

Tontechnik 1

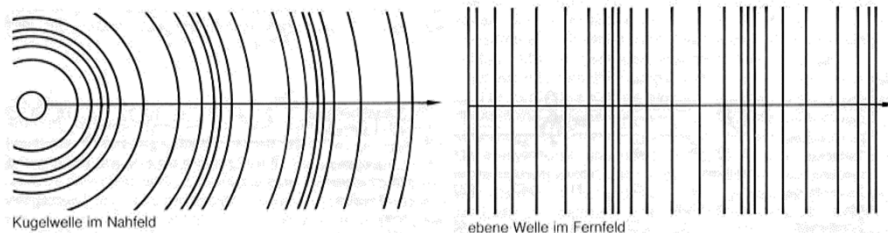
Akustische Grundbegriffe

Prof. Oliver Curdt
Audiovisuelle Medien
HdM Stuttgart

Quelle: Michael Dickreiter, Mikrofon-Aufnahmetechnik

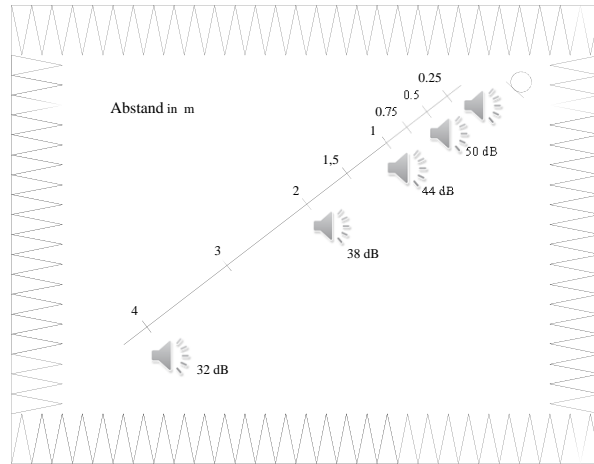
Schalldruck

- „Schallwechseldruck“
 - Sprecher in 1 m Entfernung etwa 10^{-6} des atmosphärischen Luftdrucks
- wellenförmige Ausbreitung im Raum
 - Kugelwelle (Nahfeld)
 - ebene Welle (Fernfeld)



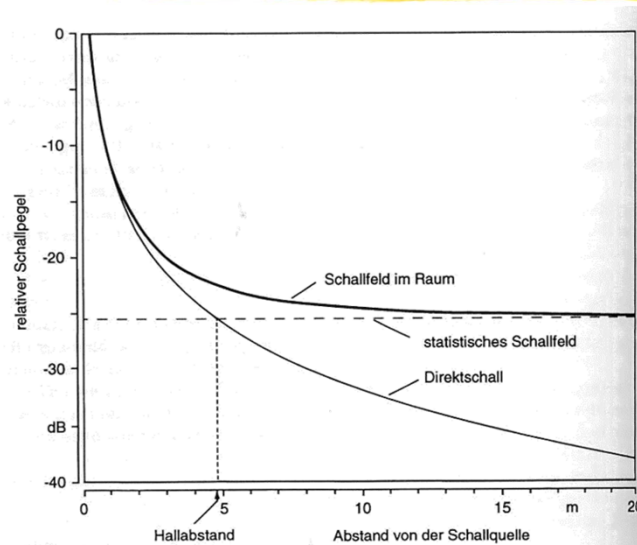
Prof. Oliver Curdt

1/r-Gesetz



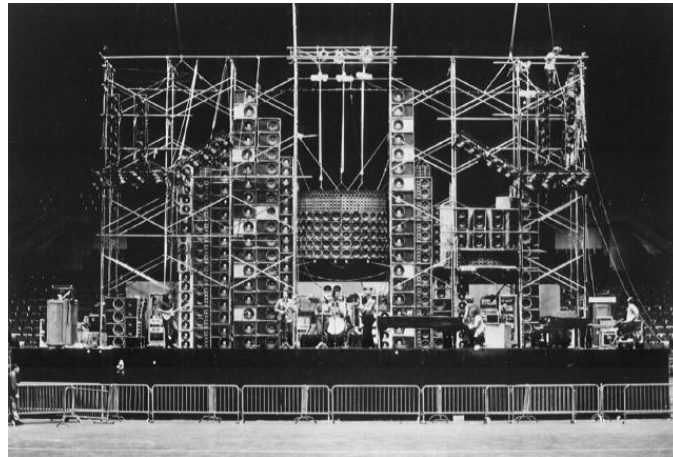
Prof. Oliver Curdt

Schallfeld



Prof. Oliver Curdt

Abstand und absoluter Pegel



Prof. Oliver Curdt

1/r-Gesetz

Schalldruck

- großer Dynamikbereich des menschlichen Ohres
 - Hörschwelle und Schmerzgrenze
 - max. 194 dB, sonst unter Vakuum bei Unterdruckwelle
- Angabe des Schalldruckpegels in „Dezibel“ (dB)
 - ⇒ logarithmischer Maßstab
 - ⇒ Hörempfindung
- Hörschwelle bei $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal
 - \cong 10 Watt Glühlampe aus 1000 km Entfernung
- 1 Watt akust. Leistung \cong 112 dB in 1 m Entfernung bei Lautsprecher mit 100% Wirkungsgrad

Prof. Oliver Curdt

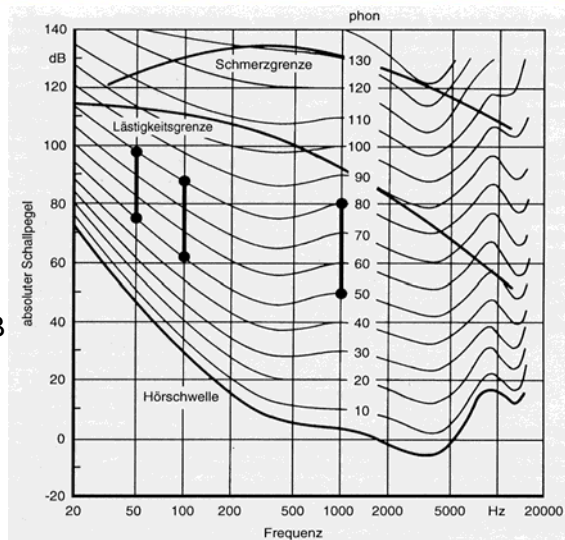
Schalldruck

- absoluter und relativer Pegel / Dynamik
⇒ abhängig von der Wahl des Bezugspunktes
- großes Orchester im Konzertsaal:
 - *fortissimo* ⇒ 90 ... 100 dB, absoluter Schalldruckpegel
 - *pianissimo* ⇒ 40 ... 45 dB, absoluter Schalldruckpegel
- ⇒ 60 dB \triangleq Verhältnis (Schalldruckpegel) von 1 : 1000
- ⇒ Sabinesche Nachhallzeit T_{60}

Prof. Oliver Curtit

Kurven gleicher Lautstärke

- Hörschwelle
- Lästigkeitsgrenze
- Schmerzgrenze
- Vergleich 0 dB / -20 dB



Prof. Oliver Curtit

Vergleich von Tonsignalen



Prof. Oliver Curdt

Schallschnelle

- Geschwindigkeit, mit der sich die Luftteilchen um ihre Ruhelage bewegen
 - $5 \cdot 10^{-8}$ m/s bei 1000 Hz und 0 dB (Hörschwelle)
 - $5 \cdot 10^{-2}$ m/s bei 1000 Hz und 120 dB

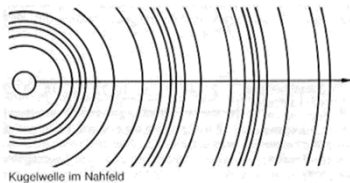
- ebene Schallwellen (Fernfeld)
 - Schalldruck, Schallschnelle und Schalldruckgradient sind proportional und gleichphasig
 - Beschreibung über p ausreichend
 - ⇒ Zuhörer
 - ⇒ menschliches Ohr

Prof. Oliver Curdt

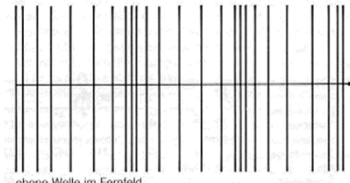
Schallschnelle

- Kugelwelle (Nahfeld)
 - zunehmende Phasenverschiebung zwischen Druck und Schnelle, nicht proportional
 - Schalldruck eilt der Schallschnelle bis zu 90° voraus
 - Schnelle steigt im Nahfeld mit $1/r^2$ erheblich stärker an als Schalldruck

Prof. Oliver Curdt



Kugelwelle im Nahfeld



ebene Welle im Fernfeld

Frequenz

- Anzahl der Schwingungen pro Sekunde
- Einheit Hertz (Hz oder kHz)
- Hörbereich ca. 16 Hz ... 20 kHz
- Infraschall < 16 Hz
- Ultraschall > 20 kHz
- oberer Hörbereich wichtig bei der klanglichen Wirkung von Obertönen

Prof. Oliver Curdt

Frequenz und Wellenlängen

Frequenz	Wellenlänge	Note	Anhaltspunkt
16 kHz	2,1 cm		
4186 Hz	8 cm	c ⁵	höchstes c der Picc
2093 Hz	16 cm	c ⁴	höchstes c der Geigen
1047 Hz	32 cm	c ³	hohes c der Soprane
523 Hz	0,65 m	c ²	hohes c der Tenöre
262 Hz	1,30 m	c ¹	tiefstes c der Geigen
131 Hz	2,6 m	c	C-Saite der Bratschen
65 Hz	5,2 m	C	C-Saite der Violoncelli
32 Hz	10,5 m	C ₁	C-Saite bei 5-saitigen Kb
16,5 Hz	21 m	C ₂	Taste C im 32` der Orgel

Prof. Oliver Curdt

Schallgeschwindigkeit

■ Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle in Luft

Lufttemperatur	Schallgeschwindigkeit (c)
-10° C	325,6 m/s
0° C	331,8 m/s
+10° C	337,8 m/s
+20° C	343,8 m/s
+30° C	349,6 m/s

Prof. Oliver Curdt

Schallgeschwindigkeit

- temperaturabhängig
 - Stimmung der Blasinstrumente
 - Instrument wirkt akustisch länger bei geringerer Schallgeschwindigkeit !!!
- frequenzunabhängig !!!
- es gilt $c = \lambda \cdot f$
 - „Dopplereffekt“

Prof. Oliver Curdt

Schallgeschwindigkeit

- „Cappuccino-Effekt“
 - niedrige Schallgeschwindigkeit bei hoher Dichte und hoher Kompressibilität des Mediums
 - → Schallgeschwindigkeit in Wasser von etwa 1500 m/s auf 120 m/s reduziert bei Gehalt von 1 % Luftbläschen (→ höhere Kompressibilität)



Prof. Oliver Curdt

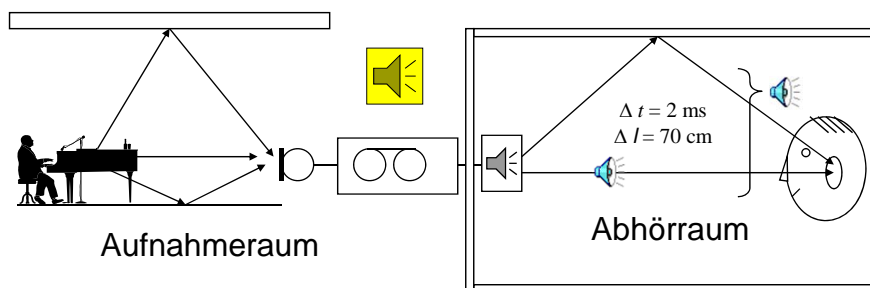
Schallgeschwindigkeit

- Verzögerungen bei räumlichen Entfernungen
⇒ 1/10-Sekunde bei 34 m Abstand
- Lautsprecherarrays bei Beschallungen
 - 17 m \triangleq 50 ms
- Problematik bei Multimikrofonierung
- Lösung: Einsatz von Delays

Prof. Oliver Curdt

Kammfiltereffekt

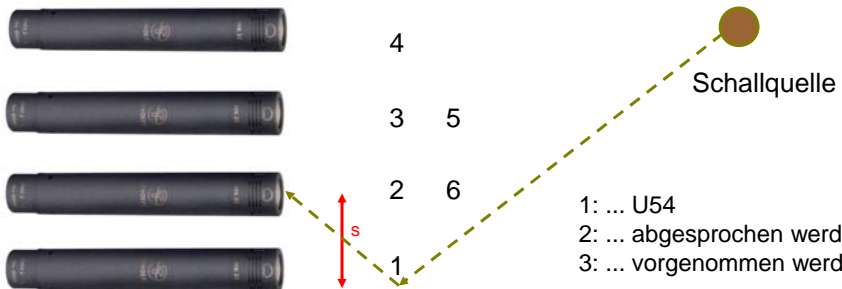
- Überlagerung mit geringem zeitlichem Abstand
 - klangliche Verfälschungen, Einfärbung
 - Ursache akustisch oder elektrisch ...
- 3:1 – Abstandsregel ... \Rightarrow 10 dB



Prof. Oliver Curdt

Kammfiltereffekt bei Sprache

Kammfiltereffekt, Grenzflächeneffekt



- 4: ... sein muß.
5: ... zulässig.
6: ... entnommen werden.

Prof. Oliver Curdt

5-Stufenschalter

