

DL2 RSX

Antennenphilosophie

Eine Antenne wandelt die ihr zugeführte Leistung in ein Energiefeld um, das ins Fernfeld gestrahlt wird und dort eine definierte Feldstärke erzeugt oder sie entnimmt dem Energiefeld eine Leistung und transformiert sie zum zentralen Anschlusspunkt wo sie z.B. als Feldstärke in V/m gemessen werden kann.

Am zentralen elektrischen Anschlusspunkt einer Antenne kann man einen virtuellen, frequenzabhängigen, komplexen Widerstand messen, der durch die Konstruktion der Antenne bestimmt wird. Die Antenne kann wie eine ohmsche Last wirken, wenn der komplexe Widerstand einen reellen Wert annimmt. Auch dann kann er nicht mit üblichen einfachen Methoden gemessen werden. Die Antenne besitzt den Leitungscharakter eines Vierpols. Man benötigt dazu spezielle Messgeräte (ZG-Diagraph, Netzwerkanalysator).

Auch wenn der „Fuß- oder Speisepunkt-Widerstand“ einer Antenne ein nur messtechnisch zu ermittelnder Wert ist, der alle Eigenschaften eines reellen Widerstandes annehmen kann, bleibt er unsichtbar und mit einem „Ohm“- Meter nicht messbar. Dennoch kann damit z.B. ein Vierpol (Kabel) Z-Wert-mäßig richtig abgeschlossen oder damit transformiert werden.

Wird Sendeleistung gleichmäßig und phasengleich auf z.B. zwei optimal konfigurierte Antennen verteilt, dann strahlt jede nur die halbe Leistung ab. Beide Teil- Leistungen addieren sich im Fernfeld wieder. Es hat sich nichts geändert. Es ist so als ob z.B. 2 längsstrahlende Strukturen (Yagiantennen) direkt aufeinander liegen und beide ein gemeinsames Strahlungszentrum besitzen würden. Wenn man die Phasenzentren der beiden Antennen räumlich trennt und auseinander zieht können sich nach bestimmten Richtungen hin Phasenverschiebungen zwischen den sich addierenden Feldstärken ergeben und es entsteht ein „Richtdiagramm“ mit Bündeleffekten und auch Totalauslöschungen. Das ergibt einen zusätzlichen richtungsabhängigen Leistungsgewinn, der nur durch die Gruppenkonfiguration von zwei und mehr Antennen gegeben ist. Dieser wird mit Bezug auf einen Messstandard (Kugelstrahler, Dipol, Gewinnnormal) entweder als Richtfaktor D in linearem Maßstab oder als Antennengewinn G in logarithmischem Maßstab angegeben.

Eine Empfangsantenne setzt die aufgenommene Energie wieder in eine Leistung um, die sich an ihrem virtuellen Fußpunkt-widerstand als Antennenspannung messen lässt (V, V/m, S-Meter-Anzeige).

Wenn man zwei gleiche Netztransformatoren nimmt, wo jeder für sich an einem gleichgroßen Abschlusswiderstand R die Leistung N in Wärme umsetzt, kann man beide mit gleicher Phase in Reihe schalten und die Spannungen zu 2U aufstocken.

Die Spannung wird doppelt so groß, aber die Leistung nur 2 N obwohl sie bei doppelter Spannung deren Quadrat sein müsste.

Die Spannung hat sich zwar verdoppelt, aber jeder der beiden Transformatoren arbeitet auf einen eigenen Abschlusswiderstand R. Die Leistung bleibt bei 2 N weil sich der Widerstand verdoppelt hat (2 R).

Wenn man beide Transformator-Ausgangsspannungen parallel schaltet bleibt die Spannung U gleich, aber die Widerstände sind praktisch parallel geschaltet. Die Gesamtleistung bleibt auch wieder gleich, weil sich der gemeinsame Lastwiderstand halbiert hat (0.5 R).

Bei zwei Empfangsantennen arbeitet jede Antenne genau so wie die o.g. Transformatoren auf ihren eigenen konstruktionstypischen Abschlusswiderstand. Auch hier sind beide Antennen phasenrichtig parallel geschaltet und der Antennenwiderstand halbiert sich und kann zur Anpassung transformiert werden.

Nach der Transformation der parallel geschalteten Widerstände auf den ursprünglichen Wert einer Antenne ergibt sich nach dem Leistungs-Erhaltungsprinzip bei 2 Antennen z.B. eine Spannung, die $1.41 (\sqrt{2})$ mal größer ist.

Eine Antenne ist ein Vierpol. Die Vierpoltheorie hat eigene Gesetze. Schaltet man z.B. zwei gleiche Kabel parallel, so verhalten sich die Z-Werte wie reelle Widerstände, unabhängig von der Länge der Kabel. Die Dämpfung bleibt unverändert wie die eines Kabels, anders als z.B. die Parallelschaltung rein ohmscher Widerstände.

Bei zwei Antennen deren Spannungen sich addieren ergibt eine Parallelschaltung am Punkt der Zusammenschaltung den halben Z-Wert, aber eine $\lambda/4$ Kabel-Transformation auf den doppelten Z-Wert transformiert auch die Spannung und die wird nach dem Leistungserhaltungsprinzip $U \cdot \sqrt{2}$.

Im Sendefall bleibt die Sendeleistung konstant, muss aber auf mehrere Antennen aufgeteilt werden. Die Summe der abgestrahlten Gesamtenergie erreicht nur wieder den ursprünglichen Wert und nicht mehr, Verluste vernachlässigt.

Es ergibt sich eine zusätzliche Bündelung der Strahlung durch den Richtfaktor der Antennen-Gruppen-Konfiguration wie bei einer Einzelantenne durch deren Konstruktion auch.

Betrachtet man die Antenne im Empfangsfall, dann würde jede Antenne einer Gruppe die gleiche Energie aus dem Energiefeld entnehmen. Dieses ist groß, da man HF- Sendeleistung nicht punktförmig, wie mit einem Laser bündeln kann und bis auf Ausnahmen (Radar, Richtfunk) vielfach auch gar nicht will. Das Feld ragt weit über die Ausmaße einer Antennenanlage hinaus. Die Leistungskonzentration beträgt nur einen winzigen Bruchteil der Sendeenergie und hängt ab von der Sendeenergie, der Bündelung der Sendeantenne, der Entfernung der Standorte und der Topografie der Übertragungsstrecke ab.

Bei zwei gestockten Antennen im optimalen Abstand zur Erzielung des größten Richtfaktors entnimmt jede Antenne dem Feld die gleiche Energie. Die Addition ergibt die doppelte Leistung und daraus resultierend den 1.41-fachen Feldstärkewert (Feldstärke ist Spannung, nicht Leistung).

Anders als im Sendefall die Sendeleistung ist das Energiefeld am Empfangsort praktisch homogen und unbegrenzt und es gibt keine Einschränkungen im Leistungsangebot. Bei einer Erhöhung der Antennenzahl in einer Gruppe bleibt die Feldstärke des Energiefeldes gleich, unabhängig wie viele Antennen darin angeordnet werden. Das ist auch unabhängig von der

Antennenkonstruktion selbst. Voraussetzung ist nur dass sich die Antennen und deren Wirkflächen nicht gegenseitig beeinflussen.

Jede Antenne verfügt über eine Wirkfläche (capture area), die einzig und allein von der Arbeitsfrequenz und ihren Gewinn G bzw. Richtfaktor D abhängt. Auch ein punktförmiger Kugelstrahler hat eine Wirkfläche. Das Wirkflächenangebot im Fernfeld ist wegen mangelnder Bündelung im Umfeld einer Antennengruppe praktisch unbegrenzt. Damit kann sich eine Antennengruppe auch eine praktisch unbegrenzt große Gesamt-Wirkfläche gestalten.

Die volle Wirksamkeit einer Antennengruppe ergibt sich nur wenn sich die Wirkflächen der Einzel-Antennen nicht überschneiden. Wie genau Wirkflächen eine Antenne umgeben ist nicht genau bekannt und besteht aus Annahmen. Sie wird aber auch alle konstruktiven Teile einer Antenne oder einer Gruppe mit umschließen.

Jede Einzel-Antenne einer Gruppe arbeitet auf ihren eigenen, strukturbedingten „Antennenwiderstand“.

Wenn eine oder mehrere Antennen einer Gruppe räumlich so orientiert sind, dass sie kein oder nur ein eingeschränktes Signal ihrer eigenen Polarisierung empfangen, dann bleibt deren Antennenwiderstand dennoch wirksam und belastet den Gesamtwiderstand einer Antennengruppe ohne zum Antennengewinn beizutragen. Das kann z.B. den Antennengewinn einer Gruppe aus zwei Antennen auf einen Wert verringern der 3 dB unter dem einer Einzelantenne liegt, unabhängig ob damit empfangen oder gesendet wird.

Im Sendefall wird eine definierte Anzahl von Einzelantennen immer nur durch Teilleistungen erregt deren Summe den Wert der zur Verfügung stehenden Gesamtleistung nicht überschreiten kann.

Beim Empfang käme zu der praktisch möglichen unbeschränkten Leistungsaufnahme aus dem Energiefeld noch die Multiplikation mit dem Richtfaktor einer Antennengruppe hinzu.

Man darf das nicht vergleichen mit der **Speisung** einer Antennengruppe, deren Einzel-Antennen nur mit Teilleistungen einer definierten und begrenzten Gesamtleistung gespeist werden. Der Antennengewinn oder Richtfaktor der Antennenkonstruktionen ist der derselbe und damit muss man z.B. auch die Sendeleistung multiplizieren um ERP oder EIRP zu erhalten oder auf der Empfangsseite einen von einem Messgerät (S-Meter) angezeigten Wert der Empfangs-Feldstärke.

25.03.08

Nachtrag

Ich habe noch einmal über Leif seine 6 dB Groundplain nachgedacht. Er könnte doch Recht haben. Jede Antenne hat ein Richtdiagramm. Das ist aber nicht abhängig von der Speisung. Auch völlig fehlangepasste Antennen haben ein fast unverändertes Richtdiagramm. Wie es aussieht wenn man den Speisedipol kurzschliesst habe ich noch nicht probiert. Dann würde ich damit auch die Messspannung kurz schließen und ich könnte nichts messen.

Sonst ist es so, dass man die Diagramme in Ordnung bringt und dann anschließend erst die Anpassung. Dann misst man noch einmal nach und korrigiert geringfügig wenn notwendig. So war es jedenfalls früher. An einer Antenne kann man aber den Fußpunktwiderstand messen obwohl er nicht da ist. Und er belastet trotzdem bei der Zusammenschaltung. Es ist ein "Systemwiderstand"

Wenn die Antenne gespiegelt wird wird der virtuelle Fußpunktwiderstand zwar auch gespiegelt, aber er liegt ja nicht direkt parallel zu dem der Antenne und kann eigentlich daher auch nicht belasten.

Es müsste also dann eine unbelastete Parallelschaltung sein und die 3 dB bei Zusammenschaltung brauchte man nicht abzuziehen. Ich hatte dir mal geschrieben, dass ich mir noch Gedanken mache mit den Vorverstärkern an jeder Antenne und ich bin mir auch jetzt nicht sicher ob ein Verstärker an jedem Antennenausgang beim Zusammenschalten die Antennen so entkoppelt, dass sich die Widerstände nicht "sehen".

dBm müsste über 1 mW sein.