



# ! Antworten zu "Lautsprechersignale bei Laufzeit-Stereofonie"

1. Die maximale interaurale Laufzeitdifferenz für Ohrsignale wird von Jens Blauert im Buch "Räumliches Hören" bei seitlichem Schalleinfall gemittelt mit  $ITD = 0,63 \text{ ms}$  angegeben.  $ITD = \text{Interaural Time Difference}$ .

Welche Wegstrecke  $\Delta a$  in cm entspricht dieser Laufzeit  $\Delta t$ , wenn die Schallgeschwindigkeit  $c = 343 \text{ m/s}$  bei  $20^\circ \text{ C}$  gegeben ist? Bitte auch die Gleichung angeben.

$$\Delta t = \Delta a / c \quad \Delta a = \Delta t \cdot c = 0,00063 \text{ s} \cdot 34300 \text{ cm/s} = 21,6 \text{ cm}$$

UdK Berlin  
Sengpiel  
05.2005  
F + A

2. Wie wird dieser bedeutsame Schallweg am menschlichen Kopf genannt, der nicht der Kopfdurchmesser ist? Das ist der effektiv für den Schall "**wirksame Ohrabstand**".

3. Man positioniert zwei Mikrofone in Klein-AB-Aufstellung mit genau der Mikrofonbasis  $a$  von Aufgabe 1.

a) Welche maximale Hörereignisrichtung in Prozent kann man zwischen den Stereo-Lautsprechern bei üblicher Musik und Sprache erwarten? Hierzu gibt es Kurven und Tabellen mit psychoakustischen Werten.

Bei genau seitlichem Schalleinfall auf das Mikrofonsystem ist bei  $\Delta t = 0,63 \text{ ms}$  Laufzeitdifferenz bei der Wiedergabe auf der Stereo-Lautsprecherbasis maximal zu erwarten:

**63 % Hörereignisrichtung** bei üblicher Musik und Sprache beim "normalen" mit  $\Delta t_{\text{max}} = 1,5 \text{ ms}$  gewählten Wert.

b) Welche Hörereignisrichtung könnte sich bei stark impulshaften und höhenbetonten Signalen einstellen?

**82 % Hörereignisrichtung** bei höherfrequenten, impulshaften Effekt-Signalen als Sonderfall, bei  $\Delta t_{\text{max}} = 1 \text{ ms}$ .

c) Welche Hörereignisrichtung könnte sich bei sinusähnlichen und tiefenbetonten Signalen einstellen?

**50 % Hörereignisrichtung** bei tieferfrequenten, sinusförmigen Effekt-Signalen als Sonderfall, bei  $\Delta t_{\text{max}} = 2 \text{ ms}$ .

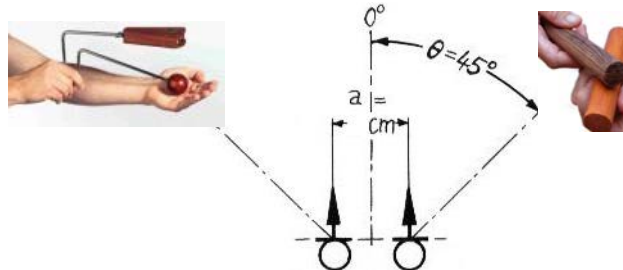
4. Eine genau seitliche Schallquelle ( $\theta = 90^\circ$ ) ist drei Meter vom nächsten Mikrofon der Klein-AB-Anordnung der Aufgabe 3 entfernt. a) Welche Pegeldifferenz  $\Delta L$  ergibt sich am Mikrofonsystem?

$$\Delta L = 20 \cdot \log 3,00 / 3,216 = (-)0,6 \text{ dB}$$

b) Mit welcher zusätzlichen Hörereignisrichtung in Prozent würde diese Pegeldifferenz  $\Delta L$  alleine betrachtet (ohne die Laufzeitdifferenz) zur Lokalisation beitragen? Hierzu gibt es Kurven und Tabellen aus der Praxis.

Das sind **5 bis 6 Prozent Hörereignisrichtung**.

5. Zwei südamerikanische Perkussionisten stehen in folgender Aufstellung vor dem Klein-AB-Mikrofonsystem.



a) Die unerwartete Frage lautet: Wie heißen die beiden Musikinstrumente mit Originalnamen?

**Vibra-slap, Quijada** (Eselsgebiss) und **Claves, Clave** (Klanghölzer) <http://www.sengpielaudio.com/Claves.htm>

b) Zusatzfrage: Notieren Sie die rhythmischen Noten für die bekannteste Zweitakte-Floskel der Claves im Viervierteltakt.



c) Die Instrumente sollen auf der Stereo-Lautsprecherbasis bei 50 Prozent Hörereignisrichtung erscheinen; also halb-links HL und halbrechts HR. Besonders ist zu beachten, dass es harte, impulshafte Signale sind.

Wie groß muss die Mikrofonbasis  $a$  gemacht werden, wenn dazu nur die Laufzeitdifferenz  $\Delta t$  bei parallelem Schalleinfall betrachtet werden soll? Bitte wie immer mit Berechnungsgang.

$\Delta t = (a \cdot \sin \theta) / c$  Achtung: Für die gewünschte Hörereignisrichtung 50 % ist bei der unteren Kurve für **impulshafte** Signale  $\Delta t = 0,32 \text{ ms}$  abzulesen.  $\theta$  ist  $45^\circ$  und  $c = 343 \text{ m/s}$  bei  $20^\circ \text{ C}$ .

$$\text{Mikrofonbasis } a = (c \cdot \Delta t) / \sin \theta \quad a = (343 \cdot 0,00032) / 0,7071 = 0,155 \text{ m} = 15,5 \text{ cm}$$

d) Welche Mikrofonbasis  $a$  berechnen Sie für 50 Prozent Hörereignisrichtung, wenn jetzt an den gleichen Plätzen eine Geige und eine Viola spielen, die "**normalere**" weniger extreme Signale abgeben?

Für die gewünschte Hörereignisrichtung 50 % ist bei der mittleren Kurve  $\Delta t = 0,48 \text{ ms}$  abzulesen.

$$\text{Mikrofonbasis } a = (c \cdot \Delta t) / \sin \theta \quad a = (343 \cdot 0,00048) / 0,7071 = 0,233 \text{ m} = 23,3 \text{ cm}$$

Siehe Hörereignisrichtung **b2** in Abhängigkeit von der Interchannel-Laufzeitdifferenz  $\Delta t$

<http://www.sengpielaudio.com/HoerereignRichtungDt.pdf>