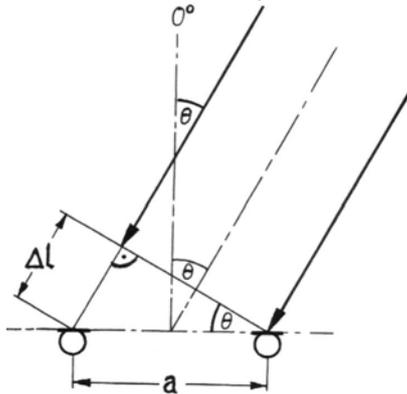




Theoriegrundlagen: Laufzeit-Stereofonie

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

UdK Berlin
Sengpiel
10.95
LaufSt



Voraussetzung zur vereinfachten Berechnung:

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

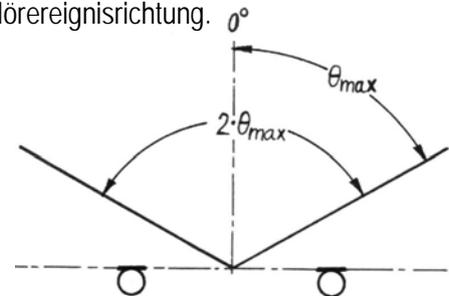
θ = Schalleinfallswinkel von der Mikrofonsystemmitte 0° aus.

a = Mikrofonbasis (Abstand der Mikrofone voneinander).

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

für 100 % Hörereignisrichtung auf der Lautsprecherbasis.

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



Laufzeitdifferenz (Laufzeitunterschied):

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

Wegdifferenz:

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

Schallgeschwindigkeit c

in Luft bei $20^\circ\text{C} = 343$ m/s

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

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

für $a \geq 51,45$ cm

Wirksamer Aufnahmebereich des Mikrofonsystems:

= $2 \times$ Aufnahmewinkel θ_{\max} bei $\Delta t = 1,5$ ms

Für $\Delta t = 1,5$ 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-Signaldifferenzen bei breitbandigen Sprach- und Musik-Testsignalen für die Haupt-Hörereignisrichtungen auf der Stereo-Lautsprecherbasis:

Hörereignisrichtung 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 zwischen 1 bis 2 ms ermittelt. 1,5 ms soll als Rechenwert angenommen werden. Bei kurzen Impulsen kann für eine Hörereignisrichtung von 100 % schon eine Laufzeitdifferenz von $\Delta t = 1,0$ 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-Mikrofonsystem bei gegebener Mikrofonbasis a für die Lokalisation der Haupt-Hörereignisrichtungen (Richtung b_2) auf der Stereo-Lautsprecherbasis:

Richtung b_2	Δt	$a = 20$ cm	$a = 30$ cm	$a = 40$ cm	$a = 50$ cm	$a = 51,45$ 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	$90^\circ = 0,58$ ms	$67,8^\circ$	$44,0^\circ$	$33,8^\circ$	$32,7^\circ$
100 %	1,5 ms	$\Rightarrow 59$ % Basis	$90^\circ = 0,88$ ms $\Rightarrow 79$ % Basis	$90^\circ = 1,17$ ms $\Rightarrow 91$ % Basis	$90^\circ = 1,46$ ms $\Rightarrow 99$ % Basis	$90,0^\circ = 1,5$ ms $\Rightarrow 100$ % Basis

Richtung b_2	Δt	$a = 60$ cm	$a = 70$ cm	$a = 80$ cm	$a = 100$ cm	$a = 120$ 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.

© Eberhard Sengpiel

Der berechnete Aufnahmebereich (Visualisierung): <http://www.sengpielaudio.com/Visualization-AB60.htm>