

Neues DARC-Messsystem

Aktive Empfangsantenne für ENAMS

Jörg Logemann, DL2NI

In der CQ DL 11/17 wurde kurz über das neue Messsystem ENAMS berichtet, welches 2018 entstehen und eine deutschlandweite Beobachtung der meist menschengemachten Störungssignale (Man-made Noise) im Bereich 100 kHz... 30 MHz ermöglichen soll. Dieses System erfordert einheitliche Stationen mit bekannten Eigenschaften, die entweder durch eine (aufwändige) Kalibration oder durch Rechnungen in Kombination mit Messungen ermittelt werden. Hier soll die verwendete Antenne vorgestellt werden. Das Messverfahren wurde bereits in der CQ DL 3/17 beschrieben.



Ein wesentlicher Teil des Messsystems ist die Antenne. Sie muss entweder kalibriert sein oder ihr Wandlungsmaß (k-Faktor) muss bekannt sein, da hierauf die Ermittlung der absoluten Rauschpegel bzw. Rauschfeldstärken basiert. Den ITU-Kurven (ITU-R P.372-13) wird ein kurzer (deutlich kleiner als $\lambda/4$) verlustfrei angepasster auf idealem Boden befindlicher Vertikalstrahler zugrunde gelegt. Da ein solcher Strahler beim Vermessen des gesamten Bereichs von 100 kHz bis 30 MHz nicht praktikabel ist, soll hier eine vertikale aktive E-Feld-Antenne zum Einsatz kommen. Eine solche Antenne liefert eine frequenzunabhängige, nur der Feldstärke proportionale Ausgangsspannung. Um die Messwerte mit den ITU-Kurven (Rauschmaß) kompatibel zu machen, muss hier eine frequenzabhängige Korrekturrechnung erfolgen (siehe CQ DL 3/17); bei reinen Feldstärkemessungen ist diese nicht erforderlich. Bezüglich der aktiven Stabantenne wurden etliche Versuche und Messungen vorgenommen, um die optimale Antennenkonfiguration zu finden. Es wurde zunächst eine AEG-Telefunken A1205 verwendet, welche einen 1-m-Strahler und ein 1-m-Standrohr besitzt.

Diese Antenne ist eine ältere, nicht mehr erhältliche kommerzielle Antenne. Es musste daher eine vergleichbare „Amateurantenne“ entwickelt werden. Vorgaben: preiswert, leicht reproduzierbar, kalibrierfähig durch Bestückungsvariation, wasserdicht, mechanische Konstruktion zum einfachen Aufstellen auf den Boden.

Für die Ermittlung der gesuchten Rauschpegel ist der Antennenfaktor oder k-Faktor eine wichtige Größe. Bei kurzen, direkt auf dem Boden mit Radials betriebenen Monopolen mit der Strahlerlänge H_s gilt:

$$H_w = \frac{1}{2} H_s$$

die wirksame Antennenhöhe (Nutzhöhe) ist gleich der halben mechanischen Höhe. Somit gilt: bei einer Feldstärke von $1 \mu\text{V}/\text{m}$ entsteht am 1-m-Strahler eine Spannung von $0,5 \mu\text{V}$. Wird, wie im vorliegenden Fall, eine solche Antenne mit einem kleinen Mast oder Tragrohr der Länge H_m betrieben, gilt:

$$H_w = \frac{1}{2} H_s + H_m$$

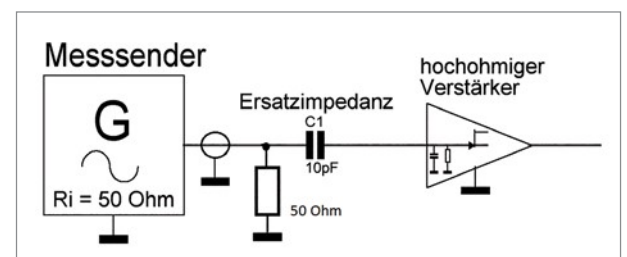
Die Masthöhe geht also voll in die Nutzhöhe ein! Bei jeweils 1 m Länge beträgt

H_w also 1,5 m, bei $1 \mu\text{V}/\text{m}$ entstehen also $1,5 \mu\text{V}$ am Strahler. Nun ist allerdings noch der nachfolgende Verstärker zu berücksichtigen. Ein 1-m-Strahler hat im Kurzwellenbereich eine Ersatzlast von einigen $\text{m}\Omega$ bis ein paar Ω (wird vernachlässigt) in Reihe mit ca. 10 pF . Die Spannungsverstärkung der Verstärker in aktiven Antennen liegt meist bei ca. 0 dB, jedoch nimmt die Einfügungsverstärkung durchaus frequenzabhängig Werte von 80 dB an. Die Einfügungsverstärkung ist der Quotient aus Ausgangsspannung der aktiven Antenne geteilt durch Ausgangsspannung des Strahlers an 50Ω ohne Verstärker bei gleicher Feldstärke.

Zusammen mit der Eingangskapazität und dem Eingangswiderstand der Verstärkerschaltung ergibt sich ein Spannungsteiler, der die Verstärkung wieder reduziert. Im vorliegenden Fall am

Messaufbau in „ruhigem Gelände“

Messanordnung zur Verstärkungsmessung mit Ersatzlast



1-m-Strahler (Ersatzlast 10 pF) betrug die resultierende Spannungsverstärkung $-0,5$ dB.

Der Strahler hat eine Nutzhöhe von 1,5 m entsprechend 3,5 dB, zieht man die 0,5 dB Verstärkung ab, ist der resultierende k-Faktor also $+3,0$ dB. $1 \mu\text{V}/\text{m}$ erzeugen somit ca. $1,4 \mu\text{V}$ an 50Ω . Die Verstärkung kann durch Variation von Widerstandswerten, ggf. durch Parallelschalten, eingestellt werden. Diese Betrachtung ersetzt natürlich keine Kalibration, aber für Anwendungen, die der Rauschmessung an einem Standort dienen sollen, ist eine Genauigkeit von ca. $\pm 1...2$ dB ausreichend und es kann somit auf eine aufwändige Kalibration verzichtet werden, die mit Amateurmitteln ohnehin nicht möglich wäre.

Die Antenne für das DARC-Messsystem: Der aktive Teil

Das Schaltbild (vorläufig!) zeigt den verwendeten Verstärker. Im Eingang trifft das Signal auf einen Sourcefolger mit Stromquelle als Sourcewiderstand. Die SMD-Version des bewährten Junction-FET J310 oder U310, der SST310, findet hier Verwendung.

Der Eingang wird mit zwei schnellen Schaltdioden gegen statische Aufladung geschützt. Nachfolgend wird ein schneller Operationsverstärker (3 GHz!) verwendet, um das Signal etwas zu verstärken und die $50\text{-}\Omega$ -Last zu treiben; mit R14 kann eine Kalibration der Verstärkung vorgenommen werden, z.B. k-Faktor „Antenne+Verstärker“ = 0 dB.

Die Stromversorgung des Verstärkers erfolgt über das Koaxkabel. Neben der im Verstärker eingebauten DC-Speise-weiche (L3, C6, C15, D3) ist auf der Empfängerseite ebenfalls eine DC-Speise-weiche erforderlich. Die Betriebsspannung soll zwischen 13 und 16 V liegen, die Stromaufnahme liegt bei 34 mA. Das verwendete Netzteil sollte möglichst kein Schaltnetzteil sein oder ein mit Sorgfalt ausgewähltes, da eventuelle Störungen direkt auf das Koaxkabel gegeben werden! Eine sehr gute Siebung ist hier selbstverständlich.

Für die Antenne ist ein Platinenlayout in SMD-Technik verfügbar. SMD ist erforderlich, weil es wichtige HF-Bauteile, wie den OP, nur in SMD gibt und weil mit SMD-Technik, bedingt durch die Bauteilgröße, die besten HF-Eigenschaften erreicht werden.

Die Platine passt z.B. in ein Alu-Druckgussgehäuse der Fa. Rose und wird mit einer Mechanik aus Alu-Profilen verschraubt. Die Antenne ist auch sehr gut als allgemeine Empfangsantenne verwendbar. Der IP3 am Ausgang liegt bei $>+30$ dBm.

Die Mechanik

Die Antenne steht auf einem Aluminium-Kreuz aus zwei Profilen mit je 1 m Länge, an deren Enden noch jeweils zwei Radials mit 2,5 m Länge geschraubt sind. Auf das Kreuz ist ein ebenfalls 1 m langes, senkrecht Winkelprofil geschraubt, welches den Antennenverstärker trägt.

Wichtig ist, dass die Zuleitung mit mehreren hochpermeablen Ferriten versehen wird, um die Speiseleitung für Mantelströme abzutrennen, da sonst das Kabel mit als Empfangsantenne wirken und somit die Ergebnisse verfälschen würde. Zusätzlich sollte noch eine Mantelstromsperre im Kabel angebracht werden. Der Durchführungsisolator mit Strahler muss noch optimiert werden, evtl. kommt hier eine HF-Buchse (z.B. TNC) zum Einsatz.

Aufstellung

Die Antenne muss auf dem (natürlichen) Boden möglichst weit entfernt von Häusern und anderen Störungsquellen aufgestellt werden. Wie zuvor dargestellt, ergibt sich die Nutzhöhe der Antenne, eine entscheidende Größe für die Messung, aus Strahlerlänge und Masthöhe.

Stellt man die Antenne z.B. auf eine Garage, ändert sich diese Masthöhe und es entsteht eine „unsaubere“ Situation, weil der „Mast“ nun zum Teil durch das Gebäude, aber auch durch das Speisekabel gebildet wird.

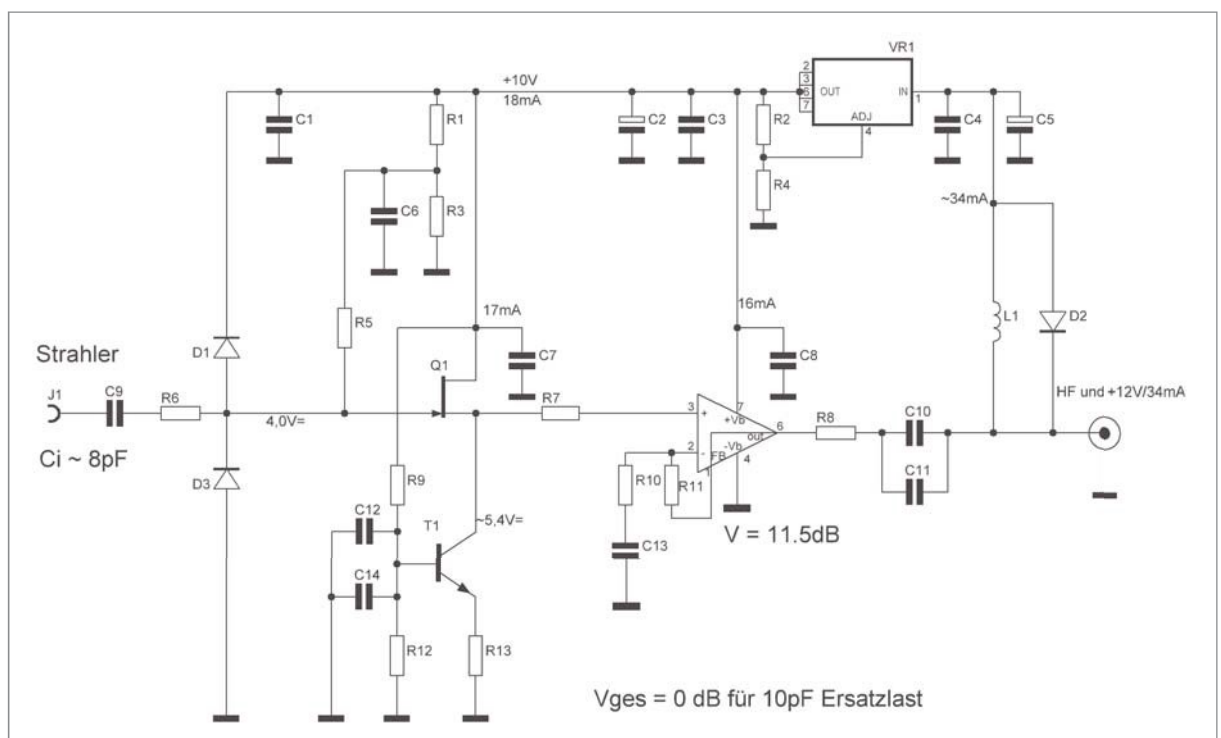
Auch in der Nähe befindliche Metallteile, wie Verwehungen und Verkleidungen, Dachrinnen und ähnliches verfälschen als Sekundärstrahler die Ergebnisse. Eine exakte Berechnung der Nutzhöhe wäre nun nicht mehr möglich, hier würde nur eine echte Kalibrationsmessung helfen. Die Mechanik der Antenne, bestehend u.a. aus dem Alu-Kreuz und den Radials, ist daher



Sachdienliches zur Störungsmeldung erwünscht?

www.darc.de/referate/emv

Schaltbild der aktiven Antenne in SMD-Technik





Detailansichten
der Antenne

für die Aufstellung auf dem Boden ausgelegt. Ein natürlicher Grasboden ist zu empfehlen, weil Beton- und Steinböden wiederum unbekannte Eigenschaften, wie Metalleinschlüsse und Leitungen, unterschiedliche Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten oder auch Hohlräume, aufweisen könnten.

Bei Beachtung dieser Regeln kann man mit einer Genauigkeit des Wandlungsmaßes von besser ± 2 dB rechnen, was für die Anwendung völlig ausreichend ist.

Etlliche Versuche im Vorfeld mit portablen Messausrüstungen haben gezeigt, dass bei Verwendung eines SDR

(im DARC-Messnetz ist der Kiwi-SDR geplant) auch die Gefahr einer Verschleppung von Rechnerstörungen als Mantelwelle auf dem speisenden Koaxkabel bis zur aktiven Antenne besteht. Hier hilft der Einsatz einer Mantelwellensperre im Kabel. In den Vorversuchen mit einer portablen Messanordnung wurden 30 m Kabel verwendet, damit der Abstand zum PC ausreichend groß ist und auf der Hälfte der Kabellänge wurde dann eine Mantelstromsperre angebracht.

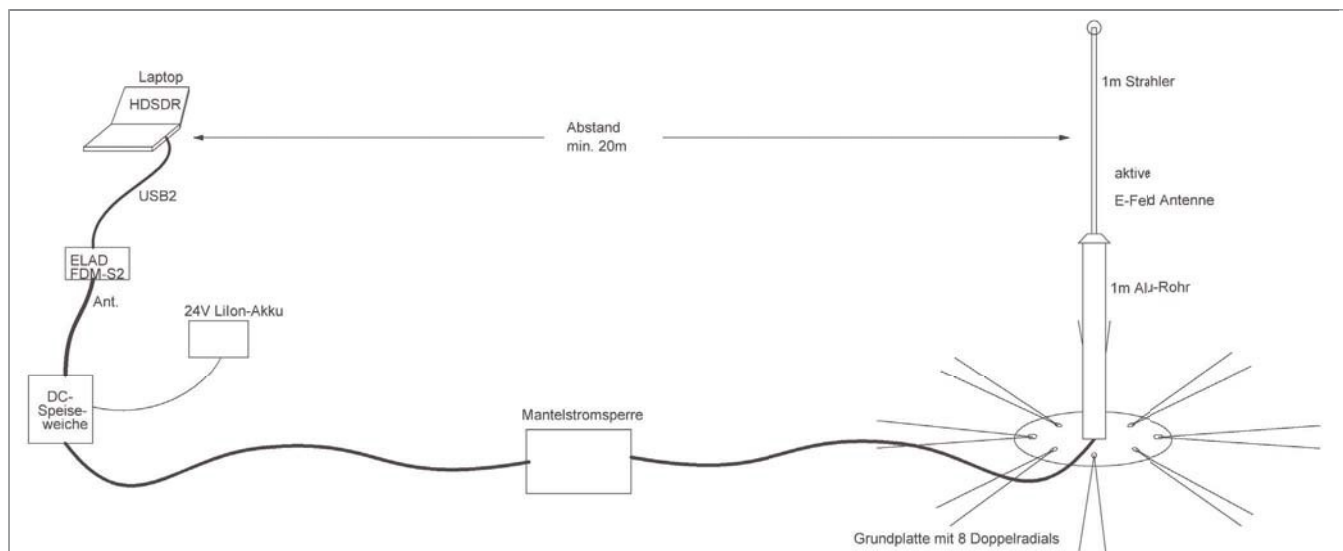
Die Mantelstromsperre wirkt wiederum nur dann richtig, wenn auf der Antennenseite ein Radialnetz angebracht

ist, um eine möglichst niederohmige Ableitung der Mantelwellen zur Erde zu gewährleisten.

Zusammenfassung

Diese Antenne ermöglicht zusammen mit dem künftigen ENAMS-System des DARC eine hinreichend genaue Erfassung der uns alle betreffenden Störpegelsituation mit preiswerten Amateurmitteln. Sie gibt uns somit die Möglichkeit nachzuweisen, dass die Störungen deutschlandweit, wohl auch weltweit, stetig zunehmen und daraus politischer Handlungsbedarf erwächst.

CQDL



Messaufbau einer portablen Messanordnung mit ELAD FDM-S2