

Applicaton Note

Antennen-Parameter: Antennengewinn, Richtfaktor und Wandlungsfaktor

Der Hintergrund für die Kombination verschiedener Antennen mit dem Selective Radiation Meter SRM-3000

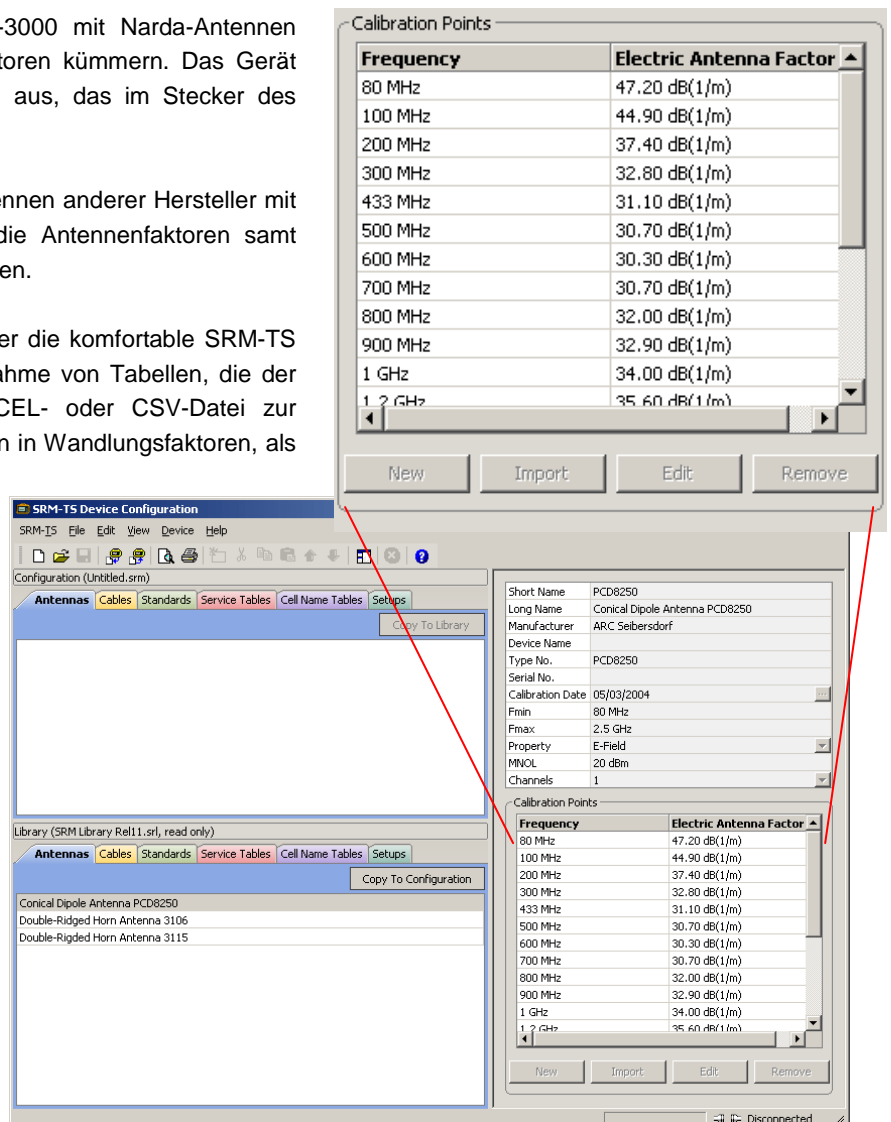
Wer das Selective Radiation Meter SRM-3000 mit Narda-Antennen benutzt, muss sich um keine Antennenfaktoren kümmern. Das Gerät liest sie automatisch aus einem EEPROM aus, das im Stecker des Steuernebenkabels verborgen ist.

Gelegentlich besteht aber der Wunsch, Antennen anderer Hersteller mit dem SRM zu verwenden. Dazu können die Antennenfaktoren samt Korrekturwerten in das Gerät importiert werden.

Die kostenlose PC-Software SRM-Tools oder die komfortable SRM-TS erleichtern dies durch automatische Übernahme von Tabellen, die der Antennenhersteller in der Regel als EXCEL- oder CSV-Datei zur Verfügung stellt. Die Software kann Angaben in Wandlungsfaktoren, als Wandlungsmaß oder als Antennengewinn übernehmen und konvertiert sie anschließend automatisch.

Auch über die Umrechnung muss sich der Anwender keine Gedanken machen. Dennoch ist es von Vorteil, wenn man den physikalischen und mathematischen Hintergrund für die Umrechnung kennt. Die vorliegende Application Note soll ihn kurz skizzieren.

© 2008
 Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstr. 7
 72793 Pfullingen, Deutschland
 Tel.: +49 7121 9732-777
 Fax: +49 7121 9732-790
 E-mail: support@narda-sts.de
www.narda-sts.de



The screenshot displays the SRM-TS Device Configuration software interface. It features a menu bar (SRM-TS, File, Edit, View, Device, Help) and a toolbar. The main window is titled 'Configuration (Untitled.srm)' and has tabs for 'Antennas', 'Cables', 'Standards', 'Service Tables', 'Cell Name Tables', and 'Setups'. The 'Antennas' tab is active, showing a list of antennas in the 'Library (SRM Library Rel11.srl, read only)' section, including 'Conical Dipole Antenna PCD8250', 'Double-Ridged Horn Antenna 3106', and 'Double-Ridged Horn Antenna 3115'. A detailed view of the 'Conical Dipole Antenna PCD8250' is shown on the right, with fields for Short Name, Long Name, Manufacturer, Device Name, Type No., Serial No., Calibration Date, Fmin, Fmax, Property, MNQL, and Channels. Below this, a 'Calibration Points' table is visible, which is also shown in a larger, separate window above. This table lists frequencies from 80 MHz to 1.2 GHz and their corresponding Electric Antenna Factors in dB(1/m).

Frequency	Electric Antenna Factor
80 MHz	47.20 dB(1/m)
100 MHz	44.90 dB(1/m)
200 MHz	37.40 dB(1/m)
300 MHz	32.80 dB(1/m)
433 MHz	31.10 dB(1/m)
500 MHz	30.70 dB(1/m)
600 MHz	30.30 dB(1/m)
700 MHz	30.70 dB(1/m)
800 MHz	32.00 dB(1/m)
900 MHz	32.90 dB(1/m)
1 GHz	34.00 dB(1/m)
1.2 GHz	35.60 dB(1/m)

Antennenfaktoren in der PC-Software SRM-TS

Grundlagen

In der Feldstärke-Messtechnik ist es sinnvoll, die Empfangsantenne außer mit dem Antennengewinn auch mit dem Wandlungsfaktor K_E zu charakterisieren. Der einfache Zusammenhang ist hier beschrieben.

Die eingesetzte (verlustfreie) Empfangsantenne hat den Gewinn G (bzw. Richtfaktor) bezogen auf einen fiktiven isotropen Empfänger. Sie besitzt eine Absorptionsfläche

$$A_e = \frac{P_e}{S_e} = G \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (1)$$

Im homogenen Fernfeld der Leistungsdichte S_e ist die verfügbare Empfangsleistung

$$P_e = S_e \cdot A_e = \frac{E^2}{\eta_0} \cdot G \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad \text{mit } \eta_0 = 120\pi \text{ } [\Omega] \quad (2)$$

Bei Leistungsanpassung ergibt sich damit am Lastwiderstand $R_0 = 50 \Omega$ des Empfängers eine Spannung

$$U_0 = \sqrt{P_e \cdot R_0} = E \cdot \sqrt{G \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi \cdot \eta_0} \cdot R_0} \quad (3)$$

Umrechnung Wandlungsfaktor-Gewinn

Der Wandlungsfaktor K_E der Antenne ist definiert als Verhältnis der elektrischen Feldstärke E zu Ausgangsspannung U_0 am Messempfänger mit 50Ω Eingangsimpedanz:

$$K_E = \frac{E}{U_0} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{4\pi \cdot \eta_0}{G \cdot R_0}} = \frac{f}{c_0} \cdot \sqrt{\frac{4\pi \cdot \eta_0}{G \cdot R_0}} = \frac{f}{c_0 \cdot \sqrt{G}} \cdot \sqrt{\frac{480\pi^2}{50}} \quad (4)$$

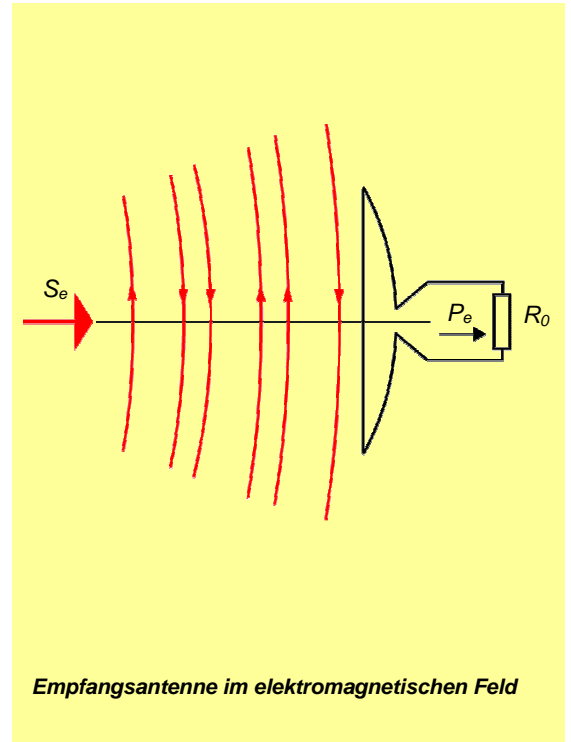
Mit der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit $c_0 = 299,79 \cdot 10^6$ m/s ergibt sich folgende Größengleichung:

$$K_E = \frac{f/\text{MHz}}{299,79} \cdot \frac{9,7339}{\sqrt{G}} = \frac{f/\text{MHz}}{299,79} \cdot \frac{9,7339}{\sqrt{G}} \quad (5)$$

Da in der Feldstärke-Messtechnik einfacher mit Spannungs- und Feldstärkepegeln, also mit logarithmierten Größen gearbeitet wird, ist es auch praktisch, den Wandlungsfaktor zu logarithmieren

$$k_E = 20 \cdot \lg K_E \quad \text{mit der Einheit dB(1/m)} \quad (6)$$

Der logarithmierte Wandlungsfaktor ist das „Wandlungsmaß“ und wird häufig als der „Antennenfaktor“ (AF) bezeichnet, obwohl es sich nicht um einen Faktor, sondern um den Logarithmus des Faktors handelt.



Damit erhält man aus Gleichung (5) die folgende Beziehung zwischen dem Wandlungsmaß und dem Antennengewinn g in dBi (bezogen auf den isotropen Empfänger):

$$k_E = 20 \cdot \lg(f / \text{MHz}) - 29,7707 \text{ dB} - g \quad (7)$$

mit

$$g = 10 \text{ dB} \cdot \lg(G) \quad (8)$$

Beispiele

Beispiel 1:

Abgestimmte $\lambda/2$ -Dipole bei ihrer jeweiligen Resonanzfrequenz

f [MHz]	Gewinn (Richtfaktor)		Wandlungsmaß (AF)
	G [1/m]	g [dBi]	k_E [dB(1/m)]
100	1,64	2,15	8,08
300	1,64	2,15	17,62
1000	1,64	2,15	28,08
3000	1,64	2,15	37,62

Beispiel 2:

Bikonische Dipol-Antenne SBA 9113

f [MHz]	Gewinn (Richtfaktor)		Wandlungsmaß (AF)
	G [1/m]	g [dBi]	k_E [dB(1/m)]
500	0,28	-5,46	29,67
600	1,09	0,39	25,40
750	1,12	0,51	27,22
1000	0,86	-0,67	30,90
2000	1,20	0,80	35,45
3000	0,82	-0,87	40,64

Beispiel 3: Log.-per. Antenne USLP 9143

f [MHz]	Gewinn (Richtfaktor)		Wandlungsmaß (AF)
	G [1/m]	g [dBi]	k_E [dB(1/m)]
300	3,67	5,65	14,12
1000	5,05	7,03	23,20
2000	4,35	6,38	29,87
3000	3,82	5,82	33,95

Abgestimmte $\lambda/2$ -Dipole

eignen sich für Präzisionsmessungen bei einer festen Frequenz. Mit einem Antennengewinn g von 2,15 dBi sind sie recht empfindlich. Jedoch eignen sie sich nicht für Multifrequenz-Umgebungen, wie sie bei Messungen zum Nachweis von Standort- oder Personenschutz-Grenzwerten in der Regel vorliegen.

Bikonische Dipolantennen

bieten mit Antennengewinnen g im Bereich von 0 dBi eine hohe Empfindlichkeit. Der abgedeckte Frequenzbereich ist jedoch nicht so breit wie der einer breitbandigen Dipolantenne (Beispiel 4).

Logarithmisch-periodische-Antennen

Diese Antenne hat mit einem Antennengewinn g von 5 bis 7 dBi eine äußerst hohe Empfindlichkeit bei gleichzeitig ausgeprägter Richtwirkung und relativ hoher Bandbreite. Sie eignet sich deshalb vorzüglich, um die Richtung von Strahlungsquellen zu finden. Für die Messung der gesamten Feldbelastung zum Nachweis von Personenschutz-Grenzwerten ist jedoch ein umständliches und sehr genaues Vorgehen nötig, wenn alle Strahlungskomponenten zuverlässig erfasst werden sollen.

**Beispiel 4:
 Uniaxiale Antenne 3531/01 des SRM-3000**

f [MHz]	Gewinn (Richtfaktor)		Wandlungs- maß (AF)
	G [1/m]	g [dBi]	k_E [dB(1/m)]
27	4,68E-06	-53,30	52,16
100	3,80E-04	-34,20	44,43
300	5,62E-03	-22,50	42,27
900	6,61E-02	-11,80	41,11
1000	8,32E-02	-10,80	41,03
1800	1,88E-01	-7,25	42,58
2100	1,74E-01	-7,60	44,27
2500	1,66E-01	-7,80	45,99
2800	1,41E-01	-8,50	47,67
3000	8,91E-02	-10,50	50,27

**Beispiel 5:
 Triaxiale Antenne 3501/01 des SRM-3000**

f [MHz]	Gewinn (Richtfaktor)		Wandlungs- maß (AF)
	G [1/m]	g [dBi]	k_E [dB(1/m)]
100	1,00E-05	-50,00	60,23
300	5,62E-04	-32,50	52,27
900	1,29E-02	-18,90	48,21
1000	1,78E-02	-17,50	47,73
1800	5,62E-02	-12,50	47,83
2100	4,17E-02	-13,80	50,47
2500	2,82E-02	-15,50	53,69
2800	2,43E-02	-16,15	55,32
3000	2,16E-02	-16,65	56,42

Die uniaxiale E-Feld-Antenne 3531/01

deckt den extrem breiten Frequenzbereich von 27 MHz bis 3 GHz ab. Sie eignet sich für die Messung der gesamten Feldbelastung mit der Schwenkmethode und ist vor allem dann die erste Wahl, wenn die Empfindlichkeit der triaxialen E-Feld-Antenne 3501/01 (Beispiel 5) nicht ausreicht.

Auch isotrope Messungen sind mit der uniaxialen Antenne möglich. Dazu gibt es einen speziellen Antennenhalter, mit dem man die Antenne nacheinander in drei definierte Positionen bringen kann. Diese Methode wird vom SRM-Grundgerät in Wizard-Form unterstützt.

Die triaxiale E-Feld-Antenne 3501/01

misst isotrop, d.h. richtungsunabhängig, und ist damit tatsächlich der „Allrounder“ für fast alle Messungen zum Nachweis von Standort- und Personenschutz-Grenzwerten. Der breite Frequenzbereich von 75 MHz bis 3 GHz wird durch eine relativ geringe Empfindlichkeit erkauft, die jedoch für den Nachweis von Anlagengrenzwerten und für die meisten Emissionsmessungen in der Öffentlichkeit völlig ausreicht.