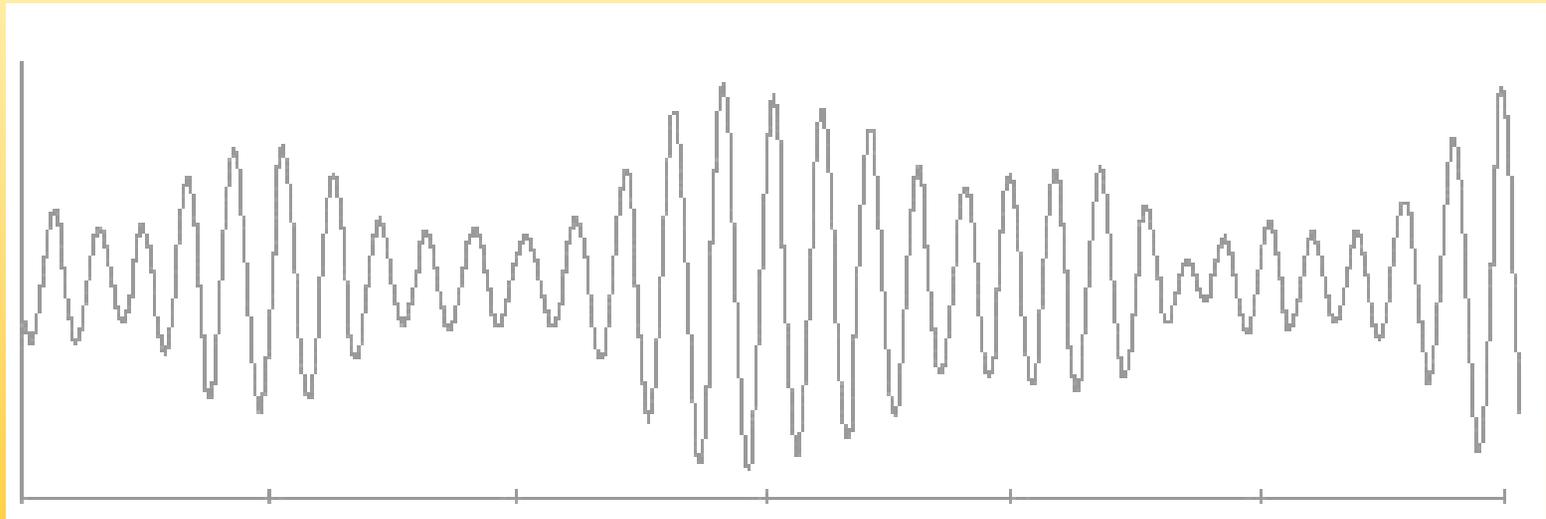


# Akustische Messtechnik

## Anwendungen im Bereich der Lärmbekämpfung



Verfasser:  
Studiengang:  
Fach:  
Dozent:

Martin Langhoff  
SS/04 D4UT  
Messtechnik II  
Hr. Dr. Brandt

Ort: Berlin  
Datum: 06.05.2004

# Gliederung

1. Definitionen und theoretische Grundlagen

2. Messverfahren

3. Messtechnik

4. Normen

5. Quellennachweis

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## *Was ist Akustik?*

Akustik ist ein Teilgebiet der Physik und befasst sich mit Schall und seinen physikalischen, technischen, elektroakustischen, hörphysiologischen, hör- und musikpsychologischen Gesetzen und Wirkungen.

Schwerpunkt dieses Vortrages:

Elektroakustische, sowie technischen Gesetze und Wirkungen

## *Definition Schall:*

Schall ist eine allgemeine Sammelbezeichnung für alle mechanischen Schwingungen und Wellen eines schwingungsfähigen Systems (Luft, Wasser,...).

In Luft breitet sich der Schall in Form von Druckschwankungen als Longitudinalwelle aus, die dem atmosphärischen Gleichdruck überlagert sind.

Die Schallwellen bewegen sich dabei mit einer Geschwindigkeit von  $c=343,8$  m/s bei einer Lufttemperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  fort.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

*Modelle von Schallwellen und Schallfelder:*

*Ebene Welle:*

Von einer ebenen Membran wird eine Schallwelle abgestrahlt, die in einer Ebene schwingt.

*Kugelwelle:*

Sie wird durch Schwingungen in allen Ebenen einer Quelle verursacht oder wenn die Quelle eine ebene Membran besitzt, welche jedoch klein gegenüber den abgestrahlten Frequenzen ist.

Praxis bei einem Lautsprecher:

- Schallwellen hoher Frequenzen breiten sich gerichtet aus (abgesehen von Beugungen und Reflexionen).
- Niedrige Frequenzen dagegen werden nahezu in alle Richtungen ausgesendet.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

*Freifeld* (ungestörtes Feld):

Im Messbereich existiert nur eine kohärente Schallquelle, deren abgestrahlte Schallwellen auf kein Hindernis in der Umgebung treffen.

*Diffusen Feld* (gestörtes Feld):

Die eben genannten Bedingungen sind nicht erfüllt.

*Definition Lärm:*

Lärm ist jeder Schall, der nicht der Information des Schallempfängers dient und/oder lauter als notwendig wahrgenommen wird und zu Hörschäden führen kann.

Ursachen für schwierige Bewertung des Lärms mittels allgemein gültiger Größen:

Das Empfinden jedes Menschen hängt von

- seiner Physiologie
- seiner Einstellung zu Lärm
- seiner aktuellen Verfassung
- anderen psychischen Merkmalen
- Umgebungsbedingungen ab.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Kennzeichnung physikalischer Eigenschaften von Geräuschen:

### 1. *Die Schallschnelle $v$*

Die Schallschnelle ist die Geschwindigkeit der sich bewegenden Teilchen in Gasen oder Flüssigkeiten.

Sie ist nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit  $c$ , welche die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle und wesentlich größer als die Schallschnelle in Luft ist.

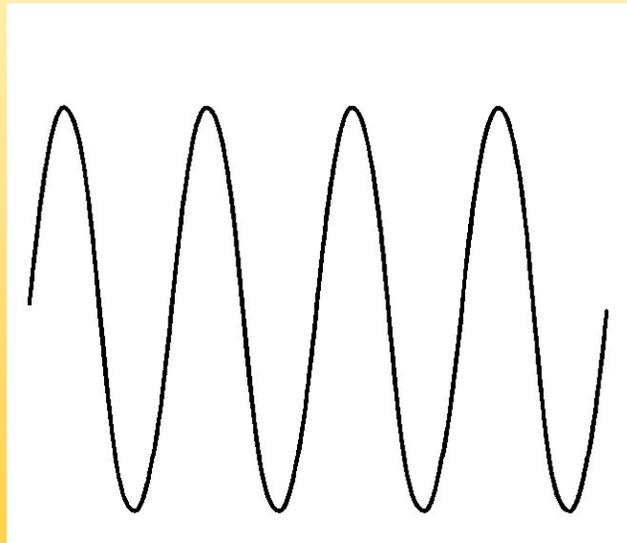
### 2. *Schalldruck $p$*

Der Schalldruck ist die charakteristische Größe für die Schallwahrnehmung durch das menschliche Gehör und spielt deshalb eine wesentliche Rolle bei der Beschreibung von Geräuschen.

Er ist eine zeitabhängige Größe:  $p(t)$  mit  $[p]=1 \text{ Pa}=1 \text{ N/m}^2$

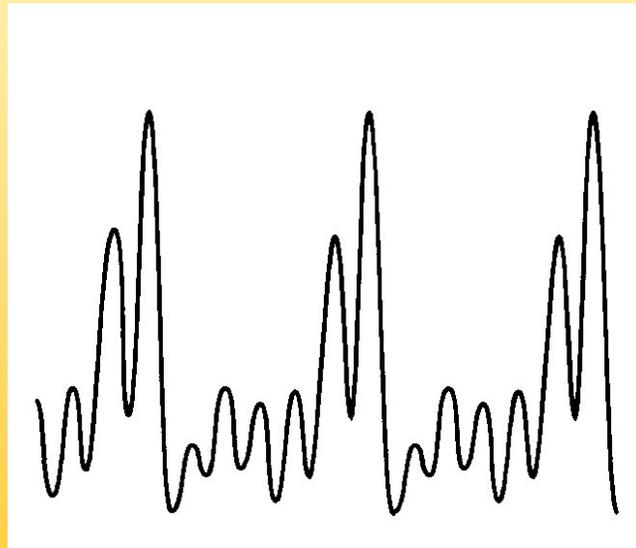
# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Oszillografiert ergibt sich z.B. die wie im folgenden Bild dargestellte Abbildung eines reinen Sinus-Tones:



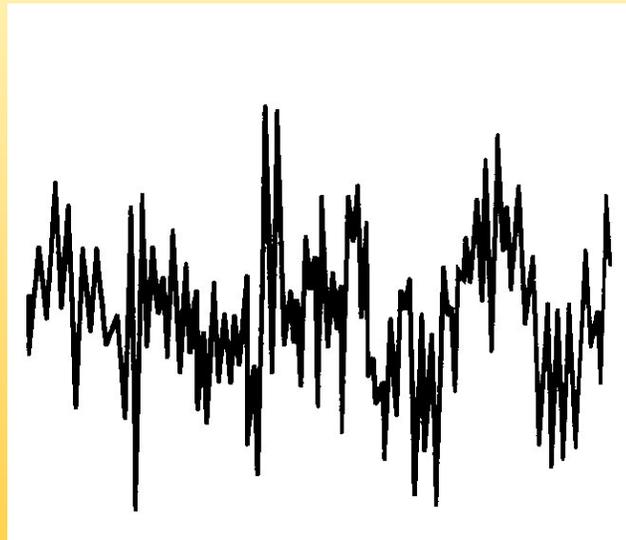
# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Ein größtenteils periodisch, aber nicht rein sinusförmiger Verlauf wird als Klang wahrgenommen und besteht aus der Überlagerung von unterschiedlichen Ober- und Grundschwingungen, die meist miteinander harmonisieren:



# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Gänzlich a-periodische Schwingungsverläufe werden als Geräusch identifiziert und bestehen aus einer Vielzahl von Schwingungen unterschiedlicher Amplitude und Frequenz.



# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Problem:

Die in der Natur vorkommenden Geräusche sind viel zu komplex, um sie vollständig beschreiben zu können.

Deshalb:

Beschränkung auf wesentliche Kenngrößen ihrer Zeitfunktionen:

Effektivwert zur Beschreibung der Größe des Wechseldruckes:

$$p_{eff} = \sqrt{1/T \cdot \int_T p^2(t) dt}$$

Er repräsentiert damit die von einer ebenen Schallquelle transportierte Leistung, wobei gilt:  $P \sim p_{eff}^2$ .

Bei der Überlagerung inkohärenter Schalldrücke addieren sich die Einzelleistungen:

$$p_{effges}^2 = \sum_{v=1}^n p_{effv}^2$$

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Zwei Schalldrücke sind inkohärent, wenn gilt:

- sie werden von einer breitbandig strahlenden Schallquelle aus verschiedenen Frequenzbereichen abgegeben
- sie stammen von einer Schallquelle mit zufälliger Zeitfunktion, gehören aber zwei Schallwellen mit gegenseitiger Laufzeitdifferenz an (z.B. Direktschall und reflektierter Schall)

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Der Mensch nimmt die Schalldruckdifferenzen wahr, die dem atmosphärischen Gleichdruck überlagert sind.

Grenzwerte des menschlich wahrgenommenen Schalldrucks bei 1000 Hz-Ton:

Hör- oder Reizschwelle eines Menschen: ca.  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

Schmerzgrenze (obere Gehörempfindungsgrenze): ca. 20 Pa

Das entspricht einem Wertebereich von 6 Zehnerpotenzen.

Ein solcher Wertebereich ist für die Kennzeichnung von Geräuschen ungeeignet.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Abbildung des Wertebereiches:

Definition des Schalldruckpegels  $L_p$  unter einem logarithmischen Maß (Dekadischer Log.)

Er ist der Effektivwert des Schalldrucks, bezogen auf den Schalldruck der annähernd an der Hörschwelle existiert und wird wie folgt definiert:

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{p_{eff}^2}{p_0^2} [dB]$$

Der Wertebereich des Lautstärkepegels liegt damit zwischen 0 dB (Hörschwelle) und ca. 140 dB (Schmerzgrenze).

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

Typische Lautstärkepegel:

Geräusch	$\bar{p}$ Pa	$L_p$ dB
Ungefähre Hörschwelle bei 1000 Hz	$2 \cdot 10^{-5}$	0
sehr ruhiger Garten (Blätterrauschen)	$2 \cdot 10^{-4}$	20
gedämpfte Unterhaltungssprache	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Staubsauger im Wohnraum	$2 \cdot 10^{-2}$	60
lautes Rufen in 1 m Abstand	$2 \cdot 10^{-1}$	80
Drucklufthammer in 1 m Abstand	2	100
Schmerzgrenze bei 1000 Hz (z. B. Kesselschmiede)	20	120

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

Schwierigkeit:

Der Schalldruckpegel ist für die empfundene Lautstärke einer Schallquelle allein nicht repräsentativ genug.

Daher wurden verschiedene Bewertungskriterien eingeführt, die den gemessenen Schalldruck in eine Größe transformieren, die annähernd die empfundene Lautstärke widerspiegelt.

Für das Empfinden des Menschen ist die Lautstärke eines Schallsignals von großer Bedeutung.

Die sogenannte Pegellautstärke wird hierbei definiert als:

$$L_N = 10 \cdot \lg \frac{p_{eff}^2}{p_0^2} [phon]$$

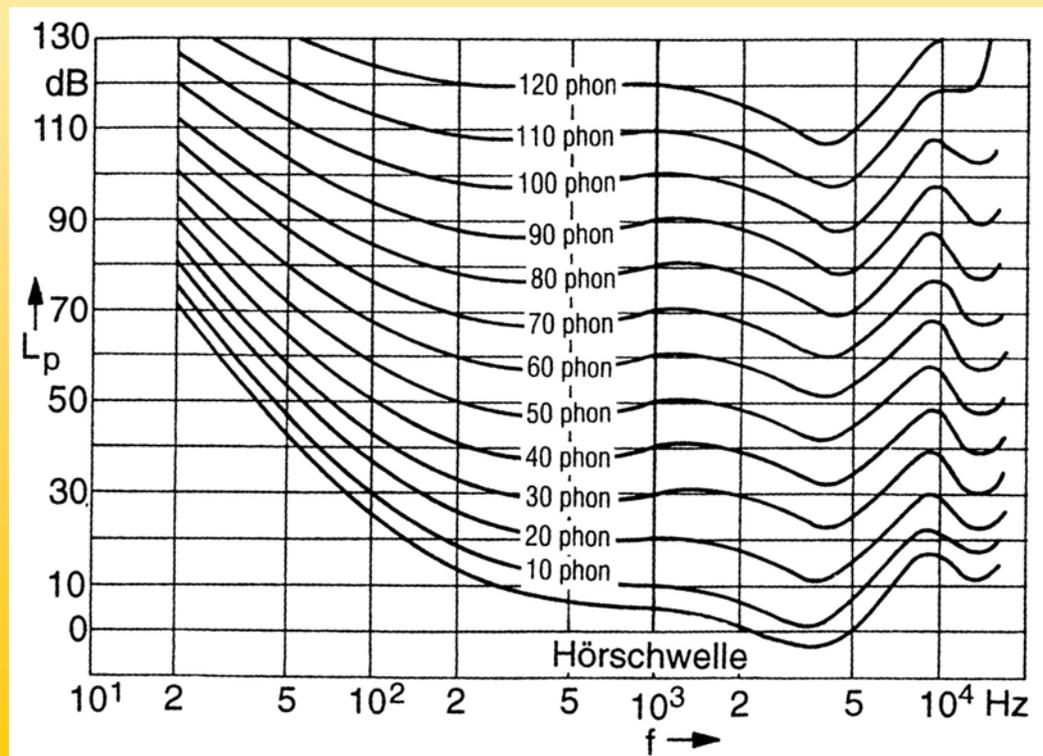
# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

Die Empfindlichkeit des Gehörs ist frequenzabhängig.

Daher musste eine Funktion für verschiedene Schalldruckpegel empirisch gefunden werden, die die empfundene Lautstärke über verschiedenen Frequenzen darstellt.

Das Ergebnis sind sogenannte Kurven gleicher Lautstärke:



# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

### Bewerteter Schalldruckpegel:

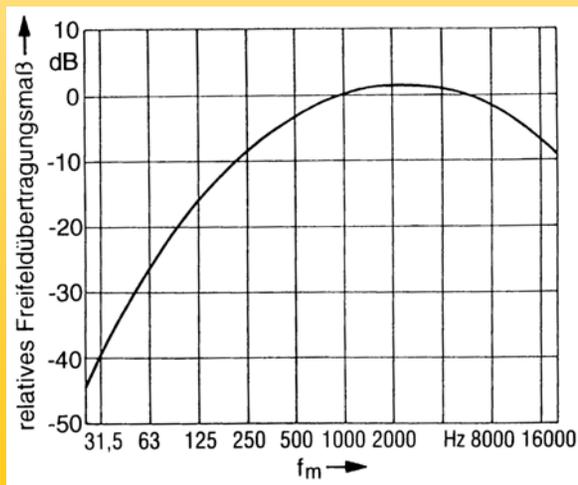
Basis:

Kurven, die einen angenäherten inversen Verlauf haben wie die Kurven gleicher Lautstärke.

Bewertungskurven:

A, B, C und D, von denen die A-Bewertung die weltweit einzig allgemein angewandte und Norm-Vorlage, gefolgt von der C-Bewertung für Spitzenschalldruckpegeln

A-Bewertung:



Frequenz Hz	Übertragungsmaß dB	Frequenz Hz	Übertragungsmaß dB	Frequenz Hz	Übertragungsmaß dB
–	–	100	–19,1	1600	1,0
–	–	125	–16,1	2000	1,2
10	–70,4	160	–13,4	2500	1,3
12,5	–63,4	200	–10,9	3150	1,2
16	–56,7	250	–8,6	4000	1,0
20	–50,5	315	–6,6	5000	0,5
25	–44,7	400	–4,8	6300	–0,1
31,5	–39,4	500	–3,2	8000	–1,1
40	–34,6	630	–1,9	10000	–2,5
50	–30,2	800	–0,8	12500	–4,3
63	–26,2	1000	0	16000	–6,6
80	–22,5	1250	0,6	20000	–9,3

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

Problem:

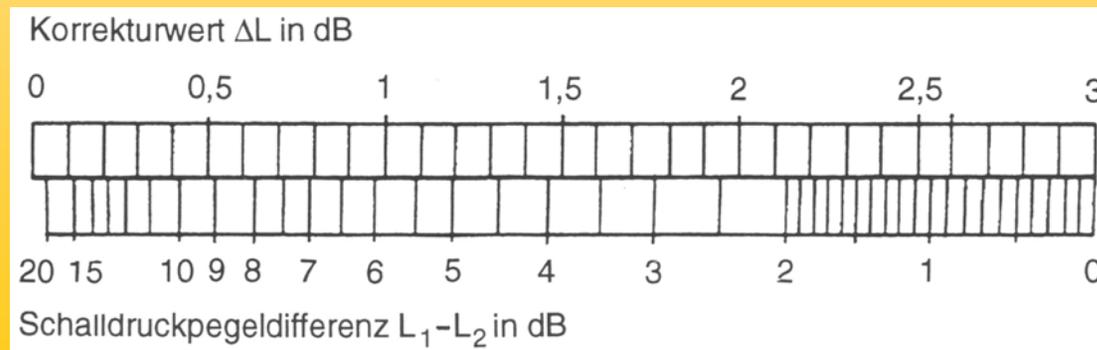
Die meisten Schallquellen geben Schallwellen eines breiteren Spektrums ab.

Lösung:

Messung von Teilschalldrücke in einem Frequenz-, Terz-, oder Oktavbereich, die dann zu einem Gesamtschalldruckpegel wie folgt zusammengefasst werden können:

$$L_{ges} = L1 + \Delta L \quad \text{mit:} \quad \Delta L = f(L1 - L2)$$

Ein Nomogramm dient dabei der logarithmischen Addition bzw. Subtraktion :



# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

Realität:

Die Schallaufnahme kann durch unterschiedliche Situationen stark von der allgemeinen A-Bewertung abweichen.

Daher:

Besondere Anwendungen erfordern gesonderte Schallpegel, die den entsprechenden Verhältnissen vor Ort nahe kommen sollen.

Dies können folgende Situationen sein:

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

### 1. Impulsschall:

Situation: kurzzeitige Lärmeinwirkung mit einer Zeitkonstanten von 25-75 ms, (international festgelegt 35 ms) bei der Effektivwertbildung

Prinzip: Impulsbewertung ( $I$ ) mittels Zeitdehnerschaltung im Schallpegelmessgerät, dessen Wert mit einer größeren Zeitkonstante abklingt, sodass man den Impulsschalldruckpegel noch gut ablesen kann.

Für die Zeitbewertung stehen folgende Anzeigedynamikparameter zur Verfügung:

- schnell (fast=> $F$ )                      Effektivwert
- langsam (slow=> $S$ )                      Effektivwert
- Spitze (peak=> $P$ )                      Spitzenwert

Bei sehr impulsartigem Schall können die  $F$ -Schalldruckpegelwerte zw. 5 und 15 dB unter der  $I$ -Bewertung liegen.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

### 2. Äquivalenter Dauerschallpegel bzw. Taktmaximal-Mittelungspegel:

Situation: zeitlich schwankende Schalleinwirkungen

Prinzip: Integrierende Mittelwertbildung über ein Zeitintervall  $T$ .  
Äquivalenzparameters  $q$  gibt die Pegelhöhe an, die einer Halbierung der Einwirkungszeit gleichkommt .

Alternativ kann man den Mittelwert auch aus  $n$  Einzelmesswerten über einen Zeitraum  $T$  bilden.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

### 3. Beurteilungspegel:

Situation: Ermittlung der mittleren Geräuschimmission am Aufenthaltsort von Menschen über einen Beurteilungszeitraum

Prinzip: Der äquivalenten A-Dauerschallpegel und verschiedenen Zu- bzw. Abschlägen werden zum Gesamtpegel aufsummiert.

Ab-/Zuschläge:

- Impulshaltigkeit
- Tonhaltigkeit
- Ruhezeiten
- bestimmte Geräusche und Situationen.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallimmission (Schalleinwirkung):

### 4. Spitzen-Schalldruckpegel:

Situation: Extrem hohen und kurzzeitige Schalldruckpegel (z.B. Explosion)

Prinzip: Messung erfolgt mittels Anzeigedynamik *peak* in Verbindung mit Hoch- und Tiefpassfiltern zur Begrenzung des Messfrequenzbereiches auf 20 Hz bis 20 kHz oder der C-Bewertung

### 5. Lärmdosis:

Sie ist eine Größe zur Beschreibung von durch Lärm verursachte Schadenswirkung und gilt für Schallpegel bis ca. 135 dB(A).

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

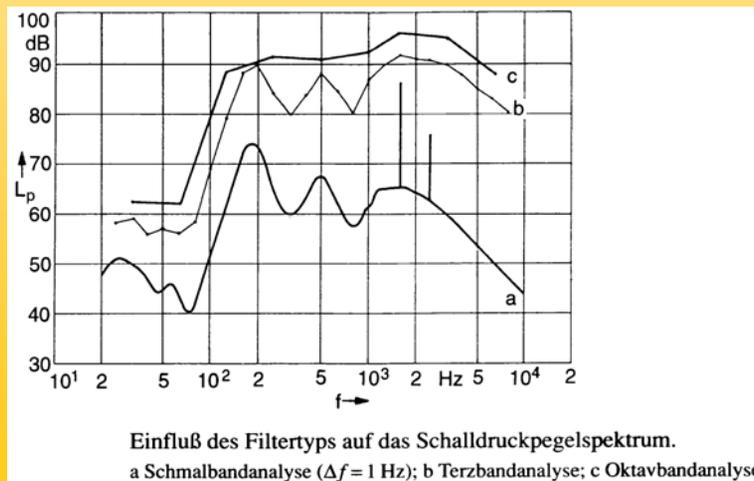
## Größen zur Kennzeichnung der Schallemission (Schallabstrahlung):

Wichtigste Einflussgrößen: Die Frequenz.

Ermittlung der Frequenzanteile eines Geräusch mittels Frequenzanalyse, also Zerlegung in die Frequenzanteile durch Filtern.

Die Breite dieser Frequenzbereiche (Bandbreite) bezeichnet das analysierte Spektrum: Schmalband-, Terz- oder Oktavbandspektrum.

Beispiel für das mit unterschiedlicher Bandbreite ermittelte Spektrum eines von einer Maschine abgestrahlten Geräusches:



# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallemission (Schallabstrahlung):

### 1. Schallleistungspegel und Richtwirkungsmaß:

Situation: Allgemeine Beschreibung der Schallabstrahlungsleistung einer Schallquelle in Abhängigkeit vom Messort

Prinzip: Erfassung des Schallleistungspegels mit:

$$L_w = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} [dB]$$

Das Richtwirkungsmaß  $D_I$  (directivity index) beschreibt die Richtungsabhängigkeit der Schallabstrahlung und ist definiert als:

$$D_I = L_{pi} - \overline{L_p}$$

$L_{pi}$  = Schallleistungspegel an einem bestimmten Messort auf einer kugelförmigen Fläche oder Teilen davon

$\overline{L_p}$  = energetischer Mittelwert der Schalldruckpegel aller Messorten gleicher Fläche. Beide Größen können frequenzbewertet angegeben werden.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallemission (Schallabstrahlung):

### 2. Schallintensitätspegel:

Situation: Erfassung der Schallausbreitungsrichtung einer Schallquelle an einem bestimmten Messort

Prinzip: Erfassung der Schallintensität ,welche sich aus dem Schalldruck  $p$  und der Schallschnelle  $v$  zusammensetzt.

$$L_J = 10 \cdot \lg \frac{J_n}{J_0} [dB]$$

Die Integration über der einschließenden Hüllfläche ergibt die gesamte abgegebene Schalleistung der Schallquelle.

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallemission (Schallabstrahlung):

### *3. Schalldruckpegel an festgelegten Messorten:*

Situation: Für Schallquellen mit sehr großen Abmessungen, etwa wie Kühltürme, oder bei vorgegebenen Sicherheitsabständen zur Schallquelle

Prinzip: Messung des Schalldruckpegels am Bezugsradius in der horizontalen Ebene an vorzugsweise acht gleichmäßig über den Umfang eines Messkreises verteilten Messorten

# 1. Definitionen und theoretische Grundlagen

## Größen zur Kennzeichnung der Schallemission (Schallabstrahlung):

### *4. Schallenergiepegel:*

Situation: Erfassung von impulsartig abgestrahlter Schallenergie

Prinzip: Integration der Schalleistung über dem gesamten Impulsvorgang einschließlich der Abklingzeit

### *5. Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz:*

Situation: Ermittlung des Emissionsschalldruckpegels als Maschinenbezogene Kenngröße

Prinzip: Messung des A-Schalldruckpegels an einem festgelegten Arbeitsplatz unter festen Betriebsbedingungen unter Ausschluss der Fremdgeräusche und Raumrückwirkungen.

## 2. Messverfahren

### Verfahren zur Schalleistungsmessung

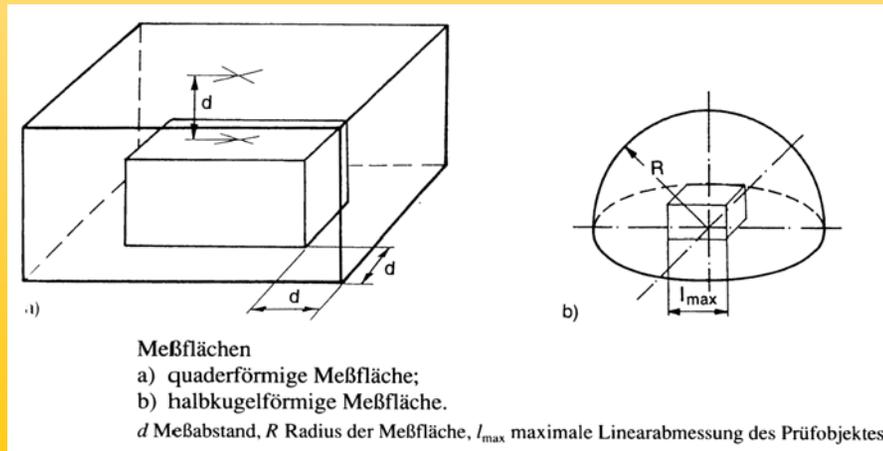
#### 1. Freifeldverfahren:

Situation: Messung der von einer Schallquelle abgegebene Schalleistung, welche sich aus der Schallintensität über einer Messfläche integriert ergibt:

$$L_W = \overline{L_p} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} [dB]$$

Praxis: Wahl einer kugel- bzw. halbkugelförmige Fläche bei weniger anspruchsvollen Messungen auch auf eine quaderförmige.

Zerlegung in gleich große Teilflächen und Zuordnung je eines Messortes



## 2. Messverfahren

### Verfahren zur Schallleistungsmessung

#### 2. Hallraumverfahren:

Situation: Bestimmung des Schallleistungspegels in einem Raum mit reflektierenden Flächen bei zeitlich konstantem Schall, bei eingeschwungenem Zustand

Praxis: Erfassung des Schalldruckpegels an diskreten Messorten im Raum oder entlang einer Mikrofonmessstrecke

$$L_W = \overline{L_p} + 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} [dB]$$

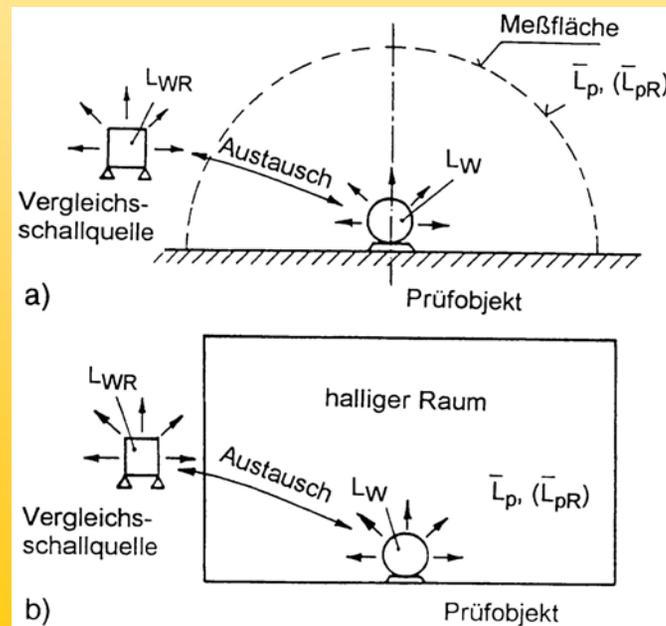
## 2. Messverfahren

### Verfahren zur Schalleistungsmessung

#### 3. Vergleichsverfahren:

Situation: Messung des Schalldruckpegels unter Kenntnis des Schalldruckpegels einer Vergleichschallquelle an festgelegten Messorten

Praxis: Erfassung des Schalldruckpegels an diskreten Messorten im Raum oder entlang einer Mikrofonmessstrecke mittels Hallraum- oder Freifeldverfahren



## 2. Messverfahren

### Verfahren zur Schalleistungsmessung

#### 4. Kanalverfahren:

*Situation:* Bestimmung der Schalleistung von Maschinen im Strömungskanal

*Praxis:* Berechnung entsprechend des Freifeldverfahrens unter folgende Voraussetzungen:

- keine Schallreflexionen
- keine Kanaleigenschwingungen in radialer und Umfangs-Richtung (d.h., Kanalquerschnitt kleiner als die halbe Luftschallwellenlänge)

#### 5. Intensitätsverfahren:

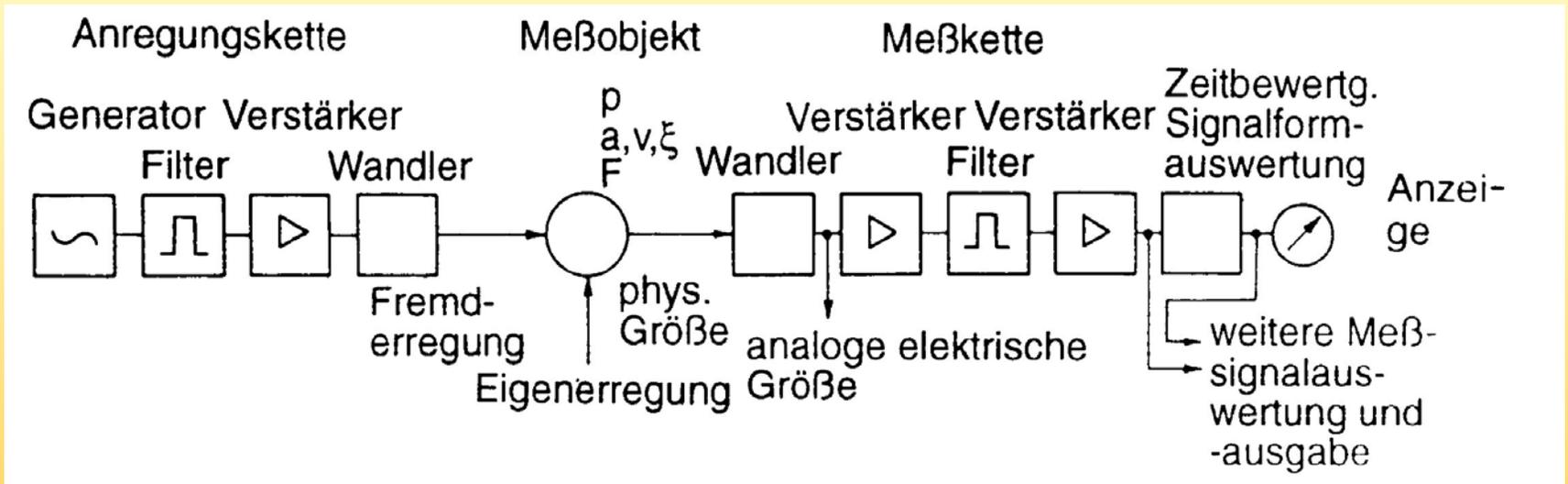
*Situation:* Lokalisierung von Geräuschquellen und Messung unter Betriebsbedingungen

*Praxis:* Gemessen werden Schalldruck und prinzipiell die Schallschnelle, die zusammen die Intensität ergeben durch:

- exakte Bestimmung des ortsabhängigen Umschlags von positiver in negative Intensität (Schalleinfall von vorn oder hinten)
- Weitest gehende Eliminierung der parasitären Geräuschanteile (Raumrückwirkung und Störschall)

### 3. Messtechnik

#### Allgemeine Messkette:



Die Entwicklung der letzten Jahre geht mittlerweile in Richtung Anwendung digitaler Methoden, die den Bereich der Erzeugung von Signalen in der Anregungskette bzw. Verarbeitung in der Messkette betrifft.

## 3. Messtechnik

### Schallwandler (Mikrofon):

Das wohl wichtigste Instrument bei der Schallmessung ist das Mikrofon. Es dient zur Wandlung des Schalldruckes in ein elektrisch analoges Signal.

Einteilung der Mikrofontypen nach physikalischem Funktionsprinzip:

1. Kohlemikrofon
2. Kristall- /Keramikmikrofon
3. Tauchspulen- /Dynamisches Mikrofon
4. Bändchenmikrofon
5. Magnetischer Wandler
6. Kondensatormikrofon
7. Elektretmikrofon

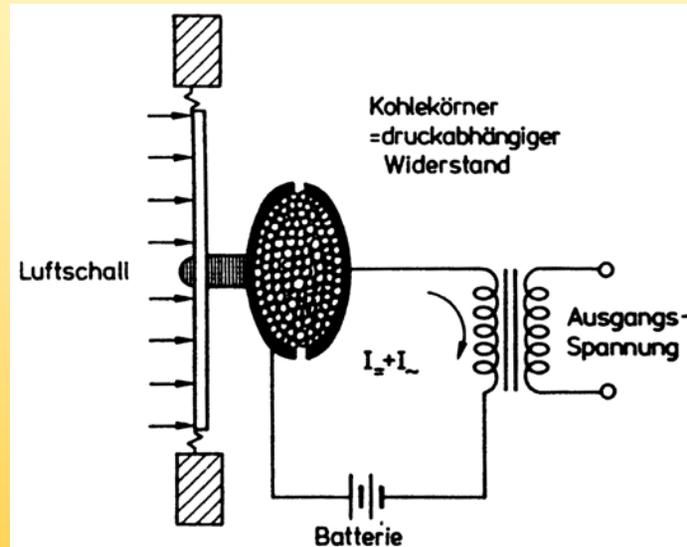
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 1. Kohlemikrofon:

Prinzip: Widerstandsänderung einer mit Kohlegrieß gefüllte Mikrofonkapsel

Aufbau:



Eigenschaften:

- aktiver Wandler, nicht reversible Energiewandlung nur von Schall in elektr. Energie
- schlechter Frequenzgang und hoher Klirrfaktor (Maß für nichtlineare Verzerrungen)

Anwendungsgebiet:

- keine Verwendung im Bereich der Messtechnik
- Telekommunikationstechnik und für elektronische Signalerkennung

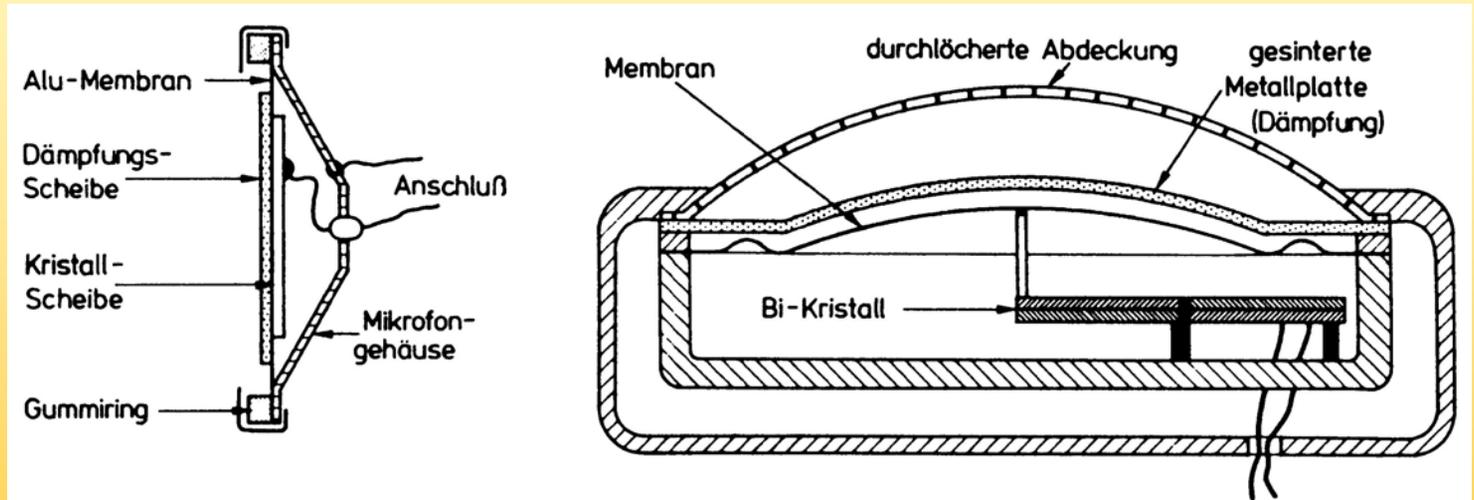
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 2. Kristall- und Keramikmikrofon:

Prinzip: piezoelektrische Spannungserzeugung an einem Kristall

Aufbau:



Eigenschaften:

- Übertragungseigenschaften nicht so linear, wie beim Kondensatormikrofon

Anwendungsgebiet:

- in der Messtechnik bei Messungen geringerer Genauigkeit (einfache Handgeräte)
- Sprachübertragung und in Funk- und Diktiergeräten

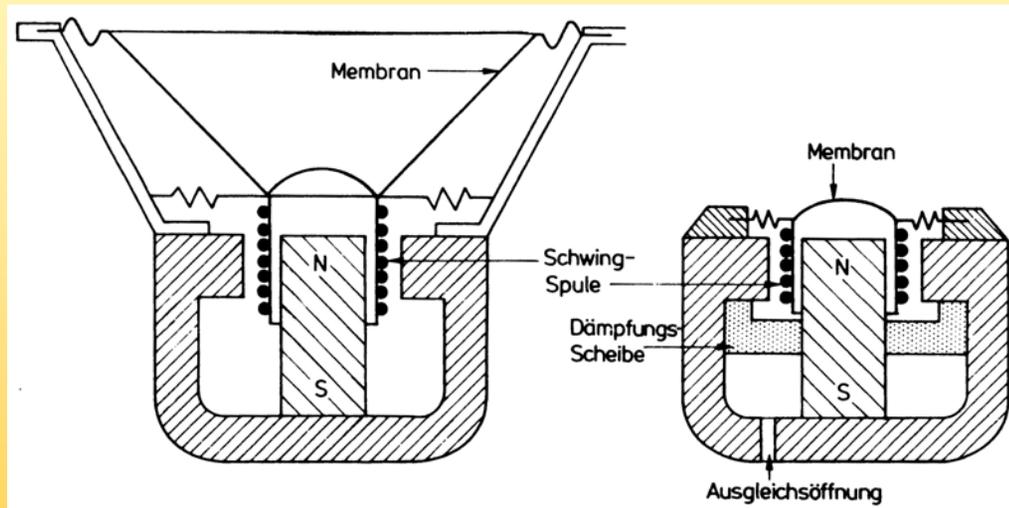
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

#### 3. Tauchspulenmikrofon oder Dynamisches Mikrofon:

Prinzip: Tauchspulenprinzip auf Grundlage der Induktion

Aufbau:



Eigenschaften:

- recht gute Übertragungseigenschaften
- relativ preiswert
- betriebssicherer als die meisten anderen Mikrofonarten

Anwendungsgebiet:

- Veranstaltungs-, Radio- und Rundfunk-, sowie Homerecording-Technik
- relativ selten in der Messtechnik, da schlechteres Übertragungsverhalten im hohen Frequenzbereich und niedrige Signalpegel stärker fehlerbehaftet sind (Trägheit)

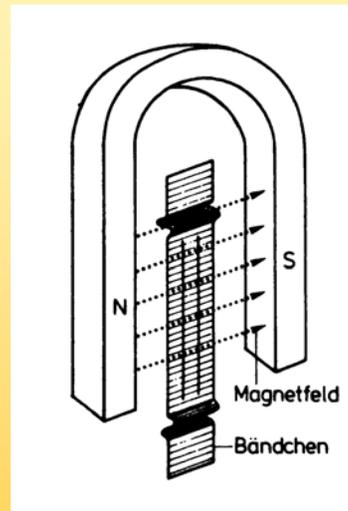
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 4. Bändchenmikrofon:

Prinzip: Induktion einer Leiterschleife im Magnetfeld

Aufbau:



Eigenschaften:

- deutlich bessere Übertragungseigenschaften als das Dynamische Mikrofon
- aber nicht so robust und widerstandsfähig

Anwendungsgebiet:

- in der Messtechnik als Schallschnelleempfänger (Druckgradientenempfänger)

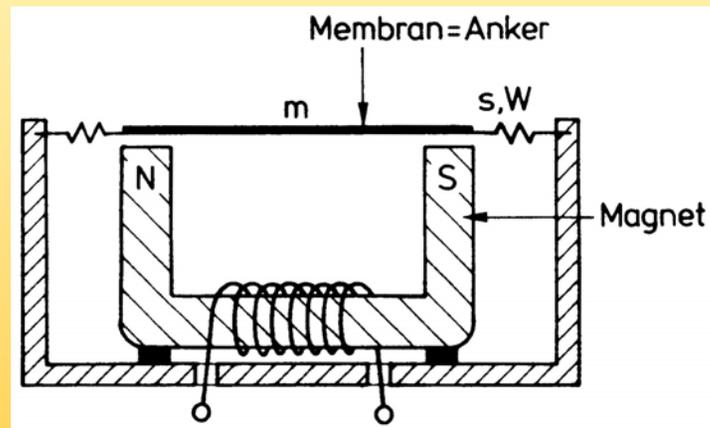
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 5. Magnetischer Wandler:

Prinzip: Induktion einer Leiterschleife im Magnetfeld

Aufbau: Magnetflussänderung durch Luftspaltschwankung



Eigenschaften:

- ähnliche Übertragungseigenschaften wie das Kohlemikrofon

Anwendungsgebiet:

- keine Verwendung im Bereich der Messtechnik
- Kommunikationstechnik (Telefone)

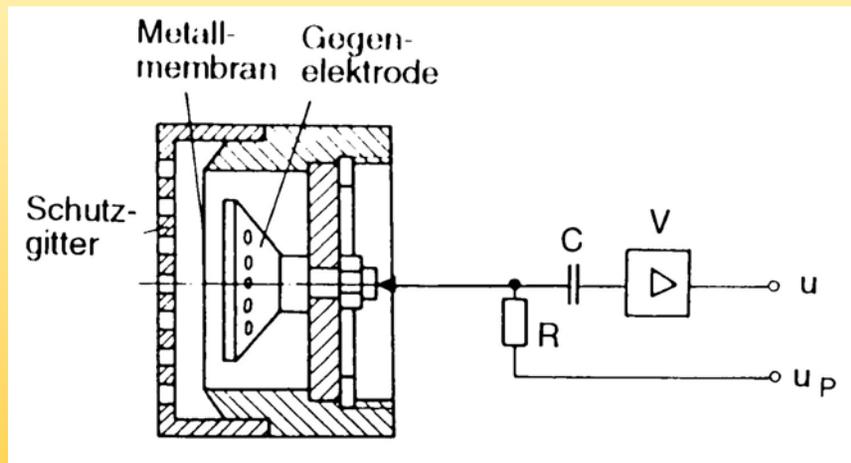
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 6. Kondensatormikrofon:

Prinzip: Kapazitätsänderung eines Kondensators

Aufbau: Magnetflussänderung durch Luftspaltschwankung



Eigenschaften:

- stabileren und genaueren Frequenzverlauf als Dynamikmikrofone, insbesondere bei hochfrequenten Signalen und kleinen Amplituden.

Anwendungsgebiet:

- in der Messtechnik für sehr präzise Messungen

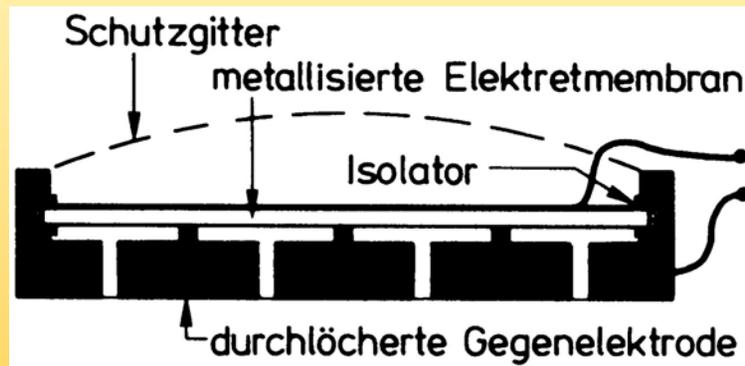
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

##### 7. Elektretmikrofon:

Prinzip: Änderung eines elektrischen Feldes

Aufbau: Magnetflussänderung durch Luftspaltschwankung



Eigenschaften:

- aufwendig konstruierte Elektretmikrofone können die Eigenschaften eines Kondensatormikrofons erreichen

Anwendungsgebiet:

- In der Messtechnik alternativ zu Kondensatormikrofonen

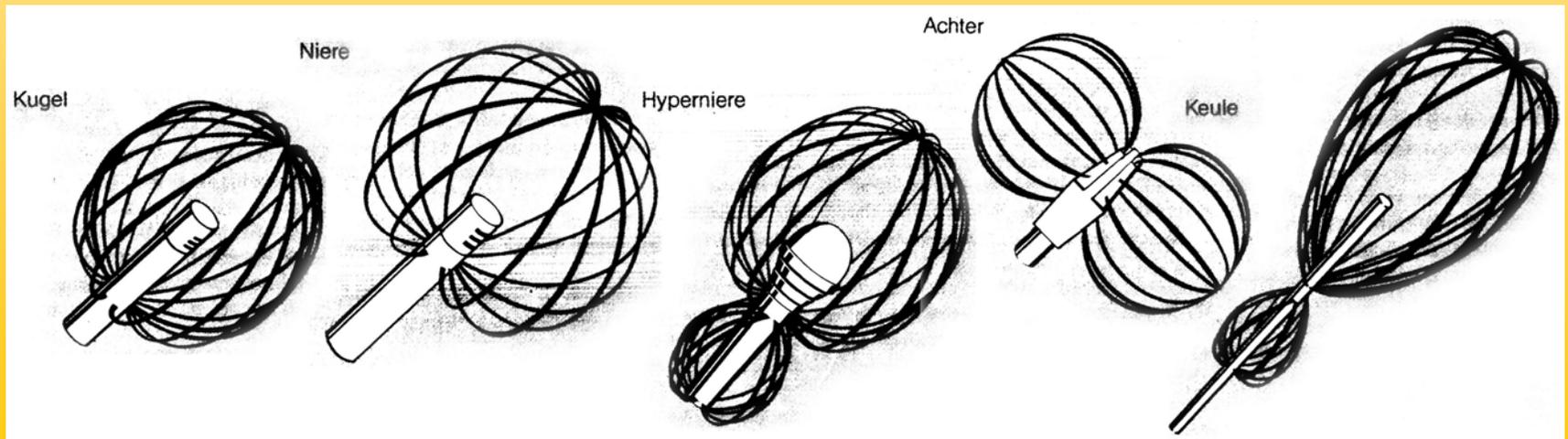
### 3. Messtechnik

#### Schallwandler (Mikrofon):

Die Richtcharakteristik von Mikrofonen wird durch ihr Vermögen beschrieben, den Schall aus bevorzugt bestimmten Richtungen aufzunehmen und reicht von kugelförmig bis hin zu annähernd linear.

Einteilung der Mikrofontypen nach ihrer Richtcharakteristik:

1. Kugelmikrofon
2. Niere
3. Super- und Hypernieren
4. Achtermikrofon
5. Keule (Interferenzempfänger)

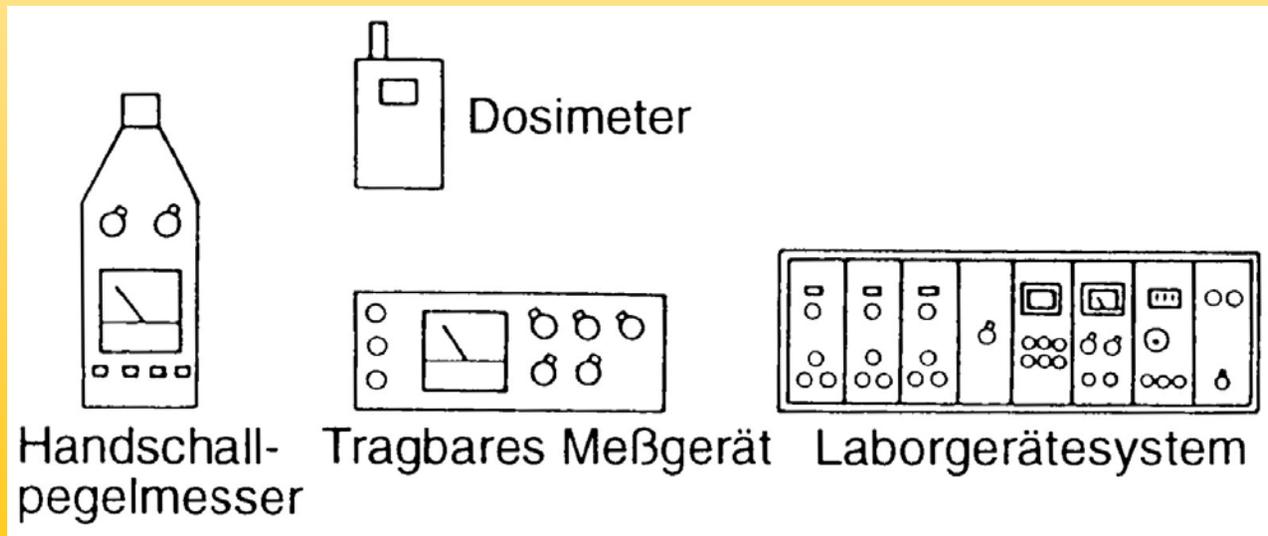


### 3. Messtechnik

#### Messgeräte:

Messgeräte existieren in verschiedenen Ausführungen, Größen und Genauigkeitsklassen nach internationalen Standards (DIN IEC 651/12.81 Schallpegelmesser, DIN IEC 804/01.87 Integrierende mittelwertbildende Schallpegelmesser).

Sie sind der entsprechenden Anwendung angepasst und in folgende Konstruktionen im Handel erhältlich:

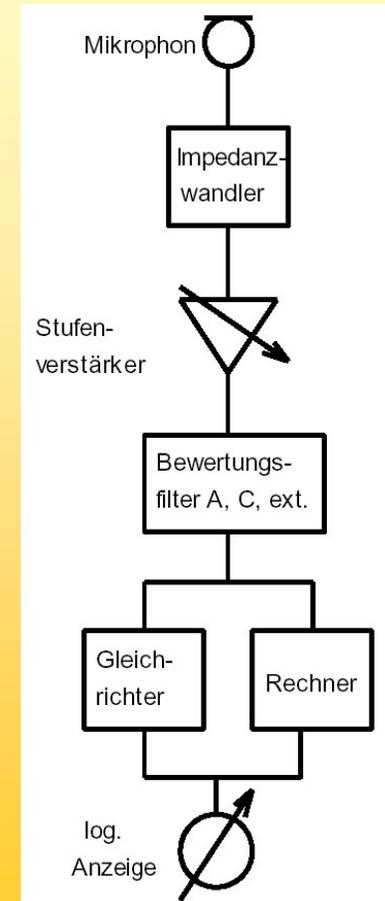


### 3. Messtechnik

#### Messgeräte:

#### 1. Handschallpegelmesser:

- leichtes, eichfähiges Handgerät der Klasse 1 ( $|u|=0,7\text{dB}$ )
- Erfassung des Effektivschalldruckpegels entsprechend DIN- bzw. IEC-Vorschriften für Schallpegelmesser
- A- oder C- inkl. der Zeitbewertung wählbar
- Wertausgabe mittels LCD-Analog- oder Digitalanzeige, LED-Zeilen oder Zeigerinstrument



### 3. Messtechnik

#### Messgeräte:

#### 2. Tragbare Messgeräte:

- *umfangreicher als Handschallpegelmesser ausgestattet*
- *in tragbaren Gehäusen mit separatem Mikrofon untergebracht (auch in Form eines Handschallpegelmessers)*
- *mehrere Bewertungskurven, Oktav- und Terzfilter, sowie unterschiedliche Zeitbewertungen verfügbar*
- *auch für die Integration über einen größeren Zeitraum verwendbar*
- *Anzeige ist meist als Digital- oder Analog- LCD-Anzeige gefertigt*
- *Möglichkeit zum Anschluss weiterer Geräte*

## 3. Messtechnik

### Messgeräte:

#### 3. Labormessgeräte:

- *kompaktes Einzelgerät oder als Komponenten-System bzw. Rechnergestützte Messeinrichtungen*
- *bestehen z.B. aus Mikrofonvorverstärker, externe Mikrofonen, Umschalter, Filter, prozessorgesteuerte Einschübe, Speicher, Plotter und Anzeigergeräte wie die der tragbaren Geräte bzw. Monitore zusammengesetzt*
- *umfangreiche Messverfahren anwendbar und damit beispielsweise Schallintensitäts- und Schalleistungsermittlung bzw. ~ auswertung*

#### 4. Dosimeter:

- *Ermittlung der Lärmbelastung auf den Menschen z.B. an Arbeitsplätzen über einen großen Zeitraum*
- *Person trägt das Dosimeter an der Kleidung*
- *Darstellung des integrierten quadratische Schalldruckpegels über den Messzeitraum*

### 3. Messtechnik

#### Messgeräte:

##### 5. Lautheits-Messgerät:

- *basiert auf der Grundlage der Lautheitsbestimmung, unter Berücksichtigung der spektralen Zusammensetzung des Schalls gemäß DIN 45631*
- *Einschluss der Art des vorherrschenden Schallfeldes und der physiologischen Eigenschaften wie z.B. Verdeckungseffekte des Ohrs*
- *Mehrfachmessung in 21 verschiedenen Terzfiltern über das Hörspektrum, nachgeschaltete gehöradäquate Amplituden- und Zeitbewertungen und Aufsummierung der Teillautheiten ergeben ein zeitabhängiges Ausgangssignal mit der Einheit „sone“*

*Vorteil: sehr repräsentative Bewertung der empfundenen Schalleinwirkung*

*Nachteile:*

- *manuell sehr aufwendig*
- *messtechnisch hohe Anforderungen*
- *teure Messtechnik*

*Die Pegelmessung ist dagegen ein relativ einfaches und kostengünstiges Verfahren und findet daher vorzugsweise Anwendung in der Lärmbestimmung.*

## 4. Normen

*Eine Norm bezeichnet eine Vorschrift bzw. Regel, die u.a. die Konstruktion eines Gerätes, dessen Verwendung, eines Mediums oder das technische und funktionale Verhalten einer Schaltung oder eines Programms beschreibt bzw. festlegt.*

*Für die Schallmessung, Schallfeldgrößen, Messgeräte und Messverfahren, sowie bauliche und technische Maßnahmen zur Schallemissionsminderung und den Lärmschutz existieren eine Reihe von Normen nach:*

- *DIN (Deutsches Institut für Normung)*
- *IEC (International Electrotechnical Commission)*
- *VDI-Richtlinien (Verein Deutscher Ingenieure)*
- *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)*

## 4. Normen

*Hier eine Auswahl von VDI-Normen, den Schall betreffend:*

<b>2058</b>	<b>Arbeitslärm in der Nachbarschaft</b>
<b>2081</b>	<b>Lärminderung bei Klimaanlage</b>
<b>2563</b>	<b>Kfz-Lärm</b>
<b>2566</b>	<b>Aufzüge</b>
<b>2567</b>	<b>Schalldämpfer</b>
<b>2570</b>	<b>Lärminderung in Betrieben</b>
<b>2714</b>	<b>Schallausbreitung im Freien</b>
<b>2718</b>	<b>Schallschutz im Städtebau</b>
<b>2719</b>	<b>Schalldämmung von Fenstern</b>
<b>2720</b>	<b>Schallschutz durch Abschirmung im Freien</b>

## 4. Normen

### *Eine Auswahl Akustik-relevanter DIN-Normen:*

18041	Hörsamkeit in kleinen und mittleren Räumen	45635	Geräuschmessung an Maschinen
40146	Dynamik, Störpegel	45636	Außengeräuschmessung an Kraftfahrzeugen
40148	Vierpole	45639	Innengeräuschmessung an Kraftfahrzeugen
45401	Normfrequenzen	45641	Mittelungspegel, Beurteilungspegel
45402	Effektivwertmessung	45642	Messung von Verkehrsgeräuschen
45403	Nichtlinearitäten, Klirrfaktor	45643	Fluglärm
45404	Messung von Unsymmetrien	45644	Schalldosimeter
45405	Geräusch- und Fremdspannungsabstand	45645	Geräuschimmission, Beurteilungspegel
45406	Aussteuerungsmesser	45651	Oktavfilter
45407	Vollaussteuerung	45652	Terzfilter
45410	Störfestigkeit von elektroakustischen Geräten	45654	Hoch- und Tiefpaßfilter
45411	Frequenzintermodulation bei Schallplatten	45655	mittelnde Schallpegelmesser
45500	Heimstudioteknik (→ DIN IEC 581)	45667	Klassierverfahren
45507	Gleichlaufschwankungen bei Schallplatten	52210	Luftschall-/Trittschalldämmung
45510	Begriffe der Magnetontechnik	1301	Einheiten
45511 – 524	Magnetbandgeräte (Tonbandgeräte)	1311	Schwingungslehre
45539	Rumpel-Fremdspannung, Rumpel-Geräuschspannung	1313	Physikalische Größen und Gleichungen
45541 – 547	Meßschallplatten	1318	Lautstärkepegel
45565	Anforderungen an Vorverstärker	1319	Grundbegriffe der Meßtechnik
45566	Anforderungen an Leistungsverstärker	1320	Grundbegriffe der Akustik
45567	Anforderungen an Vollverstärker	1332	Formelzeichen der Akustik (incl. Fremdsprachen)
45570 – 575	Lautsprecher, Meßverfahren	3265	Sanitäre Anlagen
45580 – 582	Kopfhörer	4109	Schallschutz im Hochbau
45590 – 599	Mikrofone	5485	Konstante, Koeffizient, Zahl, Faktor
45611	Gehörschutz (Schalldämmung, Hörschwellenmethode)	5488	Zeitabhängige Größen
45619	Kopfhörer, Freifeldübertragungsmaß, Lautstärkevergleich	5489	Richtungssinn und Vorzeichen
45620	Audiometer	5490	Bezogene und relative Größen
45621	Wörter für Gehörprüfung mit Sprache	5493	Pegel
45630	Grundlagen der Schallmessung	13320	Spektren, Übertragungsfunktion
45631	Zwicker-Lautheit	18005	Schallschutz im Städtebau
45632	Geräuschmessung an elektrischen Maschinen	52212	Schallabsorptionsgrad, Hallraummessung
45633	(auch 45634) Schallpegelmesser →DIN IEC 651	52213 – 215	Bauakustische Messungen
		52216	Nachhallzeit in Zuhörerräumen
		52217 – 221	Bauakustische Messungen

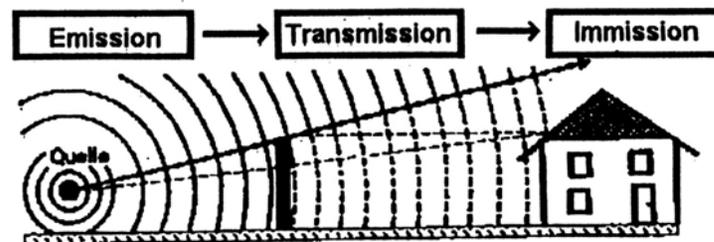
## 4. Normen

Übersicht für Grenzwerte der A-Schalldruckpegel nach der TA Lärm, wie z.B. für Windkraftanlagen berücksichtigt werden muss:

### Immissionspunkte und schallkritische Gebiete

Der Wert, der an einem Immissionspunkt, wie z.B. einem Wohnhaus gemessen, berechnet oder wahrgenommen werden kann, wird als Schalldruckpegel bezeichnet. Um Lärmbelastigungen für die Anwohner auszuschließen, gibt es je nach Baugebiet unterschiedliche Grenzwerte des Schalldruckpegels, die am jeweiligen Immissionspunkt eingehalten werden müssen. Diese sind in der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm 1998) aufgeführt.

in Kurzebenen, Krankenhäusern, Pflegeanstalten	tags 45 dB (A) nachts 35 dB (A)
in reinen Wohngebieten	tags 50 dB (A) nachts 35 dB (A)
in allg. Wohngebieten	tags 55 dB (A) nachts 40 dB (A)
in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	tags 60 dB (A) nachts 45 dB (A)
in Gewerbegebieten	tags 65 dB (A) nachts 50 dB (A)
in Industriegebieten	70 dB (A)



## 5. Quellennachweis

- [1] Hrsg. Werner Schirmer: Technischer Lärmschutz, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1996
- [2] Zollner; Zwicker: Elektroakustik, 3. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg NewYork 1993
- [3] Bernd Enders: Lexikon Musik Elektronik, VEB Deutsche Verlag für Musik, Leipzig 1988
- [4] Physiologie des menschlichen Ohres, [http://www.stbg.de/sich\\_ges/laerm/laerm08.htm](http://www.stbg.de/sich_ges/laerm/laerm08.htm) (29.03.04)
- [5] Messtechnik1, Handschallpegelmesser, [http://www.isi.ee.ethz.ch/education/lectures/ak1/ak1\\_link/va1-4.pdf](http://www.isi.ee.ethz.ch/education/lectures/ak1/ak1_link/va1-4.pdf) (29.03.04)
- [6] Messverfahren, [http://www.emg.ing.tu-bs.de/pdf/AMT/04\\_Messverfahren.pdf](http://www.emg.ing.tu-bs.de/pdf/AMT/04_Messverfahren.pdf) (29.03.04)