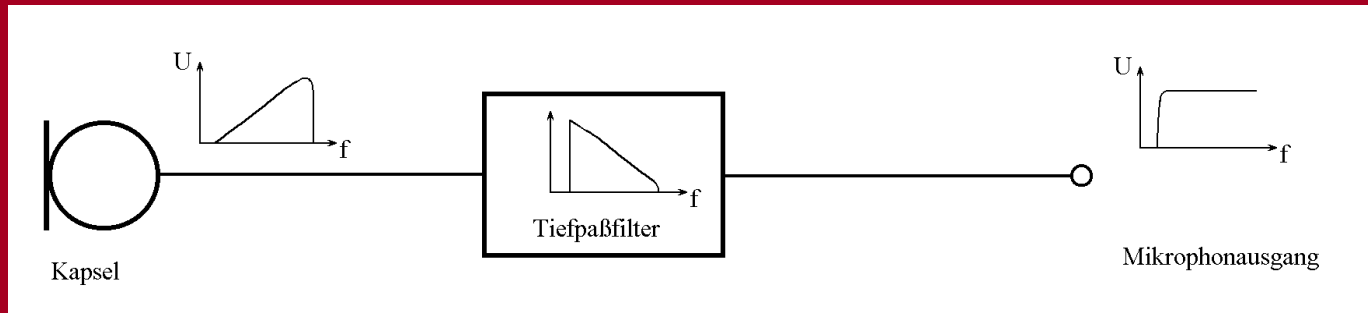
Beim Druckgradientenempfänger kommt eine Druckdifferenz zwischen zwei Punkten A und B nur durch die unterschiedliche Phasenlage einer Schallwelle zustande:



Druckdifferenz zwischen zwei Punkten A und B geringen Abstandes (vor und hinter einer Mikrofonmembran) und Amplitudenspektrum des unkompenzierten Druckgradientenempfängers

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Kompensation des „Frequenzganges“ durch eine frequenzabhängige Dämpfung (konstruktive Maßnahmen in der Kapsel: weich aufgehängte, tief abgestimmte Membran, Masse und Reibungshemmung) kompensiert, so daß sich für einen bestimmten Schallquellenabstand im Fernfeld ein möglichst lineares Übertragungsverhältnis entsteht:

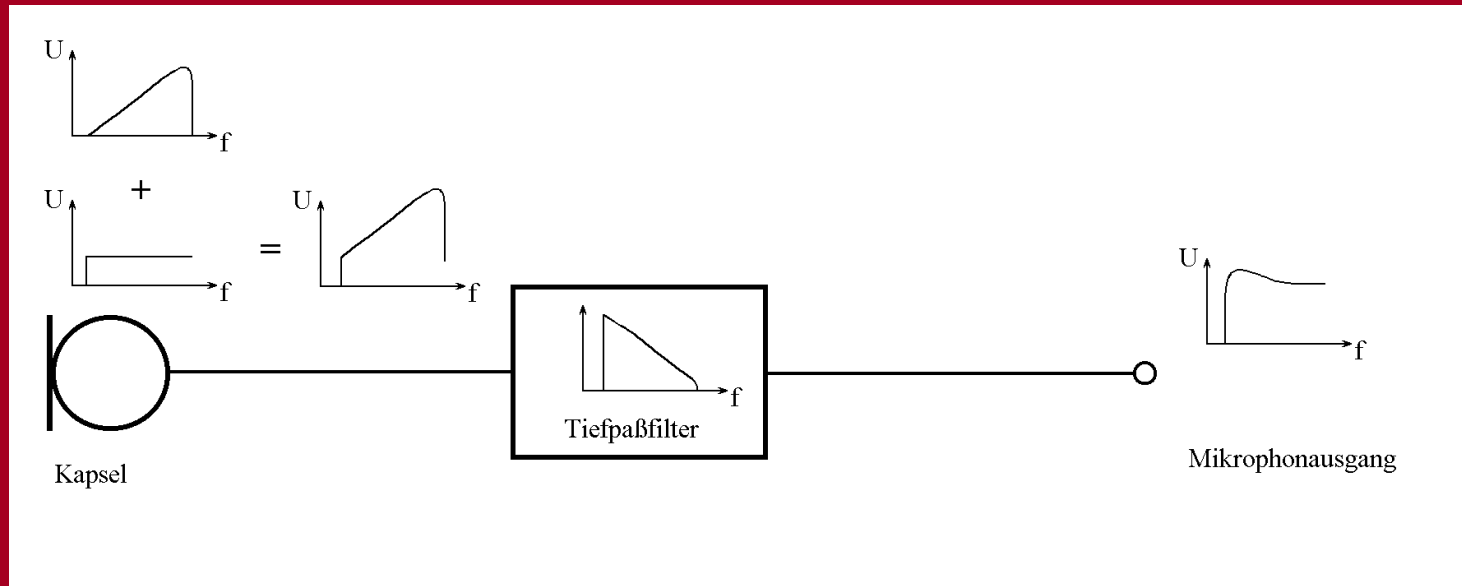


Nahfeld?

Merke: Eine Luftdruckdifferenz \dot{j} zwischen zwei Punkten hat eine entsprechend gerichtete Elongation der Luftteilchen mit der dazugehörigen Schnelle zur Folge.

$$\textcircled{R} \dot{j} \sim v$$
$$v \sim 1 / r^2$$

Im Nahfeld gibt es also noch eine frequenzunabhängige, aber entfernungsabhängige Komponente, die ebenfalls das akustische Filter durchläuft.



Daher übertragen Druckgradientenmikrophone bei Nahbesprechung die tieffrequenten Anteile verstärkt.

® Nahbesprechungseffekt

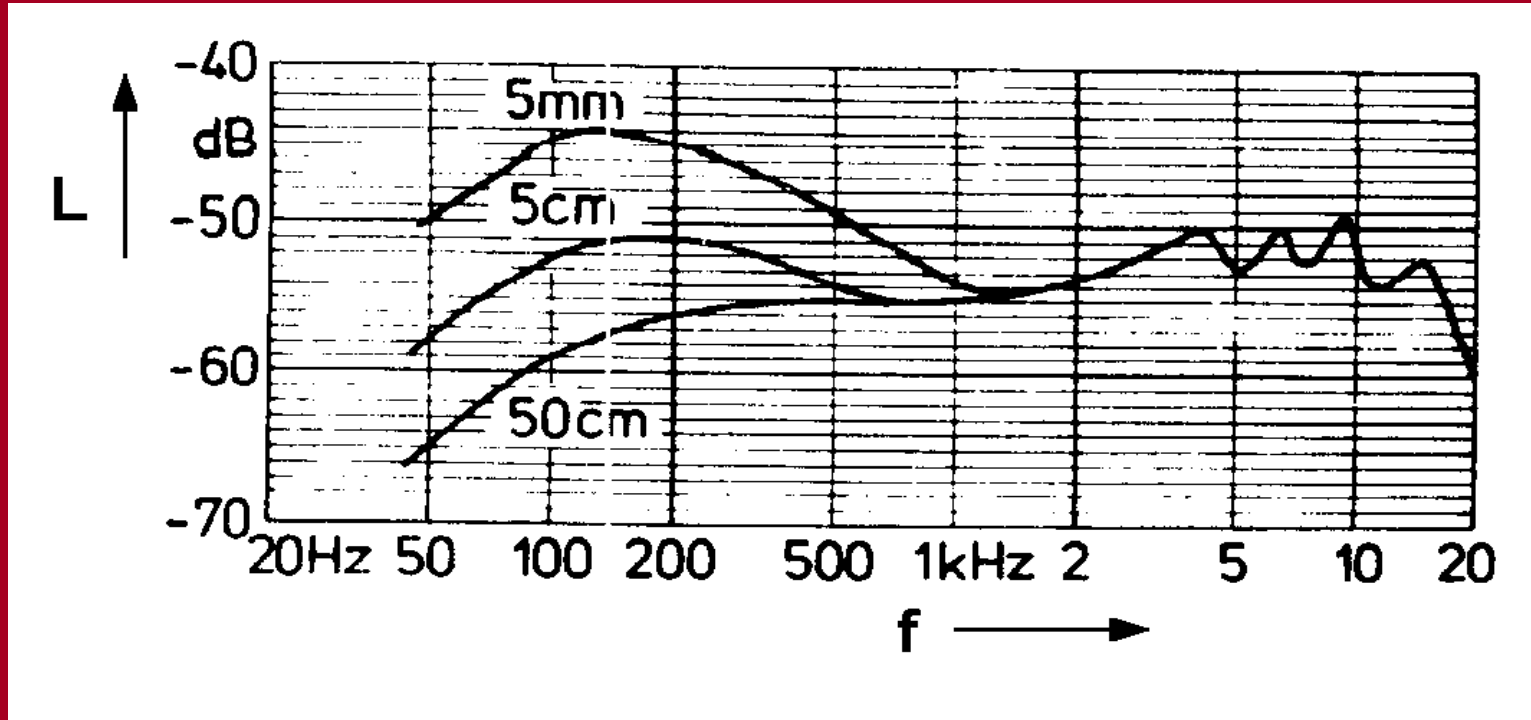
Die Anhebung setzt ein, wenn $\lambda \gg r$ (r : Abstand zum Mikrophon)

Merke:

- Ab ca. 0,5 bis 1m spielt in der Praxis der Nahbesprechungseffekt kaum noch eine Rolle
- aufgrund dieser tiefen Abstimmung sind Druckgradientenempfänger empfindlicher für Wind- und Plosivgeräusche als vergleichsweise reine Druckempfänger

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik



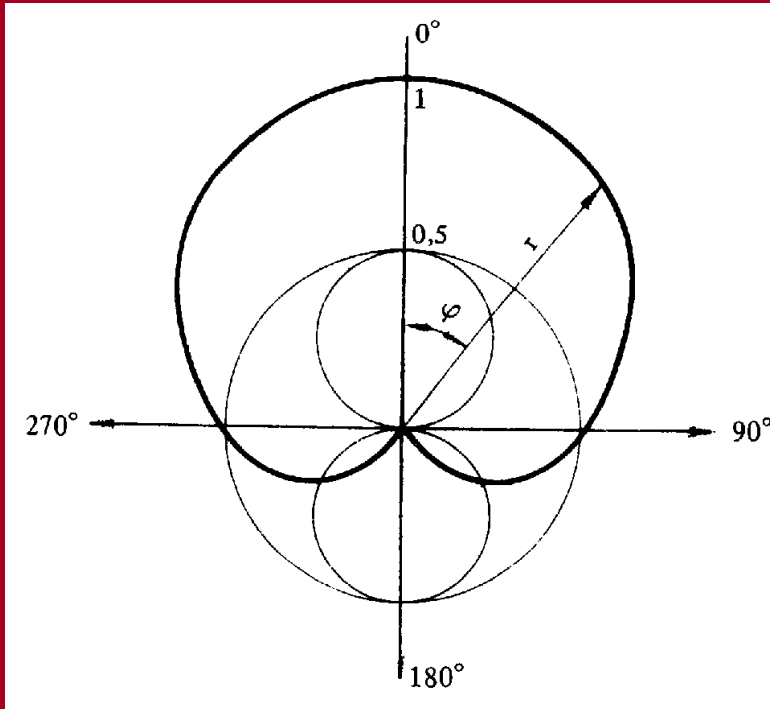
Amplitudenspektrum für ein Druckgradientenempfänger bei unterschiedlichen Abständen zum Mikrophon

Schwachpunkt im Vgl. zu Druckempfänger: Tiefenwiedergabe (Kugelmikrophone „klingen“ ausgewogener, „voller“)

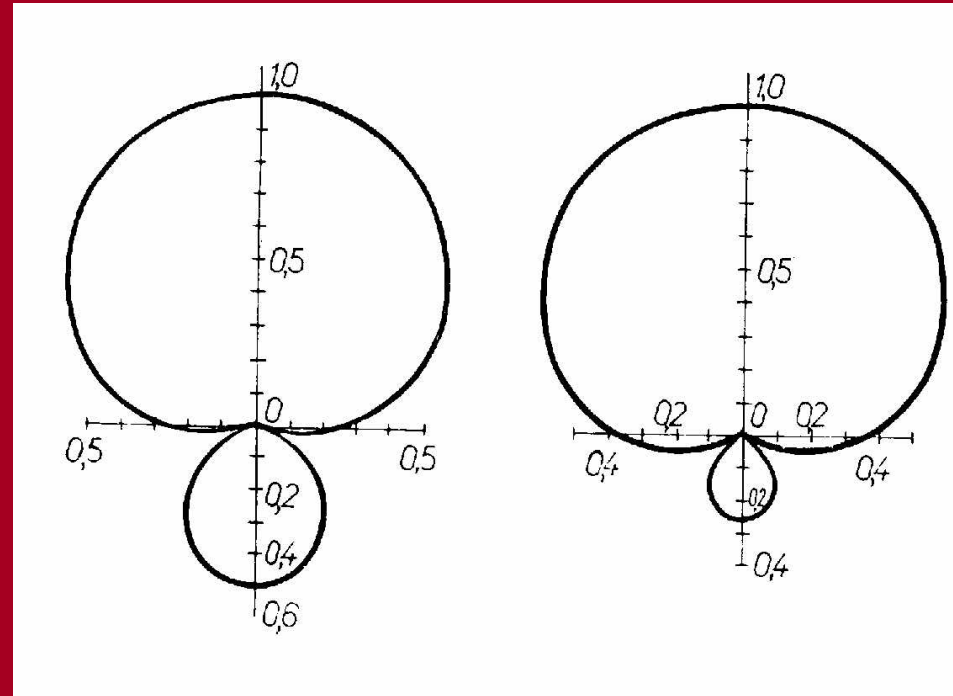
Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

überlagerte Empfänger

Spezifische Richtcharakteristiken erhält man durch Kombination von Druck- und Druckgradientenempfänger (Addition).

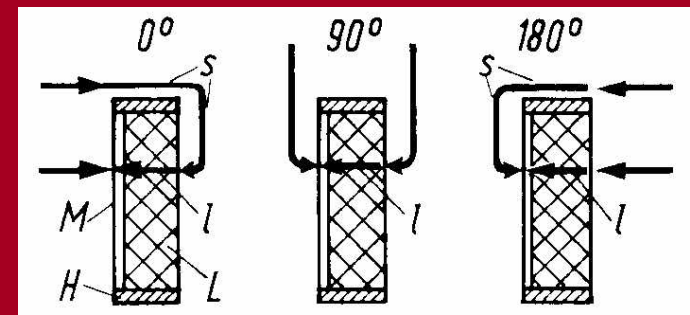


Gleiche Anteile: Niere

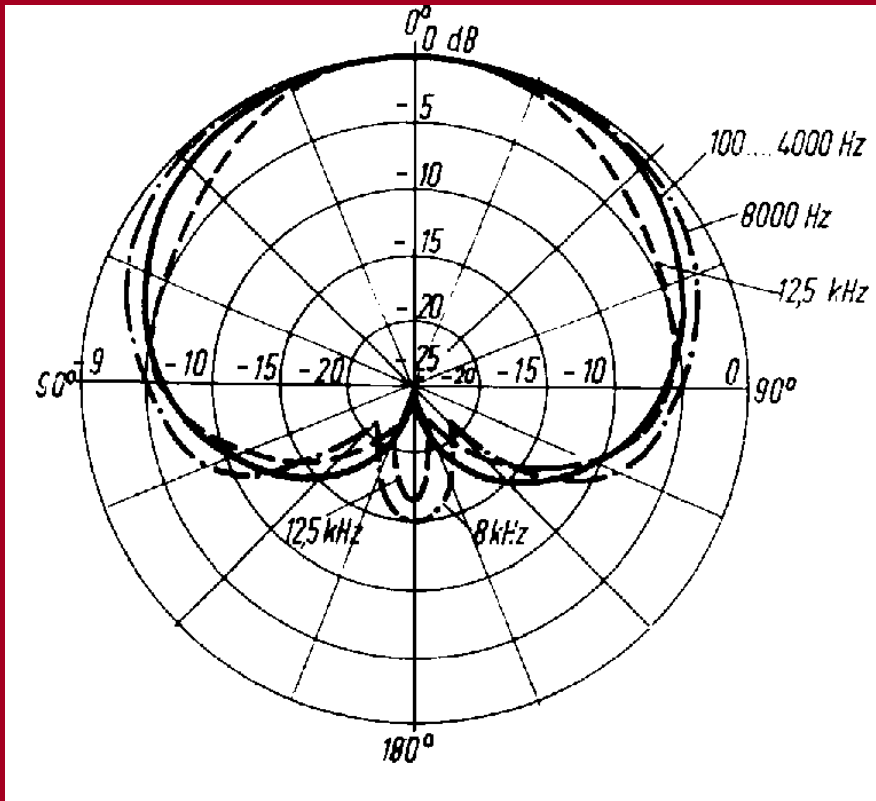


Superniere (1:3) und Hyperniere (1:4)

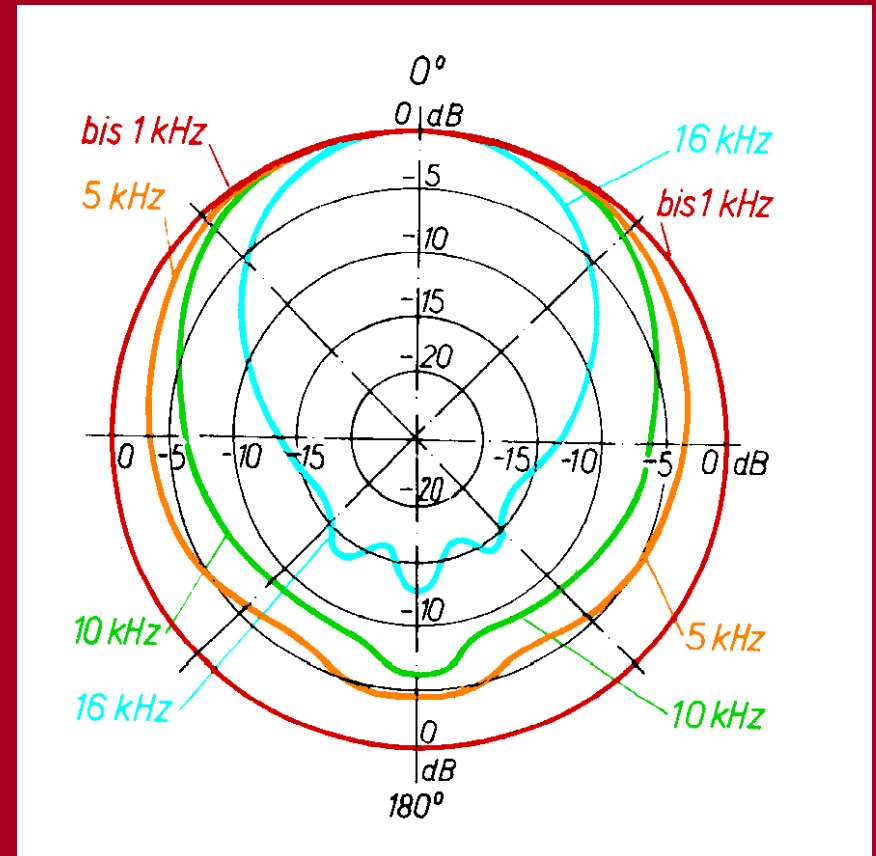
Praktisch erhält man überlagerte Empfänger durch spezielle Kapselkonstruktionen (Laufzeitglieder, Richtch. fest) oder durch Doppelmembrane (Richtch. einstellbar).



Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart



Richtcharakteristik des KM 140 (Neumann),
Meßabstand 1m / Freifeld (**Log!**)



Richtcharakteristik des KM 83 (Neumann),
Meßabstand 1m / Freifeld (**Log!**)

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik/Wandlerart

Frage 1: warum gibt es keine diffus- bzw. freifeldentzerrten Druckgradienten- bzw. überlagerte Empfänger?

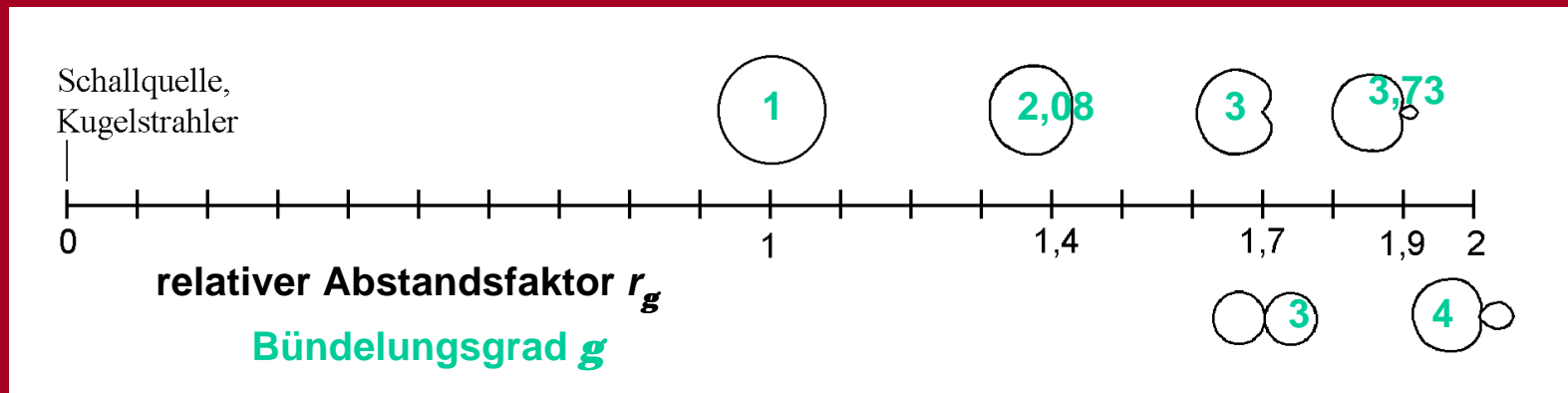
Frage 2: gibt es einen Nahbesprechungseffekt beim Nierenmikrophon?

Auch bei seitlichen Schalleinfall?

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Ein paar Größen, die im Zusammenhang von Mikrofon-Richtcharakteristiken immer wieder auftauchen (es gibt noch vielmehr):

- Bündelungsgrad (directivity factor DRT) : $g = u_a^0(f) / u_a \text{ diff } (f)$
- Bündelungsmaß: $10 \log g$
- relativer Abstandsfaktor (distance factor DSF): $r_g = \sqrt{g}$
- random energy efficiency: $REE = 1 / g$



→ im Nahfeld kann also im Vergleich zur Kugel eine Niere den 1,7-fachen Abstand zur Schalquelle haben

Tontechnisches Praktikum Mikrophontechnik/Wandlerart

Frage: welche Bedeutung haben Mikrofoncharakteristiken im Diffusfeld?

- **Durch die Richtcharakteristiken können Mikrophone im Nahfeld den Schalleinfall aus bestimmten Richtungen (Diffusschall) dämpfen.**
- **Aber: im Diffusfeld können Mikrophone Direktschall und Raumschall kaum noch trennen (siehe Def. Diffusfeld!).**
- **Bei Aufnahme: der wirksame Hallradius kann im Diffusfeld nur wenig durch eine andere Mikrofoncharakteristik verändert werden.**
- **Bei Beschallung: sobald der Mikrofon-Lautsprecherabstand größer ist als der Hallradius, kann die ak. Rückkopplung nicht durch den Einsatz eines stärker richtenden Mikrophons verbessert werden.**

Interferenzempfänger

Siehe Literatur

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik / Wandlungsprinzip

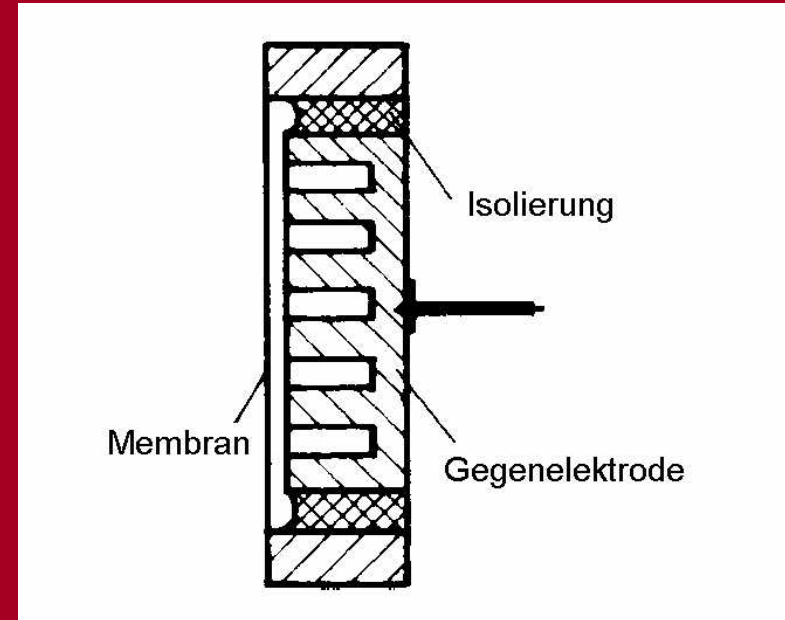
Kapselaufbau beim Kondensator-
mikrophon (elektrostatischer Wandler):
elektrisch leitenden Membran (1 bis
10µm) vor perforierten Gegenelektrode.
Membran und Gegenelektrode ergeben so
einen Luftkondensator mit variablen
Plattenabstand und damit variabler
Kapazität (20 bis 100pF).

quadratisches Kraftgesetz

$$F \sim U^2$$

® Linearisierung durch vorgeschaltete Gleichspannung.

Merke: Kondensatormikrophone brauchen zum Betrieb (Linearisierung, Versorgung des internen Verstärkers / Impedanzwandlers) stets eine Spannungsversorgung (12 - 48 V Phantomspeisung, Elektrettechnik).



schematische Darstellung
einer Druckkapsel

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik / Wandlungsprinzip

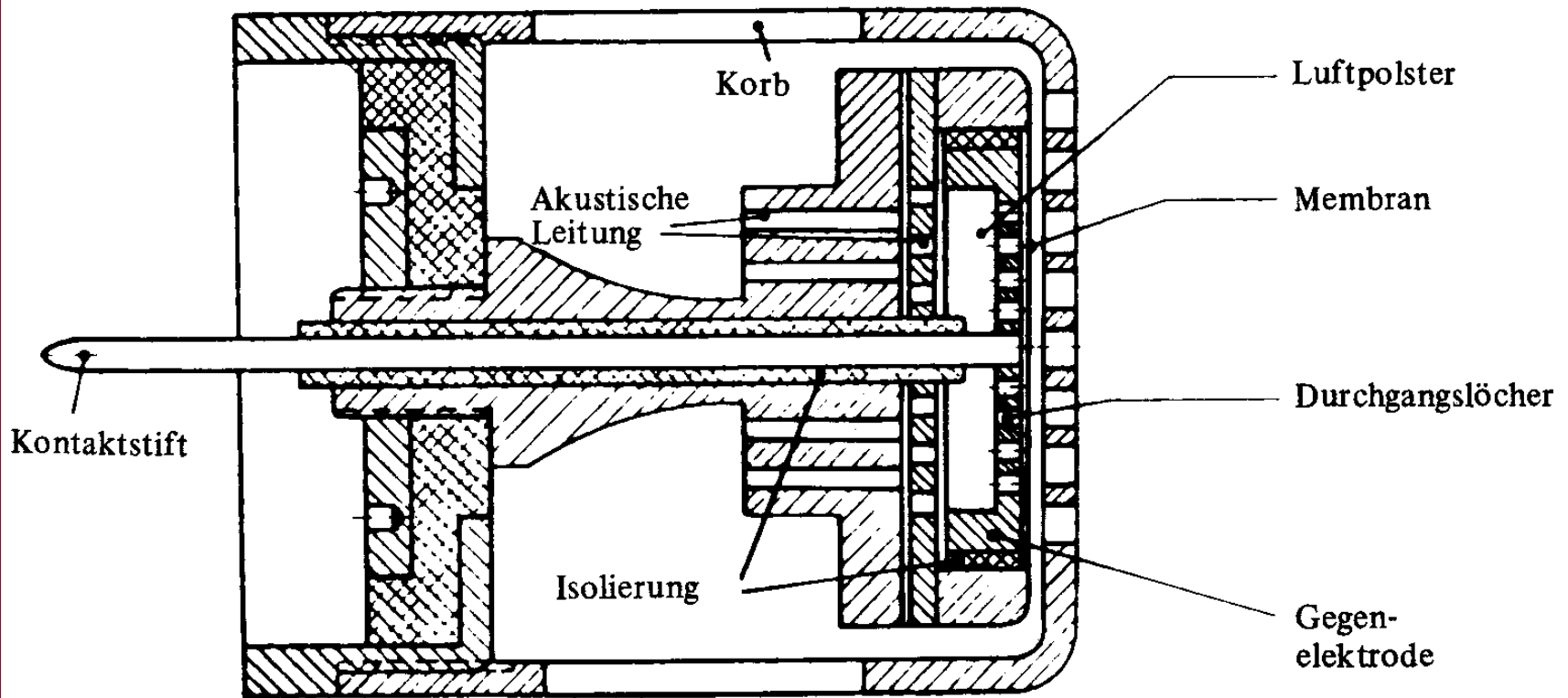


Abb. 4/30. Beispiel für den mechanischen Aufbau eines Nierenmikrofons mit Laufzeitglied.

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik / Wandlungsprinzip

Elektrodynamische Mikrophone

Tauchspulenmikrophone:

Kunststoffmembran auf freitragender Spule, die in den Luftspalt eines Dauermagneten eintaucht.

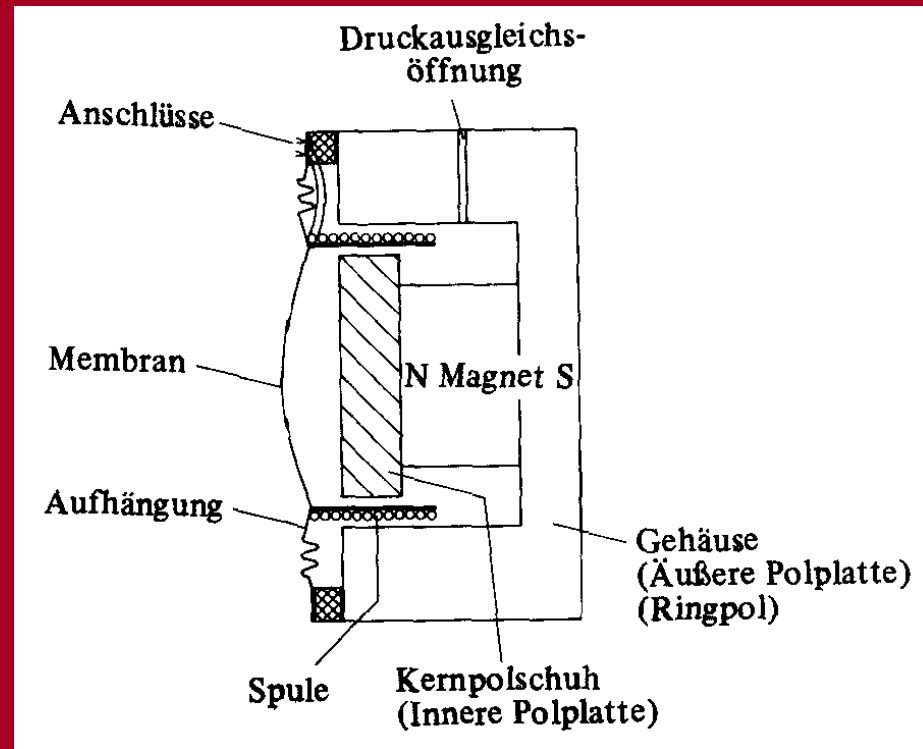
® Strom I wird in Spule induziert:

$$F = B \cdot I \sim U$$

(B : magnetische Induktion)

Merke:

- dynamische Mikrophone brauchen keine Versorgungsspannung.
- dynamische Mikrophone brauchen relativ hohe Verstärkungen.
- dynamische Mikrophone sind sehr robust gegen Temp.-und Luftfeuchte-Schwankungen.
- Weitere dynamische Wandler: Bändchenmikrophone (siehe Literatur).

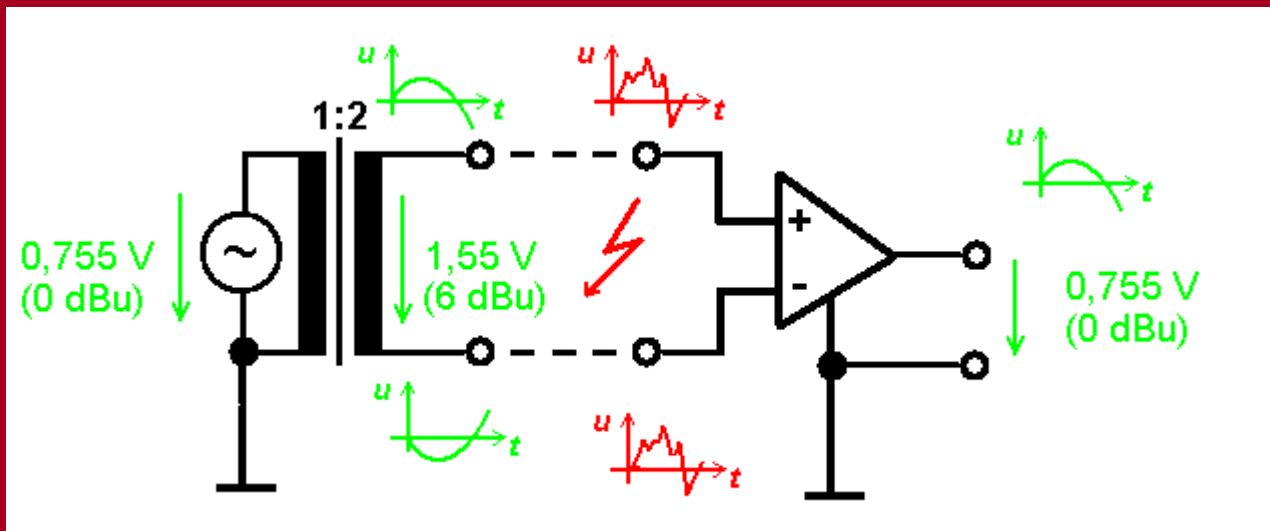


schematische Darstellung
einer Druckkapsel

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik / Anschlüsse

In der Studioteknik ist insbesondere bei langen Leitungen (z.B. Mikrofonkabel) die symmetrische Anschlußtechnik üblich: gegenüber Masse wird das Signal auf zwei Leitungsadern in entgegengesetzter Phase übertragen.

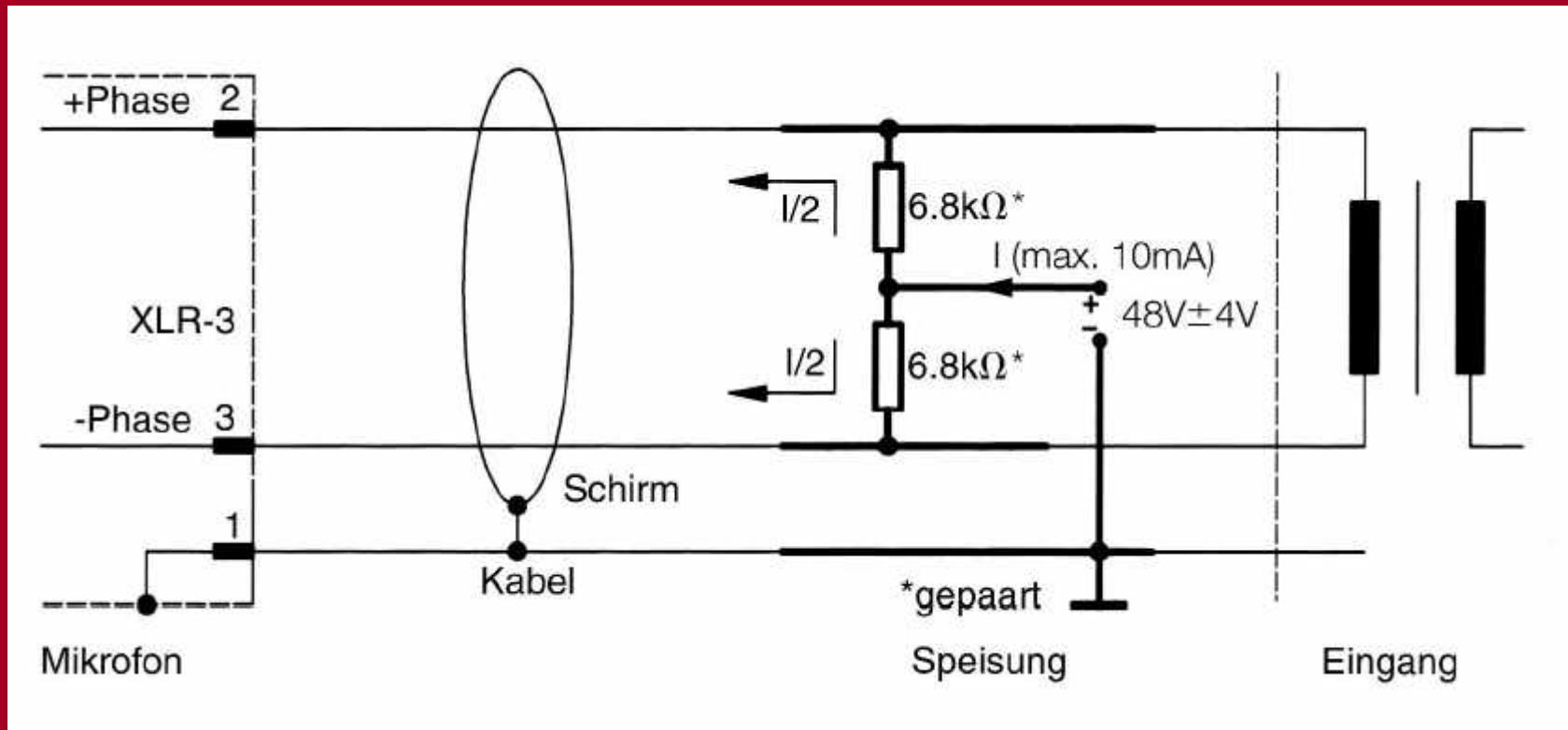


symmetrische Anschlußtechnik „symmetrisch erdfrei“ für Linepegel

Vorteil: Einstreuungen auf der Leitung heben sich wieder auf

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik / Anschlüsse



**symmetrische Anschlußtechnik „symmetrisch erdfrei“ für
Mikrophone mit 48 V Phantomspeisung nach DIN EN 61938**

Tontechnisches Praktikum

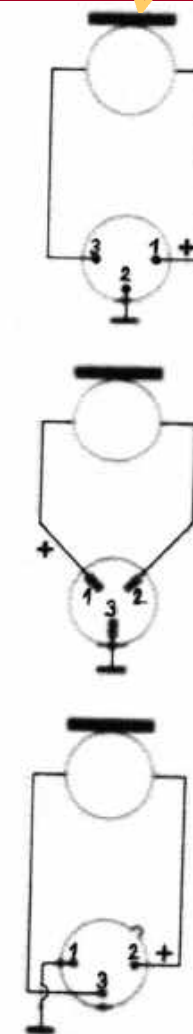
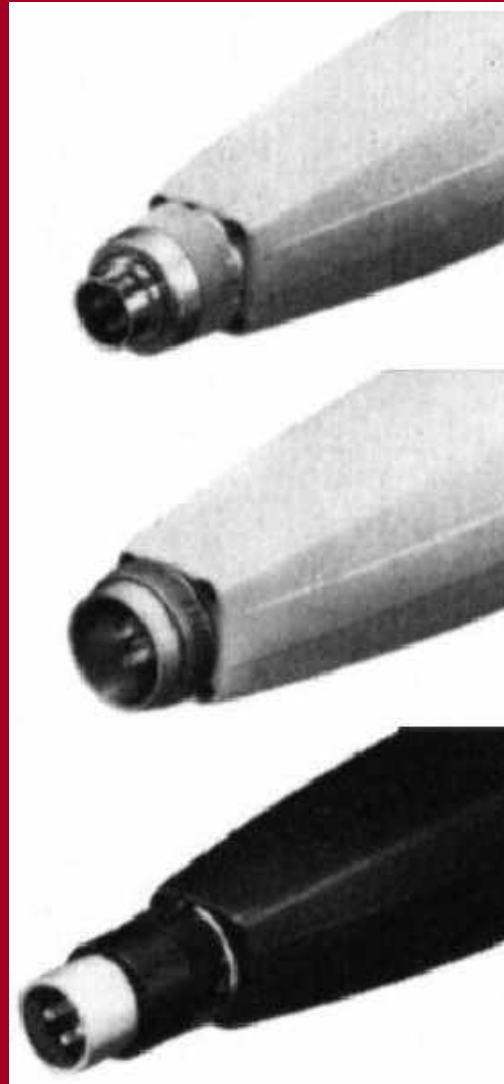
Mikrophontechnik / Anschlüsse

Schalt-
zeichen für
Mikrofon

Anschluss-Stecker bei Mikrofonen

unterscheide:

- Stecker (male):
Ausgang
- Buchse (female):
Eingang



Klein-Tuchel:
DIN 41524
1 = hi
3 = lo
2 = ground

Groß-Tuchel:
DIN 41626
1 = hi
2 = lo
3 = ground

XLR:
2 = hi
3 = lo
1 = ground

Tontechnisches Praktikum

Mikrophontechnik

Literatur

- <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/mikro.pdf>
- <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/muwi/ag/umdruck/formmic.pdf>
- **BORÉ, G.:** *Mikrophone - Arbeitsweise und Ausführungsbeispiele*, 3. Auflage, Georg Neumann GmbH Berlin, (Standort Bibliothek AK 827) bzw. <https://www.neumann.com/infopool/download.php?Datei=docu0003.PDF>
- **Zollner, M., Zwicker, E.:** *Elektroakustik*, 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1993, Kap. 4-6 (Standort Bibliothek: AK 902)
- **DICKREITER, M.:** *Handbuch der Tonstudioteknik*, Band I, 5. Auflage, Verlag K.G.Saur 1987 / 1990, (Standort Bibliothek: AK 800)
- **WEBERS, J.:** *Tonstudioteknik*, Franzis-Verlags GmbH München (Standort Bibliothek: AK 805)
- **WUTTKE, J.:** *Mikrophonaufsätze*, Kap. 6 -14
<http://www.schoeps.de/D/aufsaeetze.html>