

Doppel-Empfangsmodul VM-A von BAZ mit Phasensteuerung

WOLFGANG FRIESE – DG9WF

Das Doppel-Empfangsmodul VM-A von [1] beinhaltet die komplette Schaltungstechnik für die Phasensteuerung zweier Empfangssignale. Wir erläutern die theoretischen Grundlagen und zeigen, dass sich Lang- und Mittelwellenhörern neue Perspektiven damit eröffnen.

In der Empfangstechnik wendet man eine Vielzahl schaltungstechnischer Verfahren an, um eine möglichst saubere Signalwiedergabe des gewünschten Senders zu erreichen. Dabei spielen die Ausführungen der frequenzselektiven Baustufen eine besondere Rolle. Ihre Eigenschaften bestimmen maßgeblich die Trennschärfe des Empfängers. Bedingt durch bestimmte Empfangssituationen, beispielsweise durch ein örtlich sehr ungünstiges Pegelverhältnis zweier frequenzmäßig benachbarter Sender oder durch den Empfang verschiedenartiger Störsignale, kann es aber selbst bei hochwertigen Empfangsgeräten zu Problemen bei der Signaltrennung kommen.

Betrachtung der beiden Ausgangssignale mit einem Oszilloskop zeigt gleiche Spannungsbeträge und gleiche Phasenlagen. Letzteres ist daran erkenntlich, dass beide Signale zur gleichen Zeit die Nulllinie schneiden, um von der negativen Halbwelle zur positiven bzw. von der positiven zur negativen zu wechseln.

Polt nun wie in Bild 3 eine der Ferritantennen um, so zeigt das Oszilloskop zwei gegenphasige Spannungen mit gleicher Amplitude. Während bei einem Signal der Halbwellenwechsel von Positiv nach Negativ stattfindet, zeigt das andere Signal inverses Verhalten. Bei Betrieb mit gleichem Wickelsinn, aber mit nachgeschalteter



Bild 1: Auf dem BAZ-VM-A-Modul für Phasingbetrieb (in diesem Beitrag als Phasensteuerung bezeichnet) ist rechts der Aufbau für die erhöhte Antennensteckbuche zu erkennen.

Werkfoto

Oft bietet sich in solchen Situationen die Phasensteuerung als geeignetes Verfahren zur Empfangsverbesserung an. Bei der Phasensteuerung erfolgt ein gezielter Empfang des störenden Signals mit einer Hilfsantenne, um es dann zur Kompensation des eigentlichen, mit der Hauptantenne aufgenommen Empfangssignals heranzuziehen. Einige theoretische Grundbetrachtungen werden Ihnen das Verständnis dieser Funktionsweise erleichtern.

■ Gleich- und gegenphasige Signale

Bild 2 zeigt die Anordnung zweier Ferritantennen mit gleicher Ausrichtung auf den empfangenen Sender. Beide Antennen und auch die entsprechenden nachfolgenden Anpassverstärker besitzen identische Eigenschaften – auch der Wickelsinn der Spulen ist identisch, hier angedeutet durch die Punkte an den Wicklungsanfängen. Die

tem invertierendem Verstärker in einem Kanal zeigen sich auf dem Oszilloskop ebenfalls gegenphasige Signale, wie in Bild 4 zu erkennen ist.

■ Addition und Subtraktion von Wechselspannungssignalen

Mithilfe der in Bild 5 gezeigten invertierenden Operationsverstärkerschaltung mit zwei Eingängen lassen sich zwei Spannungen unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen summieren (Summierverstärker). Die Ausgangsspannung U_a errechnet sich nach

$$U_a = - \left(\frac{R3}{R1} \cdot U_1 + \frac{R3}{R2} \cdot U_2 \right) \quad (1)$$

Sind alle drei Widerstände gleich, gilt

$$U_a = - (U_1 + U_2) \quad (2)$$

Wird dieser Verstärker mit gleicher Widerstandsbewertung an die Ausgänge der in Bild 2 gezeigten Anpassverstärker geschaltet, lässt sich am Ausgang mit dem Oszilloskop ein gegenphasiges Signal mit der doppelten Amplitude messen. Bei Anschluss des Summierverstärkers an die Schaltung in Bild 3 bleibt die Spannung am Ausgang auf Null. Die Summe der Augenblickswerte beider Eingangssignale ist in diesem Fall immer Null, da die Spannungen bei gleichen Beträgen gegensinnige Vorzeichen aufweisen. Daraus lässt sich folgern, dass für eine Signalkompensation mithilfe des Summierverstärkers unterschiedliche Betragsvorzeichen der Eingangsspannungen erforderlich sind.

Anders sind die Verhältnisse bei einem Differenzverstärker, wie in Bild 6 gezeigt. Bei gleichen Widerständen $R1$ bis $R4$ gilt für die Ausgangsspannung U_a

$$U_a = U_{1N} - U_{2I} \quad (3)$$

Hier müssen für eine gewünschte Kompensation die Spannungen gleiche Vorzeichen aufweisen.

Für die Zusammenführung zweier entgegengesetzter Signale besteht neben der Stromsummenbildung des invertierenden Verstärkers die Möglichkeit, eine Spannungssummenbildung mit einem nicht invertierenden Verstärker durchzuführen.

Alternativ zu den aufgezeigten Anwendungen mit Operationsverstärkern lässt sich die Signalzusammenführung auch mit einem Ringkern-Übertrager mit zwei Eingangs- und einer Ausgangswicklung durchführen, siehe Bild 7. Hier lässt sich die Funktion der Signaladdition bzw. -subtraktion durch das einfache Umpolen einer Eingangswicklung bestimmen.

■ Phasensteuerung

Eine entsprechende Kombination der aufgezeigten Grundfunktionen in Verbindung mit einer variablen Bezugspotenzialanbindung beider Signalspannungen ermöglicht die Phasensteuerung. Dabei dient ein Antennenmodul für den möglichst optimalen Empfang des gewünschten Senders, das andere empfängt das störende Signal.

Frequenzbereiche der LFM-Antennen in Abhängigkeit der Schalterstellung für die Zusatzkapazitäten (Quelle: [1])

Schalterstellung	Resonanzfrequenz/kHz			
	LFM 20-100	LFM 100-500	LFM 500-2900	LFM 2900-15000
I (1200 pF)	20...30	100...140	500...630	2900...3500
II (640 pF)	30...45	135...180	620...860	3400...4500
III (0 pF)	45...100	175...500	840...2900	4400...15000

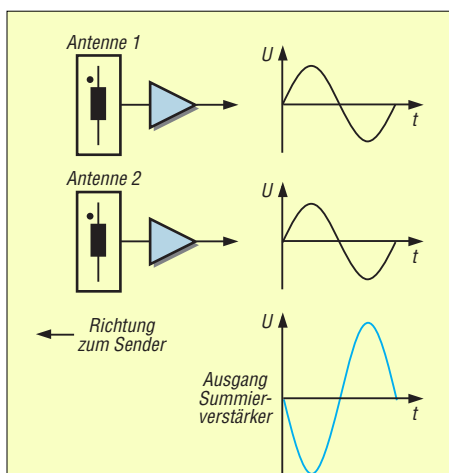


Bild 2: Bei gleichem Wickelsinn und identischen Spezifikationen der Antennenspulen und Verstärker ergeben sich phasen- und betragsgleiche Ausgangsspannungen.

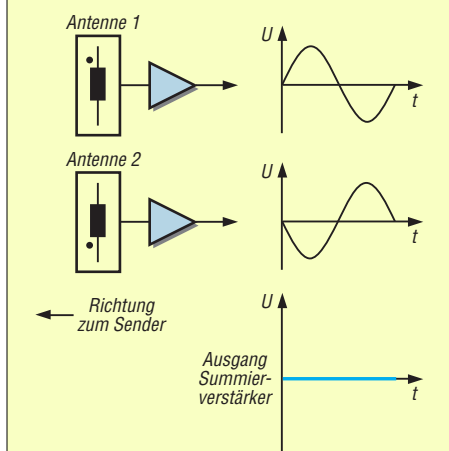


Bild 3: Bei entgegengesetztem Wickelsinn besitzen die betragsgleichen Ausgangsspannungen entgegengesetzte Vorzeichen – sie sind gegenphasig.

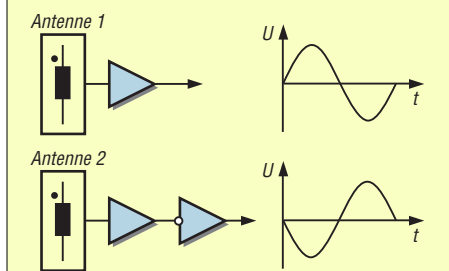


Bild 4: Statt die Wicklung umzupolen, lässt sich auch ein Inverter anfügen.

Durch korrekte Einstellung werden nun beide Kanäle so zusammengeführt, dass Betrag und Phase des Hilfssignals den Störanteil im Hauptsignal kompensieren. Ziel ist dabei eine völlige Störsignalauslöschung – bei einer zu geringen bzw. zu hohen Kompensationsspannung (Überkompensation) entstehen Reststörspannungen. Bild 8 zeigt einen vereinfachten Schaltplan.

■ Nutzbarer Frequenzbereich

Das Modul VM-A lässt sich, wie die Tabelle zeigt, durch den Einsatz von vier verschiedenen Ferrit-Steckmodulen für den Frequenzbereich von 20 kHz bis etwa 15 MHz verwenden. Allerdings sind jeweils zwei gleiche Module für die Phasensteuerung im VM-A nötig, also acht Einzelmodule für eine vollständige Bereichsabdeckung.

Die hohe Anzahl irritiert zunächst, doch eine genaue Betrachtung der Bereichstabelle nebst einer überschlägigen Berechnung sorgt schnell für Klarheit. Mit den Abstimm-drehkondensatoren lassen sich, je nach Frequenzbereich, Variationsverhältnisse von etwa 2,2 bis 3,4 erreichen. Die Antennenspulen für die unteren Bereiche besitzen aufgrund der höheren Windungszahlen auch höhere Eigenkapazitäten [2]. Die wirksame Parallelschaltung dieser Eigenkapazität mit dem Drehkondensator engt dessen Abstimmbereich daher bei tiefen Frequenzen mehr ein.

Die Bereichsabdeckung mit vier unterschiedlichen Steckspulen ist nur dann möglich, wenn eine zusätzliche Parallelschaltung mit Festkondensatoren erfolgt. Die beiden Einzelmodule des VM-A verfügen jeweils neben dem skalierten Drehkondensator-Abstimmknopf über einen Schalter für die abgestufte Zuschaltung von zwei Festkapazitäten, sodass jede Steckspule in drei Frequenzunterbereichen arbeiten kann.

Der Betrieb mit der größten Zusatzkapazität (1200 pF) sorgt dabei für die jeweils tiefste untere Grenzfrequenz. Da sich der abstimmbare Anteil (Drehkondensator) der Gesamtkapazität mit der Zuschaltung von zusätzlichen Parallelfestkapazitäten verringert, nimmt auch das Abstimmverhältnis f_o/f_u entsprechend ab. Die genannte Aufteilung stellt einen vernünftigen Kompromiss zur Bereichsabdeckung zwischen der benötigten Steckspulenzahl und der Bereichserweiterung durch Festkapazitäten dar.

■ Mechanische Ausführung des VM-A

Das VM-A-Modul ist in einem form-schönen Kunststoffgehäuse untergebracht. Zunächst hat mich die Größe des Geräts überrascht – die Gehäuseabmessungen (B × T × H) betragen etwa 350 mm × 20,5 mm × 11,5 mm. Aber nach dem Aufstecken der Leistungs-Ferritmodule (BAZ verwendet als Steckverbinder ein Klinckenstecker-System der Firma Neutrik) wird schnell klar, warum ein so großer Gehäusetyp gewählt wurde. Eigentlich ist das Gehäuse für die Aufnahme zweier unabhängig voneinander drehbarer Ferritmodule noch zu klein, wäre die rechte Aufnahmebuchse nicht durch einen Anbau

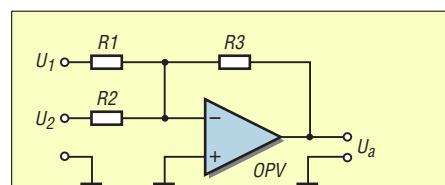


Bild 5: Grundsaltung eines Summierverstärkers

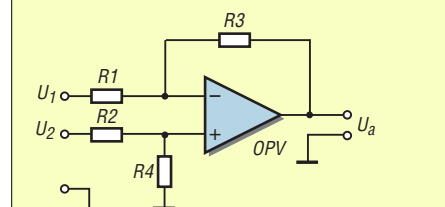


Bild 6: Grundsaltung eines Differenzverstärkers

hochgesetzt, wie Bild 1 zeigt. Diese Konstruktion erlaubt es, dass sich das dort eingebrachte Steckmodul teilweise über das auf der linken Geräteseite eingesteckte hinwegdreht.

Auf der übersichtlich gestalteten Frontplatte erfolgt die Anordnung der Bedienelemente der beiden Empfangssysteme symmetrisch, jeweils unterhalb der Steckbuchse für die entsprechende Antenne, wie Bild 9 zeigt. In der Mitte befinden sich der Ein/Aus-Schalter für die Phasensteuerung, darunter der Drehknopf zur Einstellung der Phasensteuerung. Die Geräte-rückseite weist eine Kleinspannungsbuchse für den Anschluss eines 12-V-Netzteils oder eines Batterie-/Akkumulatorpacks mit 4,5 V auf.

■ Funktion der Einstellelemente

Die beiden Bedienelemente in der Frontplattenmitte bestimmen die Grundfunktion des Geräts. Bei ausgeschalteter Phasensteuerung lässt sich das Gerät, vorzugsweise bestückt mit nur einer Antenne, als ganz normales einkanaliges Empfangsmodul betreiben. Bei eingeschalteter Phasensteuerung (Schalterstellung Ph. AN) müssen zwei gleich Ferritmodule aufgesteckt sein.

Die Felder A (links) und B (rechts) beinhalten die Bedienelemente der beiden Anpassverstärkermodule. Dazu gehören jeweils die Abstimmknöpfe für die Schalterknöpfe für die Frequenzgrobeinstellung

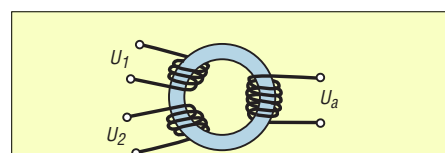
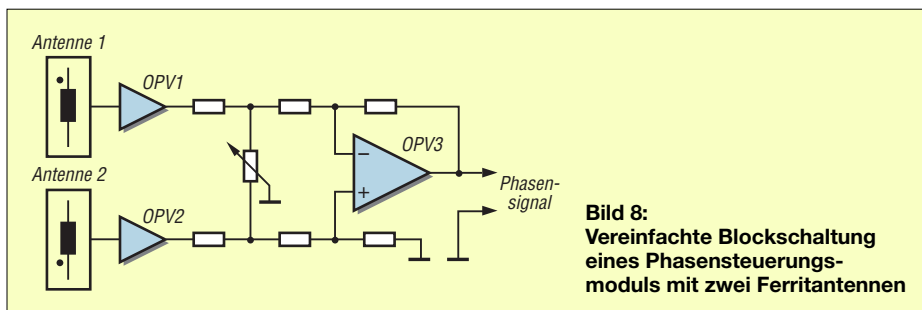


Bild 7: Ringkernübertrager mit einer Ausgangswicklung und zwei gleichen Eingangswicklungen, siehe Text



sowie die Drehkondensatoren für die Frequenzfeineinstellung. Jeder Verstärker verfügt darüber hinaus über eine separate Verstärkungseinstellung. Das linksseitige Potenziometer ist mit dem Hauptschalter des Gerätes kombiniert. Eine LED dient zur Anzeige des Betriebszustands.

■ Bedienung des Geräts

Der Frequenzabgleich erfolgt zunächst bei ausgeschalteter Phasensteuerung mit nur einer Antenne. Dazu ist das entsprechende Ferritmodul aufzustecken. Entsprechend der Tabelle muss die Einstellung des Schalters *Resonanzkapazität* so erfolgen, dass sie die auf dem nachgeschalteten Empfänger angezeigte Frequenz beinhaltet. Nun kann mittels der Drehkondensatorabstimmung der Resonanzabgleich erfolgen. Zu beachten ist dabei, dass bei Drehung des Abstimmknopfs nach links eine Erhöhung der Empfangsfrequenz erfolgt. Mit dem Potenziometer ist nun eine Pegelabstimmung möglich.

Die korrekte Einstellung bei zugeschalteter Phasensteuerung verlangt etwas Übung. Genau genommen sind es ja insgesamt sieben Einstellkomponenten, die die jeweilige Signalwiedergabe beeinflussen. Es lassen sich auch unterschiedliche Vorgehensweisen in der Abstimmreihenfolge vornehmen. Stellvertretend sei hier nur eine Möglichkeit aufgeführt. Zunächst erfolgt die Ein-

stellung des A-Systems optimal auf den gewünschten Sender. Der Schalter in der Mitte muss dazu auf *Ph. AN* stehen, beide Antennen müssen gesteckt sein und das Potenziometer für die Phasensteuerung auf Linksanschlag stehen. Nach erfolgter Abstimmung wird das System B optimal auf den Störer eingestellt. Dazu ist das Potenziometer für die Phasensteuerung auf Rechtsanschlag zu stellen.

Wichtig ist es zunächst, die Verstärker nicht voll auszusteuern, sondern die beiden dafür verantwortlichen Potenziometer in Mittelposition zu belassen. Nun erfolgt die Einstellung auf eine optimale Kompensation des Störsignals. Im einfachsten Fall lässt sich diese nur durch Abstimmung des Phasenpotenziometers erreichen. Tritt die gewünschte Änderung nicht ein, so ist die Hilfsantenne (B) um 180° zu drehen. Bei einer nur unzureichenden Kompensationswirkung kann sich eine Änderung der beiden Verstärkungseinstellungen günstig auswirken.

■ Funktionsprüfung

Für einen Gerätetest wurden mir vom Hersteller ein Doppel-Empfangsmodul VM-A sowie vier Leistungsferritmodule (zwei LFM 100-500, zwei LFM 500-2900) zur Verfügung gestellt, sodass ein Testbetrieb im Frequenzbereich von 0,1 bis 2,9 MHz möglich war.

Vor dem praktischen Empfangstest erfolgte eine Funktionsprüfung mit induktiv eingekoppelten Signalen. Bei der Messung des Ausgangssignals des VM-A mit dem Oszilloskop wurde ein 50-Ω-Abchlusswiderstand eingefügt.

Bei der Beaufschlagung einer induzierten Spannung, der Versuch wurde bei unterschiedlichen Frequenzen im gesamten Bereich durchgeführt, ergaben sich stets in Abhängigkeit des Spulenwickelsinnes die gleichen lehrbuchmäßigen Resultate, wie in Bild 10 zu sehen. Bei gleichphasiger Antennenausrichtung ergab sich bei dem Verstellen des Potenziometers zur Phasensteuerung von links nach rechts in Mittelstellung der maximale Ausgangspegel, während sich in gleicher Potenziometerstellung bei gegenphasiger Ausrichtung ein Minimalpegel ergab.

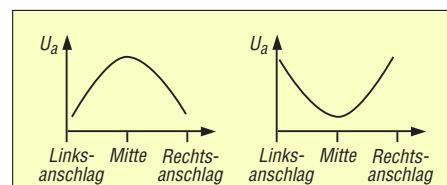


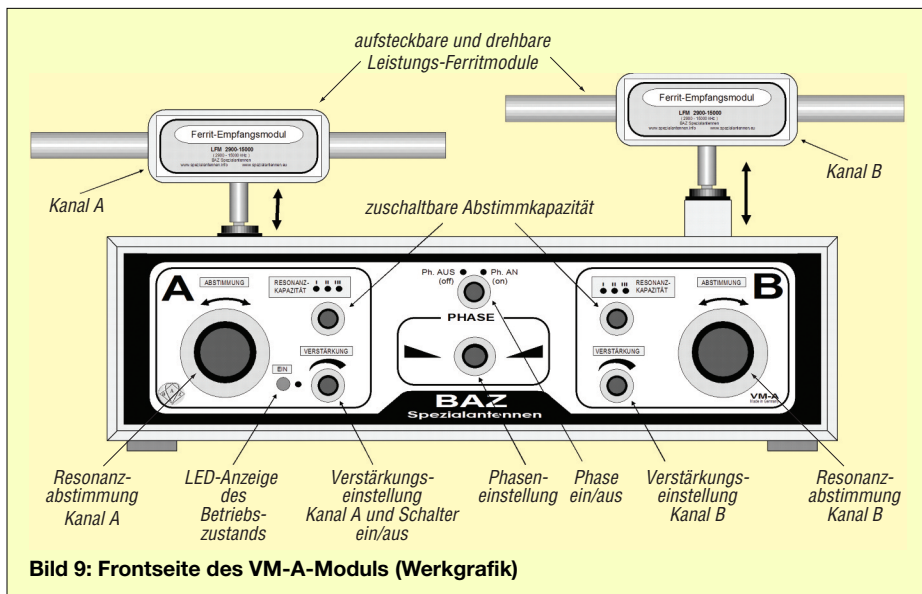
Bild 10: Bei gleicher Richtungsorientierung der Antennenwicklungen ergibt sich bei dem Durchdrehen des Phasenpotenziometers eine Ausgangsspannung entsprechend dem linken Diagramm. Bei entgegengesetztem Wickelsinn zeigt die Kurve das rechts gezeigte Verhalten.

Bei einem weiteren Versuch wurde eine zweite Spule zur Induktion einer zusätzlichen Spannung mit einer geringfügig abweichenden Frequenz hinzugezogen. Ihre Platzierung erfolgte mit gleichem und unterschiedlichem Winkel zur ersten Spule. Das Einwirken beider Signale ergab je nach Signalaussteuerung eine entsprechende ausgangsseitige Schwebung. Durch die Phasensteuerung ließ sich unter Zuhilfenahme des Moduls B in allen Fällen eine wirksame Kompensation erreichen.

■ Empfangstest

Im praktischen Empfangstest wurde das Modul in Verbindung mit unterschiedlichen Empfängern, insbesondere im MW- und Langwellenbereich, getestet. Zunächst wurde dazu beim Durchstimmen des Empfängers das Augenmerk auf solche Frequenzen gelegt, bei denen durch das Einwirken unterschiedlicher Stationen keine klare Wiedergabe erfolgte. Es zeigten sich teilweise sehr beeindruckende Empfangsverbesserungen, allerdings erforderte die Einstellung des VM-A-Moduls, je nach gegebener Situation, einige Geduld.

Zu bemerken ist auch die Tatsache, dass nach einer erfolgten Einstellung bei Veränderung des Empfangspegels, beispiels-



weise durch Schwund, eine Einstellungs-optimierung erforderlich ist. Bemerkenswert ist die Wirksamkeit der Phasensteuerung in Verbindung mit manchen Aussendungen, die durch verschiedenartige Pfeif- und Brodelstörungen beeinträchtigt werden. So ergaben sich insbesondere im MW-Bereich bei vielen schwach einfallenden gestörten Stationen bei korrekt eingestellter Phasensteuerung wesentlich klarere und ungestörtere Klangeindrücke.

Durch die Kompensationswirkung kann es bei der Phasensteuerung auch zur Pegelabsenkung des Nutzsignals kommen. Dieses ist dann zwar kleiner als beim Nor-

malbetrieb, aber weniger mit Störungen beaufschlagt. Interessant ist auch die Möglichkeit, Störungen, die von räumlich eng begrenzten Gewitterzellen ausgehen, durch eine teilweise Kompensation abzuschwächen.

Für den Betrieb, bei dem keine Phasensteuerung erforderlich ist, empfiehlt es sich, nur mit einer Antenne und ausgeschalteter Phasensteuerung (*Ph. AUS*) zu arbeiten.

■ Fazit

Aufgrund seines ganz speziellen Funktionsprinzips kann das BAZ VM-A dort Empfangsverbesserungen herbeiführen, wo

andere Methoden scheitern, was für den ernsthaften MW- und LW-Hörer sicher eine überdenkenswerte Angelegenheit ist.

wolfgangfriese@t-online.de

Literatur und Bezugsquelle

- [1] BAZ Spezialantennen, Lessingstr. 21, 76887 Bad Bergzabern, Tel. (0 63 43) 61 07 73, Fax (0 72 11) 51 58 79 10; www.spezialantennen.info
- [2] Friese, W., DG9WF: Ferritstabantennen. FUNK-AMATEUR 53 (2004) H. 12, S. 1221–1223; 54 (2005), H. 1 S. 48–50
- [3] Friese, W., DG9WF: Test des VLF-Power-Ferritmoduls LFM/5-50/24 von BAZ. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 1, S. 25–27
- [4] Friese, W., DG9WF: Außergewöhnliche Empfangsantennen. vth, Baden-Baden, 2007; FA-Leserservice V-8361