

Eine Sendeantenne ist dann eine gute Antenne, wenn das Stehwellenverhältnis 1 ist.

Was ist eine Antenne?

Sie wandelt über ein Kabel zugeführte HF-Energie um in elektromagnetische Schwingungen oder sie entnimmt einem EM-Feld Energie und leitet sie auf einem Kabel zum Empfänger. Dabei erfolgt eine Anpassung an den Feldwellenwiderstand des freien Raums von 377 Ohm.

Kenndaten einer Antenne

- **Impedanz**

ist durch die Strom- und Spannungsverteilung auf der Antenne an jeder Stelle anders (z.B. am Ende hochohmig, weil dort kein Strom fließt)

Allgemein gilt die Impedanz am Einspeisungspunkt als Antennenimpedanz $Z = R + jX$

Realteil: Strahlungswiderstand plus Summe der Verlustwiderstände

Blindanteil: nur Null bei Resonanz

Einfluss darauf haben die Antennengeometrie, die Umgebung, die Aufbauhöhe u.v.a.m.

- **Strahlungswiderstand R_s**

theoretischer Wert eines Widerstands, der die HF-Leistung aufnimmt
entscheidend ist bei kurzen Antennen deren Länge im Verhältnis zur Wellenlänge

Beispiele:

Dipol, sehr dünn und sehr hoch über Grund	73,2 Ω
vertikale $\lambda/4$, auf ideal leitendem Untergrund	36,6 Ω
2,5 m Vertikal-Strahler auf dem 80-m-Band	0,4 Ω
dto. mit Dachkapazität	1,54 Ω
Loop, 2 m Durchmesser auf 80 m	0,007 Ω

- **Wirkungsgrad**

Verluste der Antenne durch den Widerstand des Antennenleiters, Isolationsverluste, Übergangswiderstände an der Einspeisung etc. ergeben den **Verlustwiderstand R_V** . Einige Ohm sind damit schnell erreicht.

Daraus folgt der Wirkungsgrad

$$\eta = R_S / (R_S + R_V)$$

Ein kleiner Strahlungswiderstand führt daher meist zu einem schlechten Wirkungsgrad.

- **wirksame Länge, effektive Höhe**

Maß für die Entnahme einer Empfangsleistung aus einem elektromagnetischen Feld und völlig unabhängig vom Installationsort der Antenne

Bei symmetrischen Antennen spricht man von wirksamer Länge, z. B.

$\lambda/2$ -Dipol	$0,32 * \lambda$
kurzer Dipol ($l < \lambda/5$)	$0,5 * \text{Antennenlänge}$

bei unsymmetrischen Antennen von der wirksamen Antennenhöhe, z. B.

$\lambda/4$ – Vertikal	$0,16 * \lambda$
kurze Vertikal ($h < \lambda/10$)	$0,5 * \text{Stablänge}$
kurze Vertikal mit Dachkapazität	$1 * \text{Stablänge}$

- **Wirksame (effektive) Antennenfläche**

Die Strahlungsdichte S einer einfallenden Welle und die entnehmbare maximale Empfangsleistung P_e sind proportional ($P_e \sim S$), der Quotient ist eine Fläche.

Der Antennengewinn vergrößert diese Fläche um den Faktor G

$$\begin{aligned} A &= P_e / S \\ &= G * \lambda^2 / 4 \pi \end{aligned}$$

$\lambda/2$ -Dipol	$0,13 * \lambda^2$
kurze Vertikal	$0,06 * \lambda^2$

- **Abstimmung**

zu kurze Antennen (Resonanz zu hoch) bringen einen kapazitiven Blindwiderstand
zu lange Antennen liefern einen induktiven Anteil an der Einspeisung

→ Herstellung einer Resonanz auf der Betriebsfrequenz ($\lambda/4$ und Vielfache)
durch optimale Draht- oder Elementlängen (auf KW oft schwierig) oder
elektrische „Verlängerung“ durch Endkapazitäten oder Spulen (neue Verluste!)

- **Anpassung**

Der Versuch, die Eingangs-Impedanz der Antenne an das Kabel anzupassen oder
der Versuch, am „unteren“ Ende des Kabels irgendetwas an den Sender anzupassen

Grund: Das meist einzige Messgerät an der Station ist das SWR-Meter
Die Matchbox (SWR-gesteuert) ist eine Pflichteinrichtung an jedem Sender

Fehler: Auch kleine Strahlungswiderstände, große Verlustwiderstände sowie
Antennengebilde völlig neben der Resonanz werden auf 50Ω transformiert.

- Verluste durch einen schlechten Wirkungsgrad sind am SWR-Meter nicht abzulesen:

$\eta = 10 \%$	→	- 10 dB	= 10 W statt 100 W	keine 2 S-Stufen weniger
$\eta = 5 \%$	→	- 13 dB	= 5 W statt 100 W	so gut wie QRP

- Verluste durch Kabel, Stecker, Weichen, Antennentuner, Filter oder Schalter
bleiben ebenso unbemerkt, obwohl sie meist einige dB erreichen.

- Verluste durch das Stehwellen-Verhältnis werden immer weit überschätzt
und bleiben im Bereich einiger Zehntel dB (siehe Blitzinfos zum Thema SWR)

Beispiel: Leitungsverluste 2 dB, $s = 1,5$	→	Zusatzdämpfung	0,1 dB
4 dB, $s = 2$	→		0,4 dB

Was also tun bei Platzmangel?

- auf gefaltete Dipole zurückgreifen (für das 80-m-Band reichen dann 13 m)
- einen kurzen Strahler so lang wie möglich wählen und so frei wie möglich installieren
- als Material gut leitende Metalle verwenden
- Lötstellen vermeiden, Verschraubungen gegen Oxidation schützen
- nur „Verlängerungsspulen“ höchster Güte einsetzen, auch im Anpassgerät
- für Vertikalantennen eine saubere „spiegelnde“ Fläche schaffen
- ein Stehwellenverhältnis von 1,5 (eventuell sogar 2) einfach akzeptieren
- moderne Transceiver reduzieren die Ausgangsleistung bei zu großem SWR
- erste QSO-Erfolge durch Optimierung der Antenne zum Dauerzustand führen