

Der Einfluß von Bäumen auf Antennen für die unteren Bänder

Nach einem Beitrag von
Carl Luetzelschwab; K9LA
in NCJ, Vol. 34, No. 2

übersetzt und bearbeitet von

DI Jürgen A. Weigl, OE5CWL/OE6CWL

Ein ewiger Diskussionspunkt unter Funkamateuren ist die Frage, wie sehr pflanzlicher Bewuchs Einfluß auf unsere Antennen hat. Bisher gab es dazu leider kaum Hinweise in der Amateurfunkliteratur. Hier hilft ein Artikel von K9LA etwas weiter, der vor allem auch zwei wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema als Zitate nennt. Der Artikel von K9LA erschien in der März/April Ausgabe des NCJ - National Contest Journals der ARRL (Vol. 34. No. 2, pp 30 -31). Das NCJ kann nur jedem Contester empfohlen werden, weil hier immer wieder interessante Artikel zu finden sind.

Da der Einfluß von Bewuchs auf die Wellenausbreitung wohl für viele interessant ist, haben wir für die Homepage des OAFV den Originalartikel übersetzt und bearbeitet.

Eine gute Antenne für die unteren Bänder aufzustellen, ist für viele eine Herausforderung. Vor allem für jene, die keine ausreichenden Antennenmasten oder ähnliches zur Verfügung haben. Eine Möglichkeit für das Aufhängen von Antennen sind dann Bäume.

K9LA verwendet einen Baum, um seine 80/160-m-Antenne zu spannen. Der Draht dieser Antenne beginnt ca. 2 m über Grund und geht vertikal bis zu einer Höhe von ca. 20 m. Hier befindet sich dann ein 80-m-Sperrkreis, der den folgenden Teil für das 80-m-Band isoliert. Nach dem Trap verläuft der Draht horizontal in Richtung auf das Haus. Die Länge des Drahtes ist so gewählt, daß sich Resonanz auch im 160 m Band ergibt. Bei der Antenne handelt es sich also um eine „full size“ Viertelwellen-Vertikal für 80 und eine Inverted L für 160 m. Am Fußpunkt befindet sich eine kleine Induktivität, die der Einstellung der 80-m-Resonanz dient. Durch Umschalten an dieser Induktivität wird die Antenne entweder für das CW- oder SSB-Band resonant gemacht. Als Gegengewicht für die Antenne dienen 6 Radials. Drei weisen eine Länge von 18 m auf, drei sind 36 m lang. Die Radials sind als „elevated radials“ ausgeführt. Das heißt, sie befinden sich über der Erde und tragen ihren Teil zu den Resonanzen bei.

Carl, K9LA hat sich immer, wohl ebenso wie viele andere Funkamateure, gefragt, wie der Baum an dem die Antenne selbst abgespannt ist, aber auch die übrigen, die Antenne umgebenden, Bäume die Abstrahlung beeinflussen. Die Untersuchung von K9LA bezieht sich daher in erster Linie auf den Einfluß von Bäumen auf Antennen für die unteren Bänder. Allerdings dürften die Ergebnisse im wesentlichen auch für die höheren Kurzwellenbänder anzuwenden sein.

Es scheint zwei beachtenswerte Punkte beim Einfluß von Bäumen auf KW-Antennen zu geben: Einerseits der Einfluß des Baumstammes, andererseits jener der Blätter.

Einfluß des Baumstammes

Hinsichtlich des Einflusses eines Baumstammes nennt K9LA Beobachtungen von KF4IX und K9OQK (jetzt W3BZ). Diese wurden in der Rubrik „Technical Correspondence“ in der Zeitschrift QST der ARRL, Ausgabe November 1991, veröffentlicht.

Danach hatten die beiden genannten Amateure eine 80-m-Vertikal, die an einer hohen Fichte hing (Anm.: Die Übersetzung muß hier etwas ungenau bleiben. Der englische Begriff „pine“ steht sowohl für Fichte als auch Kiefer, Föhre und Pinie - OE5CWL). Als Gegengewicht zu dieser Vertikalantenne waren 7 Radials vorhanden, die sich ca. 4,5 m über Grund befanden. Der Abstand des unteren Teils der Antenne zum Baumstamm betrug ca. 30 cm. Das obere Ende der Antenne war vom Baumstamm ca. einen Meter entfernt. Bei der Resonanzfrequenz von 3,740 MHz wurde ein Eingangswiderstand von 50 Ohm gemessen. Ein Computermodell einer solchen Antenne sagt aber einen Strahlungswiderstand von ca. 32 Ohm voraus.

Um herausfinden, woher der zusätzliche Widerstand von 18 Ohm kam, haben KF4IX und K4QQK zuerst das untere Ende der Antenne weiter vom Baumstamm entfernt. Sie änderten dabei den Abstand zum Stamm von 30 cm auf ca. 4,5 m. Das bewirkte keine Änderung. Dann änderten sie die Entfernung des oberen Endes der Antenne vom Baumstamm. Diese wurde von ca. 90 cm auf ca. 1,80 m verdoppelt. Die Resonanz der Antenne stieg dadurch von 3,740 MHz auf ca. 3,770 MHz. Wichtiger aber war, daß der Resonanzwiderstand der Antenne dann bei ca. 35 Ohm lag. Ihre Schlußfolgerung war, daß der Baumstamm ein verlustreiches Dielektrikum darstellt, das bemerkenswerte Verluste aufgrund seiner großen Nähe zum Spannungsmaximum der Antenne verursachte. Das Spannungsmaximum bei einer Viertelwellen-Vertikal liegt bekanntlich am oberen Ende der Antenne.

(Ein Verlustwiderstand von 18 Ohm würde übrigens den Wirkungsgrad der Antenne auf ca. 64 % absinken lassen. Dies bedeutet ein um etwa 2 dB schwächeres Signal. Anm. OE5CWL)

Einfluß der Belaubung

Im Hinblick auf die Belaubung bezieht sich K9LA auf eine Arbeit von Theodor Tamir [1]. Tamir entwickelte Formeln, um den zusätzlichen Verlust auf die Kurzwellenausbreitung durch Belaubung in einem Wald zu berechnen. Abbildung 1 zeigt das Modell, das diesen Berechnungen zugrunde liegt. Eine Antenne befindet sich in einem Wald (grau dargestellt), dessen Belaubung beschrieben wird durch die Dielektrizitätskonstante ϵ und die Leitfähigkeit σ . Die Antenne befindet sich in einer gewissen Höhe über Grund, während der Wald eine bestimmte mittlere Höhe aufweist, die größer ist als die Antennenhöhe. Der Wald selbst weist eine bestimmte Länge auf. Untersucht wird dann die Dämpfung, die bei einem bestimmten Erhebungswinkel („Elevation Angle“) auftritt.

Der Einfluß von Bäumen

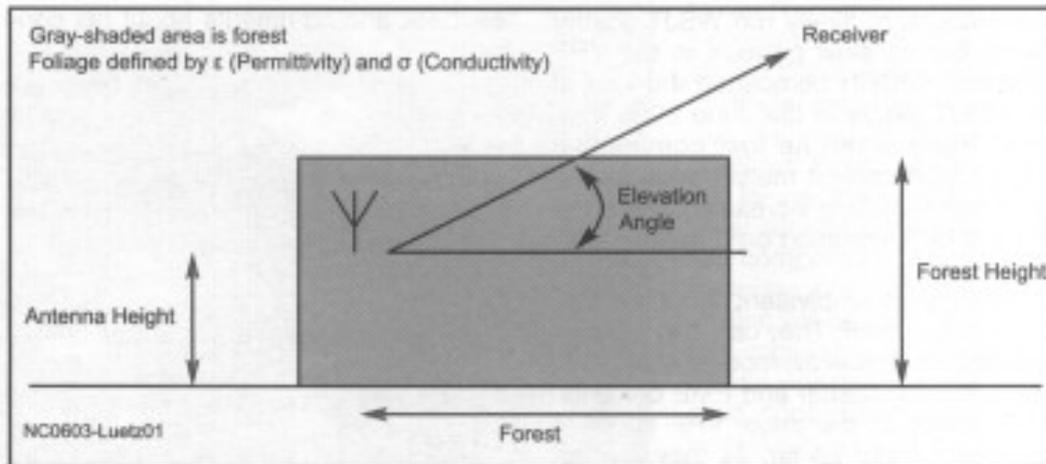


Figure 1—Theodor Tamir's model of an antenna in a forest.

Abbildung 1: Das Modell von Theodor Tamir für eine Antenne im Wald

Die spezielle Situation bei K9LA sieht so aus, daß sich der Wald Richtung Nord und Ost über ca. eine Viertelmeile (= 402 Meter) ausbreitet. Daher nahm er für die Länge des Waldes einen Wert von 402 m an. Die Höhe des Waldes wurde mit 23 Meter berücksichtigt. Da sich die Belaubung auf den oberen Teil des Waldes konzentriert (ungefähr 6 m), wurde die Antennenhöhe mit 17 m festgelegt. Untersucht wurde dann ein Erhebungswinkel von 20 Grad.

(Anm. OE5CWL: K9LA macht leider keine genaueren Angaben hinsichtlich der verwendeten Formeln und der Frage, wie genau die Antennenhöhe einer Vertikalantenne zu berücksichtigen ist. Bei Horizontalantennen ist die Situation relativ klar. Bei Vertikalantennen konzentriert sich die Abstrahlung auf den unteren Teil des Strahlers. Damit ergibt sich eine relativ niedrige wirksame Antennenhöhe. Unter wirksamer Antennenhöhe wäre jener Punkt zu verstehen, an dem man sich punktförmig die gesamte Abstrahlung konzentriert vorstellen könnte. Bei sinusförmiger Stromverteilung am Strahler wäre dies ein Drittel der Gesamthöhe des Strahlers. Ob der Einfluß der Belaubung von der Polarisation abhängt, geht aus dem Artikel nicht hervor. Allerdings dürfte ein solcher Einfluß kaum gegeben sein, denn die Blätter eines Waldes orientieren sich ja mehr oder weniger beliebig. Näheres könnte ggf. den Arbeiten von Tamir entnommen werden. Diese liegen mir aber leider nicht vor.)

Hinsichtlich der anzusetzenden Dielektrizitätskonstante und der Leitfähigkeit der Belaubung greift K9LA auf eine frühere Arbeit von Tamir [2] zurück. Die relative Dielektrizitätskonstante von Belaubung liegt typischerweise zwischen 1,1 und 1,2. Es wurde bei der Berechnung daher ein Wert von 1,15 angesetzt. Die Leitfähigkeit ist in der Größenordnung von $1 \cdot 10^{-4}$ S/m. Diese spielt für die Verluste eine größere Rolle als die Dielektrizitätskonstante.

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Berechnungen von K9LA. Das Modell nach Tamir sagt nun aus, daß der zusätzliche Verlust durch die Belaubung bei einem Abstrahlwinkel von 20 Grad bei 160 m bei etwa 9 dB liegt. Auf 80 m sind es 6 dB. Bei niedrigerem Erhebungswinkel steigen die Verluste um einige dB. Umgekehrt sind sie bei höherem Abstrahlwinkel geringer. (Anm. OE5CWL: Man beachte, daß entgegen landläufiger Meinung die Verluste nach Abbildung 2 mit zunehmender Frequenz abnehmen. Allerdings ist hier nur ein Bereich von 1 bis 8 MHz dargestellt).

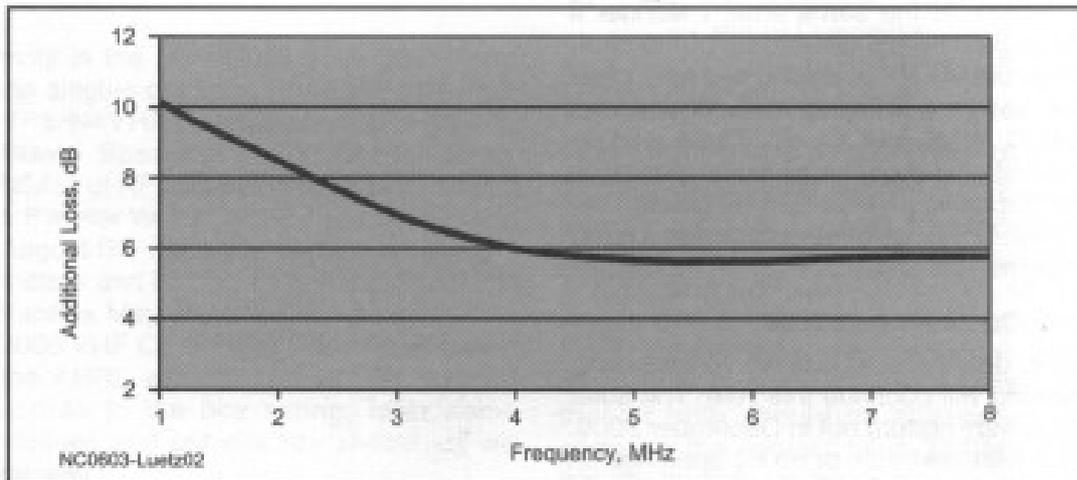


Figure 2—The additional loss versus frequency due to foliage.

Abbildung 2: Die zusätzlichen Verluste durch die Belaubung in Abhängigkeit der Frequenz. Die Werte gelten nur für die spezielle Situation bei K9LA!

K9LA fragt sich nun, ob diese Werte als sinnvolle Ergebnisse interpretiert werden können. Da ihm jedoch keine Vergleichsmöglichkeit zur Verfügung steht, kann diese Frage nicht beantwortet werden. Festzuhalten ist aber, daß K9LA auf 80 und 160 m vor allem im Herbst und Winter arbeitet. Und dann haben die Bäume ihr Laub verloren.

Diesen Punkt hat K9LA noch näher untersucht. Wenn man nach Abfallen der Blätter im Modell von einer Dielektrizitätskonstante von 1,0 und einer Leitfähigkeit von $1 \cdot 10^{-5}$ S/m ausgeht, so ergeben sich in der Berechnung keine zusätzlichen Verluste. Die Erfahrungen von K9LA während der Wintermonate auf 80 und 160 m scheinen dies zu bestätigen. K9LA geht davon aus, daß er durch die Antenne in den Bäumen bei Pile-Ups nicht viel verliert, wenn überhaupt.

Zusammenfassend meint Carl Luetzelschwab, wenn man seine Antenne für die unteren Bänder in die Bäume hängen muß, sollte man den oberen Teil (von Vertikalantennen - Anm. OE5CWL) mindestens 0,023 Wellenlängen vom Baumstamm entfernt halten (das sind ca. 3,8 m auf 160, 2 m auf 80 und ca. 1 m auf 40 m - Anm. OE5CWL). Wenn möglich sollte man dafür Bäume mit geringer Belaubung aussuchen. Wenn all dies nicht möglich ist, sollte man sich zumindest darüber freuen, daß die meisten großen Contests (und die besten Ausbreitungsbedingungen) im Herbst und Winter gegeben sind.

Literatur:

- [1] Tamir, Theodor; „Radio Wave Propagation Along Mixed Paths in Forest Environments“, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, AP-25, No. 4, July 1977, pp 471 - 477
- [2] Tamir, Theodor; „On Radio-Wave Propagation in Forest Environments“, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, AP-15, No. 6, November 1967, pp 806 - 817