

# Peilen – eine Herausforderung an die Genauigkeit

UWE ABLASS – DF7BL

Alle peilen mit einer Yagi und suchen die Richtung des Signalmaximums, nur einer nicht, der kommt aus einem kleinen Dorf oben im Norden ...

Der Amateurfunk hat viele reizvolle Spielarten, eine ist das Peilen von Sendern. Ob es sich um eine organisierte Fuchsjagd nach festen Regeln, eine Suche von Relaisstörern oder der Nachweis eines defekten störenden Haushaltgeräts handelt, immer geht es erst einmal darum, die Richtung, aus der das Signal kommt, zu bestimmen. Dass das nicht so ganz einfach ist mag folgendes Beispiel verdeutlichen: Auf unserem Hausrelais stand über Stunden ein unmodulierter Träger. Nur ganz wenige starke Stationen konnten darüber hinweg auf dem Relais arbeiten. Die Frage war, wo kommt das her?



**Bild 1: Ansicht der beschriebenen Peileinrichtung mit zweimal HB9CV**

Dass keine böse Absicht dahinter steckte war eigentlich allen klar. Wer über drehbare Antennen verfügte, gab seine Peilung an den Relaisverantwortlichen weiter. Es kamen Peilungen in alle Richtungen heraus! Ich habe mich mit der im folgenden beschriebenen Peileinrichtung beteiligt und konnte das Signal mit einem Peilstrahl auf zwei hintereinander liegende Nachbarorte eingrenzen.

Nach drei Telefonaten mit den dort wohnenden Amateuren hat sich herausgestellt, dass ein Transceiver bei großer Wärme selbstständig auf Sendung gegangen war und für den Tanz gesorgt hat.

## ■ Mobile Fuchsjagden

Hier im norddeutschen Raum gibt es eine Gemeinschaft, die sich dem 2-m-Peilen in

Form von Mobilfuchsjagden verschrieben hat. Es wurden feste Regeln aufgestellt, nach denen solch eine Jagd abläuft (die Regeln der Bremer Nachtfuchsjagd, [www.darc.de//104](http://www.darc.de//104)). Unter anderem senden die Füchse nur zweimal im Abstand einer Stunde für je 2 min FM horizontal polarisiert. Die Jäger haben also die Möglichkeit, ihre Antennen aufzubauen, das Signal zu peilen, und den Peilstrahl in die Karte zu übertragen. Danach bestimmen sie ihren zweiten Peilplatz, bauen dort wieder auf und erhalten dann auf der Karte eine mehr oder weniger genaue Kreuzpeilung. Die Spezialisten dieser Spielart erreichen regelmäßig eine Abweichung von unter 100 m auf 10 km Distanz. Das ist eine Abweichung von maximal 0,5° der Peilstrahlen. Es geht also um Genauigkeit von der abgelesenen Antennenrichtung bis zum Kreuzen der Striche auf der Karte.

## Großer Aufwand

Entstanden ist das weiter unten beschriebene System aus der Teilnahme an diesen Fuchsjagden. Alle mir bekannten Fuchsjäger peilen mit Yagisystemen und werten das Signalmaximum, teilweise unter Zuhilfenahme der 3-dB-Punkte, aus. Verwendung finden zum Teil aufwendige mechanische Konstruktionen, um die Antenne auf dem stehenden Auto in die Höhe zu bringen, zu drehen und die Richtung der Antenne an steuernde und auswertende Rechner zu melden.

Zum großen Teil ist GPS zur Positionsbestimmung in die Systeme integriert. Solche Systeme kann man nicht fertig kaufen. Es stecken immer sehr viel Eigenentwicklung in Mechanik, Elektronik und nicht zuletzt Software darin, von den Kosten ganz zu schweigen. Eine tolle Leistung der OMs – ich kann das nicht.

## Erste Gehversuche

Die erste Fuchsjagd habe ich mit einer HB9CV auf einem Besenstiel bestritten. Ich durfte Heinz, DJ9CN, einem guten Freund und erfahrenem Jäger, hinterherfahren ... und landete mitten im letzten Drittel der Ergebnisliste. Aber das Interesse war geweckt.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten: Versuchen, es den anderen nachzumachen und das Rad ein weiteres Mal neu zu er-



**Bild 2: Montage der zerlegbaren HB9CV am Antennenträger**

finden, um so Anschluss zu gewinnen, oder mit einem anderen Ansatz das Problem anzugehen.

Da meine mechanischen Möglichkeiten bescheiden sind, meine Elektronikkenntnisse nicht auf einem Beruf aus der Elektronik aufbauen und zudem keinerlei Programmierkenntnisse vorhanden sind, musste ich mir Gedanken machen, wie denn sonst noch gute Peilungen zustande kommen könnten.

## ■ Versuch und Irrtum

Ich führe nachstehend auch die Irrwege auf, um anderen Rückschlüsse zu ersparen.

## Minimumpeilung mit einem gestreckten Dipol

Das führt zu sehr genauen Peilungen im ungestörten Feld und stellt fast keinen Aufwand beim Bau dar. In der Realität ist das Verfahren nicht zu gebrauchen, da es ungestörte Felder kaum gibt und sich deshalb genaue und völlig unbrauchbare Peilungen regellos abwechseln.

## 7-Element-Yagi

Die Bauanleitung von DK7ZB [1] in 28-Ω-Technik ergibt eine ausgezeichnete Antenne! Das Problem kommt aus einer anderen Richtung: Nur aus der Senderrichtung kommt das stärkste Signal. Bei jeder guten Yagi ist das Maximum flach ausgeprägt, die Antenne hat einen mehr oder weniger großen Öffnungswinkel und es existieren wenig oder keine Nebenzipfel. Wo ist denn nun die Mitte des Maximums?

Wenn man zur Seite dreht, bis das Signal um einen definierten Wert abfällt, und das Gleiche zur anderen Seite wiederholt, lässt sich daraus der Mittelwert bilden. Es ist zu berücksichtigen, dass man dann eben nicht den einen Spitzenwert angepeilt hat, sondern zwei definierte Mittelwerte, und jeder Mittelwert wird überhöht oder gemindert durch Reflexionen. Die mit einer Yagi erfolgreich peilenden Amateure – und davon gibt es viele – werten nur den Spitzenwert mit einer sehr empfindlichen Feldstärkeauswerteeinrichtung aus.

Um damit erfolgreich zu werden hätte ich einen Fuchsjagdempfänger mit linearer

Feldstärkeanzeige bauen oder zumindest eine lineare Feldstärkeanzeige in einen bestehenden Empfänger integrieren müssen. Außerdem arbeiten alle so, und man hat einen Ruf zu verteidigen, es immer etwas anders zu machen ...

### U-Boot-Jagd

Nach einem Hinweis von Karl, DL8BEF, und der Leihgabe eines Buches über die U-Boot-Jagd der Alliierten im zweiten Weltkrieg [2] traten allmählich andere Ansätze auf den Plan. Die Engländer verwendeten bei ihren Peilanlagen *FH 4* und *FH 3* zwei um 90° versetzte feststehende Kreuzrahmenantennen und zwei synchron laufende Empfänger, das Ergebnis der Peilung wurde auf einem oszillografenähnlichen Bildschirm angezeigt. Da keine Antenne zu drehen waren, gelang auch die Peilung kurzzeitiger Aussendungen. Auch hier erfolgte eine Auswertung der Feldstärke. Mein Denken ging langsam in Richtung zweier Antennen, jedoch nicht zweier Empfänger, das musste anders zu lösen sein.



Bild 3: Geöffnete Umschaltbox; links oben ist der koaxiale Abschwächer zu erkennen

### In Not geratene Flugzeuge

Weitere Lektüre, diesmal im ARRL-Antennenbuch [3], machte mich auf ein aus zwei gleichen Yagiantennen bestehendes System aufmerksam: Ein *Interferometer*, das in New Mexico dazu dient, die Notsender von gelandeten Flugzeugen anzupeilen. Die Antennen werden in Richtung des zu peilenden Senders etwa 1 m auseinander aufgestellt und über Kabel mit 180° Phasenversatz auf einen Empfänger geschaltet.

Sind beide Antennen gleich weit vom Sender entfernt, so liegen die Antennenspannungen in Phase. Durch die Drehung im Kabel kommt es jedoch zu einer Auslöschung am Empfängereingang. Eine scharfe Null ist die Folge. Man bringt die Antennen dann schrittweise immer weiter auseinander und erhält mit der zunehmenden Länge der Grundlinie eine immer genauere Peilung.

Dieses System nutzt erst die Feldstärke und zusätzlich die Phasenlage. Die Nach-

teile dabei sind der Umfang der Aufbauarbeiten und die für eine Peilung benötigte Zeit. Aber in der Folge wurden die betreffenden Buchseiten immer abgegriffener und meine Gedanken kreisten.

### Nicht Feldstärke, sondern Phasenlage ist die Lösung

Wenn man zwei Antennen genau gleichweit von einem Sender aufstellt, liefern sie ein phasengleiches Signal. Mit diesem alten Grundprinzip sollte es etwas werden. In [4] hat Hartmut, DL6WA, einen Phasenpeilempfängerzusatz beschrieben. Dabei gelangen die Signale beider Antennen im 1-kHz-Takt abwechselnd an den Empfängereingang. Ist das Signal phasengleich, kann man nur die eventuelle Modulation hören. Bei Phasenungleichheit ist in FM zusätzlich noch die Umschaltfrequenz von 1 kHz hörbar.

Das System besteht aus zwei vertikalen Dipolen für vertikal polarisierte Signale. Als Nachteil konstatierte DL6WA die schlechte Funktion bei horizontal polarisierten Signalen und Signalen ohne Träger. Das war das nächste Problem – die Fühse senden nun einmal horizontal. Das nächste Bauprojekt, um der Lösung näher zu kommen, war ein 2,2 m langer Antennenträger, der an seinen Enden je einen horizontalen Dipol trug.

### Phasenvergleich mit zwei Dipolen 1 λ hintereinander

Die Dipole waren also im Abstand von einer Wellenlänge hintereinander aufgebaut, denn dort sollen ja wieder gleiche Verhältnisse herrschen. Zwei elektrisch gleich lange Kabel führten über einen 1-kHz-Antennenumschalter zum Empfänger. Richtete man das Gebilde auf den Sender aus, ließ sich durch Verschieben eines Dipols genau auf Phasengleichheit abgleichen. Bei genauer Ausrichtung zum Sender verstummte der Umschaltton, vom Sender weggedreht wurde er hörbar. Es gab zwei etwa 10° große Bereiche, in denen kein Umschaltton wahrzunehmen war, vorne und hinten. Allerdings verstummte der Ton auch noch einmal, wenn beide Dipole mit den Spitzen zum Sender zeigten, und an diese Stelle war das Tonminimum nur 1° groß!

### Dipole nebeneinander – großer Abstand, viele Tonminima

Weitere Überlegungen führten dazu, die Dipole mit 2 m Abstand nebeneinander aufzubauen. Das Ergebnis war ein scharfes Tonminimum und einige unklare Stellen je 42° weg von der echten Richtung davor und dahinter. Damit konnte man gut Peilen, nur ließ sich nicht ermitteln, wo vorne und hinten war.

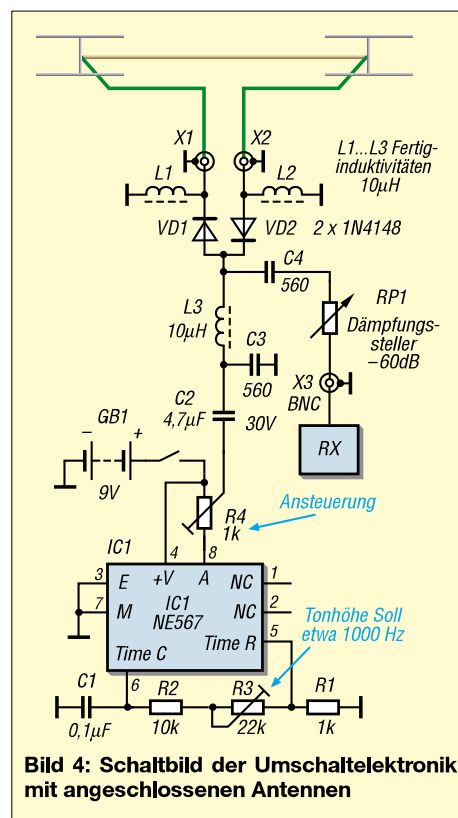


Bild 4: Schaltbild der Umschaltelektronik mit angeschlossenen Antennen

### Versuchsaufbau mit zwei 4-Element-Yagis im DK7ZB-Design [1]

Beide Antennen hatte ich 2 m nebeneinander aufgebaut. Mit der Feldstärke ließ sich bestimmen, wo vorne ist, und die Phasenlage gab die genaue Richtung. Funktionierte prima und war an Unhandlichkeit und Kopflastigkeit nicht zu überbieten. In der mobilen Praxis war das nicht zu handhaben und ich hatte es darauf hin nur noch kurz in abgewandelter Form – eine Yagi und ein einfacher Dipol nebeneinander – ausprobiert. Das funktionierte auch ganz gut, aber dann hatte Thomas, DL9LE, eine bessere Idee: Zweimal HB9CV.

### Der Stand der Dinge

Zwei gleiche HB9CV befinden sich in 1,4 m Abstand von Mitte zu Mitte nebeneinander. Die Ausrichtung erfolgt zunächst nach der Feldstärke auf den Sender und dann weiter auf das Tonminimum, das etwa 1,5° breit ausfällt. Das feldstärkemäßige Schielen der HB9CV, s.u., ist hier ohne Einfluss.

Die Kabel von den Antennen zum Umschalter müssen elektrisch genau gleich lang sein. Sind sie es nicht, hat man immer den genau gleichen Winkelfehler. Deshalb empfehle ich, wenn man beim Abgleich schon dicht an elektrisch gleichlangen Kabeln ist, den Rest über einen einzurechnenden Korrekturwert glattzubügeln.

Es gibt Fälle, bei denen verstummt der Umschaltton nicht, aber es gibt ein eindeutiges und gleichbreites Minimum wie sonst auch. Hier hat man es mit einer star-

ken Reflexion zu tun. Diese verschiebt aber das eigentliche Minimum nicht, sondern lässt es nur nicht so tief werden. Die Genauigkeit bleibt erhalten und beträgt zz. etwa  $\pm 0,8^\circ$  maximale Abweichung.

Zur Ablesung der Antennenrichtung peilt man von der Seite über das Tragrohr und addiert bzw. subtrahiert  $90^\circ$ . Dieser Phasenpeiler lässt sich durch Reflexionen, wie sie von Hochspannungsleitungen, Windkraftwerken oder Flugzeugen ausgehen, nicht beeinflussen; man erkennt diese Reflexionen, sie stören oder verschlechtern die Peilung aber nicht.

Mit dem aufgebauten System braucht man für eine sichere und genaue Peilung maximal 15 s, bzw. wenn die Richtung schon ungefähr bekannt ist, unter 5 s. Als Empfänger dient mir ein Standard C-508, jedes Handfunkgerät mit grober Feldstärkeanzeige ist geeignet.

## Die Sache mit dem Abstand der beiden Antennen zueinander

„Je weiter auseinander, umso genauer.“ Grundsätzlich ist das richtig, wenn der Abstand aber  $1 \lambda$  übersteigt, dann tauchen die Antennen noch weitere viermal in die gleiche Phasenlage ein. Zu den beiden echten Tonminima, einmal von vorne und einmal von hinten, gesellen sich somit noch einmal vier Minima.



**Bild 5: Gradanzeige in „Low-Tech-Ausführung“**  
Fotos: DF7BL

Wie das funktioniert erklärt Bild 6. Im Fall 1 haben wir eine Tragrohlänge der Antennen von größer  $1 \lambda$ , beide Antennen liegen auf der Linie gleicher Phasenlage; wunderbar, unsere Peilung ist gut. Im Fall 2 ist die gleiche Anlage etwas gedreht; auch hier liegen die Antennen auf Linien gleicher Phasenlage, nur diese Peilung ist nicht zu gebrauchen! Genauso schlecht ist die nicht gezeichnete Möglichkeit, wenn die Antenne B dichter am Sender ist.

Ferner gibt es für alle Möglichkeiten nochmals ein Tonminimum, wenn die Antennen mit der Rückseite zum Sender zeigen. Den Grenzfall zeigt Nr. 3; hier ist das Antennentragrohr genau  $1 \lambda$  lang. Wie alle gezeichneten Anlagen kann sich auch hier

eine gute Peilung ergeben, gezeichnet ist aber die Möglichkeit, um  $90^\circ$  daneben zu liegen ...

Aber – alles wird gut, wir haben noch Fall 4: Das Tragrohr ist deutlich kürzer als  $1 \lambda$  (ich verwende 1,6 m). Auf dem um Antenne A gezeichneten Drehkreis ist es Antenne B nicht möglich, einen Punkt gleicher Phasenlage zu A zu berühren, der nicht einer korrekten Peilung entspricht. Mit der Einschränkung, dass der Phasenpeiler nicht zwischen vorne und hinten unterscheiden kann, doch ist es ja unsere erste Aufgabe beim Peilen, grob die Richtung der größten Feldstärke zu bestimmen.

## Symmetrische Antennen, unsymmetrische Speiseleitungen

Dipole, auch solche in Yagisystemen, sind symmetrische Antennen und benötigen unbedingt einen Balun, um an eine unsymmetrische Speiseleitung angepasst zu werden. Entfällt dieser, treten Mantelwellen auf dem Kabel auf. Dann verändert jede Kabelbewegung die Phasenlagen der herabgeführten Signale und damit die Qualität der Peilung. Eine HB9CV heutiger Bauart ist aus der Sicht der Speiseleitung eine unsymmetrische Antenne. Deshalb schiebt sie mit etwa  $7^\circ$ , braucht aber keinen Balun.

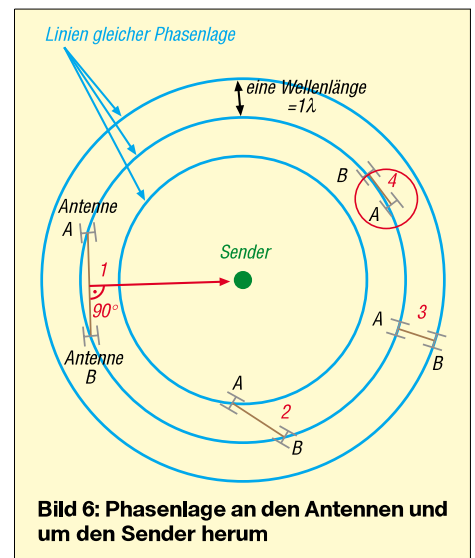
## Peilen vertikaler Signale

Fuchsjagden verwenden horizontale Polarisation, die normalen FM-Signale sind üblicherweise vertikal polarisiert. Solange ich ein Signal im Empfänger hören kann, kann ich es auch genau peilen, egal mit welcher Polarisation es ankommt – selbst wenn es im Rauschen ist. Ansonsten bleibt noch die Möglichkeit, die Antennen von horizontaler Polarisation auf vertikale umzubauen. Aber Achtung, die Antennenspitzen, die vorher nach rechts zeigten, müssen jetzt beide nach oben oder beide nach unten zeigen. Wir peilen mit der Phasenlage, deshalb ist das so.

## Hardware

Die Umschaltelektronik gemäß Bild 4 entstammt dem ARRL-Antennenbuch [5] (ist in mehreren Ausgaben abgedruckt) und ist von mir etwas abgewandelt worden. Der im Schaltbild eingezeichnete Abschwächer ist ein koaxialer Dämpfungssteller 60 dB, in meinem Falle von *Preh*. Diese Dinge sind auf gut sortierten Flohmärkten zu bekommen, aber ein normales Potenziometer reicht auch aus. Der Abschwächer wird lediglich gebraucht, wenn starke Signale anliegen und es schwer ist, die Richtung des Signalmaximums zu finden.

Die aufgebaute Box ist in Bild 3 zu sehen, eben „Low Tech“. Der erwähnte Beitrag [4] enthält auch einen gut funktionierenden Umschalter, der zudem weit weniger Strom zieht. Spezielle Dioden sind ledig-



**Bild 6: Phasenlage an den Antennen und um den Sender herum**

lich nötig, wenn man mit mehr als kleiner Leistung über das System senden will – aber wer tut das schon, wir wollen ja nur empfangen. Somit reichen 1N4148.

Die beiden Antennen sind auf Kunststoffrohren aus der Wasserinstallationstechnik befestigt und werden in ein weiteres Rohr auf dem Drehrohr gesteckt, siehe Bilder 1 und 2. So ist alles aus dem Kofferraum des Autos heraus in 3 min aufzubauen.

Zerlegbare HB9CV-Antennen aus vernickeltem Kupferrohr sind z.B. bei [6] oder [7] zu beziehen; eine interessante Eigenbauvariante findet sich in [8]. Grundsätzlich ist jeder Antennentyp geeignet, mit dem man grob die Richtung der größten Feldstärke finden kann.

Mein besonderer Dank geht an Thomas, DL9LE, der mir die zweite baugleiche HB9CV überließ und mit dem ich Abende lang Papier vermalt, Tee getrunken und das Problem bis zur endgültigen Lösung immer wieder durchdiskutiert habe.

df7bl@t-online.de

## Literatur

- [1] Steyer, M., DK7ZB: Kurze Yagis für das 2-m-Band in bewährter 28-Ω-Technik. FUNKAMATEUR 49 (2000) H. 2, S. 218–221; Nachlese H. 4, S. 419 beachten!
- [2] Bauer, A.O.; Erskine, R.; Herold, K.: Funkpeilung als alliierte Waffe gegen deutsche U-Boote 1939 – 1945. Selbstverlag Arthur O. Bauer, Diemen/Niederlande 1997; ISBN 3-00-002142-6; Abschnitt 5 S. 63–139
- [3] Straw, R.D., N6BV (Herausgeber): The ARRL Antenna Book. 18th Edition, Third Printing, Newington 1999. S. 14–17 bis 14–19 (in der 19. Edition nicht mehr enthalten!)
- [4] Mazur, H., DL6WA: Phasen-Peilempfängerzusatz. CQ DL 69 (1998) H.6, S. 465–466
- [5] Straw, R.D., N6BV (Hrsg.): The ARRL Antenna Book. 19th Edition, Newington 2000, S. 14–19
- [6] WiMo Antennen und Elektronik GmbH, Am Gäxwald 14, 76863 Herxheim; Tel. (07276) 96680; [www.wimo.com](http://www.wimo.com)
- [7] Benno + H. Röble, Elektronikvertrieb, Dr. Bihler Weg 3, 86637 Wertingen. Tel. (08272) 4335; [www.roessle-elektronik.de](http://www.roessle-elektronik.de)
- [8] Graf, U., DK4SX: Zerlegbare HB9CV-Antenne für das 2-m-Band. FUNKAMATEUR 51 (2002) H. 4, S. 394–395