

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Ausbreitungsgeschwindigkeit

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
Temperaturabhängigkeit:	ca. + 0,6 m/s pro °C

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Frequenz

$$20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$$

→ Wellenlänge

$$1,7 \text{ cm} < \lambda < 17 \text{ m}$$

→

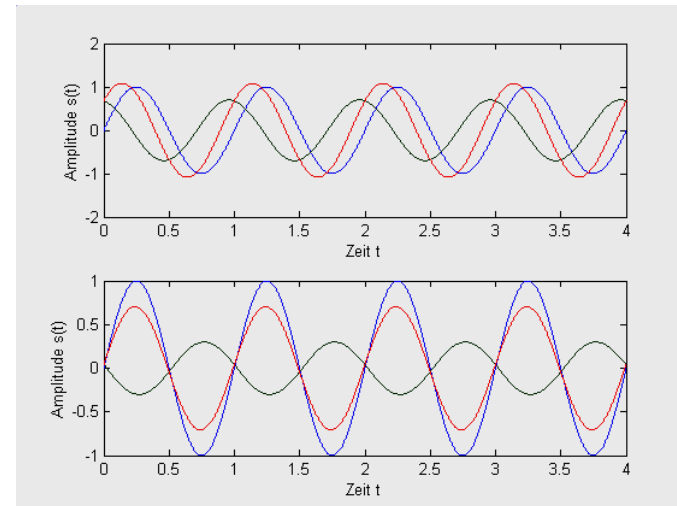
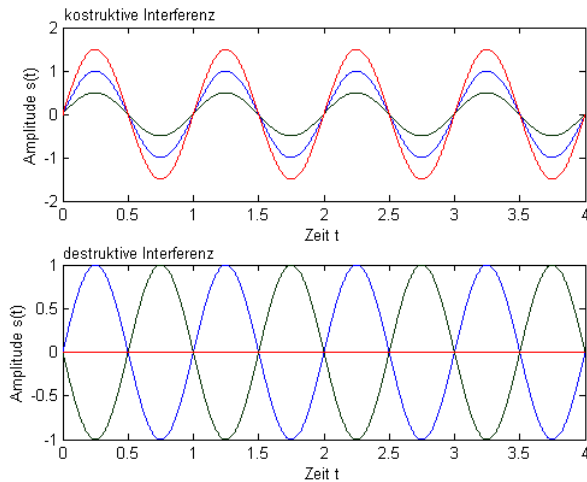
$$v = \lambda f$$

→ Schalldruck, Schalldichte, Schallschnelle

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Interferenz und Schwebung



Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Schallintensität:

= Energie / Fläche

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

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

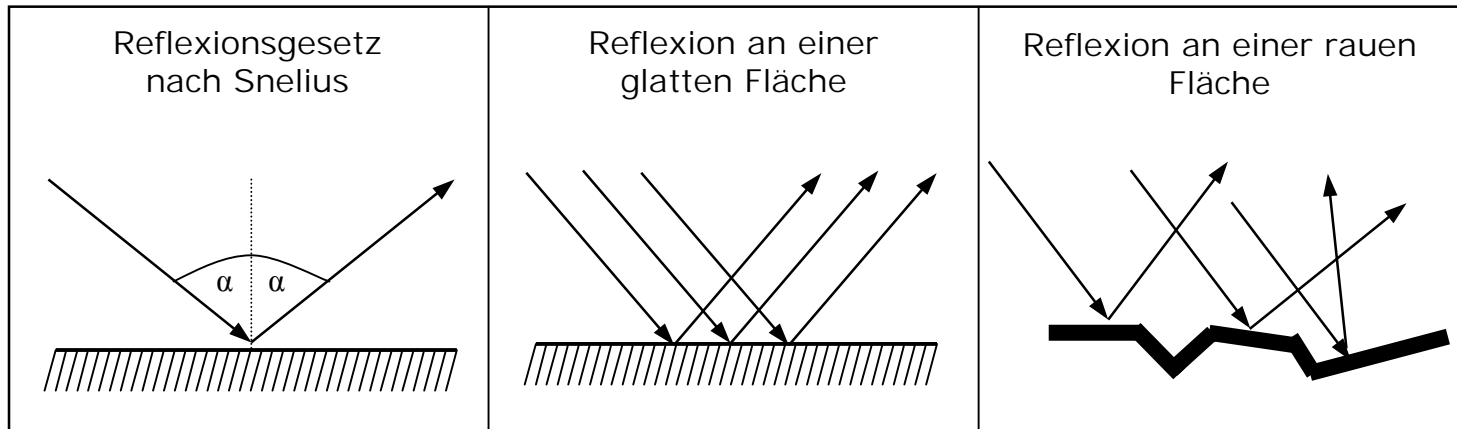
Kugelwelle:

Abstandsverdopplung

bewirkt einen Abnahme der Intensität um 6 dB

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM Schallausbreitung

→ Reflexion



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

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Absorption, Dissipation, Transmission

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

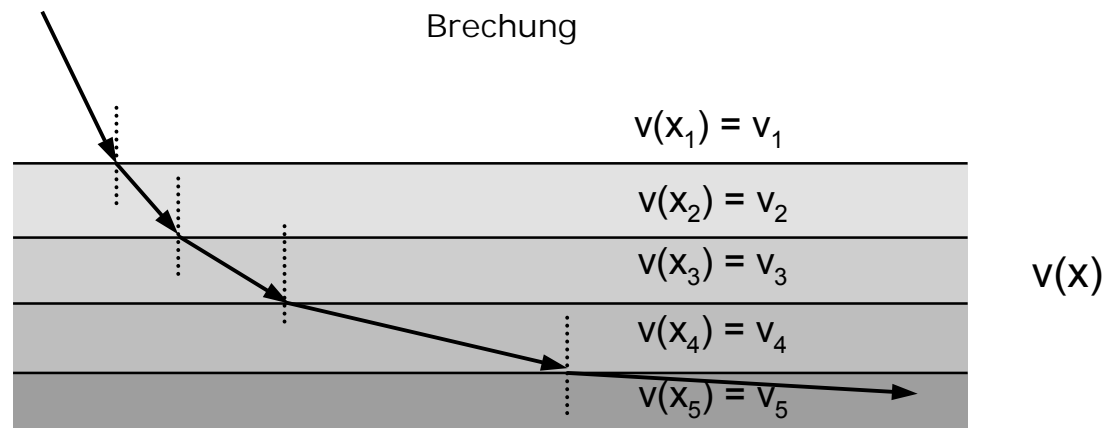
Absorptionsgrad hängt von der Frequenz ab!

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

→ Brechung

kontinuierliche Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit

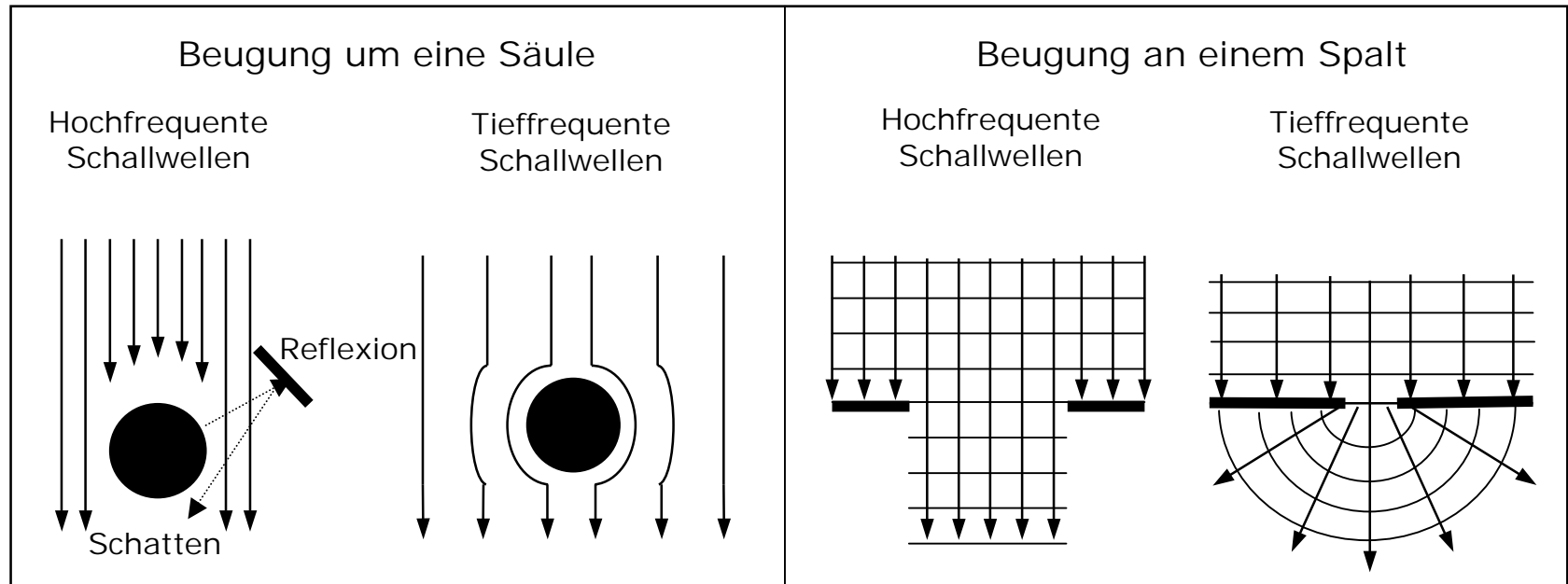


Änderung der natürlichen Geräuschkulisse bei Inversionswetterlagen!

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Schallausbreitung

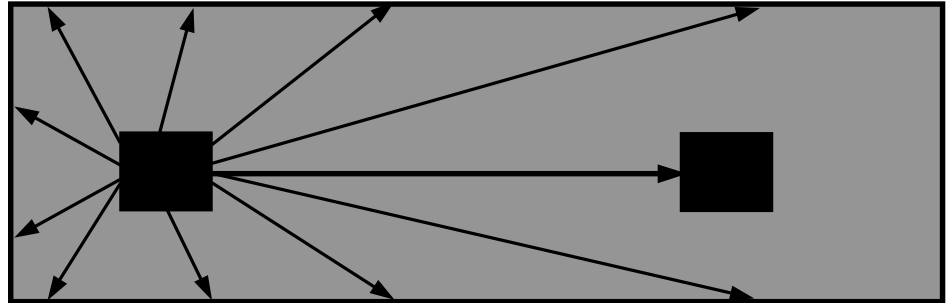
→ Beugung



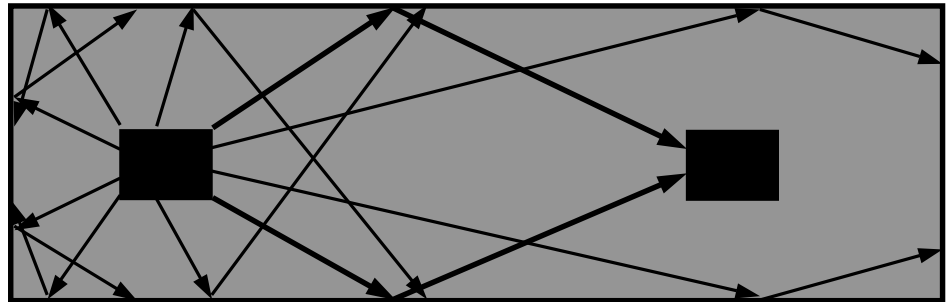
Hindernisse kleiner als die Wellenlänge erzeugen keinen Schallschatten!

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM
Aufbau des Schallfeldes

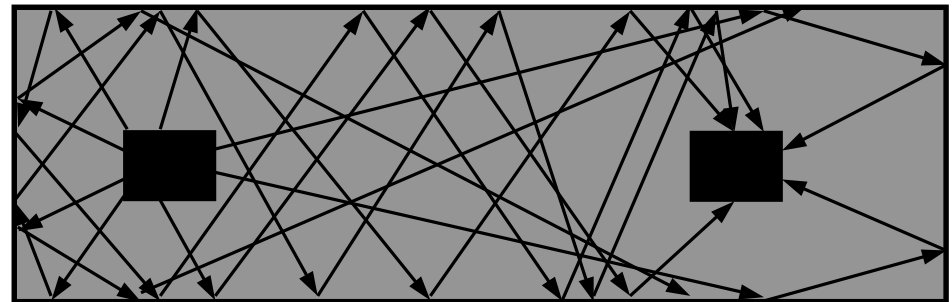
→ Direktschall



→ Erstreflexionen

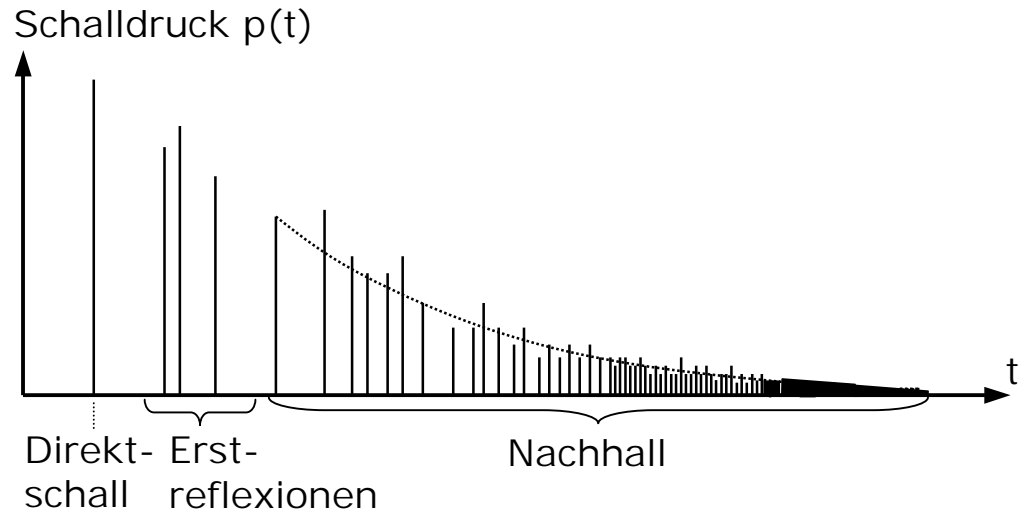


→ Nachhall

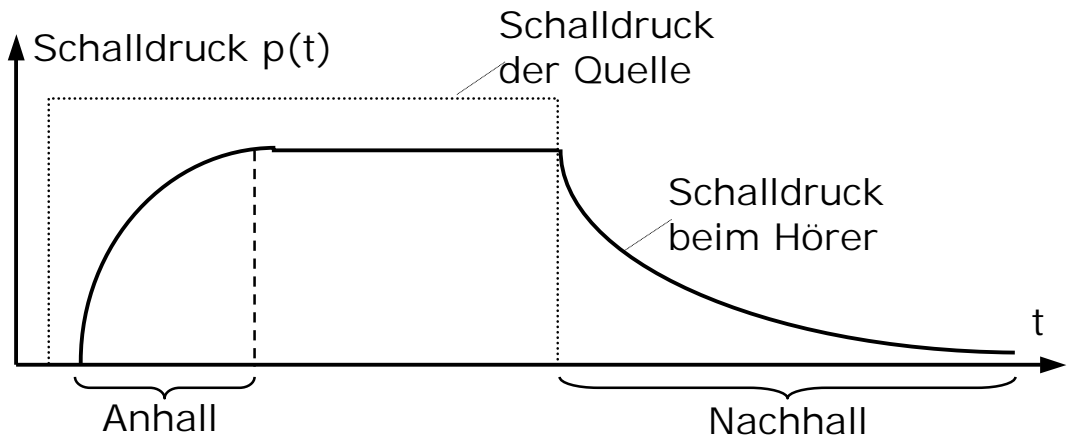


Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM
Raumakustik

Impulsantwort



**Dauerhaftes
Schallsignal**



Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Raumakustik

→ Nachhallzeit:

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

→ Sabinesche 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 ...Absorbtionsgrad

→ Optimale Nachhallzeit hängt ab von:

Raumvolumen

Art des Signals

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM
Räumliche Wahrnehmung

→ Wahrnehmung von:

Tiefe: nah - fern

Richtung: links – rechts
etwas schlechter auch:
oben – unten
vorne – hinten

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

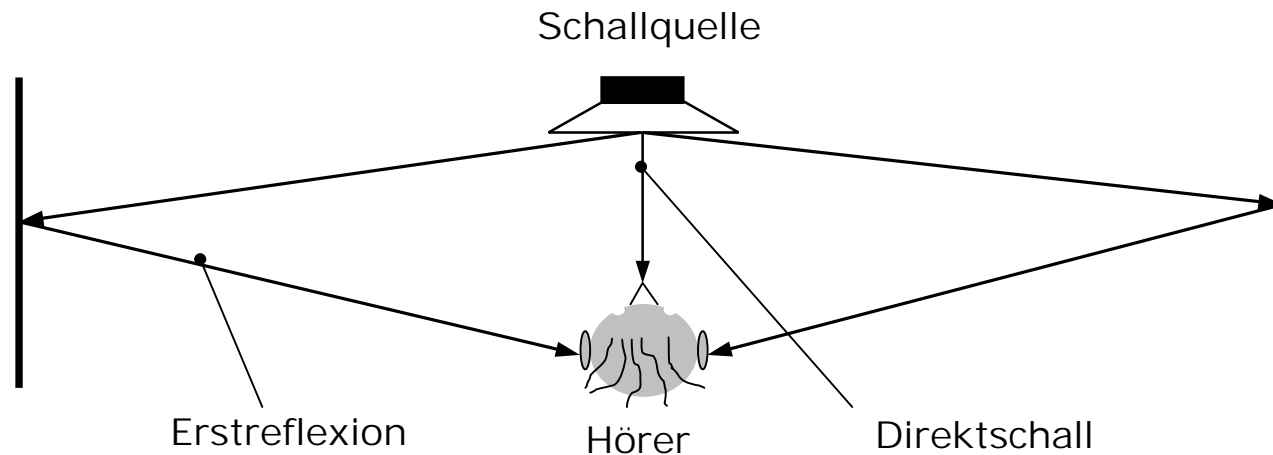
Räumliche Wahrnehmung

Wahrnehmung der Tiefe:

- Absolute Lautstärke
(Vergleichswert notwendig)
- Verhältnis von
Direktschall zu Erstreflexionen und Nachhall
- Anteil hoher Frequenzen (Vergleichswert notwendig)

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM
Räumliche Wahrnehmung

Verhältnis von Direktschall zu Erstreflexionen und Nachhall



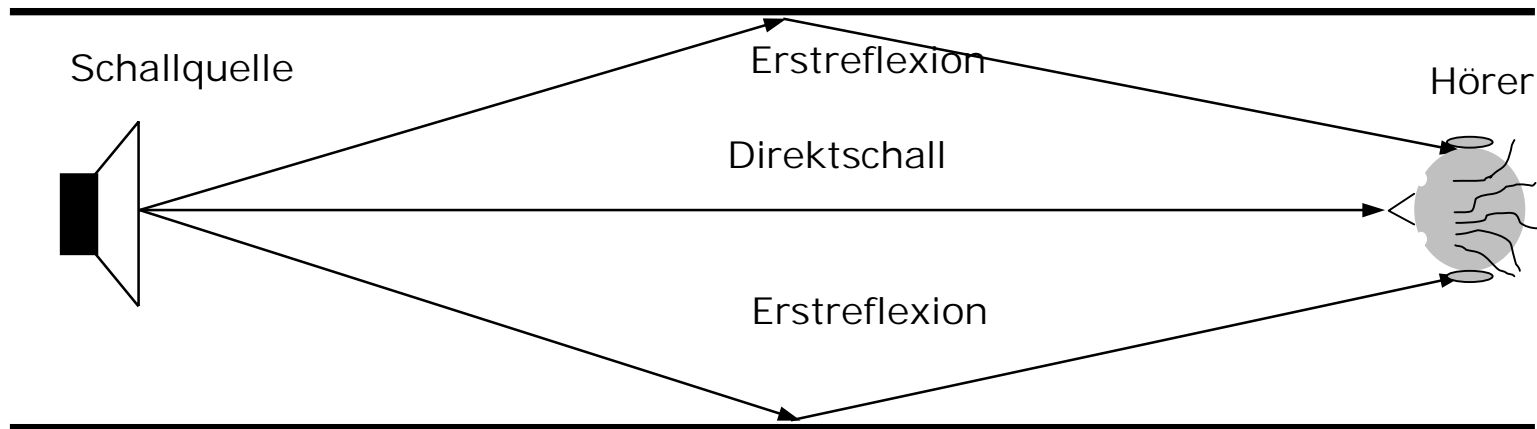
Geringer Abstand zwischen Hörer und Schallquelle:

- Große Verzögerung
- Großer Pegelunterschied

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Verhältnis von Direktschall zu Erstreflexionen und Nachhall



Großer Abstand zwischen Hörer und Schallquelle

- Geringe Verzögerung
- Geringer Pegelunterschied

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Wahrnehmung der Richtung:

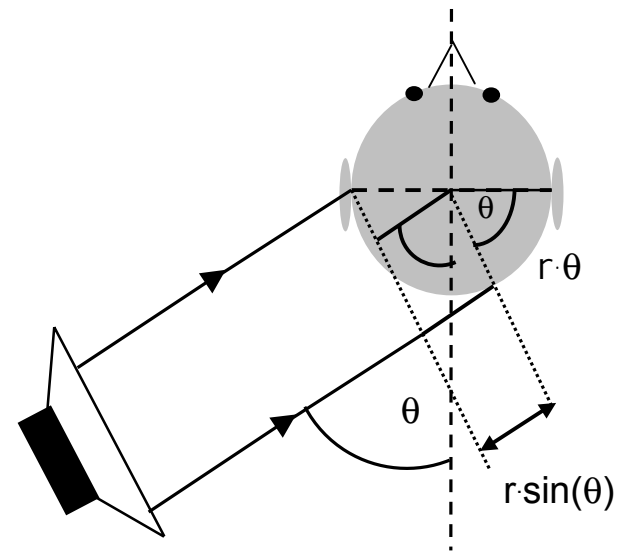
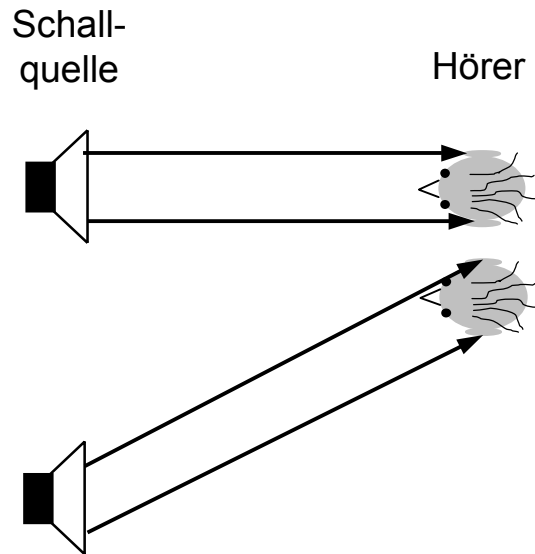
→ Interauraler Intensitätsunterschied

→ Interauraler Laufzeit- und Phasenunterschied

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Interauraler Laufzeitunterschied



Längendifferenz: $\Delta x = r \cdot \theta + r \cdot \sin(\theta)$
Laufzeitunterschied: $\Delta t = \Delta x / v_{\text{Schall}}$

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Interauraler Laufzeitunterschied

- Maximal ca. 0,7 ms
- Nur bei der ersten Wellenfront wirksam
- Daher: für impulsartige Schallsignale wirksam

Interauraler Phasenunterschied

- unterschiedliche Laufzeit bewirkt unterschiedliche Phase
- $\Delta\phi = 2\pi f \cdot \Delta t$
- $\Delta\phi_{\max} = 180^\circ$
- auch von der Frequenz abhängig
- Nur bis ca. 740 Hz wirksam

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Interauraler Intensitätsunterschied

→ Kopf ist Hindernis für Schallwellen mit:
 $\lambda < 17 \text{ cm}$ bzw. $f > 2000 \text{ Hz}$

→ Wirksamkeit ab ca. 1000 Hz

Intensitätsunterschied bei einer Auslenkung
um 90° aus der Mittelachse:

10 kHz	20 dB
5 kHz	12 dB
1 kHz	6 dB

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Panorama-Regelung

→ nur unterschiedliche Intensitäten!

Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung

→ Verzögerungen zwischen den beiden Stereokanälen

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Wahrnehmung

Unterscheidung zwischen
vorne – hinten und unten – oben:

→ Form von Außenohr und Ohrmuschel
Bewirkt richtungsabhängige Bündelung
für Frequenzen oberhalb von 5 kHz

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Gestaltung

- Gestaltung des akustischen Umfeldes
- Nachträgliche Simulation einer bestimmten akustischen Szene
- Mikrofonierung
 - Richtcharakteristik
 - Abstand zur Schallquelle
 - Abstrahlverhalten der Schallquelle
- Panorama-Regelung
- Raum-Effekte: Hall, Echo, Amplitude, EQ
- Wichtig: Tiefenstaffelung

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Gestaltung

Parameter von künstlichem Nachhall

→ Hallzeit

→ Halltyp

(Room, Hall, Chamber, Church, Plate, Ambience)

→ Raumgröße

→ Dichte bzw. Diffusion

→ Mixlevel

→ Pre-Delay

→ HF- und LF-Damp

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Gestaltung

Beim Einsatz von Hall unbedingt beachten:

- Übertriebener Einsatz führt zu unnahbaren, diffusen, undifferenzierten Produktionen
- Hallprogramm soll den Klangcharakter unterstützen
 - geringe HF-Dämpfung → Brillanz
 - Ambience → Druck
 - Gated-Reverb → Betonung
- Geeignete räumliche Staffelung einstellen!!!

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Gestaltung

Echo-Effekt:

- Erstreflexionen mit einer Verzögerung größer 50 ms werden als Echos wahrgenommen
- Simulation mit Delay
oft mit mehreren Verzögerungsgliedern
- Tempo-Delays erhöhen die rhythmische Komplexität
- Hervorheben bestimmter Teile im Arrangement durch auffällige Echos
- Mehr Räumlichkeit durch kaum wahrnehmbare Delays

Bearbeitung akustischer Ereignisse: RAUM

Räumliche Gestaltung

Mikrofonierung

- Mikrofonabstand
- Mikrofon als akustische Lupe
- Stereo-Mikrofon-Verfahren

Räumliche Gestaltung

Stereo-Mikrofon-Verfahren

→ Intensitätsstereofonie

XY-Verfahren

MS-Verfahren

Einzelmikrofon-Verfahren

→ Laufzeit-Stereofonie

AB-Verfahren

→ Äquivalenzverfahren

ORTF-Verfahren

OSS-Verfahren

Kugelflächen-Mikrofon

Kunstkopf-Stereofonie

Originalkopf-Stereofonie