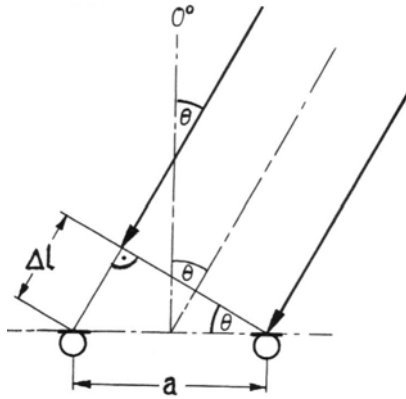




UdK Berlin
Sengpiel
10.95
LaufSt

Theoriegrundlagen: Laufzeit-Stereophonie

Reine Laufzeitbetrachtung Δt , d.h. ohne Berücksichtigung von Pegeldifferenzen ΔL



Laufzeitdifferenz:

$$\Delta t = \Delta l / c$$

Wegdifferenz:

$$\Delta l = a \cdot \sin \theta$$

Schallgeschwindigkeit c

in Luft bei 20°C = 343 m/s

$$\Delta t = \frac{a}{c} \cdot \sin \theta$$

$$a = \frac{\Delta t \cdot c}{\sin \theta}$$

$$\theta = \arcsin \frac{\Delta t \cdot c}{a}$$

für $a \geq 51,45 \text{ cm}$

Voraussetzung zur vereinfachten Berechnung:

Paralleler Schalleinfall einer ebenen Welle ($\Delta L = 0 \text{ dB}$)

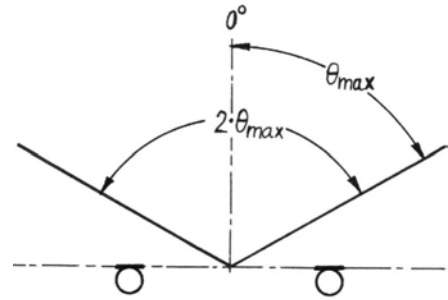
θ = Schalleinfallswinkel von der Mikrophonsystemmitte 0° aus.

a = Mikrofonbasis (Abstand der Mikrophone voneinander).

θ_{\max} = Aufnahme Winkel von der Mitte aus bei $\Delta t = 1,5 \text{ ms}$

für 100 % Hörereignisrichtung auf der Lautsprecherbasis.

Die Richtcharakteristik der nach vorne 0° parallel ausgerichteten Mikrophone hat keinen Einfluss auf Δt und damit auch nicht auf die Hörereignisrichtung.



Wirksamer Aufnahmebereich des Mikrophonsystems:

= 2 x Aufnahme Winkel θ_{\max} bei $\Delta t = 1,5 \text{ ms}$

Für $\Delta t = 1,5 \text{ ms}$ ist :

$$a = \frac{0,0015 \cdot 343}{\sin \theta_{\max}} = \frac{0,5145}{\sin \theta_{\max}} \approx \frac{1}{2 \cdot \sin \theta_{\max}}$$

Empirisch gefundene Werte der Laufzeitdifferenz Δt für Interchannel-Signale bei breitbandigen Sprach- und Musik-Testsignalen für die Haupt-Hörereignisrichtungen auf der Stereo-Lautsprecherbasis:

Hörereignis richtung b_2	C	1/4	1/2	3/4	4/4
	0 %	25 %	50 %	75 %	100 % L bzw. R
Δt	0 ms	0,23 ms	0,48 ms	0,81 ms	1,5 ms

Für die Hörereignisrichtung 100 % – Lokalisation aus der Richtung eines Lautsprechers – wird eine Laufzeitdifferenz von 1 bis 2 ms gefunden. 1,5 ms soll als Rechenwert angenommen werden. Bei kurzen Impulsen kann für eine Hörereignisrichtung von 100 % schon eine Laufzeitdifferenz von $\Delta t = 1,0 \text{ ms}$ genügen. Untersuchungen von A. Gernemann mit hochpräzisen Biegewellen-Schallwandlern zeigen, dass bei speziellen Stoßsignalen (Klicks) sogar 0,8 ms dafür ausreichen können.

Berechnung des benötigten Schalleinfallswinkels θ auf das AB-Mikrophonsystem bei gegebener Mikrofonbasis a für die Lokalisation der Haupt-Hörereignisrichtungen (Richtung b_2) auf der Stereo-Lautsprecherbasis:

Richtung b_2	Δt	$a = 20 \text{ cm}$	$a = 30 \text{ cm}$	$a = 40 \text{ cm}$	$a = 50 \text{ cm}$	$a = 51,45 \text{ cm}$
0 %	0 ms	0°	0°	0°	0°	0°
25 %	0,23 ms	$23,2^\circ$	$15,2^\circ$	$11,4^\circ$	$9,1^\circ$	$8,8^\circ$
50 %	0,48 ms	$55,4^\circ$	$33,3^\circ$	$24,3^\circ$	$19,2^\circ$	$18,7^\circ$
75 %	0,81 ms	$90^\circ = 0,58 \text{ ms}$	$67,8^\circ$	$44,0^\circ$	$33,8^\circ$	$32,7^\circ$
100 %	1,5 ms	$\Rightarrow 59 \% \text{ Basis}$	$90^\circ = 0,88 \text{ ms}$ $\Rightarrow 79 \% \text{ Basis}$	$90^\circ = 1,17 \text{ ms}$ $\Rightarrow 91 \% \text{ Basis}$	$90^\circ = 1,46 \text{ ms}$ $\Rightarrow 99 \% \text{ Basis}$	$90,0^\circ = 1,5 \text{ ms}$ $\Rightarrow 100 \% \text{ Basis}$

Richtung b_2	Δt	$a = 60 \text{ cm}$	$a = 70 \text{ cm}$	$a = 80 \text{ cm}$	$a = 100 \text{ cm}$	$a = 120 \text{ cm}$
0 %	0 ms	0°	0°	0°	0°	0°
25 %	0,23 ms	$7,6^\circ$	$6,5^\circ$	$5,7^\circ$	$4,5^\circ$	$3,8^\circ$
50 %	0,48 ms	$15,9^\circ$	$13,6^\circ$	$11,9^\circ$	$9,5^\circ$	$7,9^\circ$
75 %	0,81 ms	$27,6^\circ$	$23,4^\circ$	$20,3^\circ$	$16,1^\circ$	$13,4^\circ$
100 %	1,5 ms	$59,0^\circ$	$47,3^\circ$	$40,0^\circ$	$31,0^\circ$	$25,4^\circ$

Merke: Die Hörereignisrichtungen ändern sich nicht linear mit dem Schalleinfallswinkel θ , besonders für 75 % bis 100 % Hörereignisrichtung wird eine deutlich größere Schalleinfallswinkeländerung θ benötigt.