

27.05.11

[MSK-GÜ3]

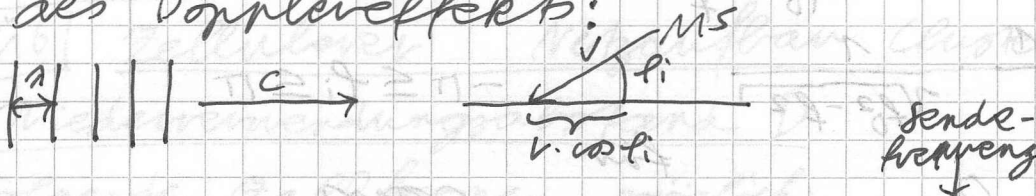
[1]

(i5)

Dopplerspektrum eines Fadingkanals

Bei Mehrwegeausbreitung ohne dominanten Pfad ist die Amplitude  $A$  des Empfangssignals  $y(t)$  Rayleigh- und die Phase  $\theta$  gleichverteilt.

Berücksichtigt man zusätzlich, dass der Empfänger (d.h. die Mobilstation) sich bewegt, dann erfährt das übertragene Signal eine Frequenzverschiebung infolge des Dopplereffekts:



$$\Rightarrow \text{Dopplertfrequenzverschiebung } \Delta f_i = f_0 \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos \varphi_i = f_D \cdot \cos \varphi_i$$

wobei  $f_D$  die max. Doppler - Verschiebung ist.

Die maximale Dopplerverschiebung  $|\Delta f_i| = f_0 \cdot \frac{v}{c}$  ergibt sich für einen auf den Sender zubewegenden Empfänger, d.h.  $\varphi_i = 0$  bzw. für einen sich vom Sender fortbewegenden, d.h.  $\varphi_i = \pi$  ( $\Rightarrow \cos(0) = \cos(\pi) = 1$ )

Die Dopplerverschiebung verschwindet für Signale, die senkrecht zur Bewegungsrichtung einfallen.

Der Einfallswinkel  $\varphi_i$  ist eine im Intervall  $[-\pi, \pi]$  gleichverteilte Größe. Durch Variablentransformation lässt sich

die Verteilung der Frequenzverschiebung <sup>12</sup>

$\Delta f_i = f_D \cdot \cos \varphi_i$  beschreiben als:

$$p_{\Delta f_i}(f) = p_{\varphi_i}(\varphi_i) \cdot \left| \frac{d\varphi_i}{df} \right| \leftarrow \text{Jakobi-Det.}$$

$$f \in [-f_D, \dots, 0, \dots, f_D]$$

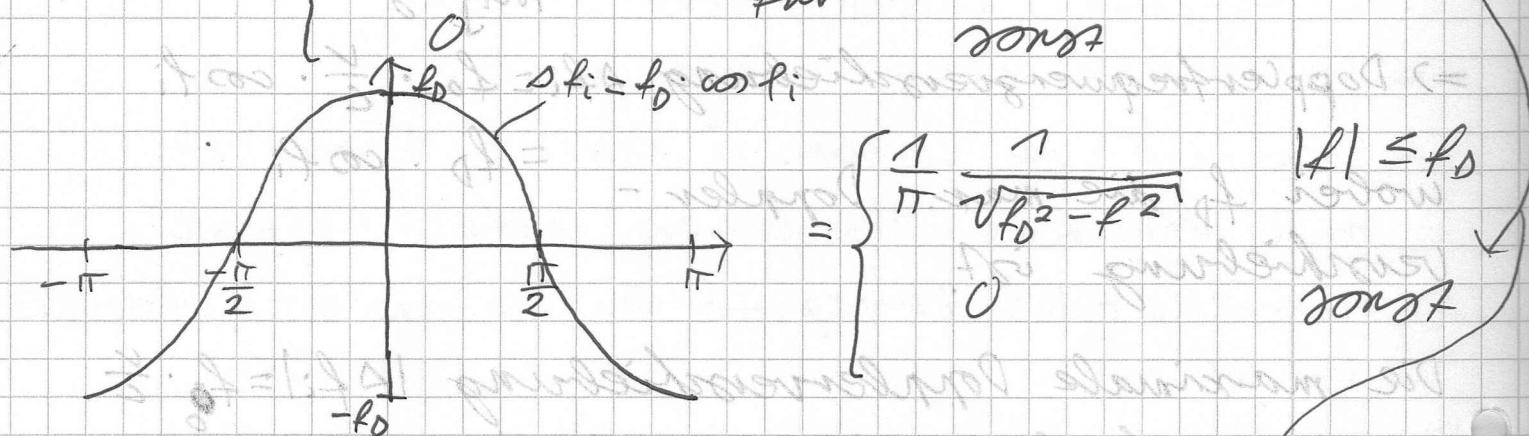
$$\varphi_i = \arccos\left(\frac{\Delta f_i}{f_D}\right)$$

$$= p_{\varphi_i}(\varphi_i) \cdot \left| \frac{d \arccos\left(\frac{f}{f_D}\right)}{df} \right|$$

$$= p_{\varphi_i}(\varphi_i) \cdot \left| -\frac{\frac{1}{f_D}}{\sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_D}\right)^2}} \right|$$

$$= p_{\varphi_i}(\varphi_i) \cdot \frac{1}{\sqrt{f_D^2 - f^2}}$$

$$= \begin{cases} \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{f_D^2 - f^2}} & -\pi \leq \varphi_i \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



Die Parameter der verschiedenen Ausbreitungsplade sind unabhängig voneinander.

für jedes  $\varphi_i$  ( $\Delta f_i$ ) 2-Werte!

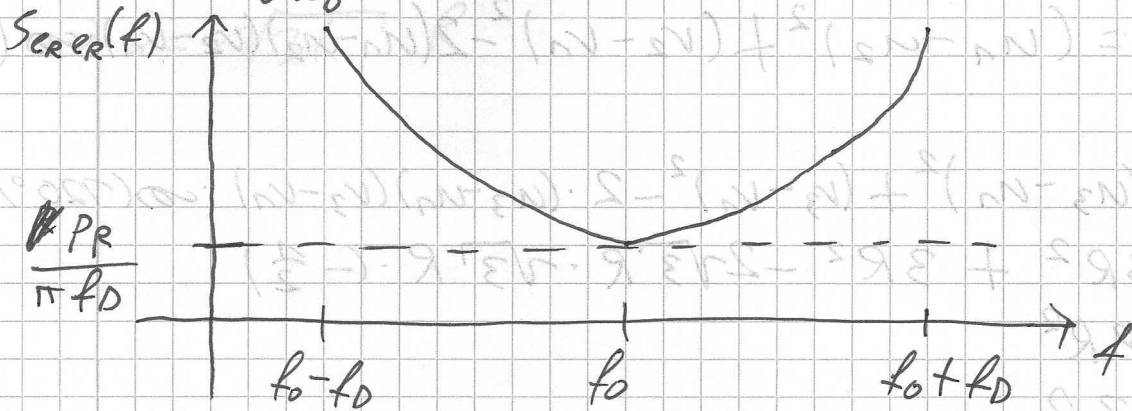
$\Rightarrow$  Verteilungsdichte  $p_{\Delta f_i}(f)$  gibt auch die spektrale Verteilung der Leistung am Empfänger an:

$$S_{\text{ERER}}(f) = \begin{cases} P_R \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{f_D^2 - f^2}} & |f| \leq f_D \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

mit einer Empfangsleistung  $P_R = \sigma^2$  folgt:

$$S(f) = \frac{2\sigma^2}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{f_D^2 - f^2}} \quad ; |f| \leq f_D$$

$$\stackrel{2\pi f = \omega}{\Rightarrow} S(\omega) = \frac{2\sigma^2}{\sqrt{\omega_D^2 - \omega^2}} \quad ; |\omega| \leq \omega_D$$



Üb] Zellulärer Netzaufbau: Clustergröße K und Wiederverwendungsabstand D

Folgende Zellformen möglich:

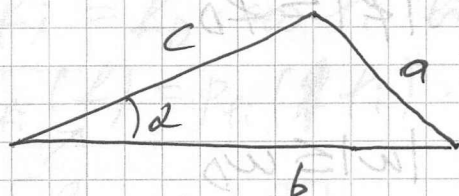
- gleichschenklige Dreiecke
- Rechtecke
- Sechsecke (Hexagone)

Hexagone nähern einen Kreis (also auch die Ausbreitung von rundstrahlenden Antennen) am besten an, so dass diese fast immer die Grundelemente des zellulären Netzes darstellen.

Zur Herleitung der Clustergröße K und des Wiederverwendungsabstandes D kann in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Entfernung  $d_{1,2}$  zwischen zwei Koordinatenpaaren  $(u_1, v_1)$  und  $(u_2, v_2)$  mit Hilfe des Kosinussatzes berechnet werden.

(siehe Hilfsblatt).

14



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow d_{1,2}^2 = (u_1 - u_2)^2 + (v_2 - v_1)^2 - 2(u_1 - u_2)(v_2 - v_1) \cdot \cos(60^\circ)$$

$$\begin{aligned} d_{1,3}^2 &= (u_3 - u_1)^2 + (v_3 - v_1)^2 - 2 \cdot (u_3 - u_1)(v_3 - v_1) \cdot \cos(120^\circ) \\ &= 3R^2 + 3R^2 - 2\sqrt{3}R \cdot \sqrt{3}R \cdot (-\frac{1}{2}) \\ &= 9R^2 \end{aligned}$$

$$d_{1,3} = 3R$$

Benachbarte Zellen können nur zu Gruppen (Clustern) zusammengefasst werden, so dass diese von einem flächengleichen Sechseck umrahmt werden. Die Mittelpunkte dieser neuen Hexagone  $(i, j)$  lassen sich ebenfalls mit Hilfe des ~~neu~~ eingeführten Koordinatensystems angeben. Die Entfernung  $D$  der "überhexagone" lautet (bezogen auf  $(0,0)$ )

$$\Rightarrow D = \sqrt{3} \cdot R \cdot \sqrt{i^2 - i \cdot j + j^2} \quad (1)$$

Die Anzahl der Zellen in einem "überhexagon" lässt sich aus dem Verhältnis der Fläche des "überhexagons" zur Fläche einer Zelle berechnen.

$$\text{mit } A = \frac{3}{2} \sqrt{3} R^2 \text{ und } A' = \frac{3}{2} \sqrt{3} \left(\frac{D}{\sqrt{3}}\right)^2 \quad D = R' \cdot \sqrt{3}$$

$$\Rightarrow K = \frac{A'}{A} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{3} \left(\frac{D}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{3}{2} \sqrt{3} R^2} = \left(\sqrt{i^2 - i \cdot j + j^2}\right)^2$$

$$\Rightarrow K = i^2 - i \cdot j + j^2 \quad (\text{Clustergro\ss e})$$

27.05.11

[MSK-Gü3]

13

setzt man ~~h~~ nur  $k$  in ① ein,  
erhält man den Wiederverwendungsbestand  
 $D$  als Funktion der Ankergröße  $k$

$$\Rightarrow D = \sqrt{3k} \cdot R$$

