

FH St.Pölten
Telekommunikation und Medien

AUDIO-TECHNIK

2. Semester

Erstellt: 11/2004

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

1/27

**FH St. Pölten, Telekommunikation und Medien
Audiotechnik, 2. Semester**

FH-Lektor:

DI Hannes Raffaseder
<http://www.raffaseder.com>

Literatur :

Hannes Raffaseder, Audiodesign,
Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag,
September 2002, ISBN 3-446-21828-9

Unterlagen: Folien zur Vorlesung

Begleitende Website (mit weiterführenden Informationen):

<http://www.raffaseder.com/sounddesign>

Prüfungsmodus:

schriftliche Prüfung am Semesterende

ZIEL:

**Grundlegendes Verständnis
von Technik und Gestaltung
der Elemente der Tonspur und deren Zusammenspiel.**

**Selbständige Produktion eines einfachen Hörspiels
(„Tonspur OHNE Bild“)**

FH St. Pölten
Telekommunikation und Medien

Semesterübersicht:

1. Schallausbreitung (1,5 VL)
2. Schallentstehung (1,5 VL)
3. Grundlagen der Schallwandler (2 VL)
4. Bearbeitung von aufgezeichneter Schallsignale (6 VL)
5. Grundlagen der akustischen Mediengestaltung I (5 VL)

1. Schallausbreitung

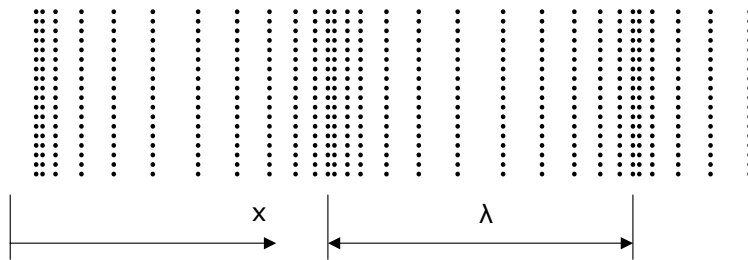
Erstellt: 11/2004

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

5/27

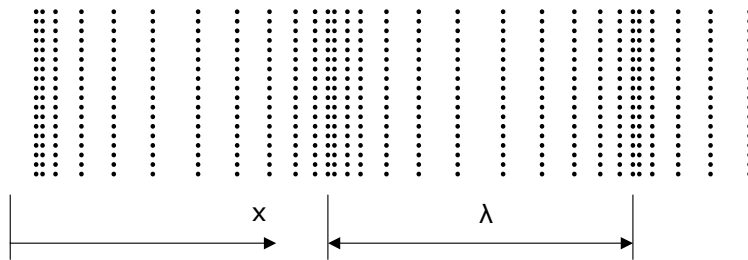
Schallausbreitung

- Schwingung einer Schallquelle auf Moleküle im Ausbreitungsmedium übertragen
- Bewirkt temporäre, lokale Druck- bzw. Dichteschwankungen im elastischen Ausbreitungsmedium



Schallausbreitung

- Schwingung einer Schallquelle auf Moleküle im Ausbreitungsmedium übertragen
- Bewirkt temporäre, lokale Druck- bzw. Dichteschwankungen im elastischen Ausbreitungsmedium

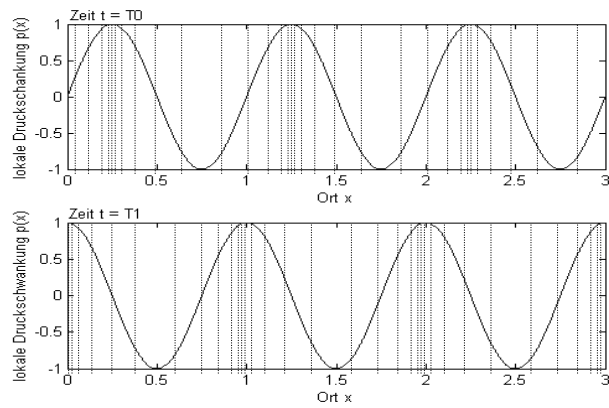


Schallausbreitung

→ Ausbreitung in Form von Longitudinalwellen

Schwingung: zeitliche Änderung → $s(t)$

Welle: zeitliche und räumliche Änderung → $s(x,t)$



Audiotechnik, 2. Semester, SS 05

Kenngößen der Schallausbreitung

- Schallgeschwindigkeit
- Frequenz
- Wellenlänge
- Schalldruck, Schalldichte, Schallschnelle
- Schallintensität

Schallgeschwindigkeit

Schall breitet sich umso besser aus, je höher die Elastizität und je geringer die Massendichte des Mediums ist.

Elastische Medien dehnen sich mit steigender Temperatur aus.

- Die Massendichte nimmt mit steigender Temperatur ab
- Die Schallgeschwindigkeit nimmt mit steigender Temperatur zu
- In Luft steigt die Schallgeschwindigkeit um ca. 0,6 m/s pro °C (gilt näherungsweise im Bereich zwischen 0 – 30 °C)

Schallgeschwindigkeit

→ Hängt von der Elastizität des Mediums ab

Schallgeschwindigkeit (bei 20 °C):

Luft	343 m/s
Wasser	1480 m/s
Gummi	50 m/s
Holz	3300 – 3400 m/s
Aluminium	5100 m/s

Kenngößen der Schallausbreitung

→ Frequenz

$20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$
beschreibt die zeitliche Periodizität

→ Wellenlänge

$1,7 \text{ cm} < \lambda < 17 \text{ m}$ (in Luft!!!)
beschreibt die räumliche Periodizität

→ Zusammenhang

$$v = \lambda f$$

→ Schalldruck, Schalldichte, Schallschnelle

Amplitudengrößen, Momentanwerte

Schallintensität

→ **Schallintensität:**

= Energie / Fläche

→ Hörschwelle: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 0 \text{ dB}_{\text{SPL}}$

→ Schmerzgrenze: $I_5 = 1 \text{ W/m}^2 = 120 \text{ dB}_{\text{SPL}}$

Kugelwelle:

Abstandsverdopplung

bewirkt eine Abnahme der Intensität um 6 dB

Ebene Welle:

keine Abnahme der Intensität (bei Vernachlässigung der Reibung)

Schalleistung

Schallquelle	Schalleistung P_{Quelle} [Watt]
Sprache (Unterhaltung)	$10^{-6} \dots 10^{-5}$
Menschlicher Schrei	$10^{-3} \dots 10^{-2}$
Geige (fff)	10^{-3}
Orgel, Pauken (fff)	10
Orchester	70
Alarmsirene	1000
Rakete	bis 10^{-3}

Audiotechnik, 2. Semester, SS 05

Besonderheiten der Schallausbreitung

- Interferenz und Schwebung
- Reflexion
- Absorption, Dissipation und Transmission
- Brechung
- Beugung

Interferenz und Schwebung

Interferenz:

bei Überlagerung zweier Schwingungen mit gleicher Frequenz

→ Konstruktive Interferenz: bewirkt Verstärkung

→ Destruktive Interferenz: bewirkt Auslöschung

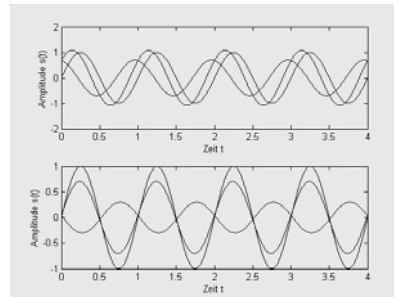
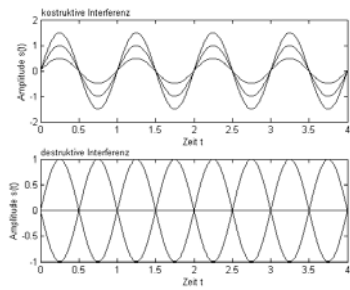
Schwebung:

bei Überlagerung zweier Schwingungen mit ähnlicher Frequenz

→ Wechsel von konstruktiver Interferenz

Schwebungsfrequenz: = Differenz der Schwingungsfrequenzen

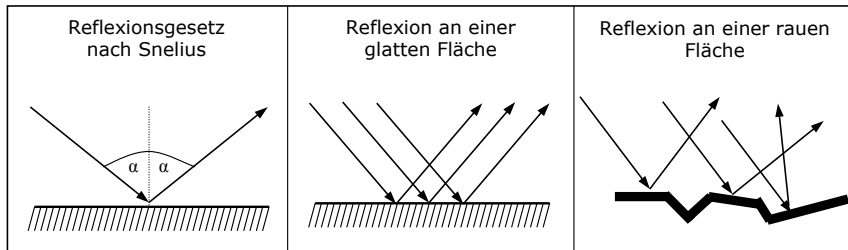
Interferenz und Schwebung



Reflexion

Es gilt das Reflexionsgesetz von Snelius:

Einfallswinkel = Ausfallswinkel



Sind Unebenheiten kleiner als die Wellenlänge,
dann ist die Fläche glatt!!!

Absorption

Jener Anteil der Schallenergie, der an eine Grenzfläche nicht reflektiert wird, wird absorbiert.

→ Beschreibung durch den Absorptionsgrad des Mediums

→ Der Absorptionsgrad ist auch frequenzabhängig!

Oberflächenart	Absorptionsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Ziegel	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Beton (unverputzt)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
fensterglas	0,3	0,2	0,2	0,1	0,07	0,04
Teppich (mittlere Dicke)	0,05	0,08	0,2	0,3	0,35	0,4
Vorhänge	0,05	0,1	0,25	0,3	0,4	0,5
Polstersitze (unbesetzt)	0,2	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6
Polstersitze (besetzt)	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9

Dissipation und Transmission

Dissipation:

Ein Teil der absorbierten Schallenergie wird durch Reibungsverluste an der Grenzfläche zweier Medien dissipiert.

Transmission:

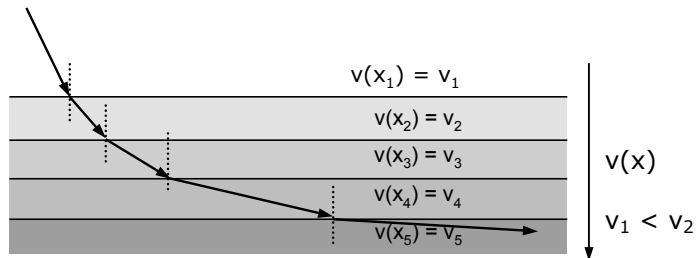
Jener Teil der Schallenergie, der in das angrenzende Medium gelangt wird transmittiert.

Wie in der Optik gilt das Gesetz von Snelius

$$v_2 \cdot \sin(\alpha_1) = v_1 \cdot \sin(\alpha_2)$$

Brechung

Erfolgt bei einer kontinuierliche Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit.

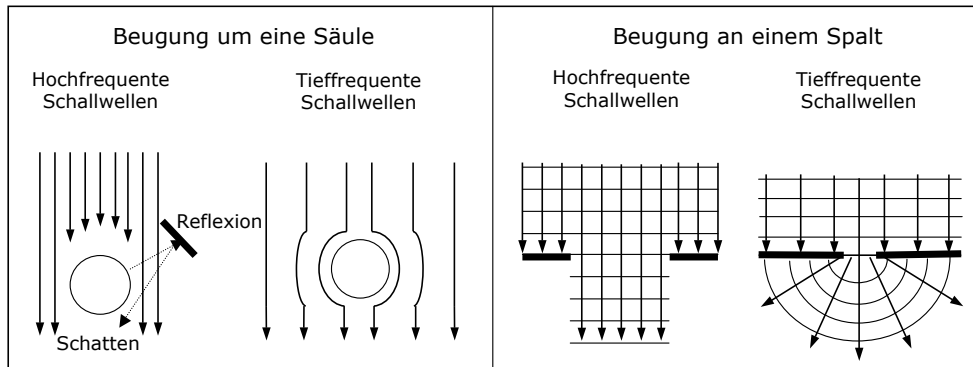


Bewirkt u.a. eine Änderung der natürlichen Geräuschkulisse bei Inversionswetterlagen!

Beugung

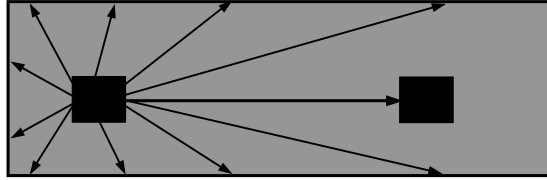
Ist der Durchmesser des Hindernisses kleiner als die Wellenlänge der Schallwelle, so kommt es zur Beugung um das Hindernis.

→ im Gegensatz zu Licht führen Hindernisse bei Schallwellen i.A. zu keinem Schall-Schatten.

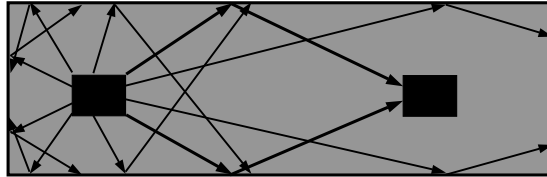


Aufbau des Schallfeldes in geschlossenen Räumen

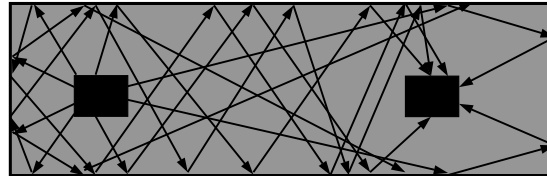
→ Direktschall



→ Erstreflexionen

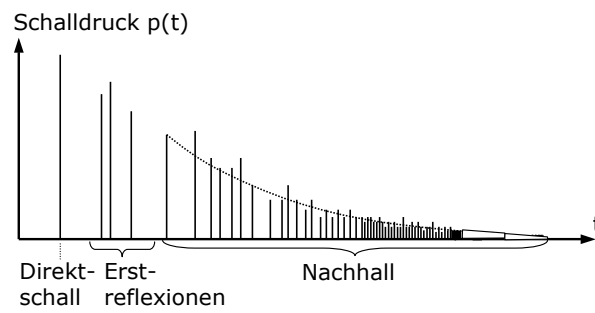


→ Nachhall

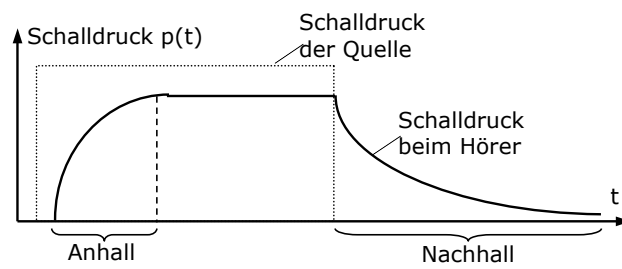


Aufbau des Schallfeldes in geschlossenen Räumen

Impulsantwort



Dauerhaftes
Schallsignal



Nachhallzeit

→ Nachhallzeit:

Dauer für den Abfall der Schallenergie um 60 dB nach Abschalten der Schallquelle.

→ Sabine'sche Formel: $T = 0,163 \cdot V / A$

V...Volumen, A...Absorptionsvermögen des Raumes

$A = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \dots + \alpha_n A_n$

A_n ...Grenzfläche, α_n ...Absorptionsgrad

→ Optimale Nachhallzeit hängt ab von:

Raumvolumen

Art des Signals

Kriterien der Raumakustik

Halligkeit

→ angemessene Nachhallzeit

Deutlichkeit, Klarheit

- Direktschall stark und ungestört
- Starke Erstreflexionen innerhalb der ersten 50ms

Gleichmäßige Schallverteilung

- gute Durchmischung der Schallenergie im ganzen Raum
- keine toten Winkel

Kriterien der Raumakustik

Einbeziehung des Hörers

- Reflexionen gleichmäßig aus allen Richtungen

Echovermeidung

- Verzögerung der Erstreflexionen kleiner als 100ms
- Verzögerungen von 50ms bewirken Rauigkeit im Klang
- Wegstrecken für Erstreflexionen kleiner als 10m

Niedriger Geräuschpegel

- gute Schalldämmung sicherstellen
- Für musikalische Aufführungen ist ein Grundrauschen von ca. 30 dB akzeptabel
- Werte unter 20 dB sind nur mit sehr großem Aufwand erreichbar