

Ferngesteuerte Symmetrie – Praxistest Antennentuner AG-3

MARTIN STEYER – DK7ZB

Im Gegensatz zu verschiedenen im Handel erhältlichen manuellen und automatischen Antennenkopplern in unsymmetrischer Schaltungstechnik weist der AG-3 einen echten symmetrischen Ausgang für Dipole oder Zweidrahtleitungen auf. Dies eröffnet interessante Möglichkeiten für Antennenexperimente.

Zum Lieferumfang des Anpaßgerätes gehören mehrere Teile. Der eigentliche Tuner AG-3 ist in einem regendichten Kunststoffgehäuse IP54 mit den Abmessungen 227 mm × 308 mm × 130 mm untergebracht. An der Oberseite befinden sich zwei dicke Isolatoren mit Anschlüssen, die mit Flügelschrauben versehen sind. Hier kann man direkt einen Dipol oder eine symmetrische Zweidrahtleitung alias „Hühnerleiter“ anschließen.

An der Unterseite ist der Ausgang für das mitgelieferte und fest angeschlossene, 25 m lange Steuerkabel. Dieses trägt am anderen Ende einen SUB-D-Stecker für das Steuergerät und läßt sich bei Bedarf problemlos verlängern. Außerdem befindet sich dort eine N-Buchse, an der sich ein 50-Ω-Koaxkabel anschließen läßt.

Antennenanpaßgeräten über einen Balun hinter dem eigentlichen Tuner erreicht, sondern das AG-3 besitzt ein echtes symmetrisches π -Filter (Collins-Filter). Die Grundkonfiguration der Schaltung geht aus Bild 2 hervor.

Über einen Balun erfolgt zunächst eine Symmetrierung des unsymmetrischen 50-Ω-Eingangs; erst danach gelangt das Signal an das doppelte π -Filter. Die Eingangskapazität C1 besteht aus neun Kondensatoren, die so gestaffelt sind, daß sich beim Durchdrehen eines Schalters eine quasikontinuierliche Abstimmung ergibt.

Dabei werden nicht einfach durch Relais weitere Kondensatoren zugeschaltet, sondern eine Schaltlogik sorgt dafür, daß die Relaiskombinationen über eine Ablaufsteuerung jeweils stetig zunehmende Ka-

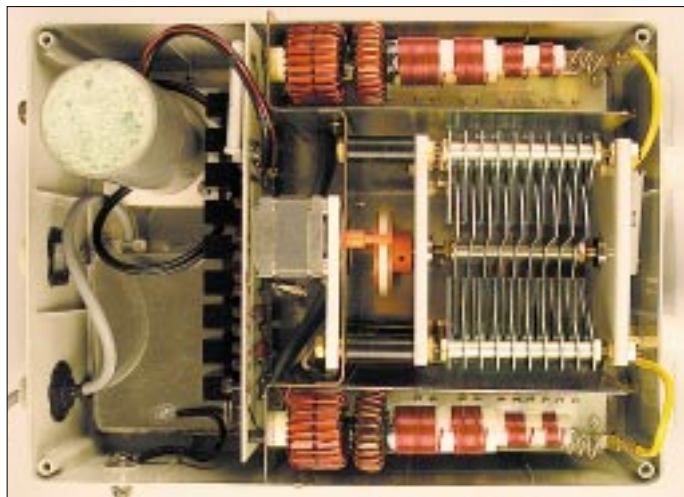


Bild 1: Blick in den geöffneten Antennenkoppler; links oben der vergossene Eingangsbalun, rechts oben und unten die beiden π -Filter-Spulen, rechts in der Mitte der ausgangsseitige Schmetterlingsdrehkondensator

Das zugehörige Steuergerät AG-3CU hat ein schwarzes Gehäuse, ebenfalls aus Kunststoff, und wird über ein mitgeliefertes kleines Steckernetzteil 13,8 V/1,8 A oder eine externe 12-V-Quelle mit der Betriebsspannung versorgt. Damit ist eine manuelle Fernabstimmung möglich. Diese zunächst umständlich erscheinende Lösung basiert auf einem pfiffigen Konzept, das hier näher beschrieben werden soll.

■ Schaltung

Im Gegensatz zu anderen Tunern hat das Anpaßgerät AG-3 einen symmetrischen Ausgang. Dieser wird nicht wie bei anderen

kapazitätswerte ergeben, wenn man nach rechts dreht bzw. abnehmende bei Linksdrehung.

Die geschalteten Kondensatoren sind dazu binär in den Kapazitätswerten gestaffelt. Ein zusätzlicher Festkondensator C2 läßt sich bei Bedarf über einen weiteren Taster zuschalten, wenn der Abstimmvorgang auf den frequenzniedrigeren Bändern nicht zu einem SWR-Minimum führt.

Dann folgen in jedem Zweig sieben Induktivitäten, von denen die beiden größten L1 und L2 auf Ringkerne der Größe T130-2 gewickelt sind; bei den anderen handelt es sich um klassische Spulen aus 1,5-mm-

Tabelle 1: Technische Daten des AG-3

Frequenzbereich	1,8...30 MHz
Temperaturbereich	-30...+80 °C
Koppler	
Eingangsleistung	≤ 150 W Dauerstrich
Abmessungen (B×H×T)	227 × 308 × 130 mm ³
Masse	4,35 kg
TRX-Anschluß	N-Buchse
Steuerkabel	17polig, 25 m fertig mitgeliefert
Bedienteil	
Abmessungen (B×H×T)	180 × 94 × 172 mm ³
Masse	550 g
Stromversorgung	230 V, 13,8 V

CuL-Draht auf verlustarmen Wickelkörpern. Auch hier wird durch einen Drehschalter der Ablauf so gesteuert, daß sich eine stetige Zu- bzw. Abnahme der wirksamen Induktivität durch gespeicherte Schaltzustände der jeweils parallel liegenden Relais ergibt. Man hat dabei fast den Eindruck, eine Rollspule zu bedienen.

Der Ausgangskondensator C4 ist ein solider Schmetterlingsdrehko 2 × 100 pF mit 2,5 mm Plattenabstand. Bemerkenswert ist, daß zum Vermeiden von Spannungsüberschlägen durch Staub u.ä. jedes Plattensegment mit einer Glasplatte versehen ist, so daß die Zwischenräume geschützt sind. Ein Drehgeber an der Frontplatte des Abstimmgerätes steuert einen Motor, der über einen Reibantrieb unmittelbar in Echtzeit den Drehko abstimmt, so daß auch dabei der Eindruck unmittelbarer Direktabstimmung besteht. Ein weiterer hochspannungsfester Kondensator mit 100 pF kann als C3 zusätzlich den Abstimmbereich vergrößern.

Auf Bild 1 befindet sich links der Eingangsbalun in einer Hart-PVC-Röhre, die mit Polyurethanschaum vergossen ist. In der Mitte sieht man den kleinen Stellmotor und daneben den über einen Reibradtrieb abgestimmten, für 4 kV sehr solide ausgelegten Ausgangsdrehkondensator. An den Gehäuseaußenseiten sind die beiden symmetrischen Induktivitätsketten zu erkennen. Ganz links ist L7, aus zwei gestockten Amidon-Ringkernen aufgebaut, rechts die kleinste Induktivität L1.

Die Stromaufnahme hängt davon ab, wie viele Bauteile durch die Relais jeweils kurzgeschlossen bzw. eingeschaltet sind. Gemessen habe ich Werte zwischen 0,5 und 1 A. Der Strom muß notwendigerweise bei Senden und Empfang kontinuierlich fließen, was bei Portabelbetrieb die Spannungsquelle zusätzlich belastet.

■ Abstimmvorgang

Für jedes Band gibt es eine Stellung des Bandschalters. Die zum Abstimmen benötigte Sendeleistung hängt von der Empfindlichkeit der verwendeten SWR-Meß-

einrichtung ab. Beinhaltet der Transceiver selbst keine Möglichkeit der SWR-Messung, bedarf es zwingend eines zusätzlichen Instruments, das in die von der Station hinwegführende Koaxialleitung einzuschleifen ist.

Nach Vorwahl stellt man zunächst die Induktivitätskette auf Rücklaufminimum ein. Damit ergibt sich meistens ein SWR von 3 oder besser. Dann kommt der Eingangskondensator an die Reihe, und am Schluß erfolgt der Feinabgleich auf beste Anpassung mit dem motorabgestimmten Ausgangskondensator. Unter Umständen macht sich ein mehrfaches Wiederholen dieser Schritte erforderlich.

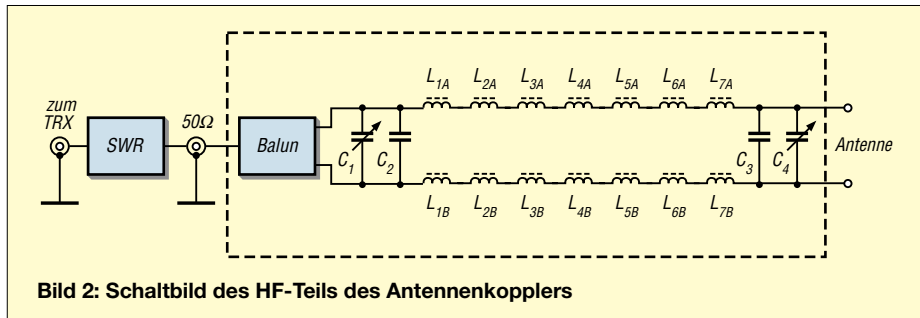


Bild 2: Schaltbild des HF-Teils des Antennenkopplers

Führt das Abstimmergebnis zu einem deutlich über 1 liegenden SWR, so ist nochmaliges Nachstimmen mit einer etwas größeren oder kleineren Induktivität angesagt, wobei alle genannten Schritte zu wiederholen sind. Dieselben Abstimmsschritte des wechselseitiges Verstimmens von zwei Kondensatoren und einer Spule sind auch bei einem „einbeinigen“ π -Filter üblich – sie sollten daher bekannt sein.

■ Nützliche Speicher

Das klingt deutlich komplizierter als es ist, denn in der Praxis hat man meistens nach etwa 30 s die richtigen Kombinationen von Spule und Kapazitäten gefunden. Deutlich länger sucht man nach den Resonanzpunkten auf den niederfrequenten Bändern, wenn die Antenne sehr kurz ist. Durch die Speicherung bleibt das aber ein einmaliger Akt. Bei sehr niederohmiger Impedanz, wie sie in diesem Fall auftritt, muß man z.B. auf dem 80-m-Band bei Frequenzwechsel um mehr als 100 kHz neu abstimmen. Zwar hat der Hersteller dafür bereits zwei Speicherplätze (80A und 80B) spendiert; wer aber gleichermaßen CW, Klönrrunden und SSB-DX liebt, wird sich nach mehr sehnen.

Eine sinnvolle Vereinfachung ergibt sich, wenn man zunächst in Bandmitte abstimmt. Dann reicht es normalerweise, bei Frequenzwechsel nur den Ausgangsdrehkondensator noch einmal nachzuziehen. Die für eine Antenne gültige Relaiskombination wird durch Tastendruck in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt und steht

bei Frequenzwechsel sofort wieder zur Verfügung. Lediglich der Ausgangsdrehkondensator muß über den Motor je nach Band wieder auf ein SWR von 1 gezogen werden.

Ist die Prozedur für alle Bänder einmal ausgeführt, wird der Bandwechsel ein Kinderspiel. Bei sich ändernden Umgebungsbedingungen, z.B. durch Regen oder Schnee, genügt normalerweise auch eine Feinkorrektur am Ausgangsdrehkondensator.

Zu jedem Kondensator im Eingang und zu jeder Induktivität gehört eine LED an der Frontplatte. Dadurch behält der Operateur einen genauen Überblick, welche Bauelemente gerade im Spiel sind.

Es lohnt durchaus, sich diese Kombinationen auf einem Merkzettel zu notieren. Das hilft insbesondere dann, wenn man verschiedene Antennen am Tuner betreiben will, da ja nur eine Stellung je Band im Speicher ablegbar ist.

■ Praktische Erfahrungen

Ich habe den AG-3 direkt am Speisepunkt verschiedener Antennen und auch an mehreren 450- Ω -Zeidrahtleitungen (*Wireman*) getestet. Die kürzeste Konfiguration war ein Rotary-Dipol mit 2 \times 6,50 m Länge. Diesen habe ich aus einem selbstgebauten Mittelstück aus Aluminiumrohren sowie preiswerten, je 5 m langen Angelruten aufgebaut.

Das Antennenabstimmgerät befand sich direkt im Speisepunkt, wie Bild 4 erkennen läßt. Ein solcher Aufbau bietet sich als eindeutig bessere Alternative zu den verschiedenen Multiband-Vertikalantennen an.

Kommen ein preiswerter Rotor und Angelruten zum Einsatz, so relativiert sich der vergleichsweise hohe Anschaffungspreis des AG-3 deutlich.

Tabelle 2: Verhalten eines 2 \times 6,5-m-Dipols über realem Grund

Band	Freiraumgewinn [dBd]	Gewinn in 12 m Höhe [dBd]	DX-Keule Abstrahlwinkel
10 m	2,9	9,09	12°
12 m	2,17	7,84	14°
15 m	1,29	5,88	16°
17 m	0,74	6,08	19°
20 m	0,24	6,3	25°

Diese Anordnung bringt bei Höhen von 10 m über Grund und mehr auf den Bändern oberhalb von 20 m bereits einen spürbaren Gewinn durch schmalere werdende Keulen, allerdings bidirektional. Für 10 m liegt dabei der optimale Fall des „Extended-Doppel-Zepp“ mit 2 \times 5/8 λ vor, der einen Freiraumgewinn von 2,9 dBd aufweist.

Da ein solcher 2 \times 6,5-m-Drehdipol durchaus bemerkenswerte Eigenschaften aufweist und sicherlich von weiterführendem Interesse ist, weist die Tabelle 2 die mit EZNEC bestimmten Daten im Freiraum sowie in 12 m Höhe über realem Erdboden mittlerer Leitfähigkeit aus. Diese Höhe ist im praktischen Betrieb über einem Hausdach oder auf einem leichten Mast problemlos zu realisieren und schlägt die verschiedenen Mehrband-Vertikals („Elevated Vertical“) in der DX-Tauglichkeit um Längen.

Im Feldversuch mit 2 \times 6,50 m und dem AG-3 im Einspeisepunkt gelang es, auf den Bändern 10...80 m Resonanzpunkte zur Anpassung zu finden. Auf 160 m verlangte dies schon einige Klimmzüge. Hier bietet es sich eher an, eine zusätzliche, symmetrische *Inverted-Vee* vom Mast aus zu spannen. Ihre Länge läßt sich schwer den Gegebenheiten anpassen, und ein einfaches Relais kann die Umschaltung bewerkstelligen.

Die Eigenschaften auf 10 m und 12 m waren indes dermaßen überzeugend, daß ich

Bild 3: Erst mit dem in Sendernähe unterzubringenden Bedienteil ist das Abstimmssystem komplett. Die aufgedruckte Schaltung und die vielen Kontroll-LED vermitteln das Gefühl, den Abstimmprozeß „im Griff“ zu haben.



mit meinem FT-890 und 100 W mitten im Februar den ganzen Nachmittag auf einem Hügel mit meinem Portabelschiebemast aus dem Auto DX-Betrieb in CW gemacht habe. Na ja, die Sonne schien dabei auch wie an einem schönen Vorfrühlingstag ... Dieselbe Anordnung mit $2 \times 6,5\text{-m}$ -Dipol, nun aber als Vertikalantenne in einer hohen Kiefer aufgebaut, ließ sich mit 9 m „Hühnerleiter“ auf allen Bändern von 10 bis 160 m anpassen, wobei ich mitunter recht lange nach den richtigen Abstimm- punkten suchen mußte. Danach war aber der Bandwechsel durch die Speicherung ein Kinderspiel.

An verschiedenen, unterschiedlich langen Dipolen und variabler Länge bei der Zweidrahtspeiseleitung ließ sich feststellen, daß es u.U. zu Impedanzpunkten kommen kann, die der AG-3 nicht anpassen kann. Dies ist ähnlich wie bei anderen Tunern und läßt sich durch Längenänderung der Speiseleitung vermeiden. Probieren führt hier immer zum Ziel.



Bild 4: AG-3 im Speisepunkt eines selbstgebauten Drehdipols mit $2 \times 6,50\text{ m}$ Länge
Fotos: DK7ZB (2), DL2RD (3)

Hilfreich kann ein Impedanzmeßgerät sein, wie *RF-1* o.ä., mit dem man Punkte suchen kann, die auf allen gewünschten Bändern einen mittelmäßigen, reellen Anteil des Strahlungswiderstandes ergeben. Die dann auftretenden kapazitiven oder induktiven Blindanteile lassen sich mit dem Tuner durch das symmetrische π -Filter gut wegstimmen und führen zu einem SWR unter 1,2.

■ Noch ein Antennentip

Wie findet man nun systematisch Antennenlängen, die sich für eine mittelmäßige Speisung anbieten? Da diese Frage sicherlich von allgemeinem Interesse ist und nicht nur für diesen Tuner Bedeutung hat, widmen sich die folgenden Zeilen diesem Problem.

Dazu führen wir uns Bild 5 vor Augen. Man nimmt sich einen Bogen Millimeterpapier und trägt vom Ende eines Dipolastes (E) die Stromverteilung für die gewünschten Bänder auf. Wir gehen davon aus, daß am Ende des Dipols immer ein

Stromknoten bzw. ein Spannungsbauch herrschen muß. Jeweils 90° einer Schwingung, also ein Strommaximum (Strombauch), entspricht einer Viertelwellenlänge. Bei 180° tritt wieder ein Stromknoten auf.

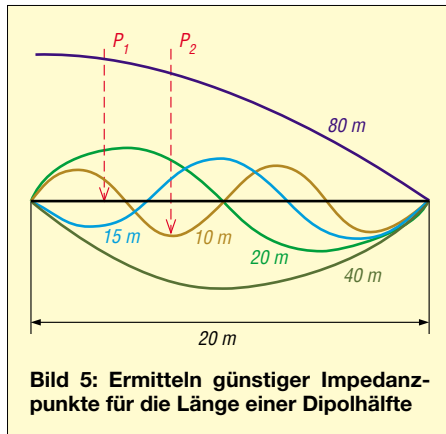


Bild 5: Ermitteln günstiger Impedanzpunkte für die Länge einer Dipolhälfte

Diese Verhältnisse wiederholen sich periodisch bei längeren Drähten. Für unser Bild gelten die gezeigten Verhältnisse für eine 20 m lange Strecke und die Bänder 80, 40, 20, 15 und 10 m. Komplizierter wird es, wenn auch noch die drei WARC-Bänder mit einbezogen werden sollen. Diese sind hier der Übersichtlichkeit wegen weggelassen.

Haben wir eine Zweidrahtspeiseleitung, so können wir in Näherung bei einer 450- Ω -Fensterkabelleitung (Wireman, USA) mit einem Verkürzungsfaktor von 0,9 rechnen und die Speisekabellänge in das Antennensystem mit einbeziehen. Dabei berücksichtigen wir nicht die kapazitiven Einflüsse bei der Hühnerleiter, das ist für unseren Zweck auch gar nicht nötig.

Nun sehen wir Punkte, die ungünstig sind, weil sich dort gehäuft Stromknoten (Spannungsmaxima) befinden, wo der Speisepunkt extrem hochohmig ist, oder wo sich Strombäuche (Spannungsminima) zeigen und der Speisepunkt sehr niederohmig ausfällt. Daneben finden wir aber Bereiche, in denen sich die Impedanz für alle Bänder mit $300 \dots 400\ \Omega$ mittelmäßig gestaltet, weil wir uns für verschiedene Bänder genau zwischen einem Strombauch und einem Stromknoten befinden.

Auf diese Weise hat schon Loren Windom 1928 die Impedanzpunkte für seine legendäre Windom-Antenne gefunden, auch



Bild 6: Symmetrische 450- Ω -Speiseleitung US-Wireman – im Amateurfunkfachhandel erhältlich

heute noch können wir seine Methode benutzen. Eine Verfeinerung derselben stellt das in [1] ausführlich beschriebene Stromsummenverfahren dar.

Noch einmal zur Erinnerung: Unsere Überlegungen gelten für eine Hälfte des Dipols bzw. für die Dipolhälfte mit der vollen Länge der Speiseleitung unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors für die Hühnerleiter. Die gefundenen Impedanzen z.B. bei den Punkten P1 und P2 lassen sich mit einem klassischen, symmetrischen π -Filter wie im AG-3, problemlos anpassen.



Bild 7: An der Kopfseite des Tuners befinden sich zwei Flügelmuttern für den Anschluß einer symmetrischen Antenne bzw. Hühnerleiter.

Wer statt der Zeichenmethode (geometrische Lösung) eine rechnerische (arithmetische Lösung) vorzieht, geht anders vor. Die gegebene Länge eines Dipolschenkels (ggf. wieder zuzüglich Speiseleitungslänge mal Verkürzungsfaktor) wird in Relation zu Viertelwellenlängen für die gewünschten Bänder gesetzt. Liegt man bei allen Bändern $30 \dots 60\%$ von einem Stromknoten bzw. Strombauch entfernt, so dürfte unsere Länge brauchbar sein.

■ Fazit

Das Anpaßgerät AG-3 kann eine interessante, verlustarme Variante für die Anpassung symmetrischer Antennen sein. Auch für spezielle Antennenformen, wie z.B. ein zentraler Quadrahmen nach DJ4VM oder gestockte Dipolzeilen, wie den „Faulen Heinrich“, sollte der Tuner gut geeignet sein. Dem Experimentieren sind keine Grenzen gesetzt!

Die angelegte Leistung von maximal 150 W HF verkräftete das Antennenanpaßgerät problemlos. Bei guter Praxistauglichkeit fällt der Anschaffungspreis mit 790 € bei komplettem Lieferumfang leider etwas hoch aus. Unser Dank gilt der Fa. CSR [2] für die Bereitstellung des Testgeräts.

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Hille, K.-H., DL1VU: Windom- und Stromsummen-Antennen. FA-Bibliothek Band 15, Theuberger Verlag, Berlin 2000
- [2] Communication Systems Rosenberg, Marienbader Straße 14, 61273 Wehrheim, Tel. (06081) 59393, Fax 980271, E-Mail: info@gagacom.de