



UdK Berlin  
Sengpiel  
10.94  
MiGru

# Bündelungsgrad und Bündelungsmaß der Mikrofone

Mit welcher Richtcharakteristik denn am wenigsten störende Umgebungsgeräusche (Raumschall) aufgenommen werden, ist eine häufige Frage. Die von einem Richtmikrofon aufgenommene Schall-Leistung ergibt, verglichen mit der von einem idealen Kugel-Mikrofon aufgenommenen Schall-Leistung, bei gleichem Übertragungsfaktor, eine Aussage über die Größe der Störschallunterdrückung. Diese reine Verhältniszahl wird in englischsprachiger Literatur "Random Energy Efficiency REE" genannt. Bei uns wird der Bündelungsgrad  $\gamma$  verwendet; das ist der Kehrwert  $\gamma = 1/REE$ , der auch "Directivity Factor" DRF heißt. Die Berechnung des REE erfolgt nach der Formel:

$$REE = \frac{1}{2} \int_0^\pi s^2(\theta) \sin \theta \, d\theta$$

$s(\theta)$  = Mikrofondämpfung = Mikrofonempfindlichkeits-Verhältnis der Schalleinfallrichtung zur Bezugsrichtung, ( $s$  = Sensitivity),  $\theta$  = Winkel zwischen Bezugs- und Schalleinfallrichtung.

Eine genaue Lösung des "Flächen-Integrals" für ein beliebiges Mikrofon 1. Ordnung:  $s(\theta) = A + B \cdot \cos \theta$  ergibt sich aus folgender einfachen Gleichung, deren Herleitung langwierig ist:

$$REE = \frac{4}{3}A^2 - \frac{2}{3}A + \frac{1}{3} \quad \text{oder} \quad REE = \frac{4}{3}B^2 - 2B + 1 \quad \text{oder} \quad REE = A^2 + \frac{1}{3}B^2$$

$$A = \text{Druckskalar} \quad B = \text{Druckgradientenvektor} \quad A + B = 1 \quad s(\theta) = A + B \cdot \cos \theta$$

Die Berechnung führt bei räumlicher Niere, Hypernieren und Acht zu einfachen Ergebnissen. Sowohl die Niere, als auch die Acht nehmen genau 1/3, die Hypernieren genau 1/4 der Schall-Leistung einer Kugel auf, die für die Bezugsrichtung den gleichen Übertragungsfaktor besitzt, das sind die REE-Werte. In der deutschen Literatur kennt man dafür mehr die Reziprokwerte 3 und 4, die Bündelungsgrad  $\gamma = 1/REE = DRF$  genannt werden.

Der vom Nieren- und Achtermikrofon im diffusen Schallfeld übertragene Pegel liegt um  $10 \cdot \lg 3 = 4,8$  dB und derjenige der Hypernieren um  $10 \cdot \lg 4 = 6$  dB unter dem Pegel des entsprechenden ungerichteten Mikrofons (Kugel).

Diese Pegeldifferenz in dB wird mit Bündelungsmaß ( $10 \cdot \log \gamma = 10 \cdot \log DRF = 20 \cdot \log DSF$ ) bezeichnet.

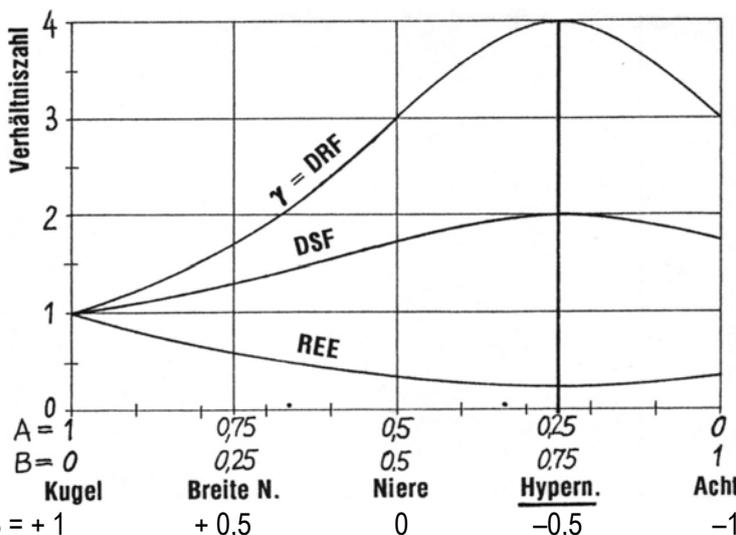
	A	B	REE = 1/ $\gamma$	$\gamma = 1/REE$	DSF = $\sqrt{\gamma}$	DSF in dB
Kugel	1	0	1	1	1	0
Breite Niere 1	0,75	0,25	0,584	1,71	1,31	2,34
• Breite Niere 2	0,63	0,37	0,443	2,26	1,50	3,52
Niere	0,5	0,5	0,333	3	1,73	4,77
• Superniere	0,366	0,634	0,268	3,73	1,93	5,72
Hypernieren	0,25	0,75	0,25	4	2	6,02
Acht	0	1	0,333	3	1,73	4,77

## Relativer Mikrofon-Abstandsfaktor

Wenn der Bündelungsgrad  $\gamma$  zunimmt, wird das Mikrofon unempfindlicher für das umgebende Raum-Schallfeld. Deshalb kann das Mikrofon gezielt weiter entfernt von einer Schallquelle aufgestellt werden, ohne dass sich dann das Verhältnis von Direktschall zu Raumschall verändert. Die relative Zunahme des Arbeitsabstands heißt relativer Abstandsfaktor (Distance Factor) DSF und er wird folgendermaßen berechnet:

$$DSF = \sqrt{\gamma} = \sqrt{1/REE} = \sqrt{DRF}$$

Deshalb nimmt zum Beispiel ein Nierenmikrofon bei einem Abstand von 1,73 m zur Schallquelle das gleiche Energieverhältnis von Direktschall zu Raumschall auf, wie ein Kugelmikrofon, das im Abstand von einem Meter zur Schallquelle steht. (Konstantes D/R-Verhältnis). Der gleiche Wert gilt für ein Achtermikrofon.



Bündelungsgrad  $\gamma$  = Directivity Factor DRF

Distance Factor DSF = relativer Abstandsfaktor

Random Energy Efficiency REE

$$\gamma = DRF = 1/REE = DSF^2$$

$$DSF = \sqrt{\gamma} = \sqrt{1/REE} = \sqrt{DRF}$$

$$REE = 1/\gamma = 1/DRF = 1/DSF^2$$

Bündelungsgrad  $\gamma$ , Random Energy Efficiency REE und relativer Abstandsfaktor DSF in Abhängigkeit von der Mikrofon-Richtcharakteristik 1. Ordnung

\*) "Directivity Factor DRF" ist nicht mit Richtungsfaktor, sondern mit Bündelungsgrad und "Directivity Index" ist nicht mit Richtungsmaß, sondern mit Bündelungsmaß zu übersetzen, das in dB angegeben wird.

Der Bündelungsgrad  $\gamma$  hatte früher einmal den Namen "Schall-Leistungs-Bündelung".