

Erdung und Mantelwellen

Inhalt

- Einleitung
- Sicherheitserde
- HF-Erde
 - Notwendig?
 - Notwendig!
- künstliche Erde
- Mantelwellen
- Mantelwellensperre
 - Linkkopplung / Trenntrafo
 - Kabeldrossel
 - Sperrern mit Ferritkernen
 - Resonante Mantelwellensperre

Für QRP-Fans ist das Erdungsproblem in bezug auf BCI/TVI vielleicht marginal - für einen möglichst effizienten Übergang der Senderausgangsleistung vom Draht in den Raum jedoch ziemlich wichtig. Das Thema "Stationserde" hat mich interessiert, solange ich funke. Wie man auf vielen QSL-Karten und Homepages mit Shack-Photo erkennen kann, sind viele Amateurfunkstationen in Etagenwohnungen oder Eigenheim-Obergeschossen untergebracht. Eine ordentliche Stationserde ist da meist nicht zu realisieren. Endeffekt: vagabundierende HF ohne Ende!? Überhaupt findet sich zum Thema Erdung (egal für welchen Zweck) kaum Literatur. Immerhin liest man auf dem DL-QRP-AG-Server oder im Packet-Radio gelegentlich einen Hinweis auf die Erdung unsymmetrischer Antennen. Aber eigentlich viel zu wenig, wenn man den (vermuteten) hohen Prozentanteil unsymmetrischer Antennen an der Menge aller vorhandenen Amateurfunkstationen berücksichtigt. Etwas Licht ins Dunkel möchte der nachfolgende Text bringen.

Trennen wir erst einmal zwei Dinge: Sicherheitserde und HF-Erde.

Sicherheitserde

Die Sicherheitserde sollte JEDES Gerät haben. Wir haben ja zumeist Geräte mit Metallgehäuse. Da sollte es nicht vorkommen, daß es bei ans Netz angeschlossenen Geräten (auch ohne HF!) leicht kribbelt, wenn man mit dem Finger über Metallkanten streicht. Unangenehmer ist schon der Effekt, wenn man eine Koaxialverbindung auf-trennt und plötzlich ein solches Kribbeln in beiden Händen spürt; weil diese Koaxverbindung auch als Sicherheitserde fungierte!

Die Länge dieser Sicherheitserde ist nicht kritisch. Hauptsache, sie ist vorhanden, verbindet wirklich alle Geräte und ist nicht zu dünn!

HF-Erdung

Da wir mit unsere Sendeenergie kein Dummy-Load sondern das Herz des QSO-Partners am anderen Ende der Verbindung erwärmen wollen, muß diese Energie möglichst ohne Verluste in die Luft gebracht werden. Dies kann nur über die Verwendung von ZWEI Anschlüssen geschehen. Nun kommt es aber sehr stark auf die verwendete Antennenanlage jedes Einzelnen an, ob diese Erkenntnis zu einem Problem wird oder nicht.

Notwendig?

Benutzer einer **symmetrischen Antenne** (z.B. Dipole) haben hierbei einen großen Vorteil. Da sie stets beide Anschlüsse in der Luft haben, entfällt bei ihnen die Problematik der HF-Erdung. Bei Nutzern von **asymmetrischen Antennen mit Radials** (z.B. Groundplanes) wird das Radial als Gegenpol zum Stahler verwendet, so daß bei ihnen keine HF-Erde erforderlich ist. Aber Achtung! Radials sollten für eine ordnungsgemäße Funktion stets eine Länge von Lambda-Viertel aufweisen.

Schlechter geht es da schon den Nutzern von **asymmetrischen Antennen ohne Radials** (z.B. Langdrähte, Vertikals). Da sie die Erde stets als Gegenpol nutzen, ist eine gute Qualität dafür erforderlich.

Notwendig!

Das Problem mit dem Erdanschluß steht also nur, wenn wir die Erde als zweiten Anschluß für unsere Antenne brauchen. Das ist in der Regel nicht erforderlich und in der Fachliteratur wird davon abgeraten. So wird empfohlen, statt der Erde, einige Radiale an einem vertikalen 1/4L-Strahler anzubringen. Wenn man nun mit geeigneten Leitungen diese beiden Anschlüsse mit seiner Station verbindet und die Anschlüsse den Umständen entsprechend platziert, dann gibt es auch keine vagabundierende HF auf irgend einer Leitung.

Wenn man jedoch auf die Verwendung der Erde angewiesen ist (z.B. bei Fuchsantennen oder Langdrähten), so besteht bei der HF-Erde dabei das Problem, daß, vom Portabelbetrieb einmal abgesehen, die meisten Leitungen zur Erde einfach zu lang werden, wenn man nicht gerade sein Shack im Keller oder im Parterre hat. Denn schon bei einer Viertelwellenlänge gibt es ja eine Transformation von nieder- nach hochohmig, und die Leitung zieht keinen HF-Strom, wirkt also nicht als HF-Erdverbindung. Manche Leute versuchen, dieses Problem dadurch zu beheben, daß sie die lange Erdleitung mit einem LC-Serienkreis (künstliche Erde siehe weiter unten) auf Stromminimum abstimmen. Das geht; das Sendergehäuse wird HF-kalt, aber man zieht unter Umständen Sendeenergie in Bereiche des Hauses, wo dieser HF-Strom Unheil anrichten kann (BCI, TVI, Fi-Schalter auslösen). Denn vor allem die abgestimmte Erdleitung strahlt ebenfalls HF ab. Also ist Vorsicht geboten.

Die ideale HF-Erde wäre eine große Metallscheibe möglichst nahe am Funkgerät. Man braucht jetzt aber nicht gleich im nächsten Baumarkt nach einer solchen Metallscheibe zu fragen. Zwei Beispiele für schon vorhandene Scheiben sind der Metallrumpf eines Schiffes und das Metaldach des Wohnhauses. Eine gute Annäherung ist aber auch

ein aus Draht zusammengelötetes Netz mit einer für Kurzwellen möglichst kleinen Maschenweite (etwa 50 cm x 50 cm oder auch 70 cm x 70 cm). Der Größe dieses Netzes in Richtung Länge und Breite sind keine Grenzen gesetzt. Diese Netz kann man zum Beispiel auf den Dachboden, unter den Teppich oder über die hölzerne Balkonbrüstung legen. Man kann so ein Netz aber auch im Garten einwachsen lassen. Dazu noch ein kleiner Tip: Rasenmäher auf unterste Stufe stellen, Rasen mähen, Netz auslegen, Netz mit ca. 10 cm langen, selbstgebogenen U-Häkchen alle halbe Meter ins Erdreich nageln und dann warten bis Gras darüber wächst. Nach zwei Wochen ist nichts mehr zu sehen.

Bei einem QRP-Treffen in Pottenstein wurde schon einmal von einem OM bei der Demonstration einer mehrbandigen Mobilantenne dieses Erdnetz als Gegengewicht benutzt. Es eignet sich gut sich als Gegengewicht für endgespeiste Drähte, unabhängig von der benutzten Wellenlänge (im Gegensatz zu den Radials, die ja eine bestimmte Länge haben müssen). Aber in der Amateurliteratur ist ein solches Erdnetz nicht bekannt (bei Leuten, die einmal bei den Streitkräften in Funktrupps gedient hatten, wohl schon eher).

Es gibt KEIN Patentrezept für die Realisierung einer guten HF-Erde. Jedoch habe ich nachfolgend mal zwei Beispiel aufgeführt, die als Denkanstoß auf dem Weg zur Realisierung einer eigenen Variante dienen soll.

Die Station steht im 1. Stock eines Einfamilienhauses. Das Gehäuse des Tuners wurde über ein dickes Kupferkabel mit dem nächsten Heizungsrohr (Kupfer) verbunden. Im Erdgeschoß befindet sich eine Unterbodenheizung, die aus Kupferschlangen besteht und pro Raum die Form einer bifilar gewickelten Flachspule hat. Da alle Rohre leitend miteinander verbunden sind, stellt die Erdgeschoßdecke so etwas wie eine große Kondensatorplatte gegen Erde dar (sicherlich mit einer gewissen Eigeninduktivität). Das ganze System ist im Keller dann noch mit dem Fundament verbunden. Dieser ist ein Ringerder aus verzinktem Stahl, der im Betonfundament eingegossen ist.

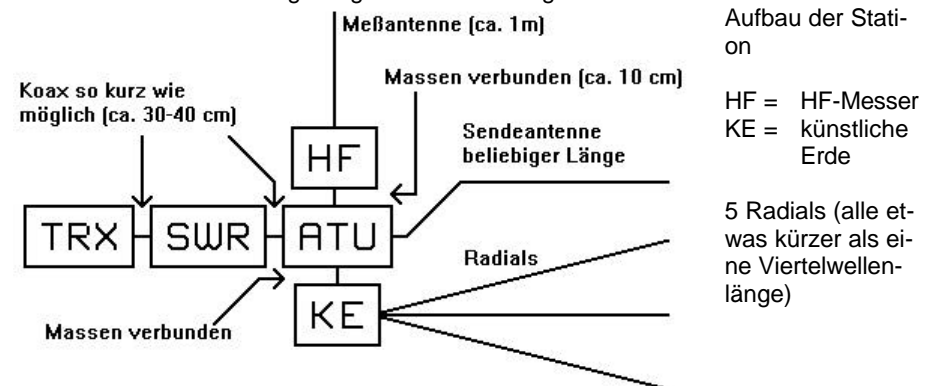
Ein OM hatte sich im Garten wegen eines günstigen Angebotes einen Brunnen schlagen lassen. Sicher war die Gewinnung von kostenlosem Gießwasser ein Aspekt, aber ein Ham hat natürlich Hintergedanken! Dieser "Staberder" reichte gute 7 Meter in den Boden und hatte Kontakt zum Quell-/Grundwasser. Ursprünglich war es seine Absicht, das metallische Tiefenrohr als zusätzliche Blitzschutzerde (über einen entsprechenden Koaxschalter) für seine GAP-Titan zu verwenden. Darüber hinaus wollte er es aber auch noch z.B. als Gegengewicht für "normale" Groundplanes oder sonstige Antennenform verwenden. ABER, das Brunnenrohr ist natürlich eine gute Erde, um Blitze abzuleiten oder für Langwelle, aber bei KW ist das Grundwasser zu weit weg, um wirklich gute Ergebnisse der GAP Titan oder ähnlich teure Antennen zu reproduzieren. Bei einem Leiter von Viertelwellenlänge tritt eine Transformation von nieder- zu hochohmigen Verhalten auf und das gute Brunnenrohr zieht keinen HF-Strom mehr.

Künstliche Erde

Wenn man keine kurze Verbindung zu einer vorhandenen Erde realisieren kann oder ein (oder mehrere gleichlange) Radial für mehrere Frequenzen benutzen will, bietet sich eine künstliche Erde als Hilfe an.

Wie allgemein bekannt, gibt es schon bei einer Leitung mit einer Viertelwellenlänge eine Transformation von nieder- nach hochohmig, und die Leitung zieht keinen HF-Strom, wirkt also nicht als HF-Erdverbindung. Manche Leute versuchen, dieses Problem dadurch zu beheben, daß sie die lange Erdleitung mit einem LC-Serienkreis (der sogenannten künstliche Erde) auf Stromminimum abstimmen. Das geht; das Sendergehäuse wird HF-kalt, aber man zieht unter Umständen Sendeenergie in Bereiche des Hauses, wo dieser HF-Strom Unheil anrichten kann (BCI, TVI, Fi-Schalter auslösen). Denn vor allem die abgestimmte Erdleitung strahlt ebenfalls HF ab. Also ist Vorsicht geboten.

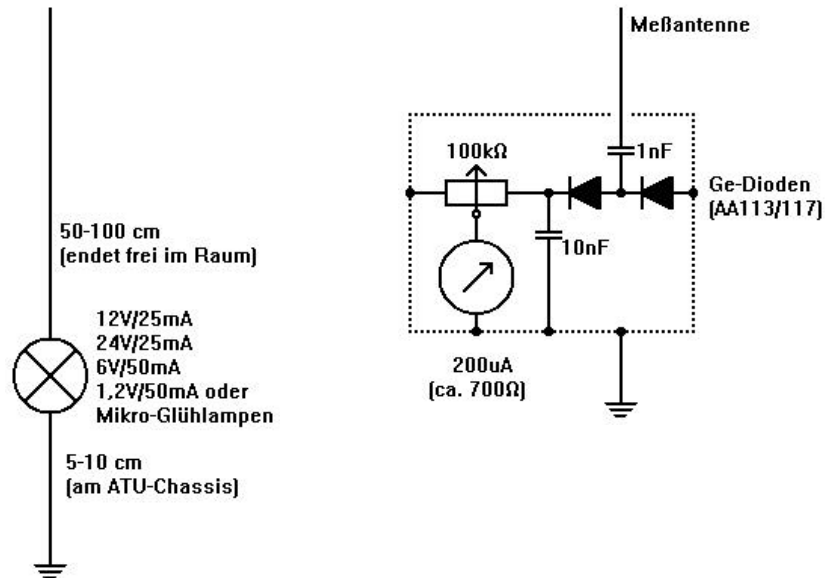
Eine Verwendungsart für diese künstliche Erde gab mir Rudi, DL2RM. Seine Station, von der Erdungsseite betrachtet, sieht so aus. Er gab auch die angeführten Hinweise für die korrekte Abstimmung der ganzen Anordnung.



Vorgehen beim Abstimmen:

- ATU auf SWR-Minimum abstimmen
- Künstliche Erde (KE) auf HF-Minimum am ATU-Chassis abstimmen (das entspricht nicht dem maximalen Radialstrom bzw. Radialspannung! Dieser Unterschied beträgt ca. ein Fünftel oder Sechstel des Vollausschlags am Instrument.)
- bei Bedarf ATU nochmals auf SWR-Minimum abgleichen
- Priorität hat immer das Erreichen von HF-Minimum am ATU-Chassis

Bei QRO (ca. 100W) geht die Lampenmethode immer hervorragend. Es wird so lange abgestimmt, bis die Lampe nicht mehr leuchtet. Ich denke, die alte Vorhergehensweise (Abstimmen auf maximale HF auf den Radials) stimmt für eine grobe Orientierung durchaus, für einen letzten Schliff, gerade für QRP, wo man mit jedem mW geizen sollte, paßt es meiner Meinung nicht so 100%ig. Gegenstationen können keinen Unterschied feststellen, interessant wäre aber eventuell eine Messung in ca. 100m Entfernung oder so. Für mich persönlich ist es ein "unerträglicher Gedanke", daß das Chassis HF führt. Bei 100W (auch schon ab 25W) kann der Unterschied so groß sein, daß es Kribbeleffekte in den Fingern gibt.



HF-Spannungsmesser ab ca. 5W bis QRO (getestet bis 600W)

HF-Spannungsmesser bis ca. 2W

Wichtig! Klemmt man den HF-Spannungsmesser an das TX-Chassis, so führt dieses meßbar mehr HF als das ATU-Chassis. Die Radialabstimmung kann aber dann so gemacht werden, daß das TX-Chassis HF-Minimum führt; dafür hat das ATU-Chassis dann wieder mehr HF. Ich bin immer so vorgegangen, daß das ATU-Chassis auf HF-Minimum abgestimmt wird. Vielleicht ist das Ganze eine "spinnerte" Angelegenheit, die für die Praxis unwesentlich ist. Ich fahre damit aber immer gut.

Mantelwelle

Wenn man eine symmetrische Antenne UND eine symmetrische Speiseleitung verwendet wird, kann man diesen Abschnitt getrost vergessen. Ist jedoch etwas unsymmetrisches enthalten, so treten Mantelwellen auf. Diese sind bei QRP-Betrieb nicht so gravierend, jedoch sollte jedem klar sein, daß sie da sind und damit auch Störungen hervorrufen können!

Diese Mantelwellen in einer Antennenanordnung sind die Folge der elektrischen Unterschiede der beiden Leiter der Antenne. Sind beide Leiter gleichartig aufgebaut (z.B. zwei gleiche Dipolhälften über eine Hühnerleiter gespeist), so treten keine Ausgleichströme in der Anordnung auf. Wird aber z.B. ein Koaxkabel verwendet, so ist schon auf Grund des Aufbaus des Kabels mit seinen unterschiedlichen Leitern mit der Entstehung von Ausgleichströmen zu rechnen. Das gleiche tritt auf, wenn man eine un-

symmetrische Antenne über eine symmetrische Speiseleitung OHNE geeignetes Symmetrierglied (z.B. Balun) betreiben will. Diese HF-Ausgleichsströme stellen sozusagen einen eigenen kleine HF-Aussendung dar und können BCI/TVI hervorrufen.

Mantelwellensperren

Um Störungen durch diese Mantelwellen zu verhindern, wurden schon viele Anordnungen ersonnen. Das manchmal auch einfache Sachen zum Erfolg führen, beweisen z.B. Anordnungen, bei denen eine Antenne an einem entfernten Ort über ein Koaxkabel gespeist wird, wobei daß Kabel im Erdreich vergraben wurde. Durch das Erdreich "versumpfen" die Mantelwellen schon vor dem Erreichen des Shacks.

Kann oder soll eine Antenne aber nicht über diese Variante gespeist werden, so wurden nachfolgend einige Möglichkeiten für Sperren aufgeführt.

Linkkopplung / Trenntrafo

Eine Mantelwellensperre in Form einer Linkkopplung oder eines Trenntrafos wird von einigen Ham's als nicht gut angesehen, da die Antenne selbst statisch nicht geerdet wäre und sich so gleichspannungsmäßig unkontrolliert aufladen könnte, bis es irgendwo überschlägt und im RX knistert oder gar "tröpfelt".

Kabeldrossel [1]

Im einfachsten Fall kann das Koaxialkabel selbst die Ausbildung von Mantelwellen unterdrücken, wenn man es am antennenseitigen Ende ringförmig zu einer Drossel aufwickelt. Die Kabelwindungen werden als Ringbündel gewickelt und mit wetterfestem Klebeband zusammengehalten. 8 bis 10 Windungen bei einem Spulendurchmesser von 10 bis 15 cm sind für den Kurzwellenbereich ausreichend. Die Vorteile einer solchen breitbandigen Einspeisedrossel bestehen darin, daß das koaxiale Speisekabel nicht unterbrochen werden muß, daß keinerlei Abstimm- und Abgleicharbeiten erforderlich sind und daß die Drossel Breitbandeigenschaften hat. Die Nachteile bestehen in der relativ großen Gewichtsbelastung am Speisepunkt, die besonders bei Drahtantennen hinderlich sein kann. Außerdem läßt die Drosselwirkung bei hohen Frequenzen wegen der verteilten Kapazitäten zwischen den Windungen nach. Man darf deshalb diese Drossel nur als eine brauchbare Behelfslösung ansprechen.

Sperren mit Ferritkernen

Bei dieser Art von Mantelwellen kann man zwei Varianten unterscheiden.

Bei der ersten Variante wird das Koaxkabel um einen (oder mehrere) große Ferritkerne gewickelt. Wenn der Innendurchmesser des Kernes zu klein ist, um z.B. 10 Windungen eines "normalen" Koaxkabels unterbringen zu können, wählt man einfach der Größe des Ringkernes entsprechend dünnes Koaxkabel. Da es sich hierbei nur um

kleine Leitungslängen handelt, deren Verluste im Kurzwellenbereich sehr gering sind, erscheint dies als eine brauchbare Ausweichlösung.

Bei der zweiten Variante werde viele Ferritkerne über das Koaxkabel gefädelt. Daher können kleinere Kerne benutzt werden. Der Anzahl von Kernen sind keine Grenzen gesetzt. Es sollte aber trotzdem nur so viele Kerne aufgefädelt werden, wie für eine sichere Mantelwellenunterdrückung erforderlich sind.

Resonante Mantelwellensperre

Neben der Kabeldrossel als Mantelwellensperre käme noch noch eine "resonante Mantelwellensperre" in Frage, wenn es sich um eine Einband-Antenne handelt. Bei der resonanten Mantelwellensperre wird das Speisekabel zu einer Schleife von einer bis wenigen Windungen zusammengefaßt; man muß dann am Anfang und Ende dieser Schleife den Schirm kontaktieren und dort einen Drehko anschließen, mit dem man das Ganze zu einem Sperrkreis für das verwendete Band abstimmt.

Die Gleichstromdurchlässigkeit und damit die statische Erdung der Antenne ist natürlich auch gegeben, so daß es nicht zum RX-Knistern kommen kann.

Quellen:

[1] Karl Rothammel, Y21BK, Antennenbuch, S. 127ff, Militärverlag der DDR, 1984
Zusammengetragen und bearbeitet von Ingo, DK3RED, und vielen Helfern im Hintergrund.

Stand: 19. Juli 2000