

Anlage 8A

**Verfahren zur Kombination der horizontalen und vertikalen Antennendiagramme
im mobilen Landfunkdienst**

1 Die Berechnung des 3-D-Antennenstrahlungsdiagramms

Im Folgenden wird beschrieben, wie das 3-D-Antennenstrahlungsdiagramm auf der Grundlage der folgenden Eingabewerte für die Tx- und Rx-Antennen zu berechnen ist:

- die Teilcodes der horizontalen und der vertikalen Antenne, 9XH bzw. 9XV,
- Azimut und Erhebungswinkel der Hauptstrahlrichtung, 9A bzw. 9B,
- Azimut und die Erhebungswinkel der Richtung, für die der Dämpfungswert des 3-D-Strahlungsdiagramms zu berechnen ist (Ausbreitungsweg).

In einem ersten Schritt werden die zwei Vektoren (Antennenrichtung und Ausbreitungsweg) zu einem Vektor (dargestellt durch vertikalen und horizontalen Differenzwinkel: hda, vda) kombiniert, der sich auf die Antenne in ihrer Grundposition anwenden lässt. Dies erfolgt durch eine einfache sphärische Koordinatentransformation. Mit diesem Schritt werden Azimuth und mechanische Neigung (Elevation) der Antenne berücksichtigt.

Verfügt die Antenne über zusätzliche elektrische Neigung (Tilt), so kann diese jetzt problemlos auf den resultierenden vertikalen Differenzwinkel angewandt werden, da sie vom Azimuth unabhängig ist.

Mit dem ermittelten horizontalen und vertikalen Differenzwinkel können die Werte der horizontalen und vertikalen Dämpfung gemäß den entsprechenden Antennencodes berechnet werden.

Im allgemeinen wird die geometrische Summe als Kombinationsverfahren zur Ermittlung des 3D-Dämpfungswertes verwendet. Aus den in Kapitel 2 beschriebenen Gründen müssen Sonderfälle beachtet und entsprechend behandelt werden, um Unstimmigkeiten zu vermeiden.

2 Kombination des horizontalen und des vertikalen Teilstrahlungsdiagramms zur Erzielung des 3-D-Strahlungsdiagramms

Das resultierende 3-D-Antennenstrahlungsdiagramm ist nur in der horizontalen und vertikalen Grundebene mittels *hCode* und *vCode* vollständig definiert. Die Dämpfung in beliebigen Richtungen kann nur durch eine einfache oder durch eine anspruchsvolle Näherung evaluiert werden. *hCode* und *vCode* stellen zwei senkrechte Querschnitte des resultierenden 3-D-Strahlungsdiagramms dar; deshalb müssen die Dämpfungswerte für ihre Rückwärtskeule gleich sein, wie in Abb. 2 dargestellt ist.

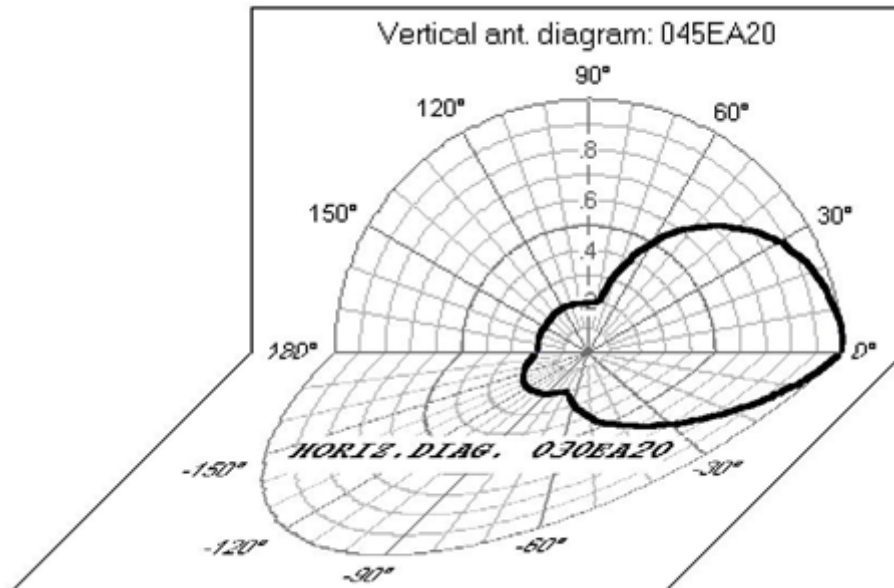


Abb.2.

In der Realität enthalten manche Koordinierungsanfragen Antennencodes, die mathematisch nicht miteinander kompatibel sind; dies wird in Abb. 3 dargestellt.

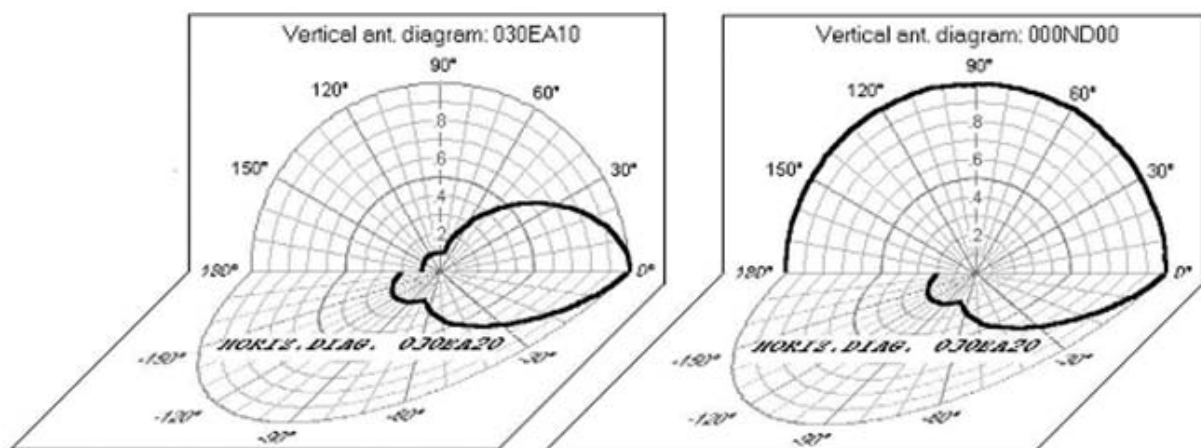


Abb.3.

Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass derjenige, der eine Koordinierungsanfrage stellt, zum Ausdruck bringen will, dass er bezüglich eines gerichteten horizontalen Antennencodes keine Einschränkungen aufgrund des vertikalen Antennencodes *000ND00* fordern möchte. Diese Interpretation ist aus mathematischer Sicht jedoch Unsinn, weil sie zu der Mehrdeutigkeit und Diskontinuität des 3-D-Strahlungsdiagramms führt, wie Abb. 3 zeigt.

Bei der Kombination der Antennenteildiagramme ist deshalb **als erstes** zu prüfen, ob die Diagramme zueinander kompatibel sind. Wenn sie nicht kompatibel sind, wird das vertikale Antennendiagramm an das horizontale angepasst. Die Anpassung der beiden Antennendiagramme erfolgt durch die folgende Glättungsfunktion:

$$A_{VD_back} = A_{VD_back_O} * \text{SQR}(\sin^2 vda + rb * \cos^2 vda) \dots\dots [5],$$

wobei: A_{VD_back} = die Dämpfung der angepassten Rückwärtskeule der Vertikalantenne,

$A_{VD_back_O}$ = die Dämpfung der ursprünglichen (unveränderten) Rückwärtskeule der Vertikalantenne,

rb = das Rückwärtsdämpfungsverhältnis der ursprünglichen vertikalen und horizontalen Antennendiagramme im Winkel $vda = \pm 180$ Grad sind.

Die Glättungsfunktion wirkt sich auf die Rückwärtskeule des vertikalen Antennendiagramms nur dort aus, wo das Diagramm neu geformt wird; die Keule in Hauptstrahlrichtung bleibt unverändert.

Das Ergebnis des Anpassungsprozesses wird in dem Beispiel in Abb.4 dargestellt.

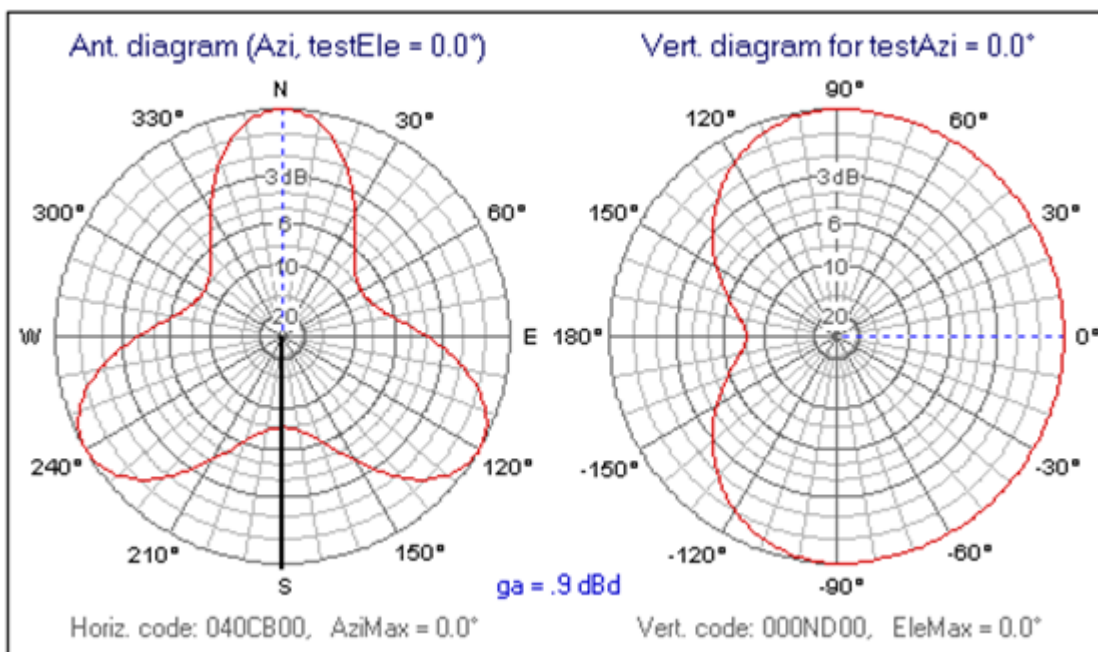
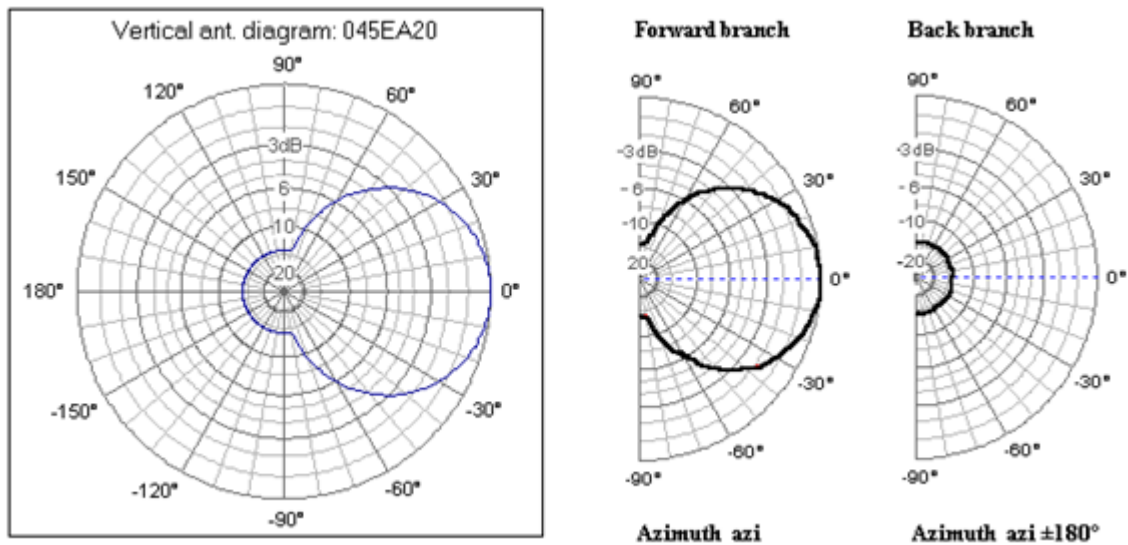


Abb.4.

Die Rückwärtskeule des vertikalen Antennendiagramms mit dem vda -Winkelbereich von $+90$ bis ± 180 Grad und von -90 bis ± 180 Grad wurde der vorhandenen Rückdämpfung des horizontalen Diagramms für $hda = 180$ Grad stetig angepasst. Die Keule in Hauptstrahlrichtung des vertikalen Antennendiagramms war weiterhin rundstrahlend, d.h. sie blieb unverändert.

Im zweiten Schritt der Kombination der Antennenteildiagramme wird das resultierende vertikale Antennendiagramm über verschiedene Azimutwinkel hda interpoliert. Das vertikale Antennendiagramm besteht aus der Keule in Hauptstrahlrichtung und der Rückwärtskeule. Die Keule in Hauptstrahlrichtung und die Rückwärtskeule des vertikalen Antennendiagramms werden schließlich angeglichen, wie in Abb. 5 dargestellt.

**Abb.5.**

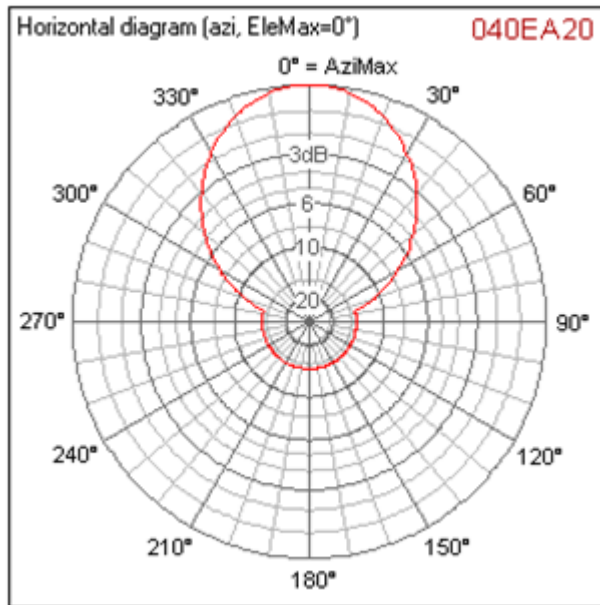
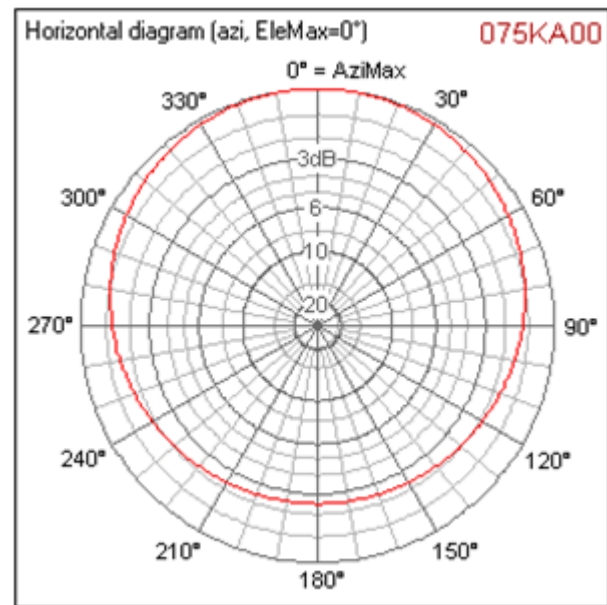
Es werden zwei unterschiedliche Interpolationsarten verwendet: die proportionale und die lineare Interpolation. Welche Interpolationsart geeignet ist, hängt von der Form des horizontalen Antennendiagramms ab.

Die proportionale Interpolation der Ausgangsdiagramme der Vertikalantennen wird für ein gerichtetes horizontales Antennendiagramm mit einer oder mehreren Keulen verwendet. Der Interpolationsgewichtungskoeffizient w wird anhand der Dämpfung des horizontalen Antennendiagramms im genannten Winkel von hda ermittelt und wird durch die folgende Formel beschrieben:

$$w = (1 - h) / (1 - hb) .$$

Hierbei ist: h die Dämpfung des horizontalen Antennendiagramms im Azimut hda ,
 hb die Dämpfung des horizontalen Antennendiagramms in rückwärtiger Richtung ($hda = 180$ Grad) .

Mit der proportionalen Interpolation wird gewährleistet – wie zum Beispiel in Abb. 4 zu sehen ist –, dass die vertikalen Antennendiagramme in den hda -Symmetrieachsen der horizontalen Antennendiagramme 0, 120, 240 Grad identisch sind. Der Fall eines horizontalen Richtdiagramms mit einer Keule ist in Abb. 6 dargestellt.

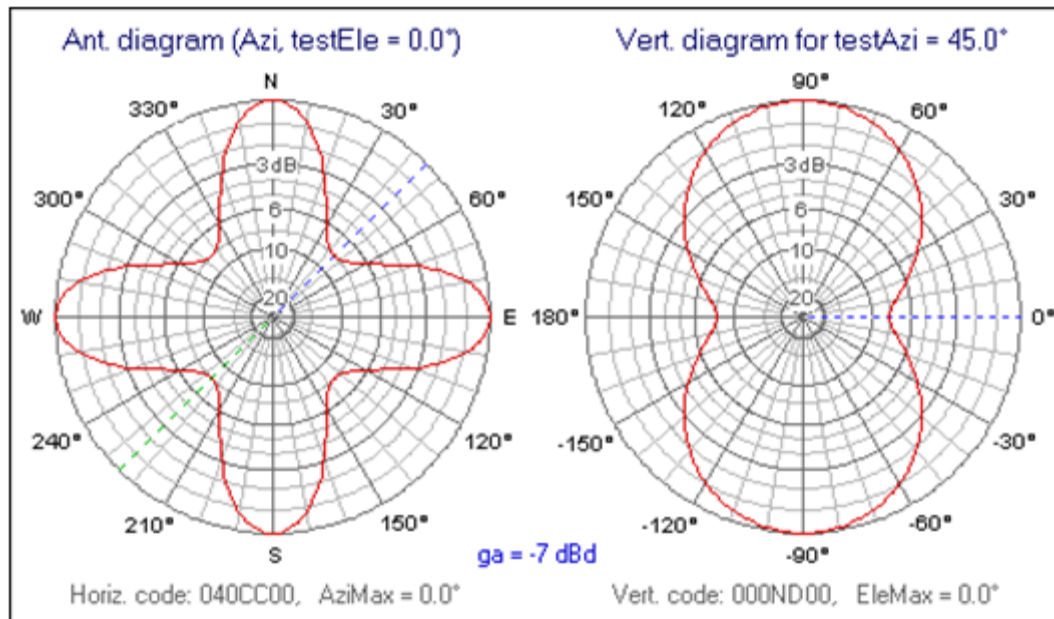
**Abb.6.****Abb.7.**

Im Fall der Abb. 6 garantiert die proportionale Interpolation, dass die Rückwärtskeulen aller vertikalen Antennendiagramme im *hda*-Azimutbereich von 80 bis 280 Grad identisch sind, weil dort eine konstante Dämpfung des horizontalen Antennendiagramms gegeben ist.

Die lineare Interpolation wird nur für horizontale Antennendiagramme mit geringer Richtwirkung verwendet. Abb. 7 zeigt ein Beispiel für ein typisches horizontales Antennendiagramm mit geringer Richtwirkung. Der Gewichtungskoeffizient w für die Interpolation wird mittels *hda* innerhalb des Winkelintervalls zwischen den Azimutwinkeln von der Keule in Hauptstrahlrichtung und der Rückwärtskeule bestimmt und in folgender Formel ausgedrückt:

$$w = \text{ABS}(hda / 180) .$$

Im dritten Schritt der Kombination von Antennenteildiagrammen wird abschließend geprüft, ob das interpolierte vertikale Antennendiagramm und die horizontale Antenne im bewerteten Azimut *hda* insgesamt kompatibel sind. Der Grund für diese letzte Prüfung ist in Abb.8 dargestellt. Wenn die zuvor analysierten Antennendiagramme nicht in einem Azimut miteinander kompatibel sind, muss das vertikale Antennendiagramm an das horizontale angepasst werden.

**Abb.8.**

Das Beispiel in Abb.8 zeigt den Fall, in dem beide Antennenteildigramme kompatibel und beide Keulen des ursprünglichen Vertikaldiagramms identisch, d.h. rundstrahlend, sind. Das vorher berechnete, vertikale Rundstrahlungsdiagramm muss deshalb bei Azimuten, bei denen die Dämpfung der Teildigramme unterschiedlich ist, z.B. beim Azimut $hda = 45$ Grad, auf die Form des horizontalen Antennendiagramms abgestimmt werden.

Die Anpassung der beiden Antennenteildigramme erfolgt durch eine Glättungsfunktion in Anlehnung an [5].