

## 4. Schallwandler - Grundlagen

Erstellt: 03/2005

© Hannes Raffaseder / FH St. Pölten / Telekommunikation und Medien

1/34

## Schallwandler

→ Für Schallspeicherung:

Umwandlung in speicherbare Energieform notwendig!

→ 1. Umwandlung in mechanische Energie (Bewegungsenergie)  
mit Membran

→ 2. Umwandlung: mechanische in elektrische Energie

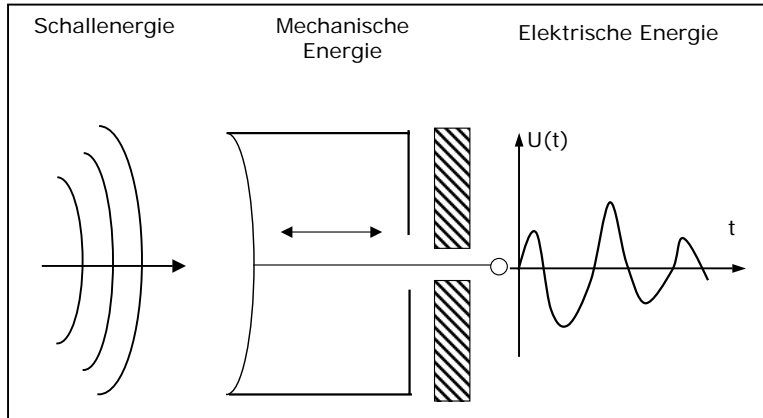
→ 3. Umwandlung: elektrische Energie

in magnetische Energie (analog oder digital)

in optische Energie (analog oder digital)

→ Speicherung auf Magnetband, Festplatte, CD, MD etc.

## Schallwandler



## Schallwandler

- Wandler: schwingungsfähiges System
- Eigenschaften beeinflussen die Schallwandlung

→ Gewünscht:

Frequenzgang: konstant von 20 Hz bis 20 kHz

Dynamik: 120 dB

- Technisch nicht realisierbar
- Fehler für das Audiodesign nützen!
- Eigenschaften von Wandler, Schallquelle, Raum und Rahmenbedingungen müssen bekannt sein.

Audiotechnik, 2. Semester, SS 05

## **Grundprinzipien elektromechanischer Wandler**

- Elektrostatische Wandler
- Elektrodynamische Wandler
- Piezoelektrische Wandler
- Kohle-Wandler

## **Elektrostatische Wandler**

- Kapazität eines Kondensators hängt ab  
vom Abstand der Kondensatorplatten
- Dünne Membran als Kondensatorplatte
- Membran von Schallwellen in Bewegung versetzt
- Kapazität, kapazitiver elektr. Widerstand und Spannung am  
Kondensator ändern sich  
proportional zum Verlauf der Schallwelle
- Vorteil: geringes Gewicht der Membran
- Nachteil: Vorspannung des Kondensators notwendig,  
eher wenig robuste Bauweise

## **Elektrodynamische Wandler**

- Praktische Anwendung des Induktionsgesetzes  
„Bewegter elektr. Leiter im Magnetfeld bewirkt elektr. Spannung“  
vgl. Generator zur Erzeugung elektr. Energie
- Membran bewegt Spule in einem starken konstanten Magnetfeld
- Vorteil: robust, keine Vorspannung notwendig
- Nachteil: Membran und Spule haben höhere Masse  
→ schlechtere Eigenschaften

## **Piezelektrische Wandler**

- Piezo-Effekt:  
Erzeugung elektrischer Spannung durch geringste Verformungen bestimmter Materialien
- Tritt auf bei manchen keramischen und kristallinen Materialien
- Nachteil:  
Empfindlichkeit und Frequenzgang sind Temperatur abhängig
- Für Einsatz in HiFi- und Studio eher nicht geeignet
- Vorteil: geringe Herstellungskosten
- Einsatz für (billige) Kopf- und Ohrhörern, Lautsprecher und Mikrofone



## **Kohle-Wandler**

- Membran drückt auf einen Behälter  
mit dicht gepackten Kohlegranulat
- Änderung der Dichte bewirkt  
Änderung des elektrischen Widerstands
- Für Anwendungen im HiFi- und Studiobereich nicht geeignet
- Vorteil: Robust, gutes Ansprechverhalten, geringe Kosten
- Einsatz z.B. als Telefon-Mikrofone

## **Eigenschaften von Mikrofonen**

- Empfindlichkeit
- Übertragungsbereich
- Frequenzgang
- Störpegel und Geräuschspannungsabstand
- Grenzschalldruck und Dynamikumfang
- Impulsverhalten

## Eigenschaften von Mikrofonen

### Empfindlichkeit:

Erzeugte elektr. Spannung bezogen auf den einwirkenden Schalldruck bei einer bestimmten Frequenz (meist bei 1000 Hz)

Einheit:	mV/Pa
Typisch:	1-2 mV/Pa (dynamische Mikros)
	5-20 mV/Pa (Kondensatormikro)

### Übertragungsbereich:

= zur Schallaufnahme nutzbarer Frequenzbereich

i.A. nicht direkt vergleichbar

Toleranzen und Übertragungseigenschaften können sich je nach Hersteller unterscheiden.

Typisch:	40 Hz – 18 kHz (Consumer)
	20 Hz – 20 kHz (Studio)

## Eigenschaften von Mikrofonen

### Frequenzgang:

Verlauf des Übertragungsmaßes bei senkrecht einfallendem Direktschall in Abhängigkeit von der Frequenz.

Wichtig: Frequenzgang hängt i.A. von der Einfallrichtung der Schallwelle ab

Frequenzgang für das Diffusfeld wird in größerer Entfernung von der Schallquelle gemessen. Reflexionen treffen aus allen Richtungen auf das Mikrofon.

### Störpegel:

Pegel, den das Mikrofon abgibt, wenn kein Schallsignal einwirkt.

Aufgrund unterschiedlicher Geräuschbewertungen i.A. nicht direkt vergleichbar.

I

## Eigenschaften von Mikrofonen

### Geräuschspannungsabstand (SNR):

Verhältnis zwischen Störpegel und der Spannung der Mikrofon  
bei einem Schalldruck von einem Pascal und einer Frequenz von  
einem Kilohertz.

### Grenzschalldruck:

= Schalldruck (bei 1000 Hz) für den der Klirrfaktor garantiert  
kleiner als 0,5 % bleibt.

Typisch: 20 bis 200 Pa (bei Kondensatormikrofonen)

Dynamische Mikrofonen können i.A. auch sehr hohe  
Schalldrucke problemlos verarbeiten.

(→ keine Angabe des Grenzschalldrucks)

Der Pegelwert des Grenzschalldrucks entspricht der Dynamik  
des Mikrofon.

r

## Eigenschaften von Mikrofonen

### Impulsverhalten:

Fähigkeit eines Mikrofons, auch rasche, impulsförmige Signaländerungen zu übertragen.

Membran: Masse, Elastizität und Dämpfung

- Trägheit
- Mikrofone reagieren auf Änderungen des Schalldrucks nicht beliebig schnell
- Impulsverhalten ist schwer objektivierbar.
- Meist fehlen Angaben im Datenblatt
- Mikrofone mit kleiner Masse, hoher Elastizität und großer Dämpfung weisen ein gutes Impulsverhalten auf.

I

## **Mikrofontypen**

- Kondensatormikrofon
- Elektretmikrofon
- Elektrodynamisches Mikrofon
- Lavalier Mikrofon
- Grenzflächenmikrofon
- Körperschallmikrofon

## Kondensatormikrofon

- Elektrostatisches Wandlerprinzip
- hervorragender Frequenzgang
- sehr gutes Impulsverhalten
- hohe Empfindlichkeit (+10 dB gegenüber anderen Typen)
- Einsatzgebiet: Tonstudio, Aufnahmetechnik

### Nachteile:

- Im Livebetrieb: Gefahr von Rückkopplungen aufgrund der hohen Empfindlichkeit
- 48V-Phantomspannung erforderlich (gelegentlich auch andere Spannung oder Batteriespeisung im Einsatz)

### Phantomspannung:

vom Mischpult oder einer externen Spannungsversorgung

I



## **Elektretmikrofon**

- Elektrostatisches Wandlerprinzip
- Vorspannung des Kondensators  
    durch dauerhaft polarisierte Folie (Elektret)
- schlechtere Eigenschaften (im Vergleich mit Kondensatormikrofonen)
- Einsatzgebiet: semiprofessionelle Anwendungen, Außenaufnahmen

I

## Elektrodynamisches Mikrofon

- Elektrodynamisches Wandlerprinzip
- Membran + Spule → größere Masse → schlechtere Eigenschaften
- Frequenzgang nicht im gesamten Bereich konstant
- trägeres Impulsverhalten
- meist Optimierung für einen bestimmten Frequenzbereich
  - z.B. Gesangsmikrofon (Shure SM58)
  - Bassdrum-Mikro (AKG D110, Beyerdynamik M380)

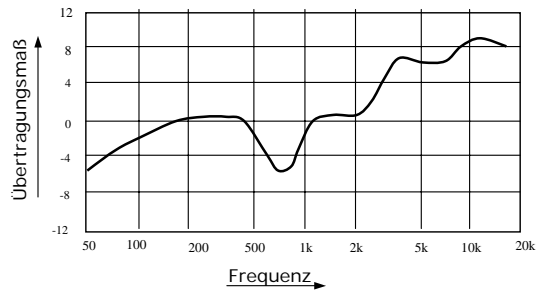
Vorteil:

- Robuste Bauweise (für Live-Einsatz wichtig)
- Verarbeitet auch sehr hohe Schalldrucke

I

## Lavalier-Mikrofon

- Ansteckmikrofon
- Optimiert für das Anstecken im Brustbereich:
- Unempfindlich gegen Körperschall (Reibegeräusche der Kleidung)
- ev. Anpassung des Frequenzgangs an die Besonderheiten der Schallabstrahlung
  - hohe Frequenzen gerichtet nach vorne (und weniger zur Brust)
  - Resonanz des Brustkorbs bei ca. 800 Hz (-> Verstärkung)



Audiotechnik, 2. Semester, SS 05

## **Grenzflächen Mikrofon**

- An reflektierenden Flächen positioniert
- Schalldruck-Maximum in Grenzflächen
- guter Wirkungsgrad
- Vermeidung störender Phaseneffekte

Erstellt: 03/2005

© Hannes Raffaseder / FH St. Pölten / Telekommunikation und Medien

20/34

I

## Körperschallmikrofon

- auch als Pick-Up bezeichnet
- direkt am Resonanzkörper positioniert
- direkte, unmittelbare Aufnahme des Schalls
- keine Raumwirkung
- keine ev. störende Nebengeräusche
  
- Problem:
  - Körperschall hat andere Eigenschaften,  
als die abgestrahlten Schallwellen
- Selten im professionellen Tonstudio eingesetzt
- Einsatzgebiet: Live für akustische Gitarren, Bässe etc.

I

## **Richtcharakteristik**

Mikrofone nehmen Schallwellen nicht gleichmäßig auf!  
Bestimmte Richtungen werden bevorzugt!

Die Richtcharakteristik beschreibt diese Abhängigkeit des Übertragungsfaktors von der Richtung der eintreffenden Schallwellen.

Mögliche Richtcharakteristiken:

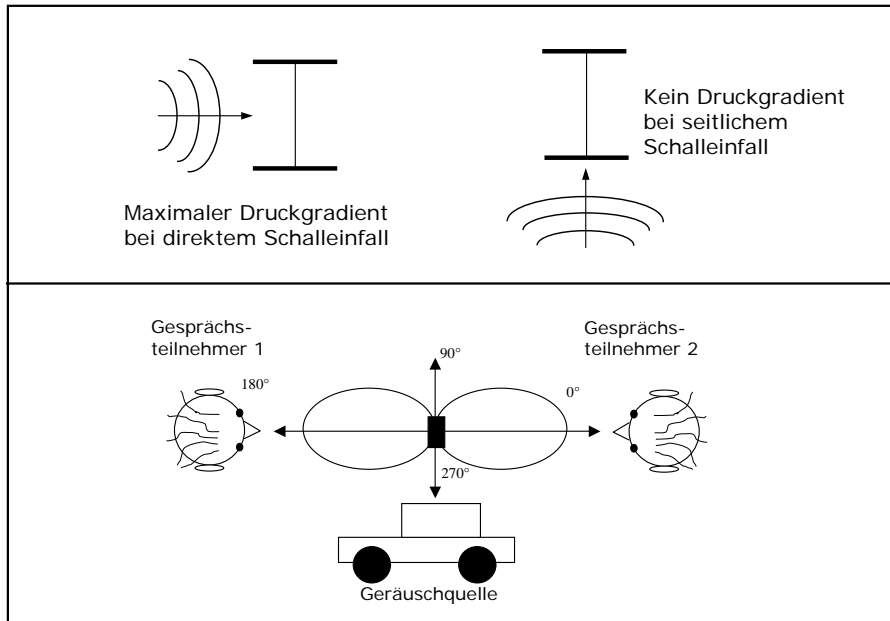
- Achtförmige Richtcharakteristik
- Kugelförmige Richtcharakteristik
- Nierenförmige Richtcharakteristik
- Richtrohrmikrofon

## **Achtförmige Richtcharakteristik**

- Schallwellen von vorne und von hinten  
werden mit dem größten Übertragungsfaktor aufgezeichnet
  
- Seitlich einfallende Schallwellen werden  
nicht (oder nur abgeschwächt) aufgezeichnet
  
- Bauweise: Druckgradienten-Mikrofon
  - Schall gelangt von beiden Seiten auf die Membran
  - Die Druckdifferenz (vorne – hinten) ist maßgeblich
  
- Einsatzgebiet:
  - Interviews

I

## Achtförmige Richtcharakteristik



I



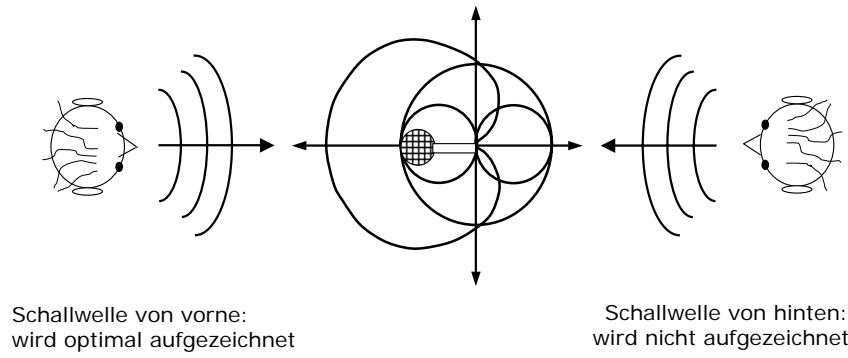
## **Kugelförmige Richtcharakteristik**

- Schallwellen aus allen Richtungen  
werden gleich stark aufgezeichnet
  
- Es gibt keine bevorzugten Richtungen
  
- Bauweise: Druckempfänger
  - Vorder- und Rückseite der Membran sind schalldicht voneinander getrennt
  - Schallwellen von hinten beugen sich um die Mikrofonkapsel, wenn die Wellenlänge klein gegenüber dem Durchmesser der Kapsel ist.
  
- Einsatzgebiet:
  - Raum
  - Atmos

## **Nierenförmige Richtcharakteristik**

- Schallwellen von vorne werden am stärksten aufgezeichnet
- Seitlich und von hinten eintreffende Schallwellen  
werden abgeschwächt aufgezeichnet
  
- Hyperniere: 100% vorne, 25% seitlich, 50% hinten
- Superniere: 100% vorne, 38% seitlich, 25% hinten
  
- Bauweise:  
Kombination von kugel- und achtförmiger Richtcharakteristik
  
- Einsatzgebiet:
  - Studio
  - Live

## Nierenförmige Richtcharakteristik



I

## **Richtrohrmikrofon**

→ Schallwellen von vorne werden am stärksten aufgezeichnet

→ Seitlich und von hinten eintreffende Schallwellen  
werden weitgehend ausgeblendet!

→ Keulenmikrofon

→ Bauweise:

Interferenzrohr

seitlich eintreffender Schall wird

durch destruktive Interferenz ausgelöscht

Richtwirkung hängt ab von der Länge der Interferenzrohrs  
bezogen auf die Wellenlänge des eintreffenden Schalls.

Im tiefen Frequenzbereich: eher nierenförmig

Im mittleren und hohen Frequenzbereich: keulenförmig

→ Einsatzgebiet: Originaltonaufnahmen (z.B. am Filmset)

I

## **Mikrofonierung**

- Auswahl eines Mikrofontyps
- Auswahl der Richtcharakteristik
- Platzierung des Mikrofons im Raum
- Bestimmung des Abstands zur Schallquelle

Auswirkung auf:

- Stör- und Fehlerquellen
- Technische Qualität der Aufnahme
- Raumeindruck
- Gesamtklang

I

## **Mikrofonierung**

- Auswahl eines Mikrofontyps
- Auswahl der Richtcharakteristik
- Platzierung des Mikrofons im Raum
- Bestimmung des Abstands zur Schallquelle

Auswirkung auf:

- Stör- und Fehlerquellen
- Technische Qualität der Aufnahme
- Raumeindruck
- Gesamtklang

I

## Mikrofonierung

Entweder:

- Erzielung einer bestimmten Klangästhetik bei der Aufnahme
  - authentisch, lebendig, gute Räumlichkeit
  - nachträglich nur mehr sehr bedingt veränderbar
  - z.B. bei Aufnahmen klassischer Musik und Atmos

Oder:

- Trockene Aufnahme:
  - Möglichst neutrale Aufnahme in Hinblick auf Klang und Raum
  - Klangästhetik kann nachträglich im Studio bestimmt werden
  - mehr Gestaltungsmöglichkeiten
  - Aber: im Studio nur sehr schwer, die gleiche
    - Authentizität, Lebendigkeit, Räumlichkeit erzielbar
  - z.B. bei Aufnahmen von Popmusik und SFX

I

## Mikrofonierung

- Veränderungen des Raumeindrucks
  - vor allem durch den Abstand des Mikrofons zur Schallquelle
  - (siehe: Bearbeitung von Schallsignalen: Raum)
  
- Veränderungen der Klangfarbe
  - Abstrahlverhalten der Schallquelle
  - Frequenzabhängigkeit der Richtcharakteristik
  - Nahbesprechungseffekt
  - Interferenz zwischen Direktschall und Reflexionen
  - (siehe: Bearbeitung von Schallsignalen: Raum)
  
- Mikrophon als akustische Lupe (sehr kleiner Mikrophonabstand)
  - macht Schallereignisse hörbar,
  - die im Alltag meist nicht wahrgenommen werden
  - Klang wird meist größer, mächtiger, näher

I



## Mikrofonierung: Störquellen

### Wind- und Popgeräusche

- turbulente Luftströmungen an der Membran  
bewirken deutlich hörbare Fehler
  - bei Außenaufnahmen: Wind
  - im Studio: Explosivleuten (T, P etc.) und manchen Frikativen (S, SCH)
- Außen:
- Windschatten von Bäumen, Häusern, Menschen etc. suchen
  - Windschutz verwenden
  - Achtung: ev. Verluste im hohen Frequenzbereich  
durch stark dämmenden Windschutz
  - bei starkem Wind: Probleme meist nur bedingt lösbar
- Studio:
- nicht direkt ins Mikrofon sprechen oder singen
  - größerer Mikrofonabstand
  - Popschutz
  - Bedingt Möglich: nachträgliche Korrektur durch HP-Filterung ( $f_G=50$  Hz)

## **Mikrofonierung: Störquellen**

### **Trittschall und Körperschall**

- Schritte und ähnliche Anregung können sich über den Mikrofonständer auf die Membran übertragen
- Ähnliches gilt für diverse Reibegeräusche (Kleidung, Körper, Kabel etc.)
- elastische Lagerung mittels Mikrofonspinne

I