

EH-Antennen kritisch betrachtet

MARTIN STEYER – DK7ZB

Seit ihrem Erscheinen vor einigen Jahren werden das Prinzip und die Wirksamkeit dieser besonderen Antennenform zum Teil sehr kontrovers diskutiert. Dies war Anlass, in einem ausgiebigen Test zu prüfen, welche Ergebnisse mit EH-Antennen zu erzielen sind.

Grundlage für räumlich stark verkürzte symmetrische Antennen ist der Hertz'sche Dipol. Dieser hat gegenüber dem klassischen Dipol eine Längenausdehnung, die nur einen Bruchteil der halben Wellenlänge beträgt (theoretisch ist er unendlich kurz). Eine 20-m-EH-Antenne bringt es konkret auf 3% der unverkürzten Maße. Dabei beträgt der theoretische Verlust beim Antennengewinn lediglich 2 dB.

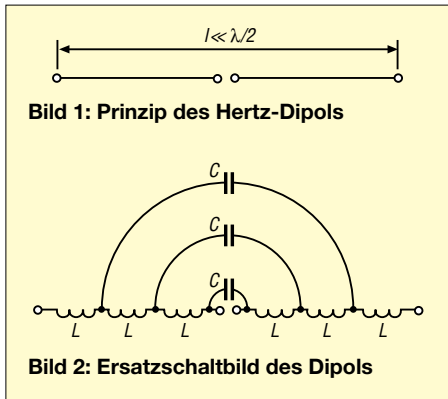


Bild 1: Prinzip des Hertz-Dipols

Bild 2: Ersatzschaltbild des Dipols

Dies setzt allerdings voraus, dass die gesamte Leistung im Sendefall in Strahlungsenergie umgesetzt wird. Leider klappt das in der Realität nicht, weil der Strahlungswiderstand nur Bruchteile eines Ohm ausmacht und Verlustwiderstände in der Antenne selbst, im notwendigen Impedanznetzwerk und durch die Umgebung den Wirkungsgrad drastisch senken.

Theorie der EH-Antennen

Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten, trotzdem zu einem akzeptablen Wirkungsgrad zu gelangen. Dazu betrachten wir zunächst in Bild 1 den Dipol für sich. Dieser bildet gemäß Bild 2 einen elektrischen Schaltkreis, dessen Resonanzfrequenz sich aus den Längsinduktivitäten L und den Kapazitäten C zwischen den Leiterästen ergibt. Dabei wird eine elektromagnetische Welle abgestrahlt, die sowohl aus dem magnetischen Anteil (H-Feld) und dem elektrischen Anteil (E-Feld) besteht, wobei beide senkrecht zueinander stehen und im Nahfeld gleich stark sind. Schon länger in der Praxis eingesetzte, stark räumlich verkürzte Varianten des Hertz-Dipols sind die Magnet-Schleife und die Isotron-Antenne. Bei der ersteren werden die Induktivität zu einer Schleife gebo-

gen sowie die Kapazität an den Enden vergrößert und gleichzeitig zur Abstimmung eingesetzt, wie Bild 3 veranschaulicht. Der Hauptanteil der Strahlung stammt von der Leiterschleife (Induktivität), dadurch überwiegt im Nahbereich das H-Feld. Umgekehrt ist es bei der Isotron-Antenne. Dort bilden Spulen die Leiterinduktivität und die Kondensatorplatten der Kapazität werden vergrößert (durch Blech- oder Stanniol-Flächen); diese liefern den Hauptanteil der Strahlung mit dem E-Feld. Bild 4 verdeutlicht das Prinzip.

Eine weitere, stark verkleinerte Antennenform ist die extrem verkürzte Monopolantenne [1], in ähnlicher Form auch unter der Bezeichnung *Micro-Vert* (DL7PE) bekannt. Diese stellt allerdings eine Abwandlung des unsymmetrischen Monopols und nicht des verkürzten Hertz-Dipols dar.

Die EH-Antenne besteht aus zwei dicken Zylindern, die eine Induktivität besitzen. Gleichzeitig bilden sie aber auch einen Kondensator mit etwa 20 pF Kapazität, der einen stärkeren Anteil des E-Feldes im Nahbereich zur Folge hat. Bild 6 zeigt die Feldverteilung an den Zylindern.

Etwas abweichend von den bekannten *Bier-* und *Spraydosen-*Antennen [2] erfolgt die Speisung über ein ausgeklügeltes Phasenschieber- und Anpassungsnetzwerk, das drei Aufgaben erfüllen soll:

- Herstellen der Resonanzbedingungen,
- eine um 90° phasenverschobene Speisung der beiden Zylinder und
- ein Anheben des extrem kleinen Strahlungswiderstandes des Hertz-Dipols.

Mit Hilfe von Bild 7 wollen wir uns die Wirkungsweise des Netzwerkes deutlich machen. Die Induktivität L_a dient zur pha-

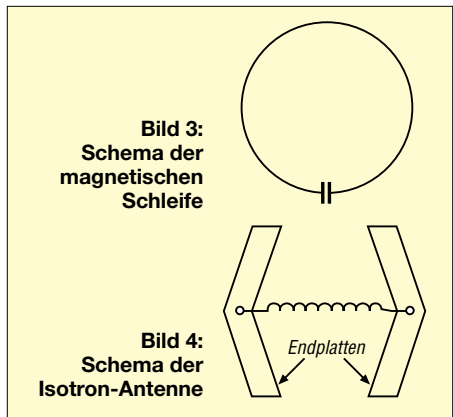


Bild 3: Schema der magnetischen Schleife

Bild 4: Schema der Isotron-Antenne



Bild 5: Ansicht der 20-m-Ausführung

senverschobenen Speisung des Zylinders C_1 und zum Herstellen der Resonanzbedingung, L_s dient als Speiseinduktivität der Anpassung auf 50 Ω. Die Funktion von L_p erschließt sich, wenn man sich die tatsächliche Anordnung der Bauteile nach Bild 8 anschaut. Die Zuführung des Speisekabels muss durch den unteren Zylinder C_2 erfolgen, damit die Antenne an der Spitze eines Mastes montiert werden kann. Dadurch ergibt sich eine zusätzliche Phasenverschiebung, die durch L_p direkt an C_1 kompensiert wird.

Die Kapazitäten C_a der Abstimmspule L_a und C_d des Drahtes, der durch den Zylinder C_2 führt, gehen mit in die Berechnung des Netzwerkes ein. R_L ist der Widerstand der Abstimminduktivität L_a . Der Strahlungswiderstand R_s der Antenne liegt in Reihe mit der Kapazität C_c zwischen den Zylindern C_1 und C_2 .

Nach dem Erfinder Ted Hart, W5QJR, sollen sich im Gegensatz zu den anderen, oben beschriebenen und verkürzten Antennenformen beide Feldkomponenten (E- und H-) in Phase befinden und bereits im unmittelbaren Nahfeld ausbilden. Dies sei die entscheidende Neuerung, die 120 Jahre nach Hertz eine revolutionäre Entwicklung darstelle. EH-Antennen sind Rundumstrahler mit vertikaler Polarisation.

Hart propagiert eine durch die phasenverschobene Speisung deutlich höhere Effizienz und ein völlig neues Wirkungsprinzip dieser Antennenform, die auch den verwandten CFA-Antennen (Cross-Field-Antennen) unterstellt wird. Folgende Eigenschaften gibt er als wichtigste für seine Antennen an [1]:

- Maximale Abstrahlung ist abhängig von der korrekten Phasenlage des E- und H-Feldes schon unmittelbar an der Antenne, nicht von den Resonanzbedingungen.
- Die EH-Antenne ist ein auf bis zu 2% der Normalgröße verkleinerter vertikaler Dipol.

- Die Bandbreite ist abhängig von der Kapazität zwischen den Zylindern.
- Der Wirkungsgrad erreicht 100 %.
- Im Empfangsfall erreicht die EH-Antenne die Feldstärke eines echten Halbwellenstrahlers.
- Der Strahlungswiderstand ist 120 Ω .

Ich kann zwar verstehen, wie das L-Netzwerk und die Speisung funktionieren, habe jedoch Schwierigkeiten mit dem Nachvollziehen der theoretischen Überlegungen von Ted Hart in [3]. Der gegenüber anderen, vergleichbar kleinen Antennen propagierte bessere Wirkungsgrad könnte eigentlich nur über das Minimieren der Verlustwiderstände innerhalb des Antennensystems und ein zusätzliches Anheben des Strahlungswiderstandes kommen.

Dabei erscheint ein Wirkungsgrad von 100 % angesichts der zwangsläufig in den Netzwerken auftretenden Verluste nicht glaubhaft. Ebenso sprechen die praktischen Ergebnisse dagegen, dass die Empfangsspannungen mit denen einer unverkürzten Antenne vergleichbar seien. Für mich ist die EH-Antenne eine weitere Variante einer kapazitiven Antenne mit starker räumlicher Verkürzung, wie der *Isotron*, und dementsprechend verringertem Wirkungsgrad.

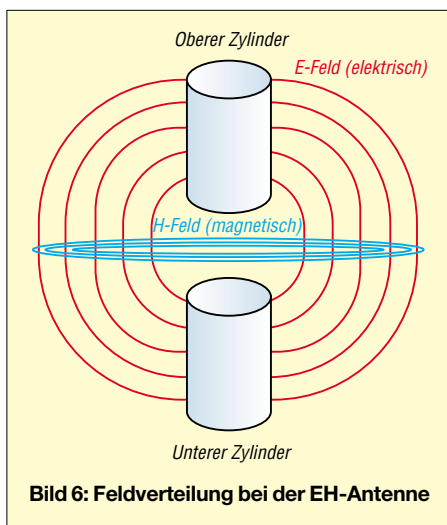


Bild 6: Feldverteilung bei der EH-Antenne

Eigentlich müsste die EH-Antenne ja die ideale AM-Rundfunk-Sendeantenne für den MW- und LW-Bereich darstellen. Es ist kein aufwändiges Radialnetz nötig und die Abmessungen sind gegenüber klassischen Vertikalstrahlern deutlich reduziert. Meines Wissens gibt es bisher lediglich eine einzige MW-Station, die Versuchsbetrieb mit einer EH-Antenne durchführt. Dies ist über 10 Jahre nach der Erstvorstellung eine sehr zurückhaltende Wertung der Kommerziellen gegenüber dieser Antenne, was uns zu denken geben sollte.

Lesenswert ist ferner, was andere zum Konzept der EH-Antenne sagen. VE2CV und IIRFQ, beides HF-Ingenieure und be-

kannte Funkamateure, kommen zu dem ernüchternden Fazit: „The EH antenna concept simply does not exist.“ [4], [5], [8]. Dazu hatten sie die Wirkungsweise gründlich untersucht und Modellierungen mit NEC4D vorgenommen.

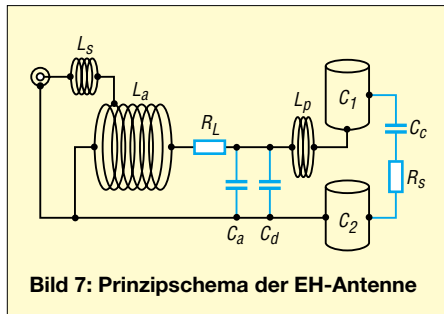


Bild 7: Prinzipschema der EH-Antenne

Ganz aktuell ist eine ausführliche feldtheoretische Betrachtung von Kirk. T. McDonald [8]. Er weist nach, dass bei einer EH-Antenne mit längeren Speiseleitungen mehr HF über das Speisekabel selbst als über die eigentliche Antenne abgestrahlt wird. Das erklärt möglicherweise die unterschiedlichen Bewertungen der praktischen Ergebnisse bei verschiedenen Tests.

Der Physik-Professor an der renommierten Princeton-Universität kommt obendrein zu einem weiteren interessanten Schluss: Die EH-Antenne könnte besser arbeiten, wenn beide Zylinder in Phase gespeist würden und das Phasenschiebernetzwerk am Fußpunkt der Antenne angebracht wäre. Das steht jedoch gerade im krassen Gegensatz zu Ted Harts Argumenten!

Praktische Ausführungen

Die hier geprüften Muster *Cobra 20* und *Cobra 40* (die Zahlen stehen für das nutzbare Band) stammen aus der Produktion von Arno-elettronica [4]. Es sind Ausführungen für alle Amateurbänder von 6 bis 160 m erhältlich, wobei es sich prinzipbedingt jeweils ausschließlich um Monoband-Antennen handelt.

Bild 5 zeigt, dass sich die Metallzylinder und Induktivitäten in einem stabilen Kunststoff-Rohr befinden. Die Befestigung erfolgt mit zwei verzinkten Mastschellen an einem verstärkten GFK-Innenrohr. Seitlich unten ist ein SO-Winkelanschluss für das zuleitende 50- Ω -Koaxialkabel angebracht. Insgesamt machen die Antennen einen stabilen, professionellen Eindruck.

Bild 9 offenbart das saubere und mit Spulen aus dickem CuL-Draht aufgebaute Innenleben der *Cobra 20* mit den beiden als Strahler wirkenden Kupferzylindern. Dabei beziehen sich die Angaben der Bauteile auf das Schema von Bild 7. Die Induktivität L_s ist dabei nicht sichtbar, sie liegt im Inneren des schwarzen GFK-Rohres zwischen der Koaxialbuchse und L_a . Ein verstellbarer Ring über L_a aus Kupferband

ermöglicht den Abgleich von außen, dazu wird der Ring auf dem Außenrohr verschoben. Der Hersteller weist nachdrücklich darauf hin, dass ein freier Aufbau notwendig ist. Ein Einsatz an einer Hauswand oder gar innerhalb eines Gebäudes ist schon allein wegen der sehr starken Verstimmung und der Verschlechterung des Abstrahlungsverhaltens nicht zu empfehlen. Für solche Einsatzbedingungen ist meines Erachtens eine Magnet-Loop die eindeutig bessere Wahl.

Erfahrungen beim Aufbau

Jede Antenne enthält eine englische Anleitung, der deutsche Lieferant WiMo [5] legt eine ausführliche deutsche Übersetzung dazu. Die *Cobra 20* ließ sich durch das Verschieben eines äußeren Kupferferrings von 13,5 bis 16,5 MHz abgleichen, allerdings ist der Punkt für eine genaue Anpassung im 14-MHz-Band nicht ganz leicht zu finden. Dies liegt an einer relativ großen Empfindlichkeit gegenüber der Umgebung, vor allem spielt auch die Höhe über Grund eine entscheidende Rolle.

Die Testantenne befand sich etwa 7 m über dem Erdboden auf einem selbstgebaute Aluminium-Schiebemast. Zunächst hatte ich das Koaxialkabel, nach Herstellerempfehlung eine elektrische Halbwellenlänge lang (Verkürzungsfaktor beachten!), direkt angeschlossen und mit Klebeband am Mast befestigt.

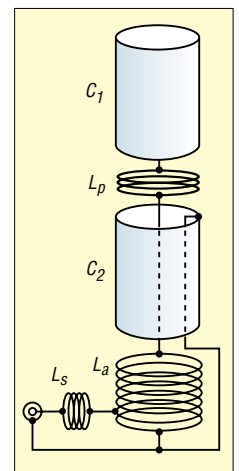


Bild 8: Anordnung der Bauelemente in der praktischen Ausführung

Auffällig war, dass das Anfassen des Mastes am Analyzer MFJ-269 eine starke Veränderung des reellen und imaginären Anteils am Strahlungswiderstand mit entsprechender Zunahme (bzw. Abnahme) des Stehwellenverhältnisses (SWV) nach sich zog. Das deutet auf eine relativ starke Verkopplung der Antenne mit der Speiseleitung hin, auf die ich weiter hinten noch einmal eingehe.

Nach Einfügen einer selbstgebaute Mantelwellensperre aus zehn Stück jeweils 30 mm langen Ferrit-Ringen über einem Stück RG213 direkt an der Antenne war diese

Beeinflussung fast vollständig verschwunden. Das SWV erreichte bei 14,2 MHz einen Wert von $s = 1,2$ und stieg an den Bandenden auf etwa $s = 1,5$ an. Für eine derartig verkürzte Antenne ist die Bandbreite erstaunlich hoch.

Die 40-m-EH-Antenne ließ sich deutlich schwieriger abgleichen, der Montageort befand sich auf einem GFK-Mast 1 m über der Dachfirshöhe seitlich des Hauses mit Mastbefestigung am Balkongeländer. Die absolute Höhe über Grund betrug etwa 11 m. Dies ist eine Konfiguration, wie sie bei anderen Funkamateuren wohl häufiger in der Praxis auftreten wird.

Auch hier besserte sich nach Einbau der beschriebenen Mantelwellensperre die starke Anhängigkeit des SWV von der Lage des Koaxialkabels. Allerdings habe ich keinen Abgleichpunkt gefunden, der durch Verschieben des Kupferrings ein SWV $s < 1,5$ ermöglichte. Dies ist aber kein dramatischer Wert, auch ohne Tuner ließ sich die volle Sendeleistung von 100 W einspeisen.

■ Betriebsergebnisse

Hersteller und Hart geben an, die Signalstärken an der EH-Antenne entsprächen dem eines vertikalen Halbwellendipols vol-

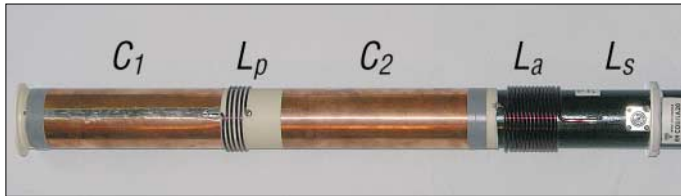


Bild 9:
Innenleben
der Cobra 20

Fotos: DK7ZB

ler Länge. Kaum ein Amateur wird wohl in der Lage sein, das in der Praxis tatsächlich nachzuprüfen. Vergleiche zwischen EH-Antenne und anderen kranken immer an den unterschiedlichen Strahlungsdiagrammen und Polarisationen, weshalb Berichte dazu mit Vorbehalt zu behandeln sind.

Auf einem Campingplatz an der Biscaya konnte ich einen echten Vertikaldipol als Referenzantenne zum direkten Vergleich errichten, siehe Bild S. 1240. Ein 3,50-m-Surfmast mit einer 12-m-Angelrute diente als Träger, das untere Ende des Dipols befand sich 4 m über dem Erdboden, der Einspeisepunkt mit 300- Bandkabel war entsprechend 9 m über Grund. Dies ermöglichte mit einem Antennentuner SG-237 Allbandbetrieb. Gegenüber der Hauptbetriebsrichtung nach DL befanden sich die Antennen nebeneinander in einem zugegebenermaßen etwas geringen Abstand von 6 m.

Bemerkenswert war der niedrigere Anteil von Störgeräuschen und Hintergrundrauschen bei der EH-Antenne, der nur bedingt auf den geringeren Antennengewinn zurückgeführt werden kann. Gerade bei manchen schwachen Signalen war die

Lesbarkeit trotz geringerer Feldstärke besser als am Dipol, wobei die Hereinnahme eines Dämpfungsgliedes nicht einen vergleichbaren Effekt bewirkte. Dies läßt sich auch nicht mit den Eigenschaften des Empfängers am TS-480 erklären, der über einen recht großsignalfesten Eingang verfügt. In den meisten Fällen war die Feldstärke geringer als am Dipol.

In der Tabelle habe ich die Signalstärken der 20-m-EH gegen den Vertikaldipol ausgewertet. Es fanden sowohl Sende- als auch Empfangsrapporte, allerdings nur Feldstärken $>S5$ Berücksichtigung. Dabei ergab sich der eigentlich erwartete Effekt, dass eine so räumlich verkürzte Antenne nicht mit einem „ausgewachsenen“ Strahler mithalten kann. Es zeigte sich kein Unterschied der Rapporte zwischen Senden und Empfang.

Die 40-m-Ausführung verglich ich zu Hause mit dem gefalteten 40-m-Dipol einer DLP-15 in 16 m Höhe und einer 2×18 m-Inverted-Vee mit dem Einspeisepunkt 15 m über Grund. Waren schon die Feldstärkeunterschiede zwischen den beiden Vergleichsantennen jeweils recht unterschiedlich und offensichtlich von Einfallrichtung und -winkel stark abhängig, so

verstärkte sich dieser Effekt deutlich beim Umschalten auf die 40-m-EH-Antenne. Europa-Signale von außerhalb DL waren im Mittel etwa 1,5 bis zwei S-Stufen unter den Vergleichsantennen. Bei Signalen mit Steilstrahlung lag die Differenz häufig noch etwas darüber, sodass meistens zwei S-Stufen zu Ungunsten der EH herauskamen. Es liegt jedoch auf der Hand, dass hier Äpfel mit Birnen verglichen werden, weil die Aufbauhöhe der EH-Antenne deutlich niedriger lag. Allerdings gerät man gegenüber einer Station mit hoch und frei montierter Fullsize-Antenne im Normalfall wohl mindestens um die besagten zwei S-Stufen ins Hintertreffen.

■ Diskussion der Praxiserfahrungen

Wer im Internet den Begriff *EH-antenna* in eine Suchmaschine eingibt, wird auf sehr unterschiedliche Erfahrungsberichte und Kommentare stoßen. Ein viel zitiertes und offensichtlich richtiges Argument ist, dass das Speisekabel mit Vielfachen einer Halbwelle maßgeblich an der Abstrahlung beteiligt sei. Dazu möchte ich ergänzen, dass es immer sinnvoll ist, bei Monoband-

Antennen solche Speisekabel-Längen zu verwenden, um ungewollte Transformationseffekte durch ungünstige Leitungslängen zu vermeiden.

Durch die Befestigung am Mast und die eingesetzte Mantelwellensperre kann man davon ausgehen, dass bei meinen Tests der Hauptanteil der Strahlung wirklich von der Antenne ausging. Für die in der Tat winzigen EH-Antennen sind die Ergebnisse dennoch mehr als bemerkenswert und deuten auf einen guten Wirkungsgrad hin, der wohl das Optimum darstellt, was bei einer Länge von z. B. 40 cm (20-m-Variante) machbar ist.

Feldstärkeunterschiede der Cobra 20 gegenüber einem $2 \times 5,1$ -m-Vertikaldipol

Anteil	Unterschied zum Vertikaldipol
5 %	keiner oder nur minus 1/2-S-Stufe
20 %	minus 1 S-Stufe
35 %	minus 1 1/2-S-Stufen
40 %	minus 2 S-Stufen oder mehr

Die vom Erfinder und vom Hersteller gemachte Aussage, dass die Signalstärken der EH-Antenne mit denen eines vertikalen Dipols voller Länge vergleichbar seien, bestätigen sich eindeutig nicht und sind ins Reich der Fabel zu verweisen. Also: Keine Wunder, sondern alles im Rahmen der normalen Physik!

Wer keine große und auffällige Antenne aufbauen kann, sollte aber durchaus einen Versuch mit diesem Winzling wagen. Es bleibt allerdings der prinzipbedingte Nachteil, dass mit einer Antenne jeweils nur ein Band abgedeckt werden kann. Von besonderem Interesse dürften die 80-m- und 160-m-Ausführungen auch für Amateure mit einem größeren „Antennenwald“ sein, weil sie im Empfangsfall die Bedingungen deutlich verbessern können. Wer schwache DX-Stationen aus dem Steilstrahlungs-EU-QRM heraushören will, legt mehr Wert auf eine störungsarme Antenne als auf absoluten Gewinn.

www.qsl.net/dk7zb

Literatur und Quellen

- [1] Knäbel, H. W., OE7OKJ: Extrem verkürzte Monopolantennen — und sie funken doch! FUNK-AMATEUR 49 (2000) H. 7., S. 780–781
- [2] Wenzel, A., DL7AHW: Spraycan-Antennen. <http://people.freenet.de/dl7ahw/Superantenne00.html>
- [3] www.eh-antennas.com
- [4] Arno-elettronica: Via Leonardo da Vinci 13, I-56033 Capanolli (Pisa). www.eheuroantenna.com
- [5] WiMo Antennen und Elektronik GmbH: www.wimo.com
- [6] Belrose, J., VE2CV: On the EH-Antenna. antennex Online Issue No. 72, April, 2003; www.antennex.com
- [7] Re, C., I1RFQ: Testing the EH-Antenna. antennex Online Issue No. 70, Februar 2003; No. 71, März 2003; www.antennex.com
- [8] McDonald, K. T.: „Crossed Field“ and „EH-Antennas“, Including Radiation from the feedlines and the earths surface. antennex Online Issue No. 112, August 2006; www.antennex.com