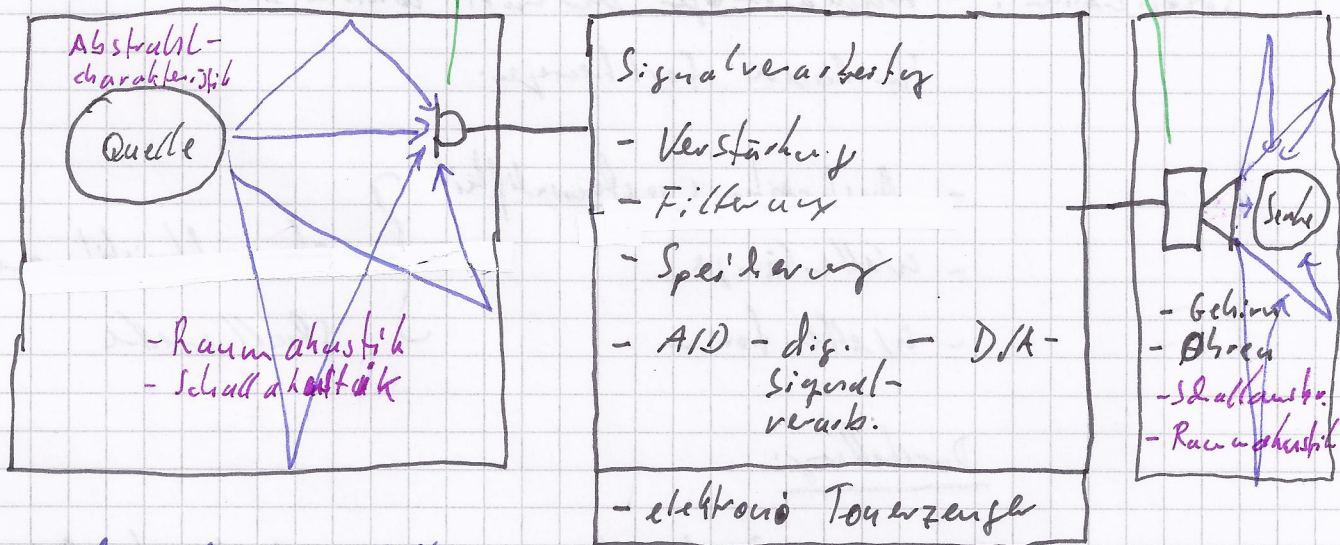


Audio Technik

- Richtcharakteristik

- Frequenzgang

- Richtcharakteristik
- Frequenzgang



- Signalweg
- Reflexion
- Absorption
- andere Einflüsse

- Quelle / Senke

- Mikrofon / Lautsprecher

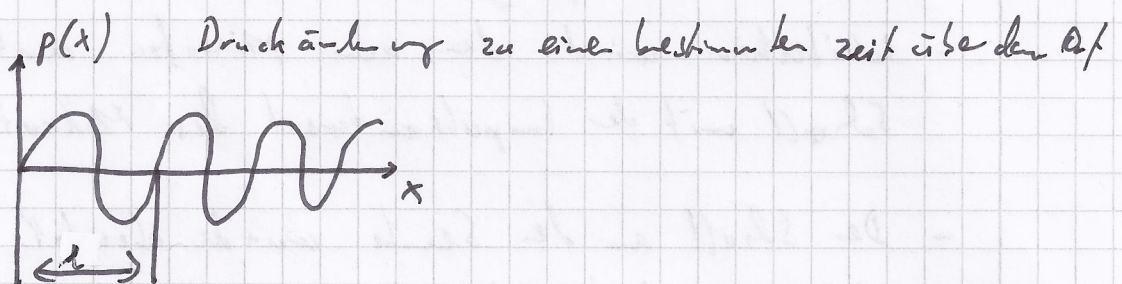
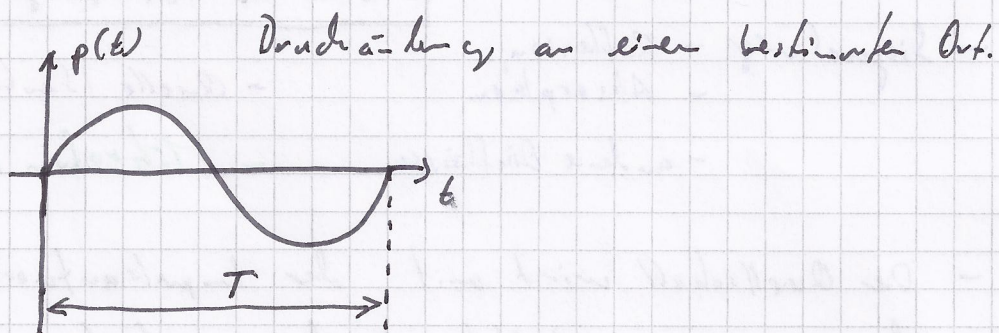
- Der Quellschall wird mit der Impulsantwort des Raumes geteilt und dem Mikrofon zugeleitet.
- Weiterhin wird der am Mikrofon ankommende Schall mit der Impulsantwort des Mikrofons geteilt.
- Der Schall an der Senke wurde ebenfalls mit den Eigenschaften des Raumes überlagert. Es kommt zu Zeitverzögerungen, Phasenverschiebungen usw.
- Bei der Senke ist auf die Physiologie des Ohres zu achten.

Schallausbreitung

Schallwellen: - Druckänderungen der Luft welche sich im Raum fortbewegen.

- Ausbreitungsgeschwindigkeit
 - Wellenlänge
 - Wellenform
- } Charakteristisch einer Schallwelle

Darstellung:



Frequenz: $f = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}$

Ebene Welle: $p(x,t) = p_0 e^{i\omega(t - \frac{x}{c})} \rightarrow$ Schalldruck

$v(x,t) = v_0 e^{i\omega(t - \frac{x}{c})} \rightarrow$ Schallschnelle

(Luft)
v

Schallschnelle ist die Bewegung der Teilchen und ist identisch mit der sich z.B. die Membran des Lautsprechers bewegt. (Wechselgeschwindigkeit der Teilchen)

Schallgeschwindigkeit ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle.

Bei den Ebenen ^{und der Kapsel-} v Werte sind Schalldruck und Schallschnelle in Phase.

Interessant wird dies, bei der Art des jeweiligen Mikrofons. Es gibt Mikrofone die den Schalldruck in elektrische Signale umsetzen und welche die die Schallschnelle messen.

$c = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bei 20°C , Normaldruck

T / °C	c / $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
-10	325,6
0	331,6
...	
30	349,8

Wichtige Zusammenhänge

$$Z = \frac{p}{v} \quad Z \rightarrow \text{Schallimpedanz}$$

$$|Z_{eff}| = \frac{U}{I} \quad \text{wie } U \text{ und } I \text{ sind auch } p \text{ und } v \text{ als Effektivwerte angegeben.}$$

$$Z = \rho \cdot c \quad \rho \rightarrow \text{Dichte des Mediums}$$

$$Z_0 = 408 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^3} \rightarrow \text{Schallwellenimpedanz bei Normaldruck und } 20^\circ\text{C}$$

$$\frac{p}{v} = \rho \cdot c \quad \leadsto \quad c = \frac{p}{\rho \cdot v}$$

Schalldruckpegel: $L_p = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)$

$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \rightarrow$ Bezugsschall-
druck (Effektiv)

- Wahrnehmungsschwellen
Hörschwelle

Schallleistung und Schallintensität

(Leistung pro Fläche $\hat{=}$ Intensität)

$$P_s = \frac{p^2 A}{\rho \cdot c} \hat{=} \text{Schallleistung [W]}$$

~ mit der Schallleistung und der Charakteristik des Lautsprechers und des Raumes lässt sich Aussagen wie Laut es an einem bestimmten Ort ist.

$$I_s = \frac{P_s}{A} = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \hat{=} \text{Schallintensität}$$

Ebene Welle: bleibt die Schallintensität konstant $I = p \cdot v$

Kugelwelle: Schallintensität nimmt mit zunehmendem Abstand ab. $I = \frac{P_s}{4\pi r^2}$

Beispiele für Schallleistung:

Quelle	Leistung [W]	Quelle	Leistung [W]
menschl. Sprache	$10^{-6} \dots 10^{-5}$	Pauke	10
Stimme max	$10^{-3} \dots 10^{-2}$	Orchester	70
Geige	$10^{-3} \dots$	Säule	1000
Trumpete	$2 \cdot 10^{-1}$	Flugzeuge 1000er	10^8

Ausbreitung von Schallwellen

- Beugung
 - Brechung
 - Absorption
 - Reflexion
- } Abhängig vom Verhältnis
Wellenlänge zu den geometrischen
Abmessungen

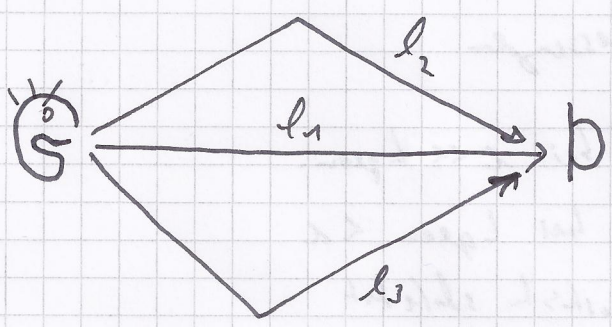
- Verhalten als Stahl bei $\lambda < L_{geom.}$
- Verhalten als Welle bei $L_{geom.} < \lambda$
- Rayengelen sind akustisch isoliert
(Dichtebänder)

$f = \frac{c}{\lambda}$	f / Hz	λ / m
16		21,50
20		17,00
50		6,88
100		3,44
1000		0,34
10000		0,034
16000		0,021

Resonanz

Erregung von Eigenschwingungen der Raumluft und von schwingungsfähigen Objekten.

Überlagerung von Schwingungen



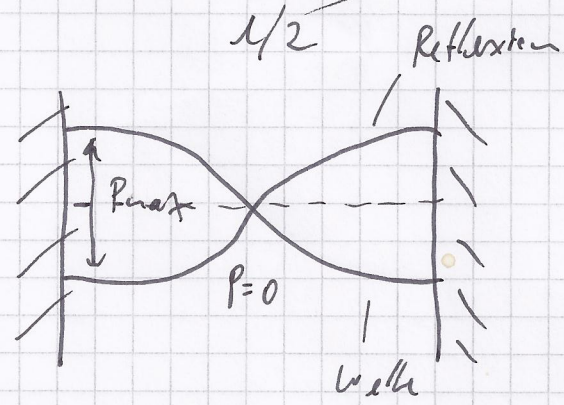
indirekter Schall durch Reflexionen, Beugung

Bedingung Verstärkung: $l_2 - l_1 = n \cdot \lambda$

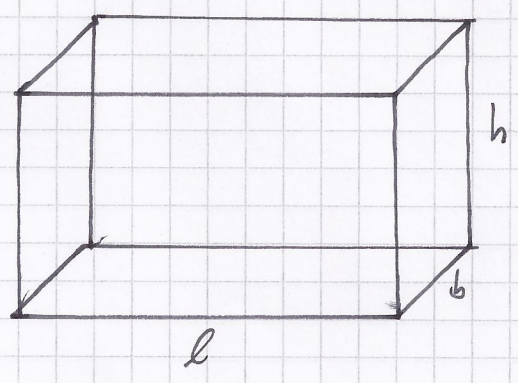
Bedingung Auslöschung: $l_2 - l_1 = \frac{2n+1}{2} \lambda$

* Stichwort: Kammfiltereffekte

stehende Welle



$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$



$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{p}{l}\right)^2 + \left(\frac{q}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{h}\right)^2}$$

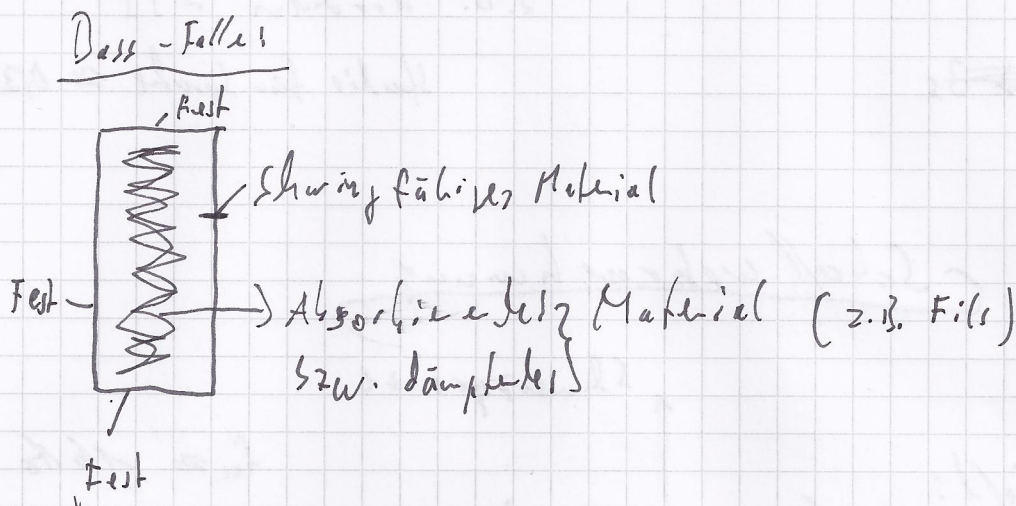
$p, q, r = 0, 1, 2, 3, \dots$

Raummoden

Verhalten sich

Schallquelle in die Ecke gestellt ist schlecht, da Moden erzeugt werden. Auch an der Raumwand ist nicht gut.

kritische Frequenzhöhe von Raummoden: $< 300 \text{ Hz}$



Flatterechos (kritisch bei hohen Frequenzen)

- tritt auf zwischen parallelen Flächen

zeitlicher Aufbau eines Schallbildes

- siehe Abb. 1/18

- breitbandige Absorber als Maßnahme gegen Reflexionen

1. Direkt schall \rightarrow wichtigste Info, bestimmt Verständlichkeit und Lokalisierung der Quelle
 \rightarrow Gesetz der ersten Wellenfront

2. Erste Reflexionen \rightarrow enthalten zusammen mit Direkt schall die Lautstärke in Formation
 \rightarrow können bis 10 dB lauter als Direkt schall sein

→ lange Wege: $> 17 \text{ m} \hat{=} \Delta t \geq 50 \text{ ms}$

→ Echo Wirkung

→ kurze Wege: $< 7 \text{ m} \hat{=} \Delta t < 20 \text{ ms}$

Klangfärbung durch Überlagerung (Kammfilter)

→ Nahhall: - Absenkung um 60 dB

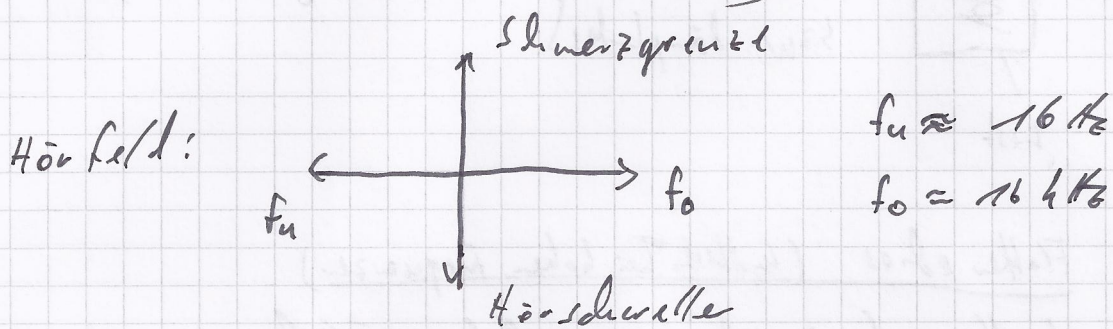
z.B. Kinder $> 7 \text{ s}$

~~Kinder $> 3 \text{ s}$~~

Studio für Sprache $\approx 0,3 \text{ s}$

$$\frac{\lambda}{c} = T$$
$$\frac{17 \text{ m}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 50 \text{ ms}$$

Schallwahrnehmung



Die Hörschwelle ist Alters bedingt und der Vorbelastung abhängig vom $\omega(f_u, f_o)$

Die Hörschwelle und die Schmerzgrenze sind frequenzabhängig.

siehe Abb. 3/3 (Hörfeld mit Sprach- und Musikbereich)

Leutstühle ist schalltechnisch gerichtet nach Hörerposition.