

Leitfähigkeit für die gänzlich andere Form des Stromflusses zu bewirken, der bei einer Ground-Plane-Antenne für den Hochfrequenzstrom zur Verfügung stehen muß. Dieser Fall soll deshalb in allen Einzelheiten behandelt werden, um unser Verständnis zu vertiefen.

Vertikal-Strahler über dem Erdboden

Lassen Sie uns einen Augenblick abschweifen, um einen Blick auf das Verhalten des elektrischen Feldes und der Stromverteilung bei einer Ground-Plane-Antenne zu werfen, um dadurch zu erkennen, welche Art von Erdungssystem solche Antenne benötigt, um ein günstiges Stromverhalten zu erzielen. Bei der Ground-Plane-Antenne ist der eine Pol des Generators an das untere Ende des vertikalen Strahlers angeschlossen und der andere Pol an einen Erdungspunkt unmittelbar unter dem Strahler. Während der Halbwelle, in der der Strom im Strahler aufwärts fließt, kehrt der gesamte Strom mit Hilfe der Kapazität zwischen Strahler und Erdboden in Form von vielen verzweigten Verschiebungsströmen im Erdboden zurück. Diese Verschiebungsströme folgen den Feldlinien, wie in **Abb. 1** dargestellt.

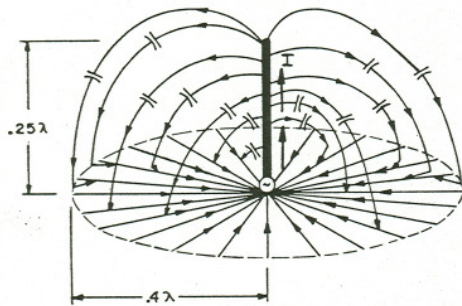


Abb. 1. – Halbkugel der Verschiebungsströme, die als Folge der Kapazität einer $\lambda/4$ -Vertikal-Antenne vom Strahler zur Erde bzw. zu den Gegengewichten fließen. Bei Frequenzen oberhalb von 3 MHz fließen die Hochfrequenzströme fast ausschließlich in einer Schicht von wenigen Zoll Dicke des Erdbodens wie im Text näher beschrieben. In den Boden geschlagene Eisenstangen haben bei diesen Frequenzen so gut wie keinen Wert. Für die Befestigung am Ende der einzelnen Gegengewichte genügen lange Nägel. Bei einer genügenden Anzahl von Gegengewichten bringen ringförmige Drähte als Verbindung zwischen den einzelnen Gegengewichten keine Verbesserung des Wirkungsgrades der Antenne, weil der Weg des Stromes von Natur aus strahlenförmig zum Fußpunkt der Antenne gerichtet ist.

Das elektrische Feld, das die Antenne umgibt und die Verschiebungsströme erzeugt, füllt den gesamten Raum um die Antenne herum in der Gestalt einer abgeplatteten oder etwas verzerrten Halbkugel. Diese Halbkugel trifft auf den Erdboden in einem dort gedachten Kreis mit einem Radius von etwas über $0,4\lambda$ für Strahler einer Länge von $\lambda/4$ (Dieser Radius wird kleiner, wenn die physikalische Höhe des Strahlers abnimmt). Die Verschiebungsströme treten in den Erdboden innerhalb des gedachten Kreises überall ein und fließen dann auf der kürzesten Verbindung zurück zum Erdungspunkt, an dem der Generator angeschlossen ist. Obgleich einige wenige dieser Stromlinien etwas tiefer in den Erdboden eindringen mögen, fließt bei Frequenzen oberhalb von 3 MHz wegen des Skin-Effektes praktisch der gesamte Strom innerhalb weniger Zoll Tiefe des Erdbodens.

Nun wollen wir einen Erdungspunkt betrachten, der einfach aus einer Wasserleitung oder aus ein oder zwei Stangen besteht, die in den Erdboden geschlagen wurden. Dann muß der gesamte im Erdboden zurückfließende Strom aus allen Richtungen durch den schlecht leitenden Erdboden zu dem Erdungspunkt zurückfließen. Der Widerstand eines solchen Erdungssystems wird häufig als „hinreichend niedrig“ eingestuft, wenn man mit Gleichstrom mißt. Dieses System mag deshalb als ausreichend für einen Blitzableiter angesehen werden, aber es bringt eine Menge von Verlustwiderstand mit sich, wenn man diese Erdung für eine Antenne untersucht, in der Hochfrequenz fließt. Der Hochfrequenz-Wirkwiderstand übersteigt häufig den Strahlungswiderstand der Antenne selbst! Wenn man zwei bis vier Gegengewichte hinzufügt, ergibt das System gute Leitfähigkeit in Richtung zum Erdungspunkt für diejenigen Ströme, die den

Erdboden bei diesen Gegengewichten erreichen, aber dies ist nur ein verschwindend geringer Anteil des Gesamtstromes, der in den Erdboden eintritt innerhalb des gedachten Kreises um den Erdungspunkt. Deshalb fließen alle diese übrigen Stromanteile immer noch durch den verlustreichen Erdboden, und das Ergebnis besteht darin, daß wir immer noch einen hohen Verlustwiderstand haben.

Wenn wir dagegen einen Erdungspunkt betrachten, der aus einer ausreichenden Anzahl von gleichmäßig verteilten Gegengewichten (90 bis 100 Stück) besteht, die eine Länge von $0,4\lambda$ aufweisen, um alle Ströme aufzunehmen, dann finden alle Verschiebungsströme einen gut leitenden Weg zurück zum Erdungspunkt. Dies kann man durch Betrachtung der Abbildung sich gut vorstellen. Diejenigen Stromanteile, die den Erdboden zwischen den engmaschig ausgelegten Gegengewichten erreichen, biegen sofort ab in Richtung des nächsten erreichbaren Gegengewichtes und bewegen sich deshalb nur eine ganz kurze Strecke durch den verlustbehafteten Erdboden, bis sie den gut leitenden Weg des Gegengewichtes erreichen. Deshalb haben wir mit einer großen Anzahl von Gegengewichten ein fast ideales Erdungssystem, das nur einen vernachlässigbar kleinen Betrag an zusätzlichem Wirkwiderstand zu dem Antennenscheinwiderstand hinzufügt, der zwischen dem Fußpunkt des Strahlers und dem Erdungspunkt besteht ([3], [10], [11] und [12], Seite 115 bis 124). Aus diesen Betrachtungen erkennen wir, warum ein Erdungssystem nach Art der Blitzableitererdung, obgleich sehr häufig im Gebrauch, völlig unzureichend für ein Antennensystem ist, das Hochfrequenz abstrahlen soll ([12], Seite 82).

Wir wollen mit dieser Feststellung nun nicht die Behauptung aufstellen, daß man Ground-Plane-Antennen mit einem schlechten Erdungssystem überhaupt nicht gebrauchen sollte oder daß mit ihnen nicht auch brauchbare Ergebnisse erzielt werden können. Aber der Unterschied zwischen einer Antenne mit überhaupt keinem Gegengewicht oder drei bis vier Stück verglichen mit einer solchen mit hundert Gegengewichten kann mehr als 3 dB ausmachen. Das ist aber wesentlich mehr, als an Verlusten durch ein Stehwellenverhältnis von 4:1 oder 5:1 auf der üblichen Koax-Speiseleitung, wie sie die Amateure benutzen, entsteht. Durch diese Betrachtung soll vielmehr herausgestellt werden, daß bei einem Erdungssystem mit zu wenig Gegengewichten der Erdungswiderstand unbekannt und nicht vor-ausberechenbar ist. Dieser Umstand wiederum hat zur Folge, daß die zu erwartenden Werte des SWR nicht berechenbar und deshalb unbrauchbar für den Zweck der Beurteilung der Qualität des Antennensystems im Ganzen ist. Das wäre nur anders, wenn die Möglichkeit bestände, die Änderung des SWR zu messen, indem man den Erdwiderstand ein- und ausschalten könnte.

Für Amateurantennen genügt es in der Praxis, um den Erdungswiderstand auf einen ausreichend niedrigen Wert zu bringen, wenn man 40 bis 50 Gegengewichte für eine Ground-Plane-Antenne verwendet; denn der Gewinn durch Hinzufügen von weiteren 50 Gegengewichten bei einer Ground-Plane-Antenne ist nur noch gering und wird deshalb wahrscheinlich nicht die zusätzlichen Kosten und Mühen rechtfertigen. Wenn man aber verkürzte Vertikal-Antennen verwendet (von $1/8$ der Wellenlänge und weniger), muß man berücksichtigen, daß der Strahlungswiderstand und damit der Fußpunktwiderstand immer weiter abnimmt, je kürzer der Strahler wird. Dadurch wird der Erdungswiderstand einen immer größeren Teil des Gesamtwiderstandes ausmachen und dadurch den Wirkungsgrad der Antenne als Strahler herabsetzen. Deshalb muß in diesen Fällen der Erdungswiderstand so niedrig wie möglich gehalten werden, um die auch in einer kurzen Antenne steckenden Möglichkeiten voll auszunutzen ([11], [13], [12], Seite 18 bis 29); denn es besteht praktisch kaum ein Unterschied in der Strahlungsfähigkeit einer Ground-Plane-Antenne oder eines Vertikal-Strahlers von $\lambda/8$ oder kürzer, mit Ausnahme des steigenden Anteils der Erdverluste und des Verlustwiderstandes der Spule, die benötigt wird, um den kapazitiven Blindwiderstand am Fußpunkt der verkürzten Antenne zu kompensieren. Die Literatur darüber ist fast unübersehbar, weshalb auf folgende Nummern des Literatur-Verzeichnisses verwiesen sei: [3], [5], [14] und [15].

Literaturverzeichnis und 2. Teil folgen im nächsten Heft.