

Einfache Antennen für das 160-m-Band

Rudolf Klos – DK7PE

Das 160-m-Band stellt mit seinen physikalischen Besonderheiten und den Anforderungen an die Betriebstechnik des Operators wohl die größte Herausforderung unter den Kurzwellenbändern dar. Während Antennen für das 10-, 15- oder 20-m-Band noch ganz „handliche“ Ausmaße haben, kommen wir beim 160-m-Band in Größenordnungen, die schon nicht mehr ganz so einfach unterzubringen sind.

Da nur die wenigsten unter uns in der glücklichen Lage sein dürften, einen freistehenden 40-m-Gittermast oder gar eine ausgediente Mittelwellenstation als Sendeantenne verwenden zu können, möchte ich an dieser Stelle einige einfache aber sehr wirkungsvolle 160-m-Antennen beschreiben. Mit etwas Phantasie und Einfallsreichtum sind diese Systeme auch und unter ganz normalen Platzverhältnissen einzusetzen.

Es handelt sich um Drahtantennen in voller Länge, die ohne Verlängerungsspulen oder Traps über eine 50- Ω -Koaxialleitung gespeist werden können. Wenn diese Antennen richtig installiert und auf Resonanz zugeschnitten sind, werden Tuner oder Matchbox nicht erforderlich sein.

Die fast unsichtbaren Drahtantennen (z.B. von Peter, DJ8WL), haben uns schon vor Jahren gezeigt, dass man damit Spitzenergebnisse erzielen kann und auf der Liste der gearbeiteten Länder ganz, ganz oben stehen kann.

1.1 Höhe über Grund

Spannt man einen horizontalen 160-m-Dipol in einer Höhe von 15 m über Grund, so befindet er sich in einer Höhe von weniger als $0,1 \lambda$ verglichen zur Wellenlänge. Übertragen auf das 20-m-Band wäre das so, als würde man einen Dipol in weniger als 2 m Höhe parallel zum Erdboden aufspannen. Ein solcher Vergleich ist möglich, da sich die beiden Antennen nahezu identisch verhalten.

Beide Antennen strahlen die Hochfrequenz steil nach oben und das Signal benötigt schon sehr viele Sprünge (Skips) um an einem entfernten Punkt auf der Erde gehört zu werden. Bereits nach den ersten Reflexionen an der Ionosphäre wäre es stark gedämpft und würde allmählich im Rauschen verschwinden.

Dass eine derart niedrig aufgehängte Antenne nicht für DX geeignet ist, wird bei diesem Vergleich deutlich. Ein niedrig aufgespannter Dipol ist für Verbindungen innerhalb Europas zu gebrauchen, jedoch nicht für DX. Um die gewünschte flache Abstrahlung zu erhalten, müsste er schon beachtliche 40 m ($0,25 \lambda$) hoch hängen! Im Rahmen der Möglichkeiten eines durchschnittlichen Funkamateurs werden die meisten Stationen jedoch eine Bauhöhe von mehr als $0,15 \lambda$ auf diesem Band kaum überschreiten können.

1.2 Idealer Abstrahlwinkel

Während wir auf den höheren Bändern von einem optimalen Abstrahlwinkel für DX-Verbindungen im Bereich von 5 bis 10° ausgehen, liegt der ideale Erhebungswinkel auf 160 m wesentlich höher, nämlich im Bereich von 30 bis 35° (gemittelt).

Maßgebend für den optimalen Abstrahlwinkel für eine bestimmte Funkstrecke ist die Ionosphäre. Sie gibt, abhängig von der Strecke, dem Sonnenzyklus, der Jahreszeit und der jeweiligen Tageszeit, den jeweils optimalen Einfallswinkel für ein Signal vor. Bedingt durch diese Faktoren ist der Einfallswinkel für ein Signal ständigen Veränderungen unterlegen.

Diese Tatsache erklärt z.B., warum es vorkommt, dass ein DX-Signal an einem niedrig hängenden Dipol kurzzeitig lauter sein kann als an einer flachstrahlenden DX-Antenne. Das wäre der Fall, wenn das Signal kurzzeitig aus einem sehr steilen Winkel einfällt. Ein solches Phänomen ist jedoch immer nur eine Momentaufnahme und sagt nichts über die tatsächlichen Verhältnisse aus, nämlich dass eine flachstrahlende Antenne einem niedrig hängenden Dipol, über einen längeren Zeitraum betrachtet, im DX-Verkehr natürlich überlegen ist.

In einer amerikanischen Veröffentlichung fand ich eine sehr treffende Aussage: „Der optimale Abstrahlwinkel eines Signals wird nicht von der Sendeantenne bestimmt, sondern von der wesentlich höher gelegenen Ionosphäre ...!“

Antennenformen, die auch in extrem niedriger Bauhöhe oder sogar direkt vom Erdboden aus derart flach abstrahlen, sind vertikal polarisierte Strahler und Systeme mit stark vertikalen Strahlungsanteilen.

1.3 Stromverteilung auf der Antenne

Die Abstrahlung einer Antenne erfolgt dort, wo der Strom fließt! Das heißt, je vertikaler und je höher sich der stromführende Teil einer Antenne über Grund befindet, desto besser wird sie letztlich auch funktionieren!

Betrachtet man die Abstrahlcharakteristik eines horizontalen Dipols, so stellen wir fest, dass die maximale Abstrahlung links und rechts des Speisepunktes stattfindet. Die äußeren Teile des Dipols sind an der Strahlung kaum noch beteiligt und bringen die Antenne, vereinfacht gesagt, eigentlich nur noch auf Resonanz. Diese Tatsache können wir uns beim Aufbau einer 160-m-Antenne zunutze machen, ohne dass eine Antenne ihre positiven Strahlungseigenschaften merklich verliert.

Da ein vertikaler $\lambda/4$ -Strahler im Prinzip nichts anderes ist als ein halber Dipol, treffen die voran genannten Eigenschaften im vollen Umfang auch auf diese sehr beliebte Antennenform zu. Die Abstrahlung erfolgt auch hier im Strombauch, in diesem Fall also im unteren Teil des Strahlers, in unmittelbarer Bodennähe.

Stromverteilung auf einem Viertelwellen-Strahler

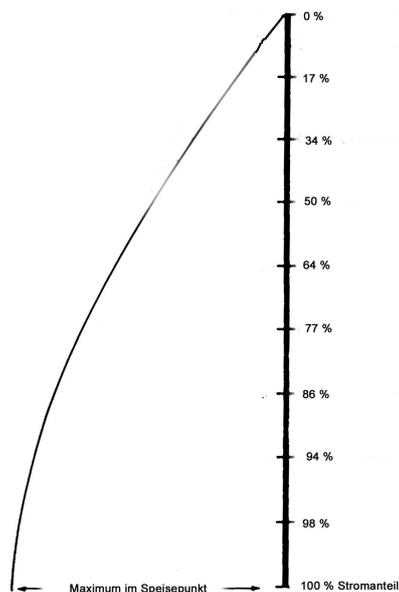


Bild 1: Stromverteilung Viertelwellenstrahler

Inverted V Antenne

Die Vorteile eines in sich resonanten Dipols und die einer flachen Abstrahlung finden wir bei der Inverted-V (Bild 2).

Diese Art der Aufhängung in Form eines kopfstehenden „V“ benötigt nur einen einzigen exponierten Abspannpunkt. Die beiden Schenkel laufen von oben schräg abfallend in Richtung Erdboden und sollten etwa 3 m über Grund enden, damit eine ungewollte Berührung weitgehend ausgeschlossen ist. Die Schenkel sollten einen Winkel von 60° zueinander nicht unterschreiten.

Während ein horizontaler Dipol in ausreichender Höhe eine Impedanz von ca. 72Ω aufweist, reduziert sich diese umso mehr, je näher die Antenne in Erdbodennähe betrieben wird. Die Impedanz einer Inverted V liegt daher erfahrungsgemäß nur noch bei etwa 50Ω und kann über einen 1:1 -Balun sauber, symmetrisch eingespeist werden.

In der Literatur findet man viele Hinweise, dass man sich den Balun sparen und die Antenne direkt mit dem 50- Ω -Kabel speisen kann. Das bedeutet jedoch, dass die Speiseleitung unnötiger Weise Bestandteil des Antennensystems werden kann.

Da es sich bei der Inverted-V um ein absolut symmetrisches System handelt, ist die Verwendung eines 1:1-Baluns zu empfehlen.

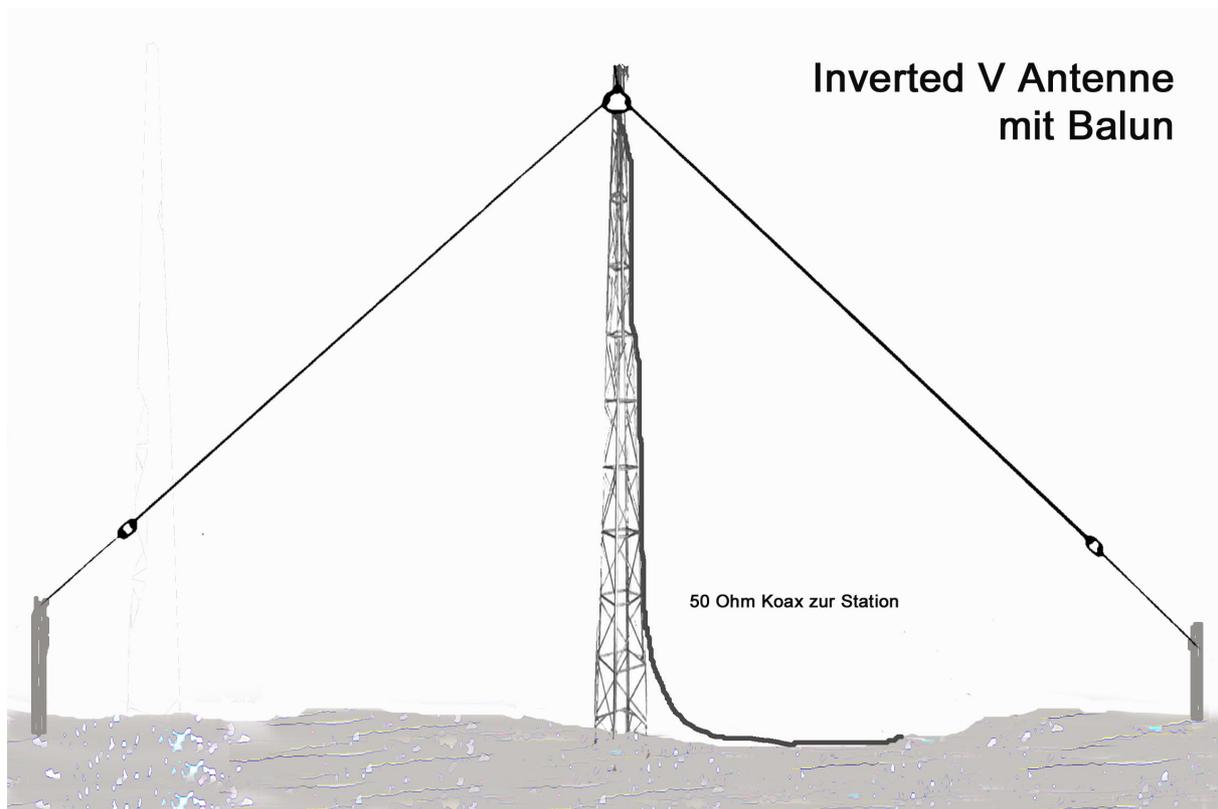


Bild 2: Inverted V Antenne

1.4 Inverted L:

Es gibt eine Handvoll glücklicher Funkamateure, die besitzen tatsächlich eine Full-Size-Vertikal für 160 m. Ein Tower von 40 m Höhe dürfte jedoch den Kirchturm in einigen Ortschaften weit überragen und für die meisten von uns ein Traum bleiben.

Wie jedoch unter (Punkt 1.3) beschrieben, erfolgt die Abstrahlung einer Antenne immer dort, wo auch der Strom fließt. Bei einer Vertikal ist das der untere Teil, also direkt am Einspeisepunkt. Im oberen Teil der Antenne wird der Strom geringer. Dadurch ist dieser Teil der Antenne nicht mehr so stark an der Abstrahlung beteiligt.

Fertigt man den oberen Teil einer Vertikal aus einem Draht und spannt diesen quer ab zur Seite, so wird das die guten Strahlungseigenschaften der Vertikal nicht wesentlich verschlechtern. Wir bezeichnen diese Antennenform als Inverted L.

Die Antenne hat eine überwiegend flache Abstrahlung. Bedingt durch den horizontal abgeknickten oberen Teil erhält sie nun aber auch einen geringen Anteil an steiler Abstrahlung.

Natürlich kann man dies nicht beliebig fortsetzen, denn nach wie vor gilt: Je länger der vertikale Teil einer Antenne ist, desto besser sind auch ihre DX-Eigenschaften! Man sollte also immer bestrebt sein, den vertikalen Teil der Antenne so hoch wie nur irgend möglich auszulegen.

Sind hohe Bäume auf dem Grundstück vorhanden, so lassen sich diese vorzüglich zum Antennenbau verwenden. Aber auch mit einfachen Kombinationen aus Fiberglas und Angelruten lassen sich schon beachtliche Höhen erreichen und sehr gute 160-m-DX-Antenne verwirklichen!

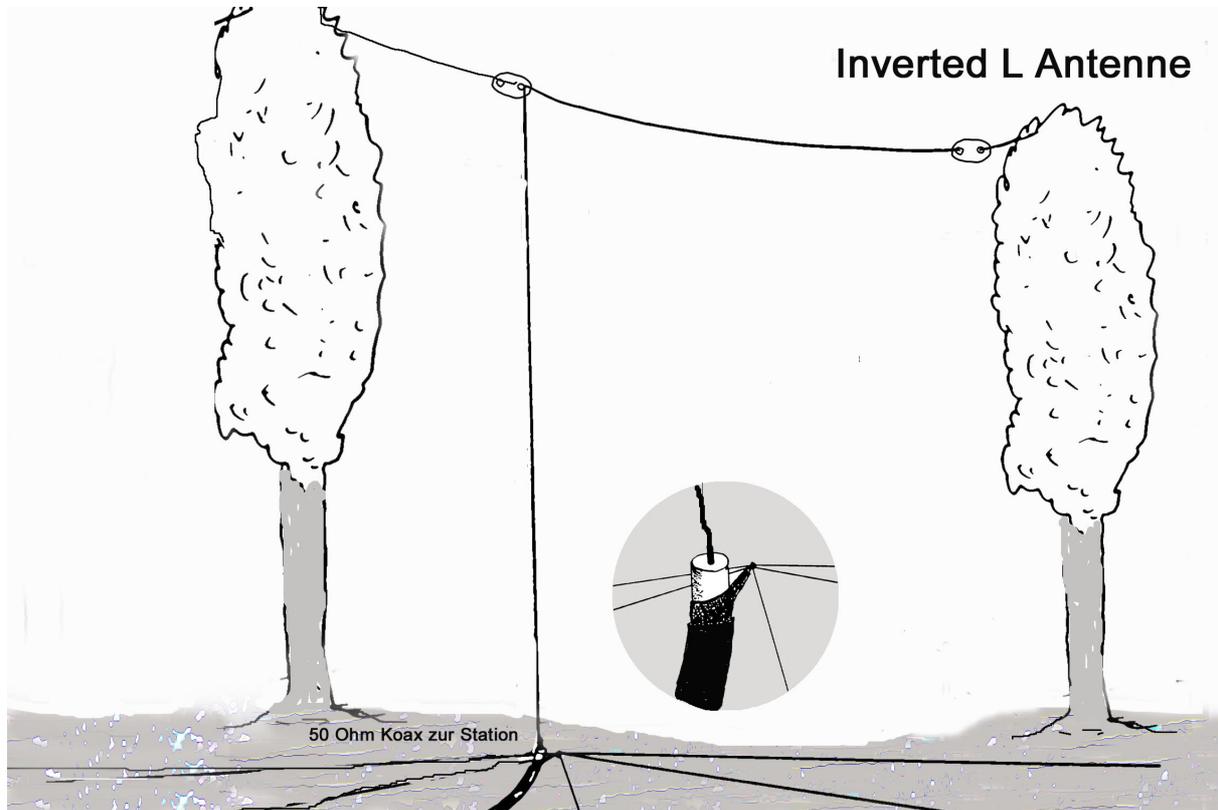


Bild 3: Inverted L Antenne

Da es sich bei einer Inverted-L, wie auch bei jedem anderen Viertelwellen-Strahler um einen „halben Dipol“ handelt, benötigt sie ein Gegengewicht in Form von Radials. Je mehr desto besser! Sie können wahlweise auf dem Erdboden liegen oder auch darin vergraben sein (Längenangaben siehe Tabelle 1, Strahlerlängen).

Ein Minimum von drei oder vier Radials sollte jedoch nach Möglichkeit nicht unterschritten werden, da sonst die Erdverluste der Antenne zu hoch werden. Ein Erdungsstab kann bei guten Erdverhältnissen eine zusätzliche Verbesserung des Radialsystems bewirken.

Die Impedanz dieser Antenne liegt im Speisepunkt bei, bei idealen Erdverhältnissen, bei ca. 38Ω . In der Realität wird sie durch Erdverluste etwas höher liegen und damit eine direkte Speisung mit 50- Ω -Koaxialkabel ermöglichen.

Sehr gute Erfahrungen wurden auch mit Elevated Radials gemacht. Hier handelt es sich um resonante Radials, die ca. 2 m über Grund aufgespannt werden. Hier reichen bereits drei bis vier Radials.

1.5 Verlängerte Vertikal

Vergrößert man die Länge einer Vertikal oder einer Inverted L auf eine Strahlerlänge von etwa 53 m, so erhöht sich dadurch ihre Impedanz im Speisepunkt auf ziemlich genau 50Ω . Dies führt zwar zu einer optimalen Anpassung und einer Reduzierung der Erdverluste, aufgrund der Verlängerung ist die Antenne jetzt aber nicht mehr resonant. Sie liegt nun in ihrer Resonanzfrequenz viel zu tief und hat auf der gewünschten Frequenz im 160-m-Band nun einen induktiven Blindanteil.

Eine perfekte Kompensation dieses induktiven Blindanteils erreicht man durch einen im Speisepunkt zwischengeschalteten 500-pF-Drehkondensator. Es genügt dabei schon ein herkömmlicher Rundfunk-Drehkondensator, der keine besondere Spannungsfestigkeit haben muss. Er sorgt dafür, dass die Antenne nun wieder elektrisch verkürzt und die Resonanz des Systems sogar exakt auf der gewünschten Frequenz hergestellt wird. Vorteile: Die höhere Impedanz bleibt erhalten und zusätzlich schiebt man den stromführenden Teil der Antenne nach oben, also höher weg von eventuell störenden Objekten in Erdbodennähe.



Bild 4: Abstimmbox mit 500-pF-Drehkondensator

1.6 Sloper-Antennen:

Der Name „Sloper“ beschreibt, wie auch die vorangegangenen Namen, die Art der Aufhängung. Sloper kommt aus dem Englischen und bedeutet „Hänger“.

Ganz besonders auf den niederfrequenten Kurzwellenbändern stellt der Sloper eine sehr effektive und platzsparende DX-Antenne dar, weshalb er auch bei vielen Stationen mit großem Erfolg eingesetzt wird.

Vorteil: Der stromführende Teil der Antenne ist hoch oben und weit weg von den störenden Objekten am Boden. Ein Vorteil gegenüber einer auf dem Boden stehenden Inverted-L, die möglicherweise durch Bäume oder Gebäude in ihrer Abstrahlung beeinträchtigt wird.

Man unterscheidet zwischen dem Viertelwellen-Sloper und dem Halbwellen-Sloper. Ihr großer Vorteil liegt darin, dass die Polarisierung überwiegend vertikal ist. Beide Antennen

benötigen darüber hinaus nur einen einzigen exponierten Abspannpunkt. Von dort werden sie schräg abfallend in Richtung zum Erdboden gespannt, wobei das untere Ende der Antenne, schon allein aus Sicherheitsgründen, ca. 2 bis 3 m über Grund enden sollte.

Bei Befestigung an einem Mast ergibt sich sogar eine leichte Richtwirkung in Richtung des gespannten Drahtes, während in rückwärtiger Richtung eine starke Signaldämpfung festzustellen ist. In der Literatur findet man Gewinnangaben in der Größenordnung von ca. 2...3 dB. Es empfiehlt sich demnach, den Sloper in die jeweils bevorzugte Richtung zu spannen!

1.6.1 Viertelwellen Sloper:

Der Viertelwellen-Sloper hat mit einer Gesamtlänge von ca. 40 m die Größe eines halben Dipols – ein Schenkel fehlt! Befestigt man ihn an der Spitze eines Mastes, dann wird der Viertelwellenstrahler, ähnlich wie eine auf den Kopf stehende Groundplane, resonanzfähig. Mast und eventuell ein darauf befindlicher Beam stellen sozusagen die „Radials“ dar.

Der Viertelwellen-Sloper wird hoch oben am Mast, direkt über einen einfachen Mittelisolator, mit 50- Ω -Koaxialkabel eingespeist. Den „heißen“ Innenleiter der Zuleitung verbindet man dabei mit dem nach unten abfallenden Strahler, während die Abschirmung direkt mit dem geerdeten Mast verbunden wird. Es genügt dabei ein einfacher Mittelisolator!

Erfahrungsgemäß ist die Abstimmung eines Viertelwellen-Slopers jedoch nicht ganz so einfach. Manchmal bedarf es schon einiger Abstimmarbeiten, bis man ihn auf die richtige Frequenz getrimmt hat und er eine Impedanz von ca. 50 Ω aufweist. Das liegt daran, dass die Resonanz der Antenne stark vom jeweils verwendeten Mast und den drauf befindlichen Antennen abhängt. Darüber hinaus ist der Abspannwinkel des Strahlers und seiner Höhe über dem Erdboden entscheidend für die Impedanz der Antenne.

Manche dieser Sloper laufen auf Anhieb, während man bei anderen wiederum schier verzweifeln kann, bis sie endlich auf Resonanz sind und ein akzeptables Stehwellenverhältnis aufweisen. Einen solchen Sloper habe ich mit sehr guten Ergebnissen aus Samoa (5W0XX) und mitten in Kongo Brazzaville (TN0CW) verwendet. Dort bestand absolut keine Möglichkeit eine andere Antennenform unterzubringen. Dennoch ist der Viertelwellen-Sloper eher etwas für eine dauerhafte Installation, wo man ihn einmal abstimmt und dann vergessen kann!

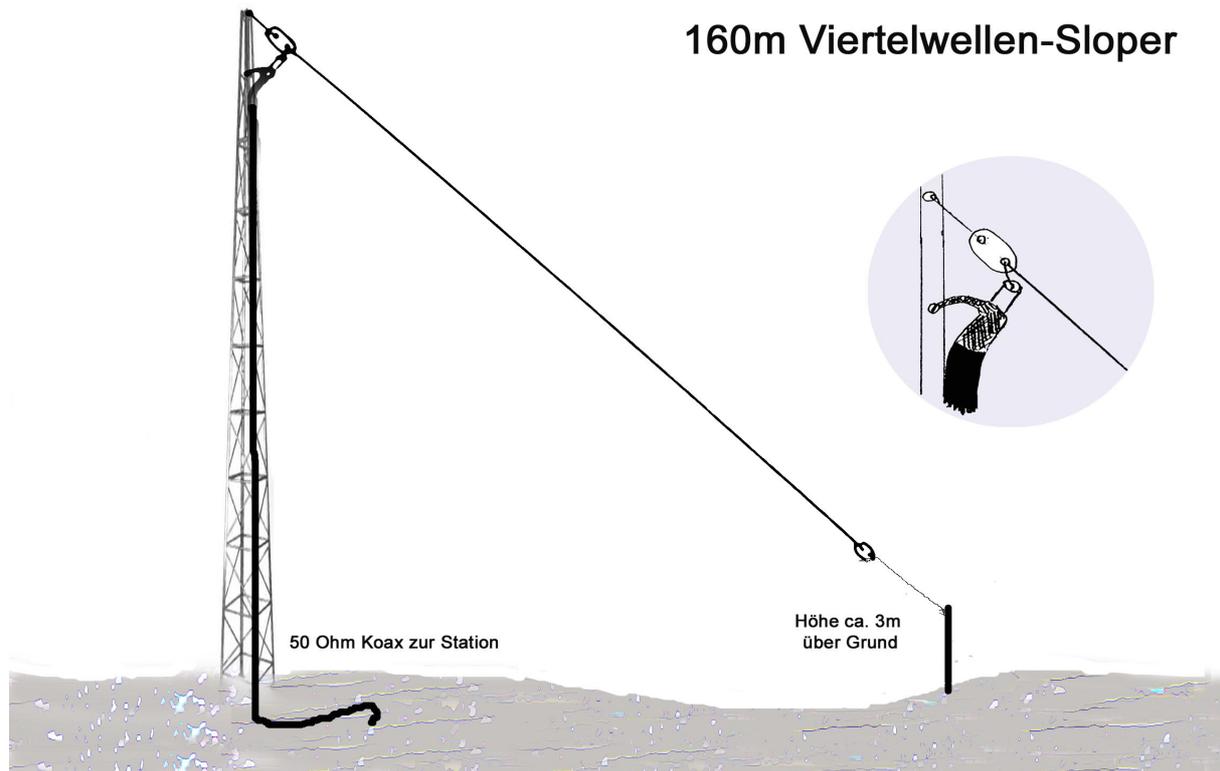


Bild 5: Viertelwellen-Sloper am Mast

1.6.2 Halbwellen-Sloper

Spannt man einen Dipol von einem möglichst hohen Punkt schräg abfallend zum Erdboden, so spricht man von einem klassischen Halbwellen-Sloper. Er vereinigt so ziemlich alle mechanischen und strahlungstechnischen Vorteile gegenüber einem klassischen Dipol.

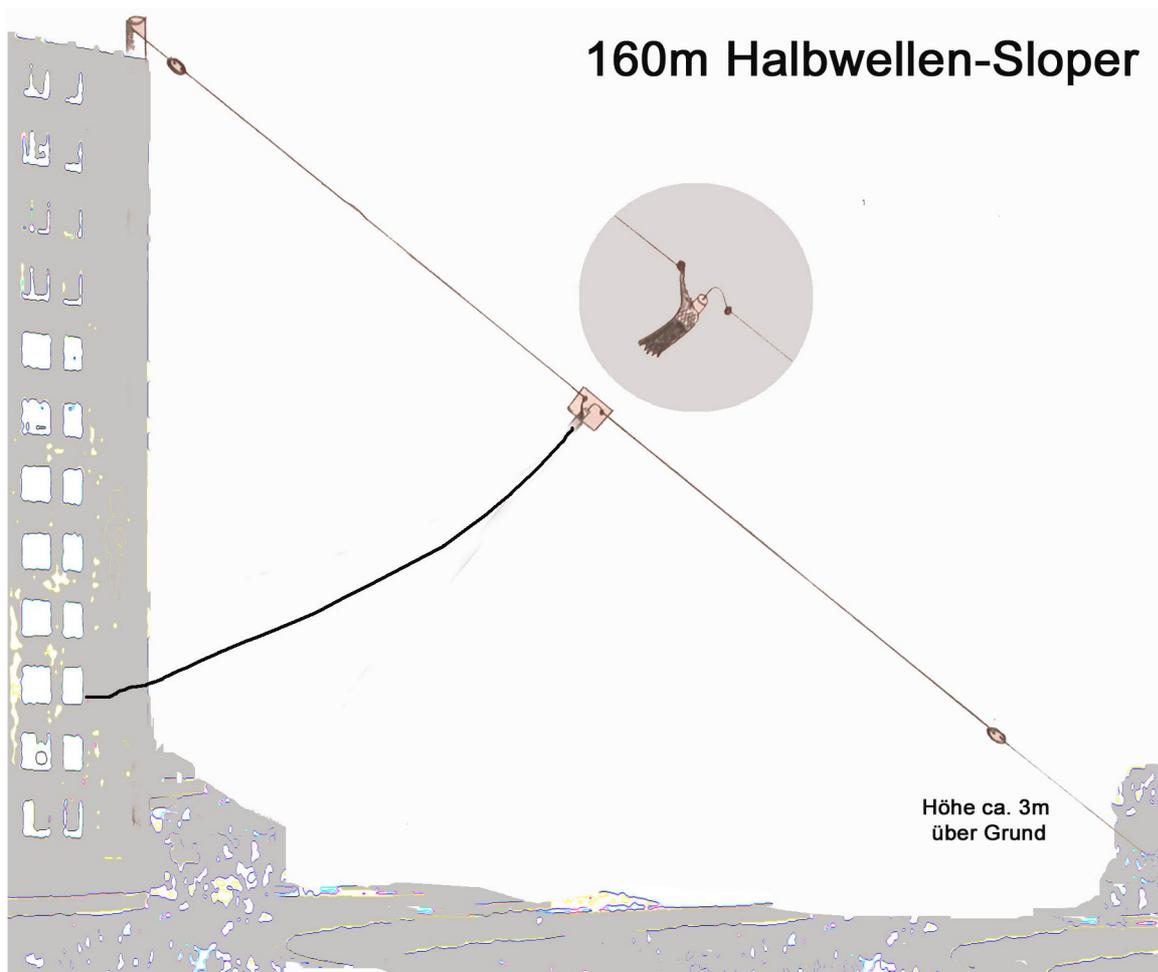


Bild 6: Halbwellen-Sloper

Der Halbwellen-Sloper stellt mit einer halben Wellenlänge ein in sich resonantes System dar, wodurch ein mühsames Abstimmen wie beim Viertelwellen-Sloper entfällt.

Auch bei dieser Antennenform verzichtet man ganz bewusst auf die Verwendung eines Balun, da er die positiven Eigenschaften dieser Antenne eher zunichte machen würde. Die Speisung erfolgt über einen einfachen Mittelisolator. Hintergrund dieser Überlegung ist, dass ein Dipol, bei unsymmetrischer Speisung leicht schieft und sich das Strahlungsdiagramm in Richtung des „heißen“ Schenkels (der mit dem Innenleiter der Zuleitung verbunden ist) verzerrt (Danke für den Tipp an DL9KR).

Diesen Effekt kann man sich zunutze machen, indem man diesen Teil der Antenne nach unten führt und damit den vertikalen Abstrahlwinkel der Antenne zusätzlich absenkt. Umgekehrt hätte man gegenteiligen Effekt und die Antenne würde steiler abstrahlen.

Entgegen den Aussagen in einigen Antennenbüchern sollte also der Innenleiter des Speisekabels direkt auf den nach unten führenden Teil der Antenne und die Abschirmung auf den nach oben führenden Schenkel geführt werden.

Ein weiterer Vorteil dieses Halbwellen-Slopers ist die Tatsache, dass man ihn optimal an die zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse anpassen kann. Hierzu versieht man das „kalte

Ende“ der Antenne mit einer Umlenkrolle und spannt den überstehenden Teil senkrecht nach unten ab.

Diese isolierte Umlenkrolle befestigt man am höchsten Abspannpunkt. Damit lässt sich die Antenne bequem bewegen und optimal an die lokalen Gegebenheiten anpassen.

Den strahlenden Teil der Antenne führt man dabei so weit und so schräg wie möglich in Richtung Erdboden. Den nicht mehr unterzubringenden Rest des kalten Strahlers führt man senkrecht nach unten, üblicherweise in etwa 1 bis 2 m Abstand zum Gebäude oder dem Mast und spannt ihn dort ab.

Diese Antenne ist absolut unkritisch und innerhalb kürzester Zeit einsatzbereit.

Diese Art des Halbwellen-Sloper habe ich bei fast all meinen DXpeditionen mit sehr gutem Erfolg verwendet. Sie ist für meine DXpeditionen die beste und praktischste Antenne.

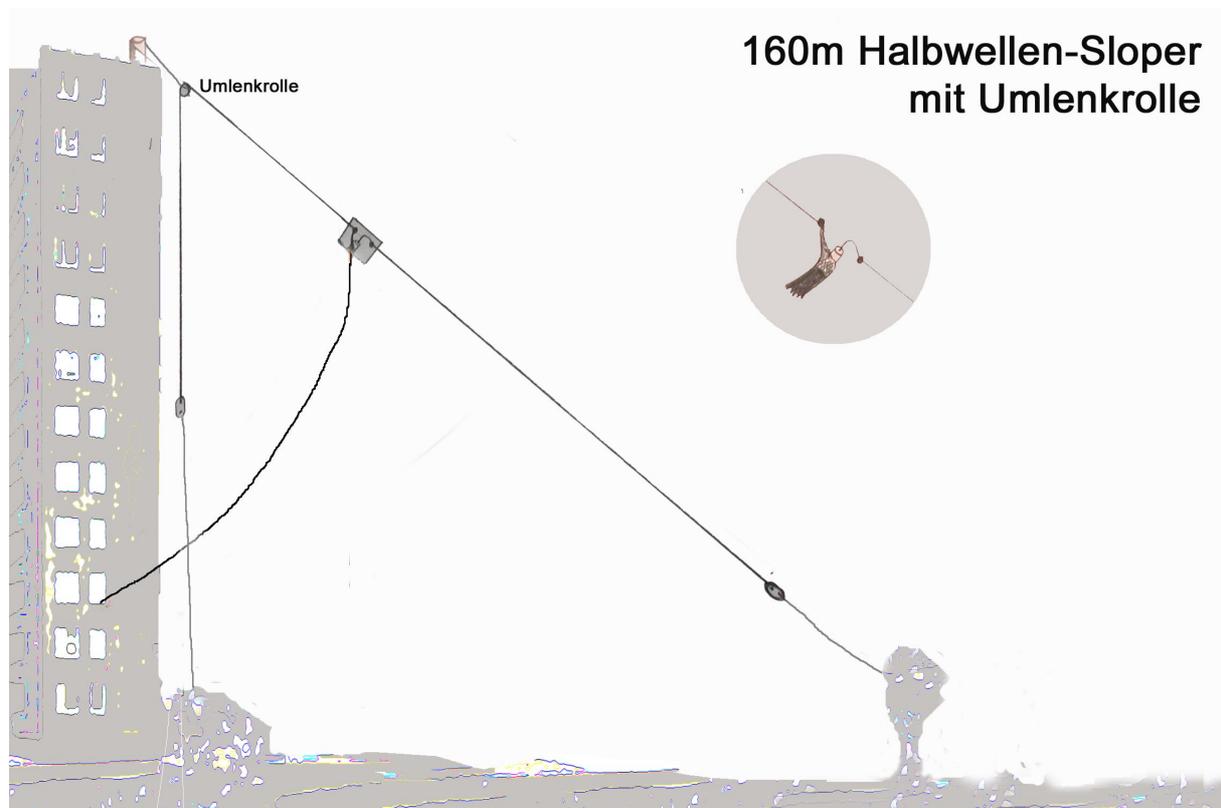


Bild 7: Halbwellen-Sloper mit Umlenkrolle

1.7 Strahlerlängen von 160-m-Antennen:

In der nachfolgenden Tabelle finden Sie praktisch erprobte Strahlerlängen, mit denen sich eine Antenne sehr gut auf die vorgesehene 160-m-Frequenz anfertigen lässt.

Da die Resonanz der Antenne in den seltensten Fällen auf der Frequenz liegt, für die man sie berechnet hat, wird eine Feinabstimmung erforderlich sein.

MHz	$\lambda/4$	$\lambda/2$	Inverted V	Radials
1,8	39,58	79,17	78,83	40,67
1,85	38,51	77,03	76,70	39,57
1,9	37,50	75,00	74,68	38,53

Tabelle 1: Praktische Antennenlängen

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass man die Länge eines Viertelwellenstrahlers um 208 cm verändern muss, um eine Resonanzverschiebung von 100 kHz zu erreichen. Bei einem Halbwellendipol bedarf es bereits einer Längenveränderung von 416 cm und bei einer Loop ganze 832 cm, um eine Frequenzveränderung um 100 kHz zu erreichen!

1.8 Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrags ist die Beschreibung einfacher und wirkungsvoller 160-m-Antennen, mit denen es dem DX-interessierten Funkamateurler möglich ist, ohne großen technischen Aufwand auf diesem Band qrv zu werden. Über die beschriebenen Antennenformen hinaus gibt es natürlich noch eine Vielzahl anderer interessanter Antennensysteme. Man denke nur an die Einspeisung eines eventuell vorhandenen Antennenmasts mit einer Kurzwellenantenne als Dachlast oder die Verwendung spezieller Empfangsantennen (z.B. Beverages oder RX-Loops), die gerade auf diesem Band das Stör-Signal-Verhältnis entscheidend verbessern können.

Während vor noch gar nicht allzu langer Zeit die Meinung vorherrschte, eine 160-m-Verbindung zu den Antipoden (gegenüberliegende Seite des Globus) werde wohl mit den uns Funkamateuren zur Verfügung stehenden Mitteln nie gelingen, so wurden wir inzwischen eines Besseren belehrt. Auf dem 160-m-Band findet weltweiter DX-Verkehr statt und das Band erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Stationen, die auf den höheren Bändern schon „alles“ gearbeitet haben, findet man früher oder später auf auch diesem Band – the last challenge! Dass es auch hier inzwischen Stationen gibt, die schon weit über 300 DXCC-Länder bestätigt haben, hätte man sich früher nicht träumen lassen.

Rudi – DK7PE

Literaturverzeichnis

Erschienen in CQ DL Spezial Contest 2004

John D. Heys, G3BDQ, „*Practical Wire Antennas*“, RSGB 1989

Alois Krischke, DJ0TR, „*Antennenlängen*“, Beam 1985

William Orr, W6SAI, „*Vertical Antennas*“, Radio Publications, Inc. 1986

John Devoldere, ON4UN, „*Low Band Dxing*“, ARRL 1994

L. A. Moxon, G6XN, „*HF Antennas for all locations*“, RSGB 1993