

# Referat Schallwandler

Vortragender: Falk Kempe

# kurze Theorie

## **Was ist ein Schallwandler?**

Allgemein:

**Ein Schallwandler ist ein System, welches Schallenergie in elektrische Energie umwandelt und umgekehrt.**

**Kann ein bestimmter Wandlertyp beides, heißt er reversibel.**

# Wandlertypen

Für dieses Referat interessieren vor allem 2 Wandlertypen:

- **Der elektrodynamische Wandler**
- **Der elektrostatische Wandler**

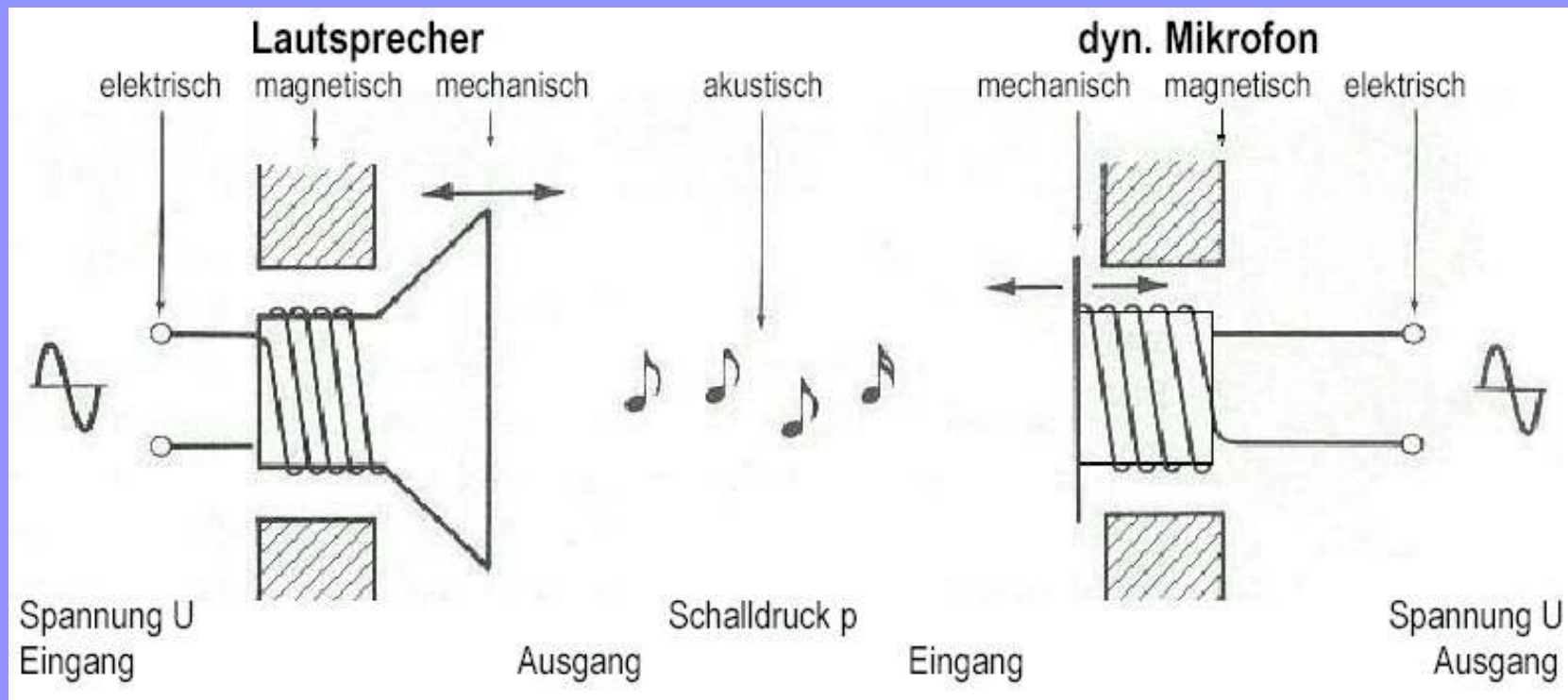
# Der elektrodynamische Wandler

er besteht aus:

- Einem Permanentmagneten
- Einer frei bewegliche Schwingspule
- Einer an die Schwingspule fest gekoppelten Membran

Dieser Wandlertyp ist reversibel! Einsatz als Mikrofon oder Lautsprecher.

# Prinzip des elektrodyn. Wandlers



# Funktionsprinzip des dyn. Mikros

- Funktion auf der Basis des Induktionsgesetzes:

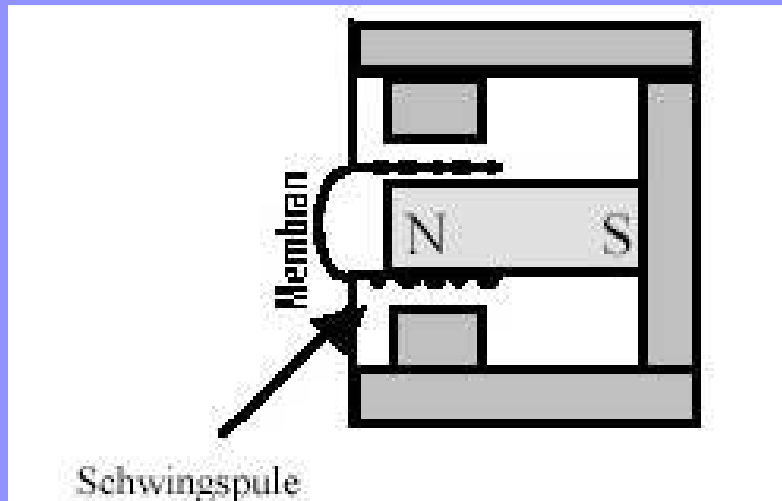
$$U = B \cdot l \cdot v$$

B – magnetische Feldstärke des Permanentmagneten

l – Länge des gewickelten Drahtes

v – Geschwindigkeit des Spule

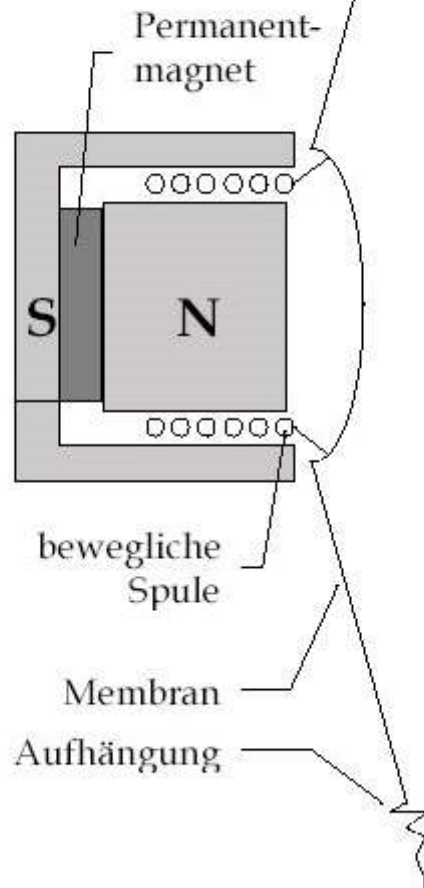
# Funktionsprinzip Fortsetzung



Wird der Leiter mit der Geschwindigkeit  $v$  im Magnetfeld bewegt, so wird in ihm die Wechselspannung  $U$  induziert.

$$\Rightarrow v \sim U$$

# Funktionsprinzip des Lautsprechers



- Kraft auf einen strom-durchflossenen Leiter im Magnetfeld:

$$F = B \cdot i \cdot L$$

- Dabei:  $F \sim i$ ,  
wegen  $B, L = \text{konstant}$



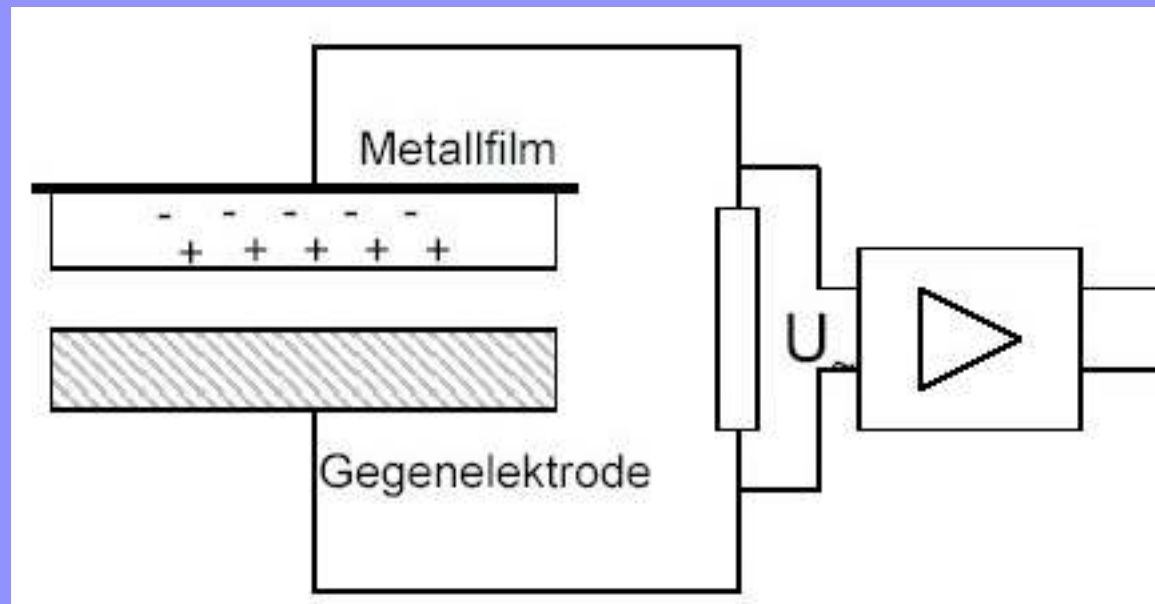
# **Der elektrostatische Wandler**

er besteht aus:

- Einer festen und einer beweglichen Elektrode (also einem Kondensator)
- Einer Membran (die bewegliche Elektrode)
- Und eine Spannungsquelle (siehe nächste Folie)

# Das Kondensatormikro allgemein

Dieser Wandlertyp ist theoretisch auch reversibel. In der Praxis wird er jedoch nur in der Form von Kondensatormikros verwendet.



# **Einführung verschiedener Fachbegriffe für Mikros**

(nötig für Verständnis der speziellen  
Mikrofonbauarten)

# Übertragungsfaktor oder Empfindlichkeit

Es gibt mehrere Arten von Übertragungsfaktoren, wichtig für dieses Referat ist jedoch nur:

der Feld-Leerlaufübertragungsfaktor  
oder auch Empfindlichkeit

Er gibt die Leerlaufspannung des Mikros an, und zwar in mV pro Pa.

# Der Übertragungsbereich

- Er bezeichnet den zur Schallaufnahme nutzbaren Frequenzbereich
- Diese Angaben muss der Hersteller im Datenblatt angeben
- Beispiel: typische wäre z.B. 40 Hz bis 20 kHz

# Das Übertragungsmaß

- Gibt das Verhältnis von Übertragungsfaktor zu einem Bezugsfaktor in dB an

# **Frequenzgang oder auch Frequenzkurve**

- Dies ist die grafische Darstellung der Abhängigkeit des Übertragungsmaßes von der Frequenz bei senkrecht auf der Membran auftreffendem (direktem) Schall
- Wichtig ist zudem die Unterscheidung von Direkt- und Diffusschall!

# Grafische Darstellung

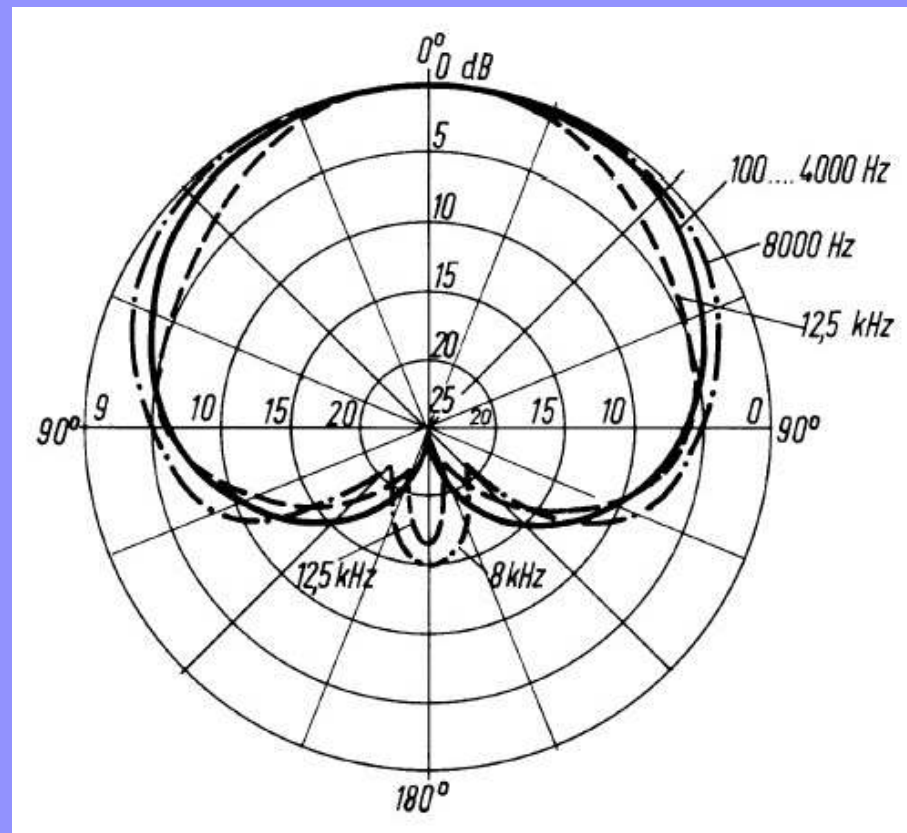
Es gibt 2 Arten der grafischen Darstellung:

- Einfallswinkel = konstant, Frequenz variabel
- Und umgekehrt: Einfallswinkel variabel, Frequenz = konstant

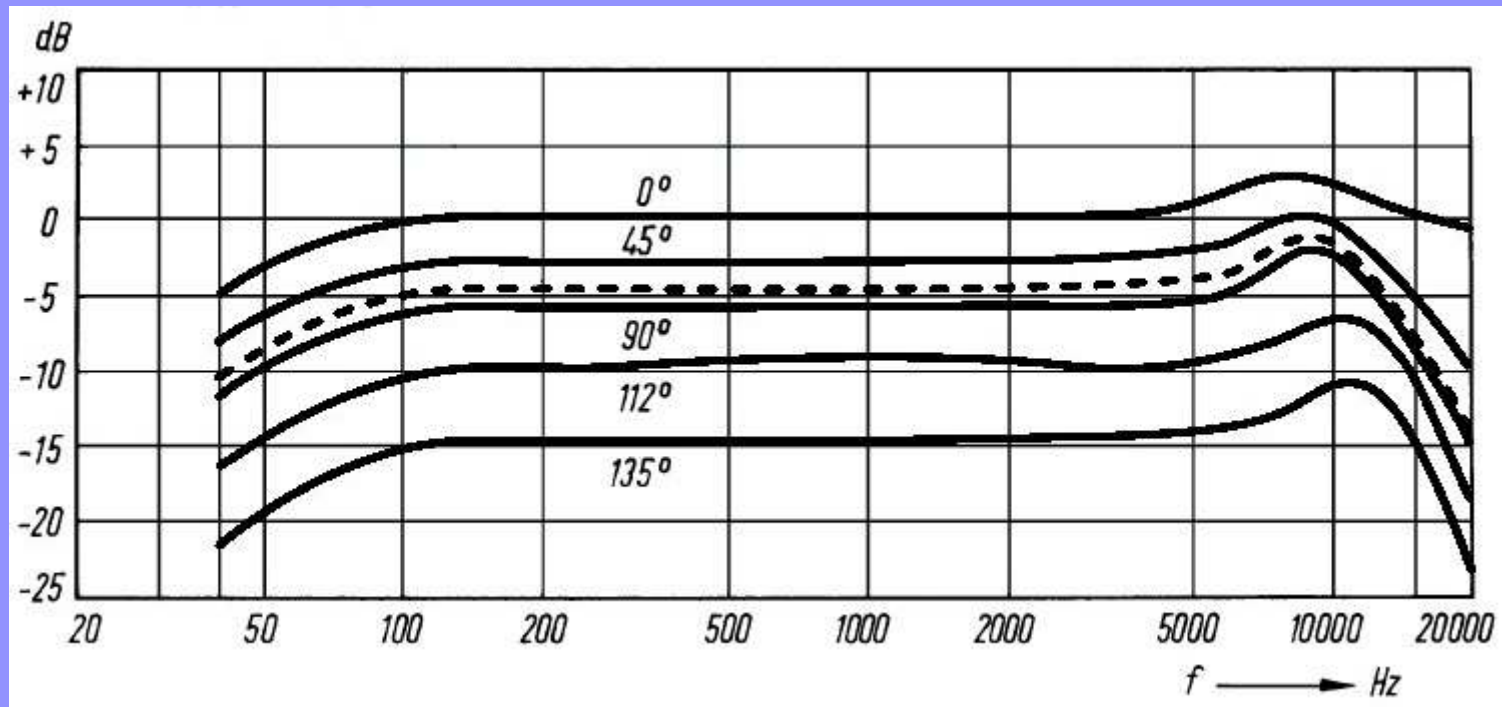


# Konstante Frequenz

Wieder ein kleines Beispiel:



# Konstanter Einfallswinkel



# Der Richtungsfaktor

Er ist das Verhältnis des Übertragungsfaktors für eine ebene Schallwelle, die das Mikro aus einer bestimmten Richtung trifft, zu demjenigen aus der Bezugsrichtung ( $0^\circ$ ).

Bei  $0^\circ$  ist das Verhältnis also immer 1!

# Der Klirrfaktor

- Der Klirrfaktor  $k$  gibt an, wie stark die Oberwellen, die bei der Verzerrung eines sinusförmigen Signals entstehen, im Vergleich zum Gesamtsignal sind.

$$k = \sqrt{\frac{\bar{U}_2^2 + \bar{U}_3^2 + \dots}{U_{eff}}}$$

# Der Klirrfaktor - Fortsetzung

Der Klirrfaktor ist also immer kleiner 1!

Deswegen folgende Darstellungen:

- In Prozent, also  $k \cdot 100$
- Oder als Klirrdämpfung in dB:

$$\underline{D = -20 \cdot \lg(k)}$$

Dieser Wert ist wichtig!

# Der Grenzschalldruck

- Der Grenzschalldruck ist derjenige Schalldruck, unterhalb dessen der Hersteller die Einhaltung eines bestimmten Klirrfaktors (fast immer 0,5% Prozent) garantiert.

# Die Nennimpedanz

- Dies ist der Wechselstromabschlusswiderstand, für den das Mikrofon ausgelegt ist
- Dieser Wert ändert sich von Mikro zu Mikro!
- Bspw. Dynamische Mikros:  $\sim 100\ \Omega$ , Kondensatormikros: um die  $600\ \Omega$

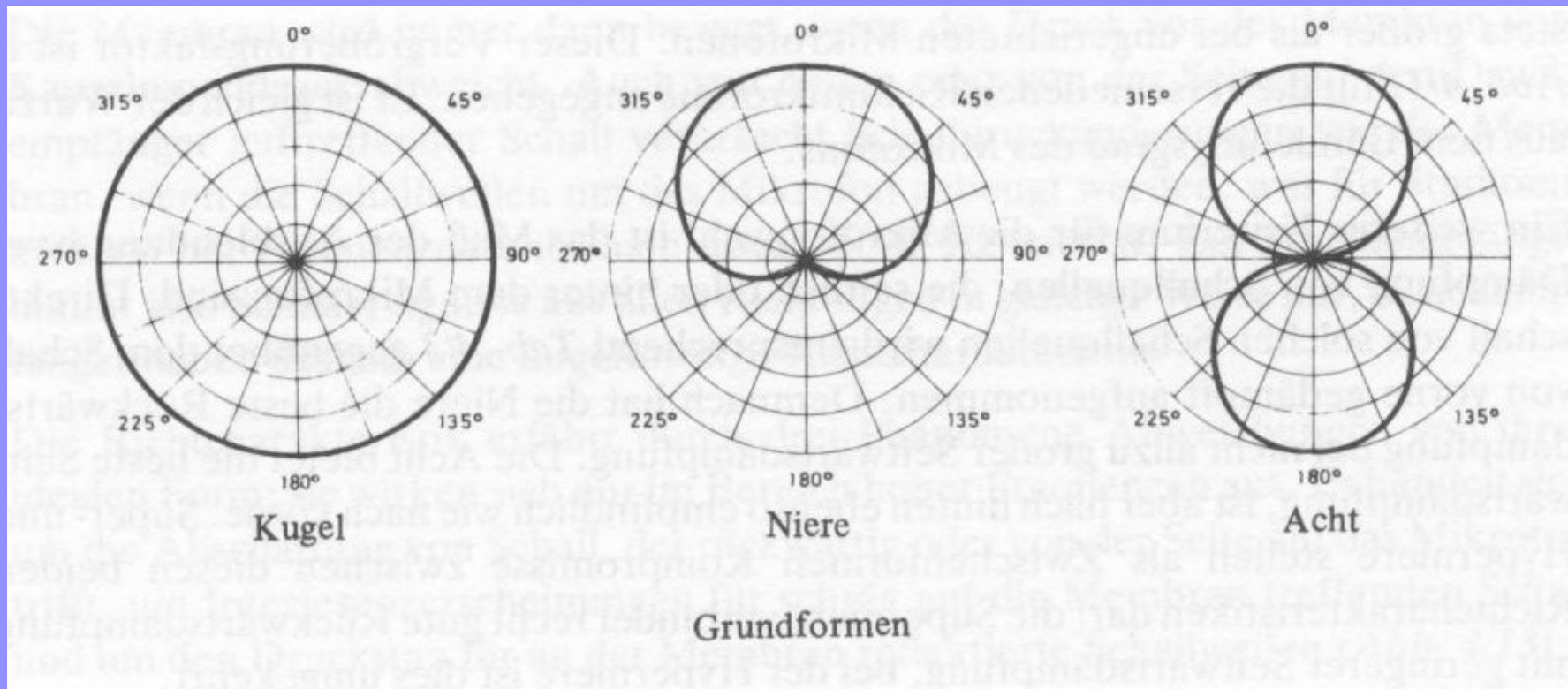
# Die Richtcharakteristiken

Dies ist die grafische Darstellung des Richtungsfaktors für alle Richtungen und einige wichtige Frequenzen (z.B. 125, 1000 oder 16000 Hz) in einem Polarkoordinatensystem.

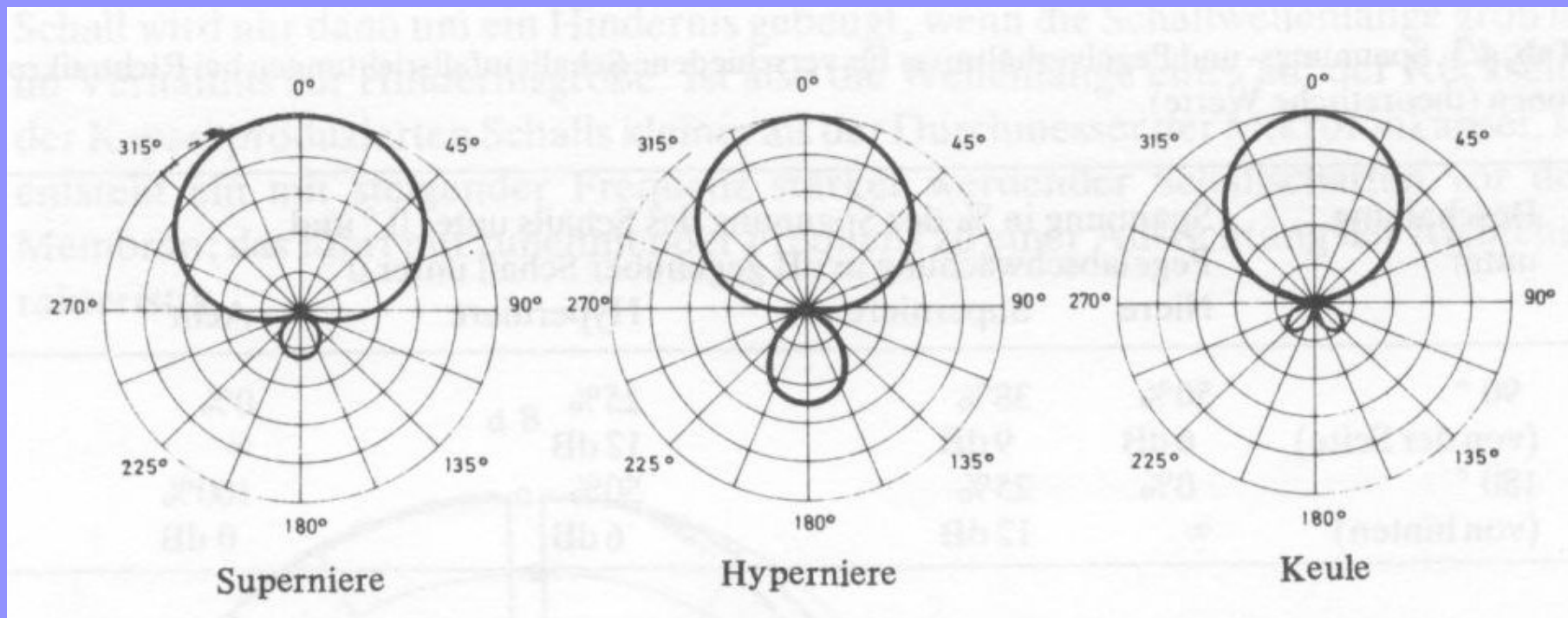
Diese Angaben sind grundlegend für die Funktionsweise eines bestimmten Mikros!



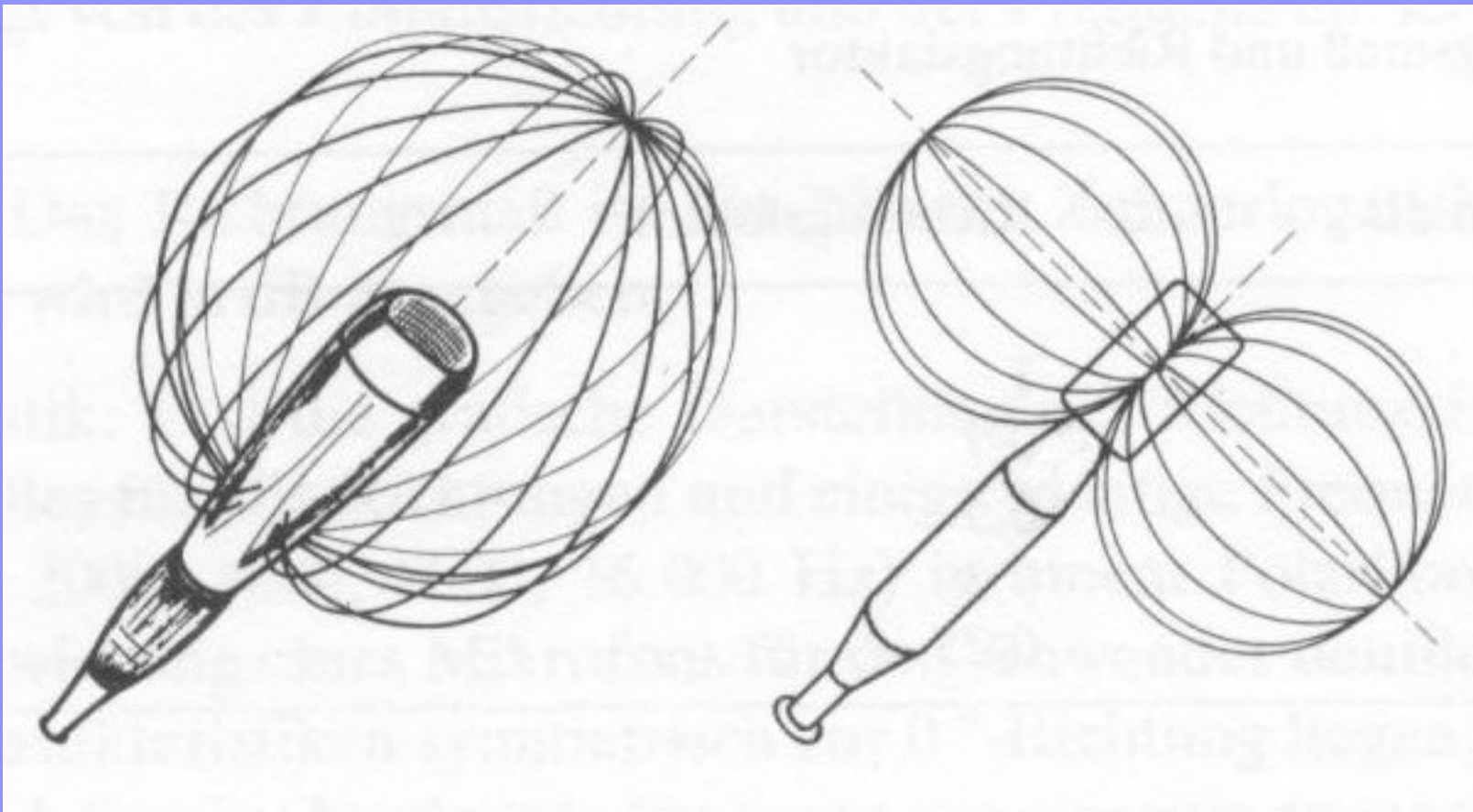
# Übersicht grundlegender Richtcharakteristiken - I



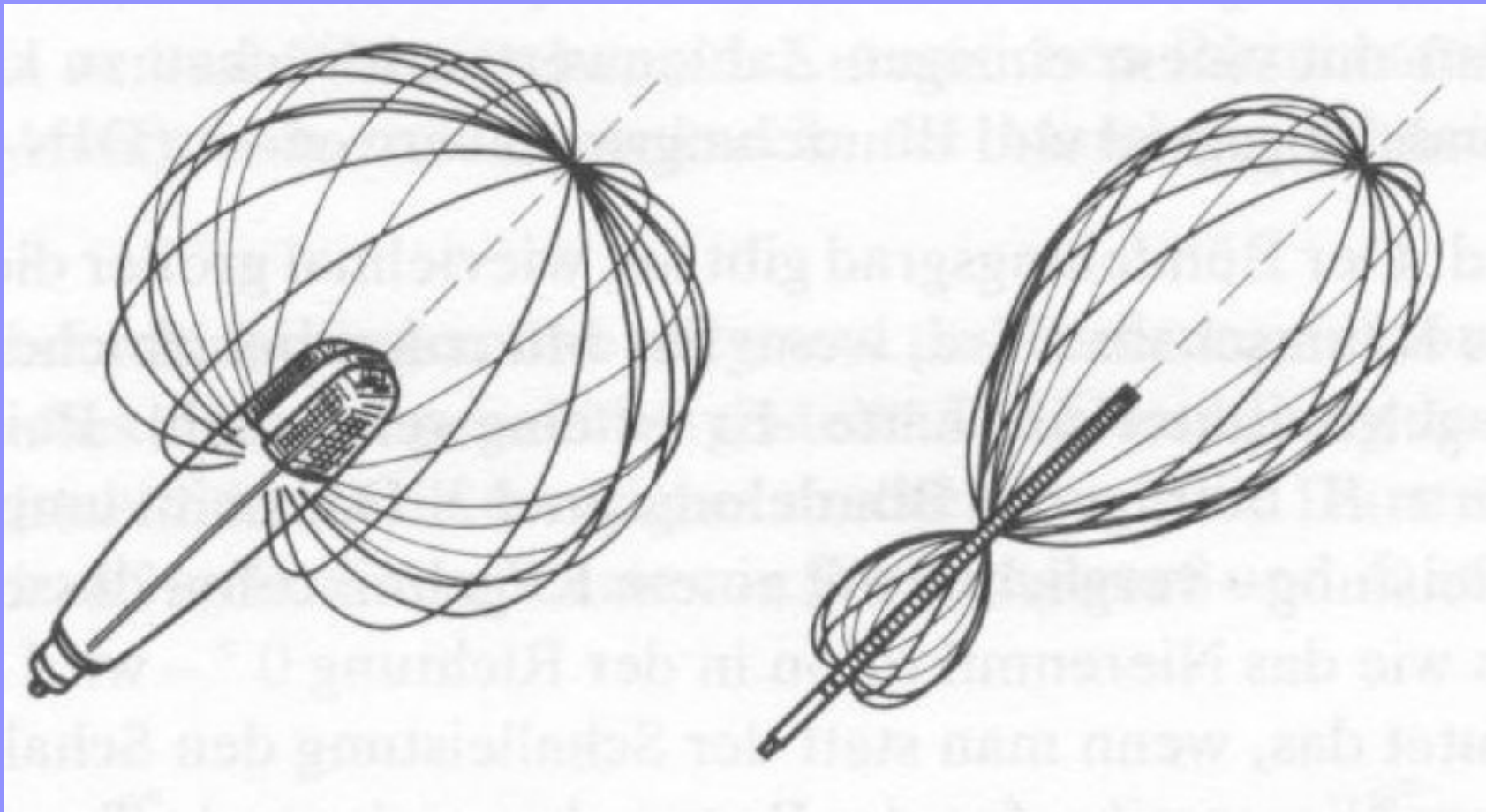
# Übersicht grundlegender Richtcharakteristiken - II



# Übersicht grundlegender Richtcharakteristiken – III Veranschaulichung



# Übersicht grundlegender Richtcharakteristiken – IV Veranschaulichung



# **Die wichtigsten Bauformen von Mikrofonen**

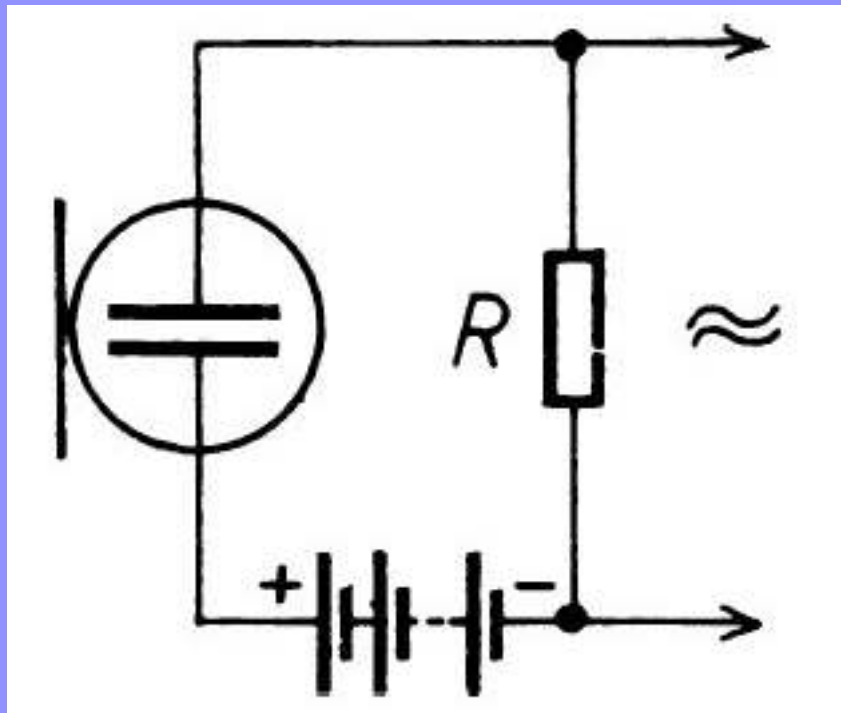
# **Das Kondensatormikrofon**

Dieser Typ stellt den in Tonstudios am häufigsten benutzen Mikrofontyp dar.

Vorteile:

- Weitgehend frequenzunabhängigen Übertragungsfaktor
- Wenig Verzerrung (Stichwort Klirrfaktor)

# Aufbau des Kondensatormikros



Wichtig für  
Kondensator-  
mikros: Sie  
benötigen eine  
Speisespannung!

# Warum wenig Verzerrungen?

Vorteil des Kondensatormikros:

- Die schwingende Membran ist sehr leicht: mit ca. 1 bis 10  $\mu\text{m}$  wiegt sie nur wenige mg



# **Warum frequenzunabhängiger Übertragungsfaktor?**

Ein weiterer Vorteil des Kondensatormikros:

- Durch die sehr leichte Membran ist die Trägheit sehr klein; bei hohen Frequenzen entstehen fast keine Verluste

# **Eigenheiten dieses Typs I**

- Wegen des integrierten Kondensators benötigen diese Mikros immer eine Speisespannung!

Realisierung:

- Phantomspeisung, welche über das Mischpult geliefert wird oder
- Durch Batterien, z.B. für tragbare Mikros

# Eigenheiten dieses Typs II

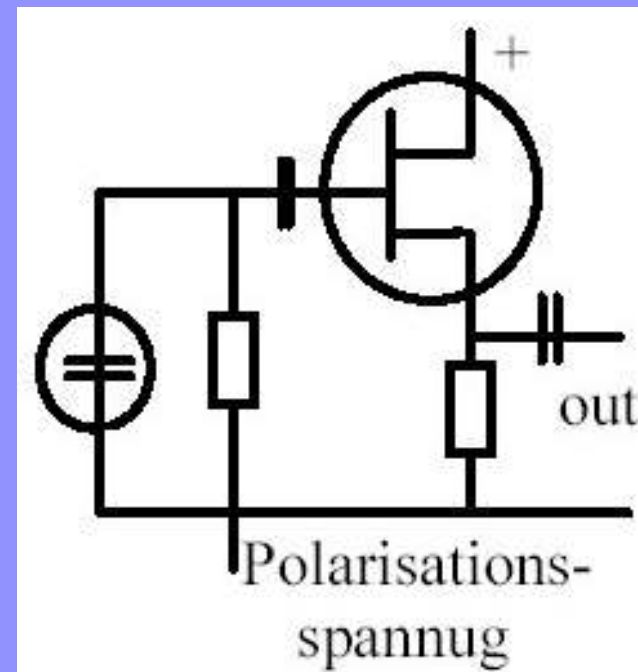
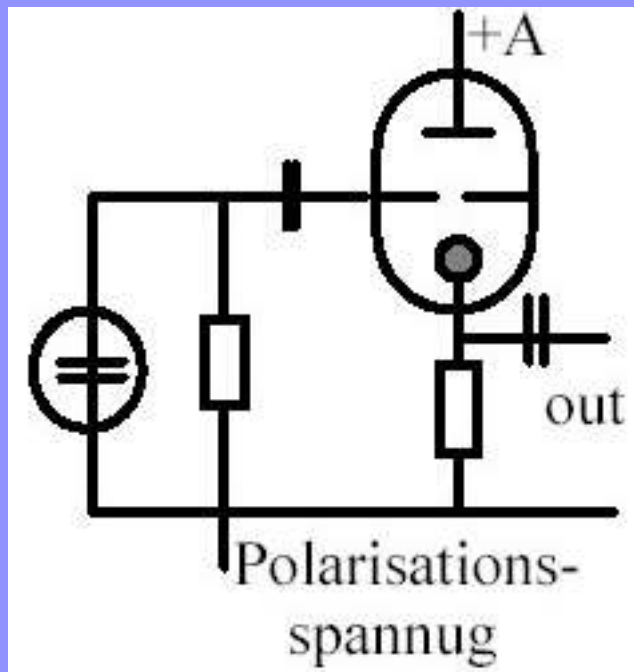
Kondensatormikros haben von Natur aus eine sehr hohe Impedanz; im Bereich 400 bis 80 M $\Omega$ .

notwendig: Ein Impedanzwandler!

# Realisierung des Impedanzwandlers

Es gibt grob 2 Möglichkeiten:

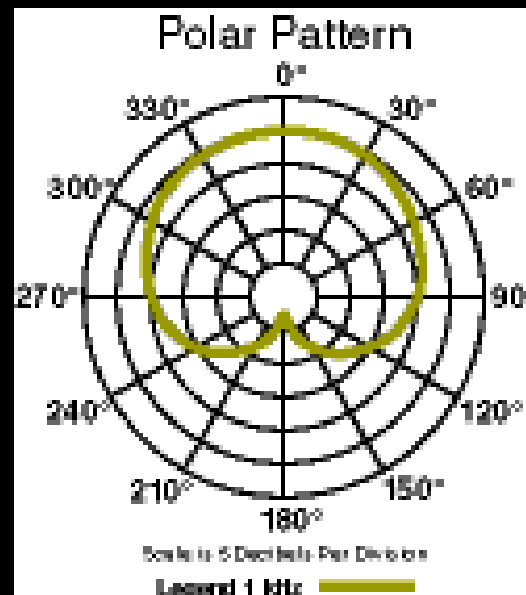
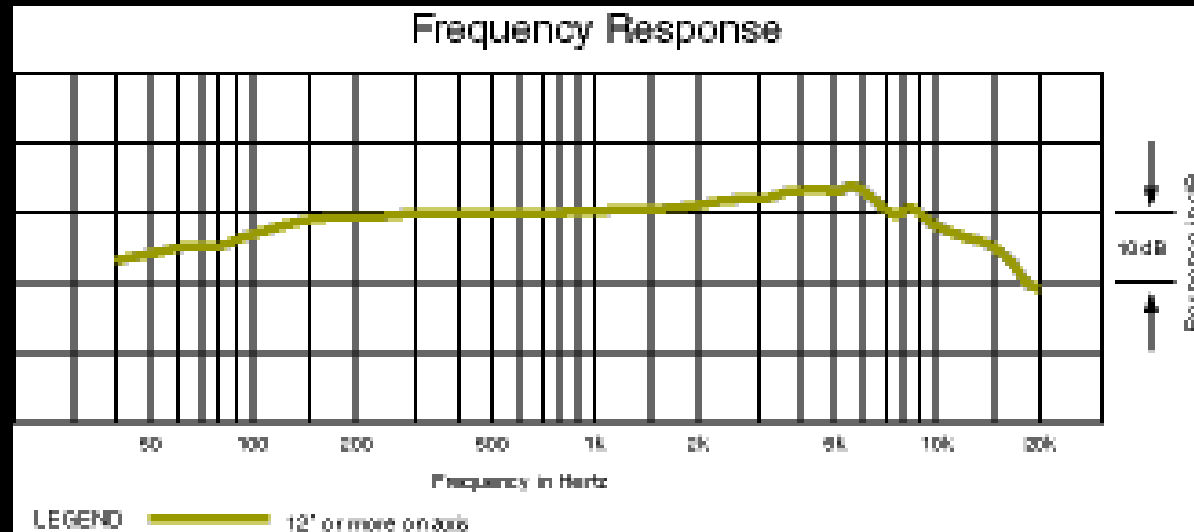
- Impedanzwandlung mit FET oder
- Mit einer Röhre



## Das Audio Technica AT3060



# Spezifikationen des AT 3060



## Angaben des Herstellers:

### AT3060 Specifications

**Element**

Condenser

**Polar Pattern**

Cardioid

**Frequency Response**

50 - 16,000 Hz

**Open Circuit Sensitivity**

-32 dB (25.1 mV) re 1V at 1 Pa

**Impedance**

400 ohms

**Maximum Input Sound Level**

134 dB SPL, 1 kHz at 1% T.H.D.

**Accessories Furnished:** Shock mount; protective pouch

**Signal to Noise Ratio**

77 dB, 1 kHz at 1 Pa

**Dynamic Range (Typical)**

117 dB, 1 kHz at Max. SPL

**Phantom Power Requirements**

48V, 3 mA typical

**Weight**

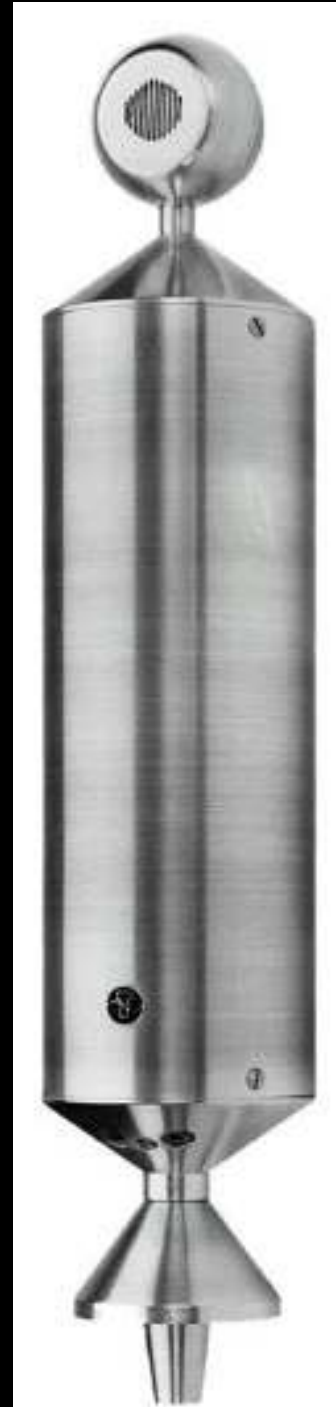
19.1 oz (540 g)

**Output Connector**

Integral 3-pin XLRM-type

**Preis: 460€**

Ein altes Schoeps Mikrofon  
(1948)





## Das Neumann M149



Das Netzteil





Das Neumann M149 im Koffer

## Angaben des Herstellers

### Technische Daten

Akustische Arbeitsweise ..... Druckgradientenempfänger  
 Richtcharakteristik ..... Kugel, breite Niere,  
    Niere, Hyperniere, Acht  
    und je eine Zwischenposition  
 Übertragungsbereich ..... 20 Hz..20 kHz  
 Feldübertragungsfaktor bei 1 kHz an 1 kOhm ..... 34/47/62 mV/Pa\*  
 Nennimpedanz ..... 50 Ohm  
 Nennlastimpedanz ..... 1000 Ohm  
 Ersatzgeräuschpegel CCIR 468-3 ..... 28/25/23 dB\*  
 Ersatzgeräuschpegel DIN/IEC 651 ..... 16/13/11 dB-A\*  
 Geräuschpegelabstand CCIR 468-3 ..... 66/69/71 dB\*  
 Geräuschpegelabstand DIN/IEC 651 ..... 78/81/83 dB\*  
 Grenzschalldruckpegel (Röhrencharakteristik):  
 für K < 0,5% ..... 120 dB  
 für K < 5% ..... 136 dB

Maximale Ausgangsspannung ..... 18 dBu

Dynamikumfang des Verstärkers Niere:  
 DIN/IEC 651 für K < 0,5% (K < 5%) ..... 101 (121) dB

Stromversorgung ..... Netzgerät N 149

Erforderliche Steckverbinder Mikrophon ..... DIN8F

Erforderliche Steckverbinder Netzgerät..... XLR3F

Gewicht..... 730 g

Durchmesser ..... 70 mm

Länge ..... 201 mm

\* Kugel / Niere / Acht

**Preis: ca. 3700,-**



Eric Adams mit seinem M149

# **Das elektrodynamische Mikrofon**

Dieser Mikrofontyp ist sehr beliebt für Gesang, vor allem im Live-Einsatz. Zudem schwören viele (Bass-) Gitarristen auf z.B. das SM58; für die Abnahme ihrer Amps für Studioaufnahmen.

# **Vorteile des dyn. Mikros**

- Sie benötigen keine Speisespannung
- Sie sind funktionsbedingt sehr robust
- Sie arbeiten auch bei hohen Lautstärken verzerrungsarm

# **Typen von dynamischen Mikros**

Es existieren 2 verschiedene Bauarten:

- Das Bändchenmikrofon
- Das Tauchspulmikrofon

# **Das Tauchspulmikrofon**

Kleine historische Vorbetrachtung:

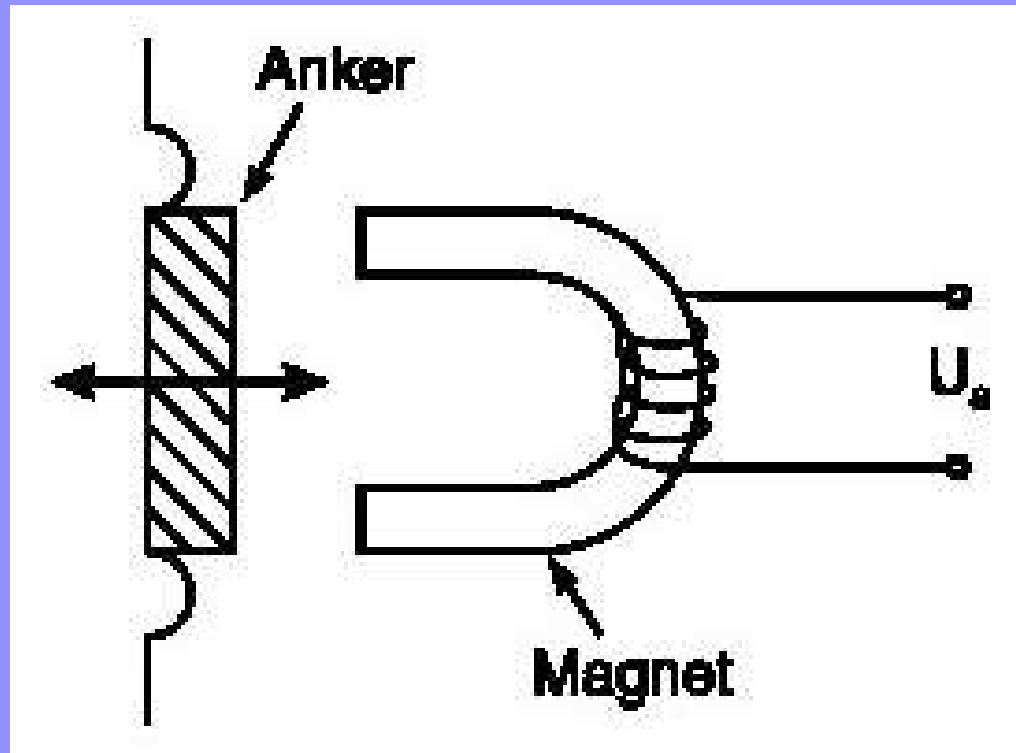
Als erstes Mikrofon auf der Basis des Induktionsgesetzes wurde von Alexander Graham Bell 1876 das elektromagnetische Mikro erfunden.



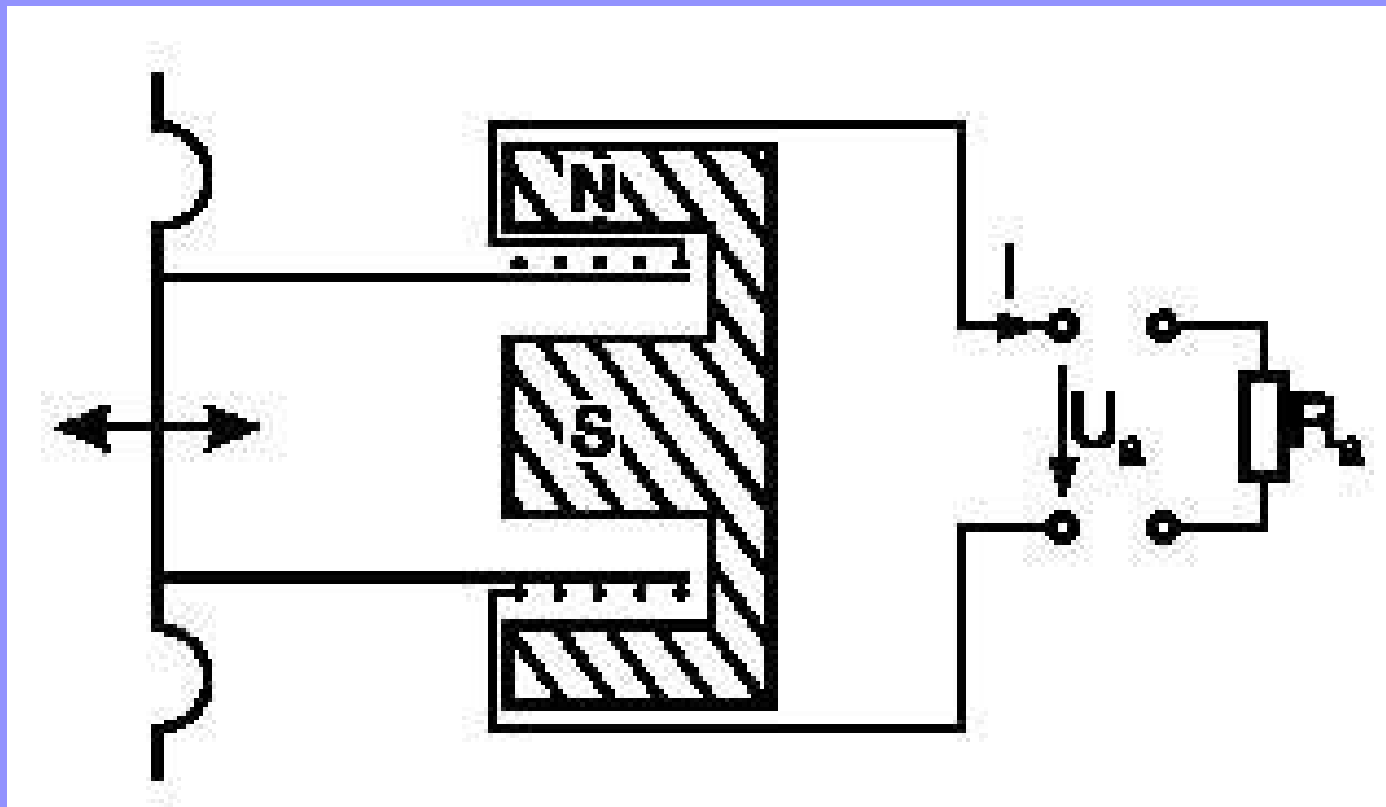


**Alexander Graham Bell**  
**1847 - 1922**

# Schema: elektromagnetisches Mikro

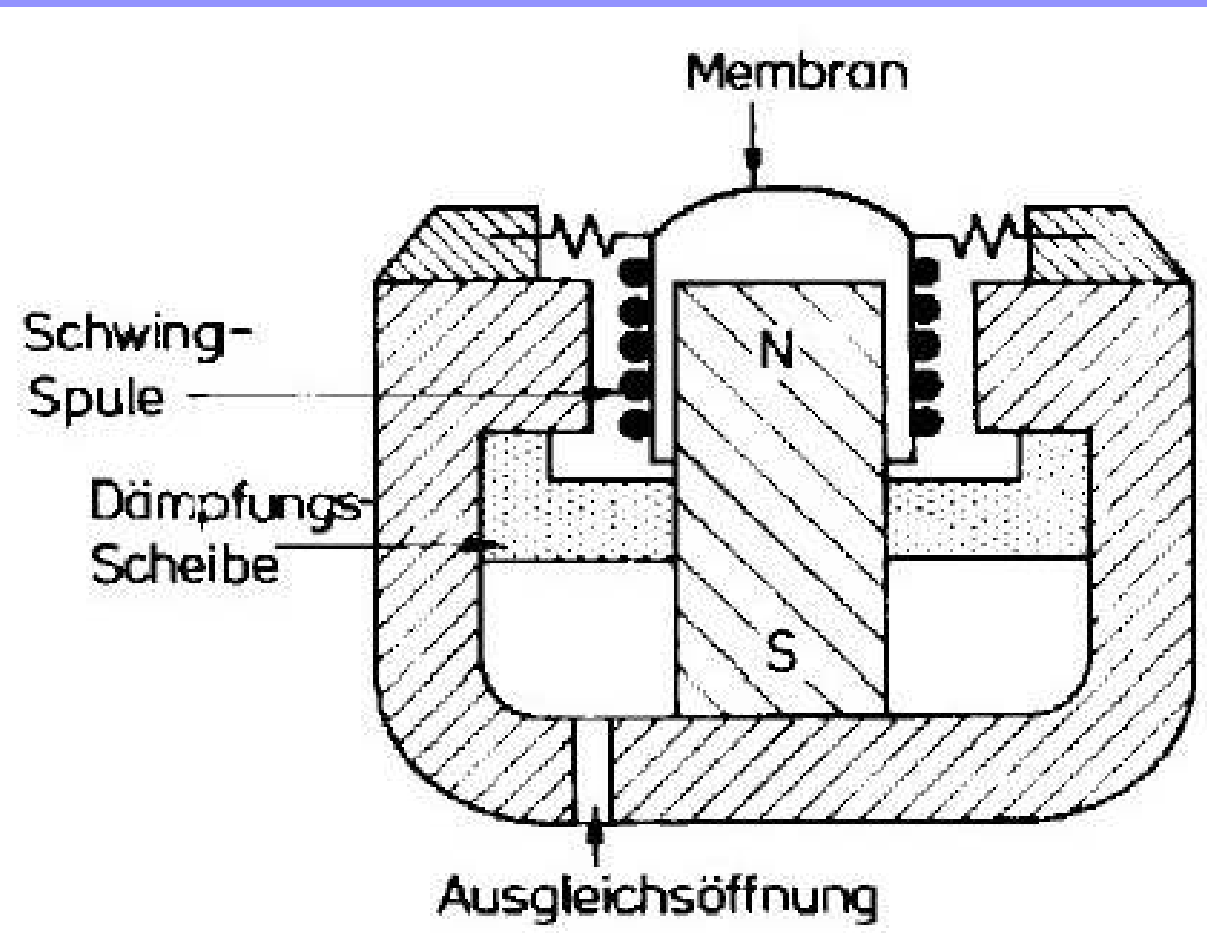


# Schema: Tauschspulmikrofon



$$U = B \cdot l \cdot v$$

# Ausführlicheres Schema

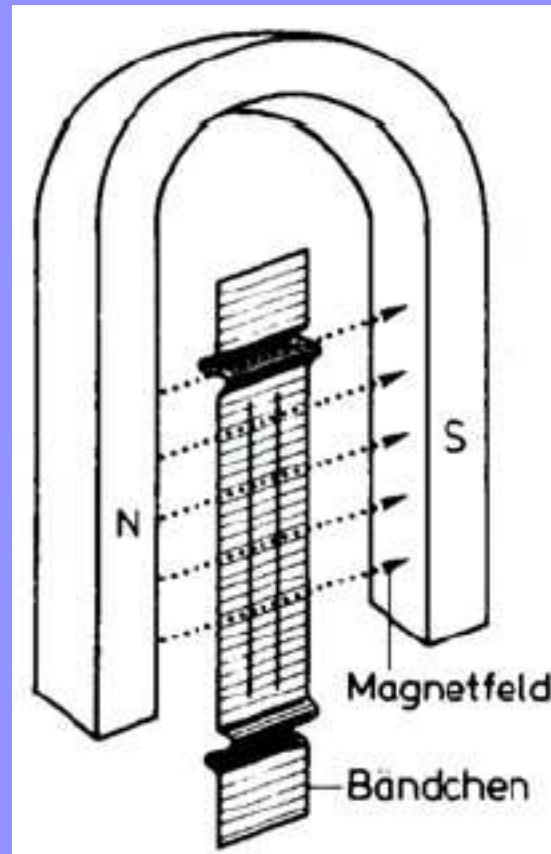


# **Eigenheiten dieses Typs**

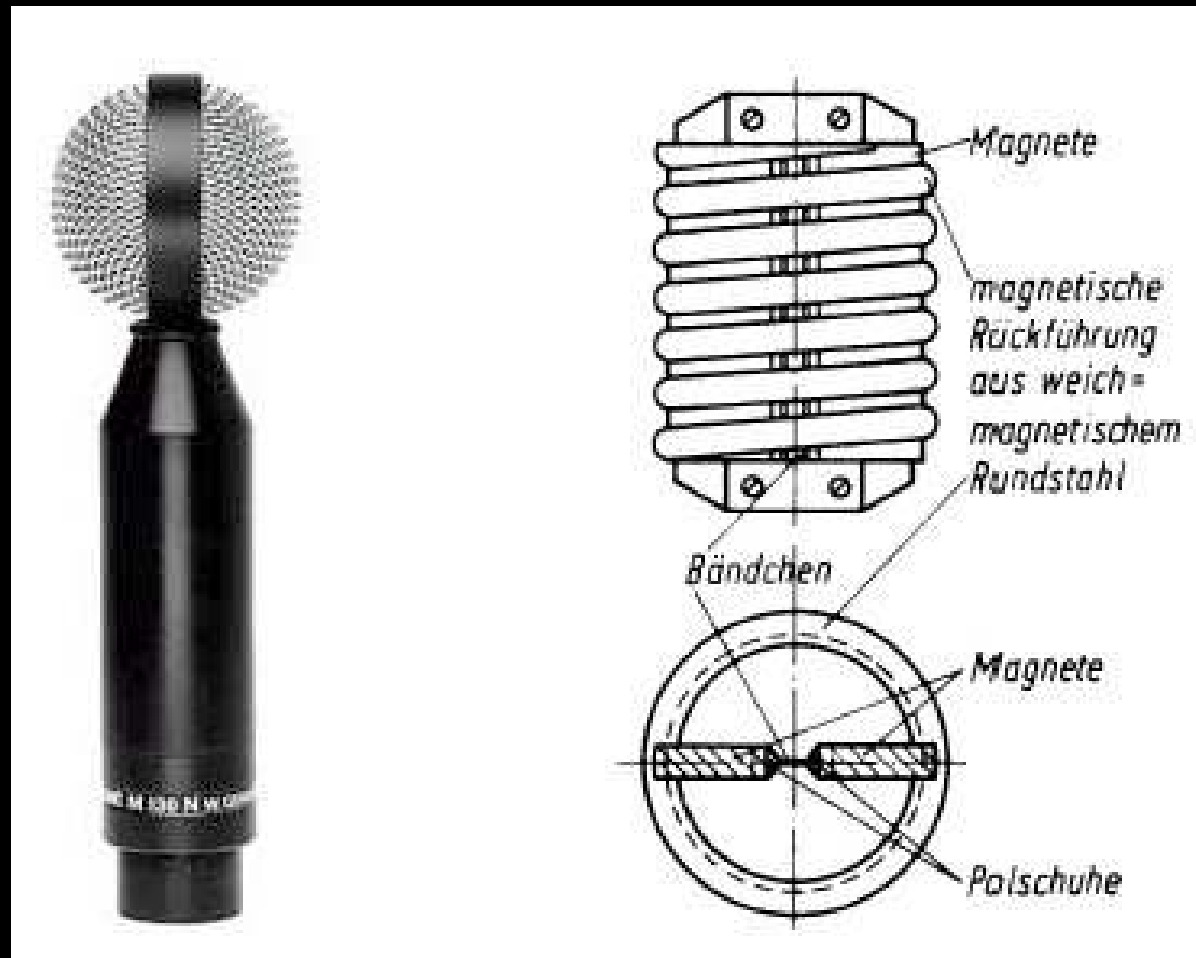
Das Bändchenmikrofon hat konstruktionsbedingt folgende Eigenheiten:

- Einen eingebauten Spezialübertrager zur Anpassung der Impedanz
- Wegen des leichten Bändchens:  
Empfindlichkeit ggü. Erschütterungen

# Schema: das Bändchenmikrofon



## Praktisches Beispiel



Das beyerdynamic M 130

# Vergleich Kondensator- mit dynamischen Mikro

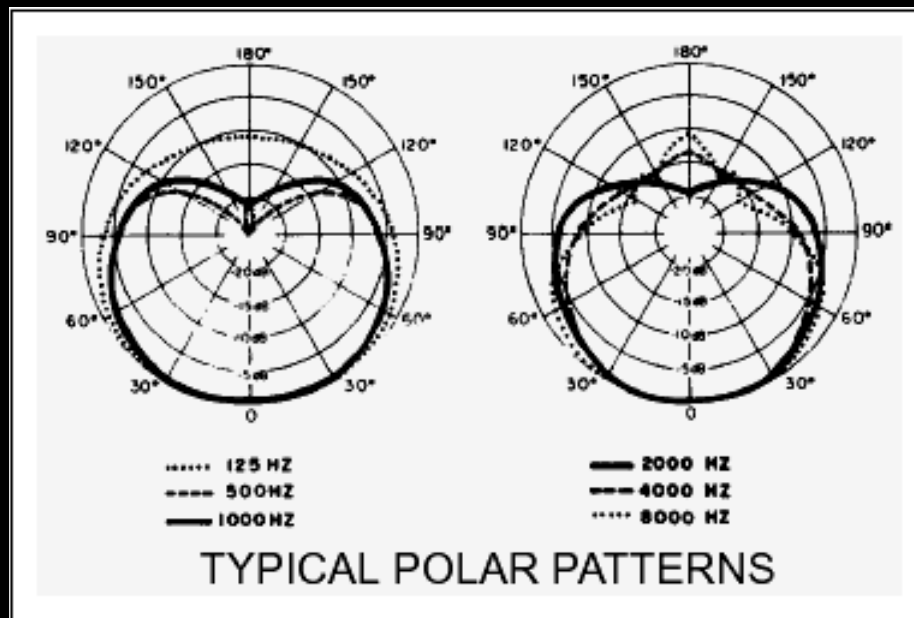
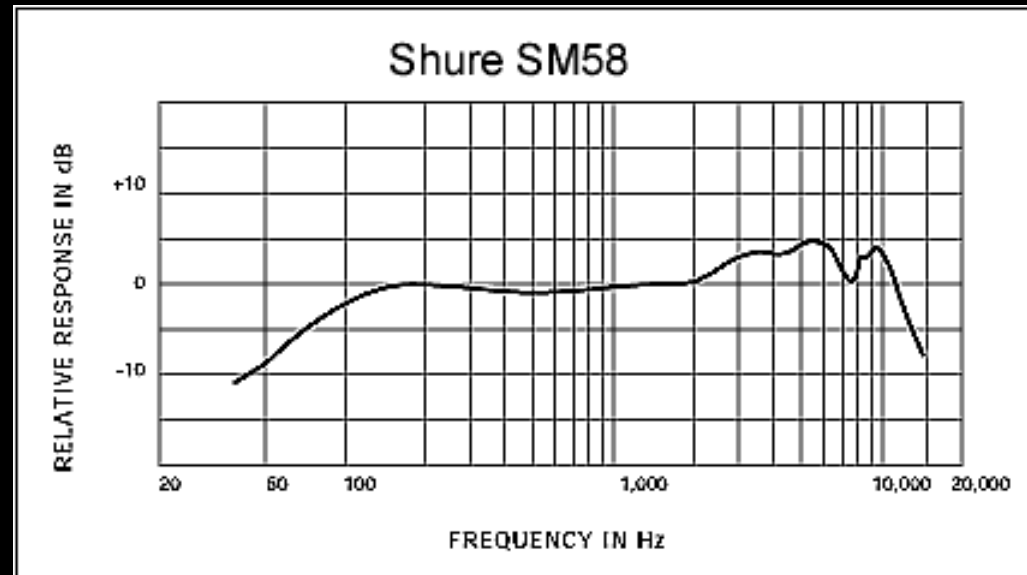
- Die Struktur des Frequenzgangs ist vor allem bei Tauchspulmikros unregelmäßiger
- Ein Phasenfrequenzgang ist unvermeidlich (Induktion!)
- Die höhere Masse der Schwingspule bedingt Verluste durch eigene Trägheit
- Unterschiede in den Impedanzen



## Das Shure SM58



# Herstellerangaben



## Weitere Angaben

**Sensitivity** (at 1,000 Hz Open Circuit Voltage)

–54.5 dBV/Pa (1.85 mV)

1 Pa = 94 dB SPL

**Impedance**

Rated impedance is 150  $\Omega$  (300  $\Omega$  actual) for connection to microphone inputs rated low impedance

**Polarity**

Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3

**Preis: ca. 110,-**

## Das Shure SM55



# Herstellerangaben

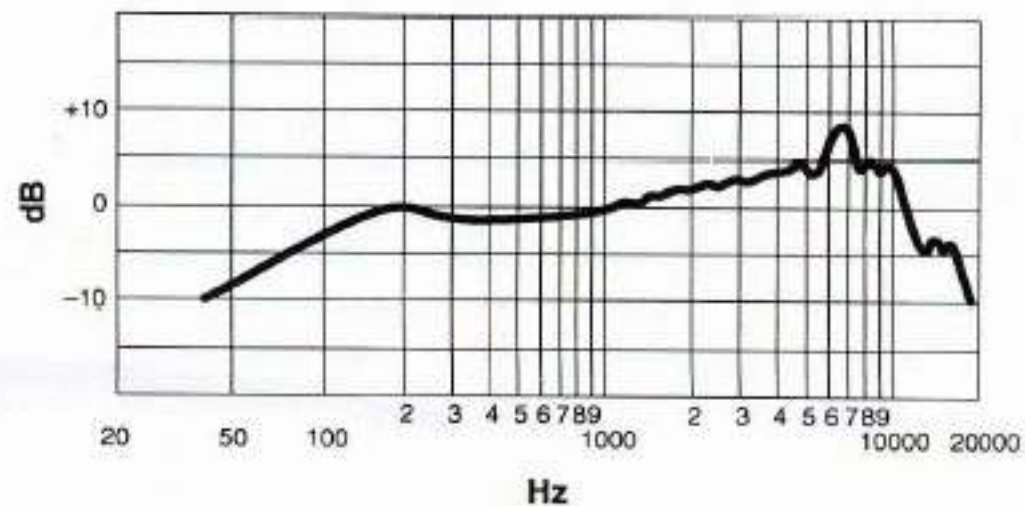
## SPECIFICATIONS

### Type

Dynamic

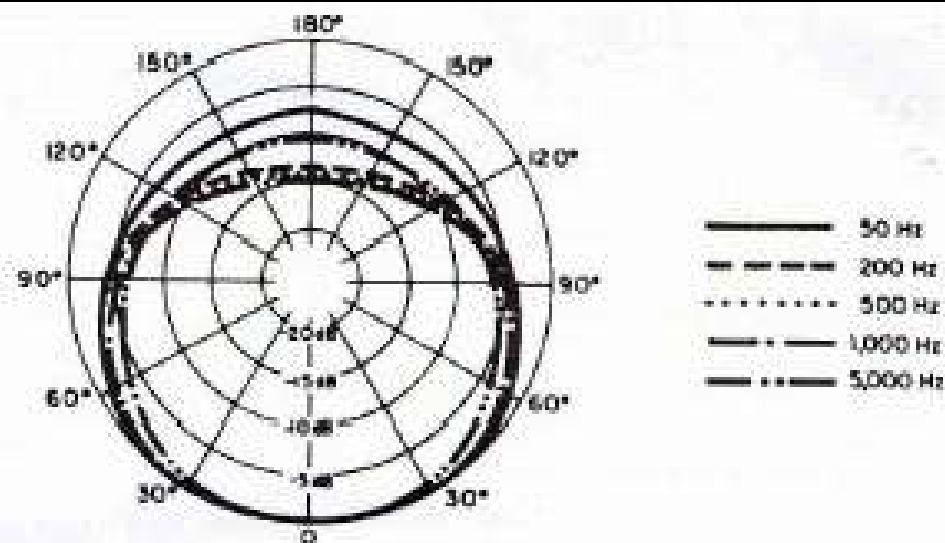
### Frequency Response

50 to 15,000 Hz (See Figure 1)



TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

## Weitere Angaben



TYPICAL POLAR PATTERNS

### Impedance

Microphone rating impedance is 150 ohms (270 ohm actual) for connection to microphone inputs rated at 75 to 300 ohms

### Output Level (at 1,000 Hz)

Open Circuit Voltage ..... -58.0 dBV/Pa (1.3 mV)  
1 Pascal=94 dB SPL

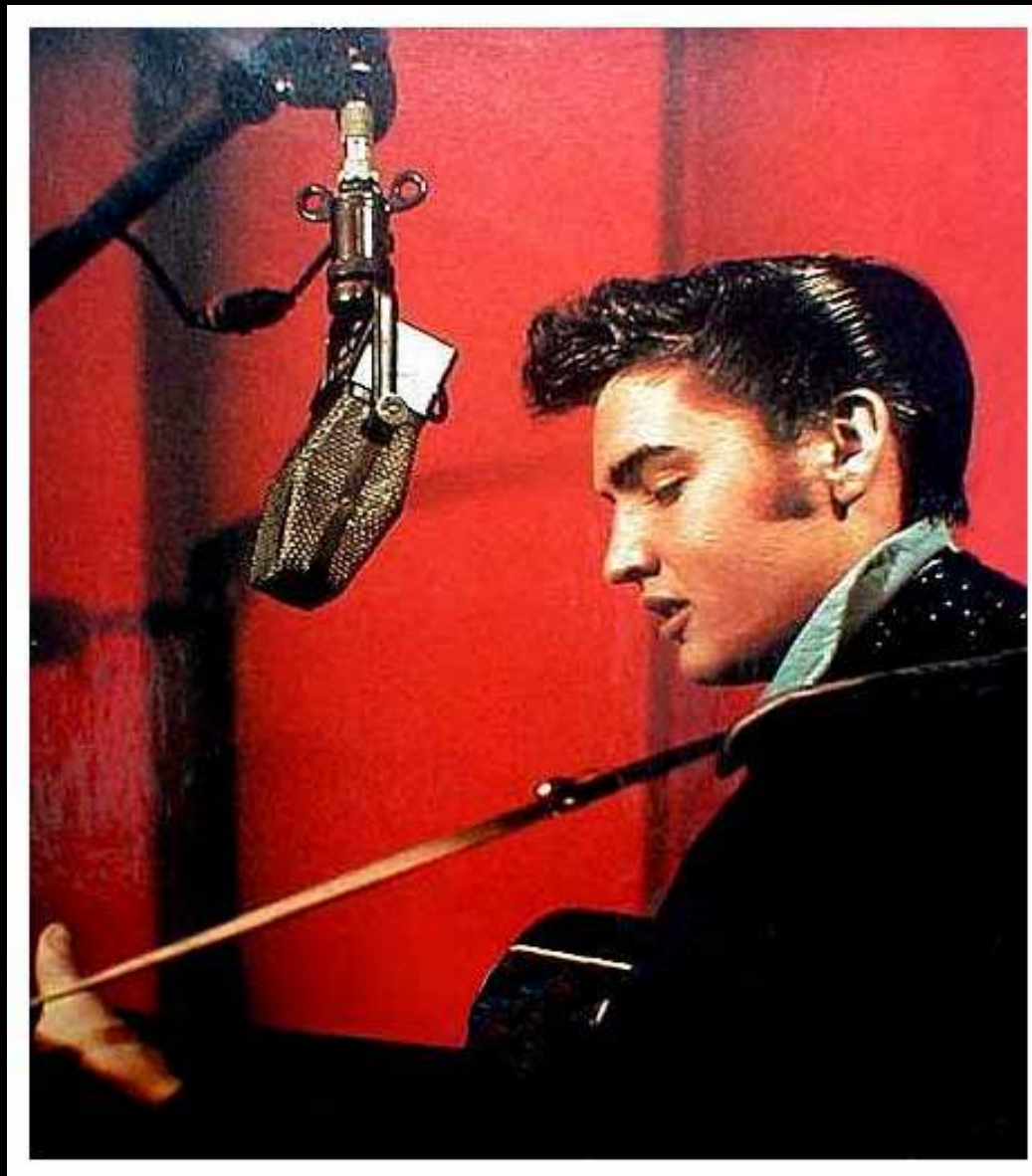
Power Level ..... -58.5 dB  
0 dB = 1 milliwatt per 10 microbar

**Preis: 250,-**

## Das RCA Type 44



Elvis mit einem RCA Type 44 Mikro





Jerry Lee Lewis und Dean  
Martin vor einem RCA  
Type 44



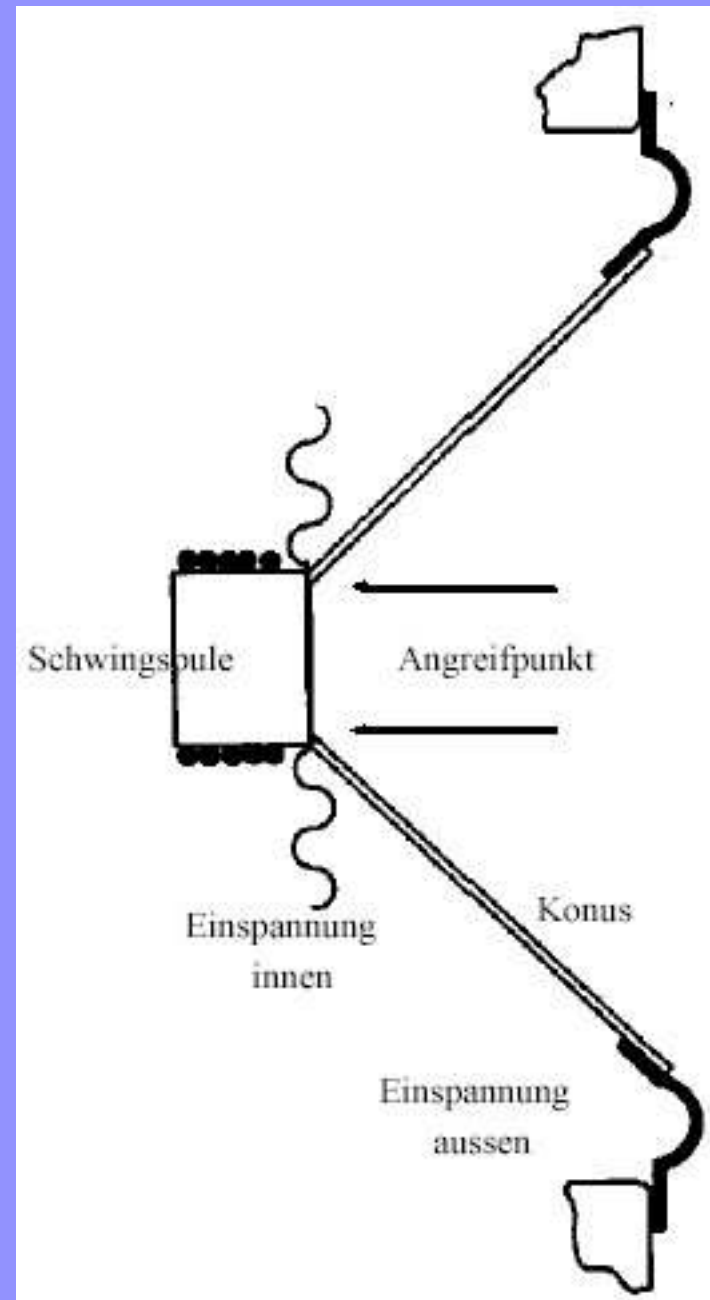
Eisenhower mit  
drei Shure SM55



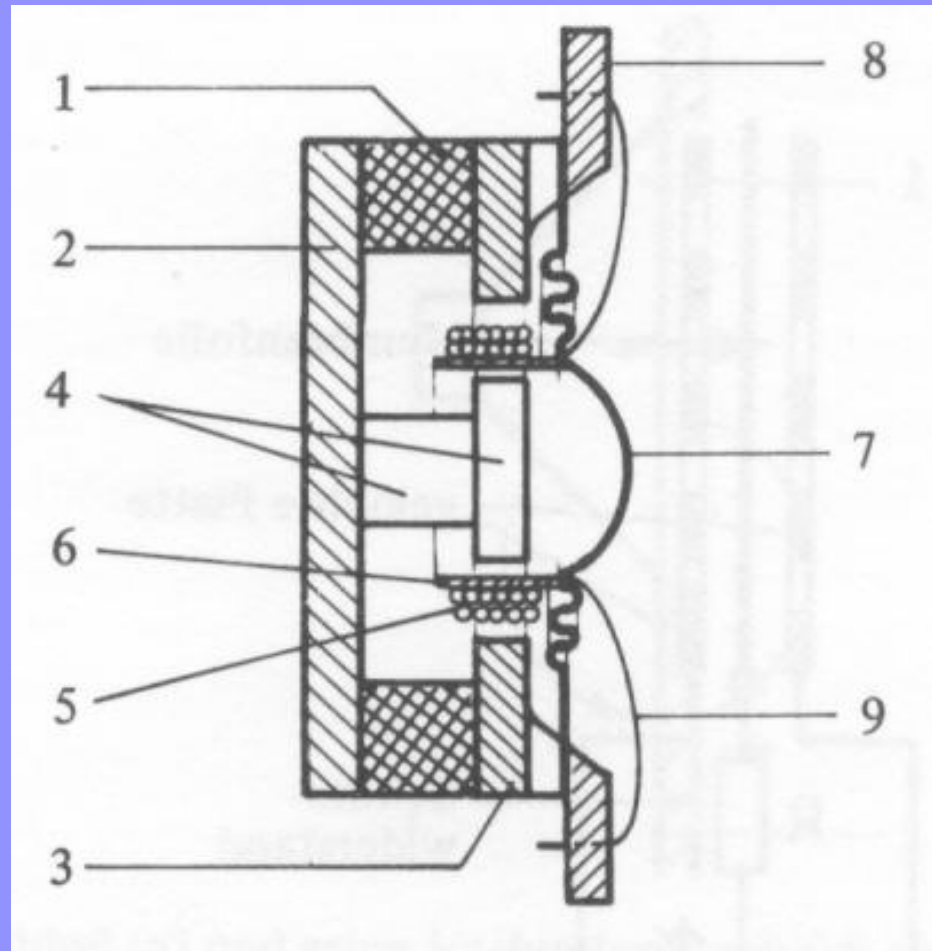
# **Der dynamische Lautsprecher**

Dies ist die heute gebräuchlichste und mit Abstand häufigste genutzte Bauform für Lautsprecher, egal ob Hifi oder für den Live Einsatz

# Prinzip des elektro- dynamischen Lautsprechers (Konus)



# Prinzip des elektrodynamischen Lautsprechers (Kalotte)



# Wichtige Eigenschaften I

- Der Frequenzbereich des abgestrahlten Schalls ist nach unten durch die Eigenfrequenz der Membran begrenzt
- Bei mittleren und hohen Frequenzen bildet sich eine komplizierte Schwingungsverteilung aus, bis nur noch die innere Membranzone schwingt

# Wichtige Eigenschaften II

Sehr wichtig für den Gebrauch von Lautsprechern ist folgendes:

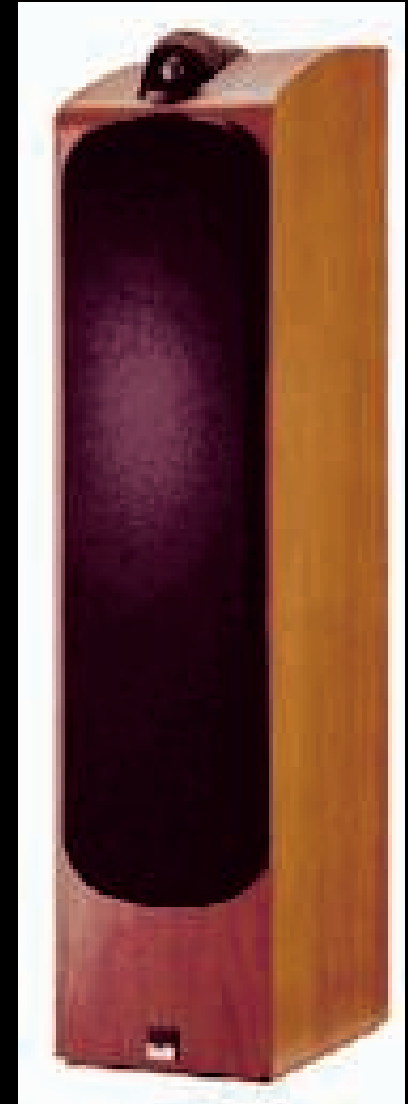
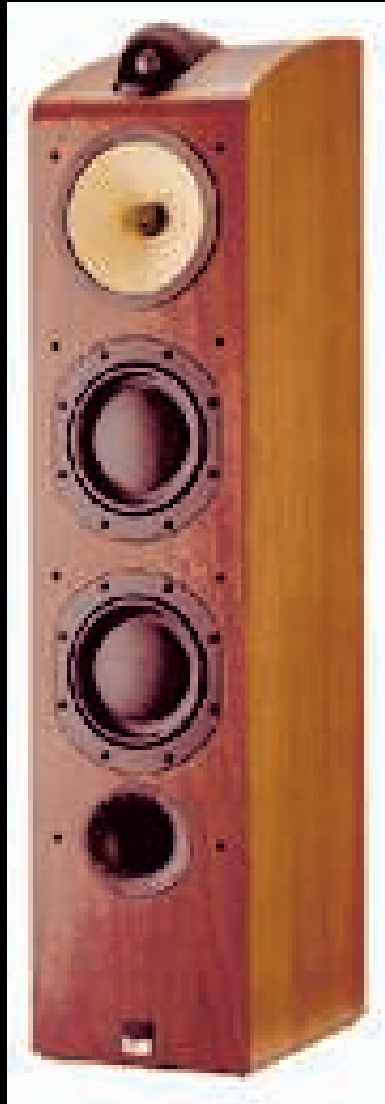
- Lautsprecher haben eine bestimmte, manchmal einstellbare Impedanz
- schließt man Verstärker und Box mit unterschiedlichen Impedanzen zusammen, kann das fatale Konsequenzen haben!

# Einschränkungen in der Praxis

- Resonanzfrequenz sind wegen konstruktivem Zusammenhang nicht unabhängig von einander wählbar
- Tiefe Frequenzen benötigen wegen der Resonanzfrequenz in den Tiefen größere Membrandurchmesser
- Kombination verschiedener Lautsprechersysteme nötig (z.B. Hochton-, Mittelton- und Tieftonbereich)



## Beispiel: Bowers & Wilkins 703 Standbox



## Angaben des Herstellers

TECHNISCHE DATEN	
Typ	2-Weg Bassreflex-System
Belastbarkeit	(Musik) 200, (DIN) 100 W
Frequenzbereich	37 - 25000 Hz
Impedanz	8 Ohm
Schalldruckpegel	86 dB/W (1m)
Breite	16,6 cm
Höhe	45,0 cm
Tiefe	25,0 cm
Gewicht	8,9 kg
Farbe	beige

Noch ein Hifi Beispiel: die Panasonic SB-CA11E-M





Beispiel Gesangsanlage

Eine der am meisten genutzten Gitarrenboxen: die Marshall  
1960, hier die JCM 900 Version für 300W Belastung





Ein weiteres traumhaftes Beispiel für eine Gitarrenbox:  
die Mesa Boogie 4x12 Recto Standard Slant



Zum Schluss DAS Live Setup schlechthin: 6 Mesa Boogie  
Amps plus 2 vollgestopfte Effektracks

