

6 Langdrahtantennen

Der Gewinn und die Richtcharakteristik von Langdrahtantennen macht sie als DX-Antennen sehr geeignet. Unter Langdrahtantennen versteht man dabei nicht nur einfache lange Drähte, sondern auch aus diesen zusammen gesetzte Kombinationen, wie V- und Rhombus-Antennen etc. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für Langdrahtantennen ist genügend Raum; denn nur wenn sie wirklich „lang“ sein können, kann man entsprechende Resultate erwarten. Bei limitiertem Platz sind Gruppenstrahler vorteilhafter.

Ein weiterer Vorteil von Langdrahtantennen ist die Möglichkeit, mit einer Antenne über mehrere Wellenbereiche zu arbeiten. Sie sind in erster Linie für DX-Betrieb geeignet, im Nahverkehr ist häufig ein einfacher Strahler günstiger. Wenn ein Gruppenstrahler und eine Langdrahtantenne so ausgelegt sind, dass sie die gleiche Verstärkung haben, ist häufig der Langdraht wegen seines „Diversity“-Effektes, infolge der Ausdehnung über eine größere Fläche, für den Empfang vorteilhafter, weil die Schwundeinbrüche mit dem Langdraht geringer sind als mit einer räumlich begrenzten Antenne.

Ein weiterer Faktor, der für Langdrahtantennen spricht, ist, dass die Richtkeulen sowohl in hori-

zontaler wie in vertikaler Richtung ausgeprägter sind als bei Gruppenstrahlern. Der ganz entscheidende Vorteil ist aber die leichte mechanische Konstruktion. Etwas mehr Aufwand verursacht aber die Speisung. Sie muss zweckmäßig aus einer offenen Zweidrahtleitung bestehen, wenn man auf mehreren Wellenbereichen arbeiten will. Bei Benutzung für ein Band kann man mit einem Viertelwellen-Anpassglied und beliebig langer Leitung oder Kabel arbeiten.

Aus Abb. 6.1 geht hervor, welcher Gewinn bei steigender Drahtlänge erreichbar ist, und wie der Abstrahlwinkel mit steigender Drahtlänge flacher wird. Dieser Winkel kann weiter dadurch gesenkt werden, wenn man die Antenne in Richtung des Hauptarbeitsgebietes neigt oder sie von der Spitze eines Hügels in den Abhang hinein aufbaut. Wichtig für die Abstrahlung bleibt aber auch die Höhe der Antenne. Sie sollte auch hier 1/2 bis 1 Wellenlänge betragen, um eine gute Wirkung zu erreichen. Allerdings ist die Höhe nicht so kritisch wie bei Gruppenantennen. Es ist ferner wichtig zu wissen, dass die Intensität der Abstrahlung nicht nach beiden Seiten gleich ist, wenn die Antenne auf einer Seite gespeist wird. Das liegt daran, dass der Strom auf dem Draht allmählich abnimmt. Die Hauptkeulen liegen immer in Richtung der

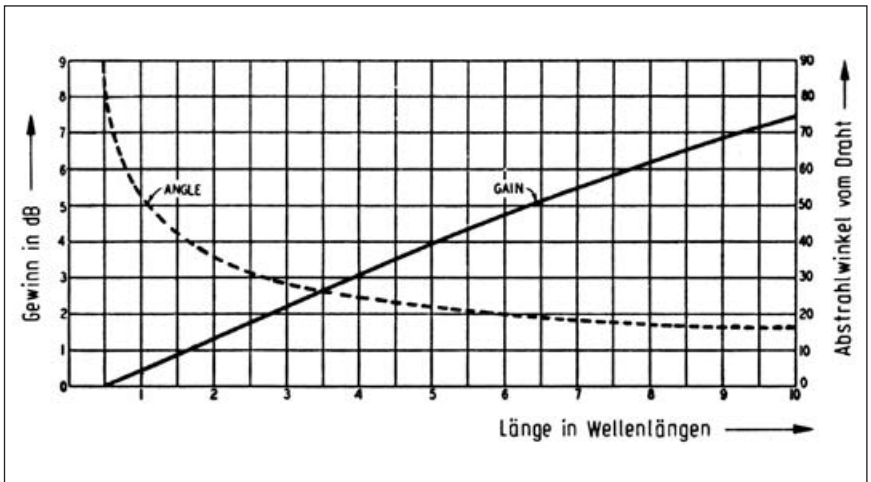


Bild 6.1: Der theoretische Gewinn eines Langdrahtes über einen Dipol als Funktion der Länge. Außerdem wird der Abstrahlwinkel vom Draht als Funktion der Länge gezeigt.

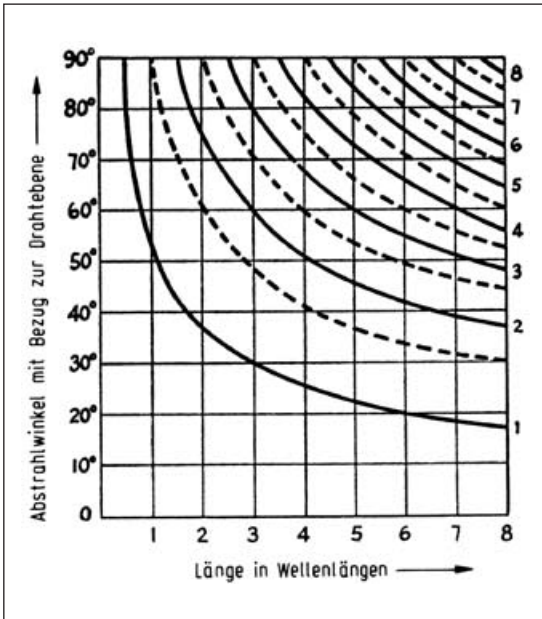


Bild 6.2: Die durchgezogenen Kurven stellen die Abstrahlwinkel mit Bezug zur Draht- richtung dar. Die gestrichelten Kurven sind die Nullstellen. Die Kurve 1 stellt die Haupt- keule, die übrigen die Nebenkeulen, die im einzelnen noch stärker sein können als die Strahlung eines Halbwellen-Dipols in die betreffende Richtung

vom Speisepunkt abgewandten Seite. Bei Speisung der Langdrahtantenne in der Mitte entsteht nur der Gewinn der Länge nach einer Seite. Dafür ist aber das Strahlungsdiagramm beidseitig symmetrisch und die Nebenkeulen quer zur Draht- richtung sind stärker ausgebildet. Der Abstrahl- winkel der Hauptkeule, siehe Kurve in Abb. 6.2, kann bei einer Langdrahtantenne niemals höher sein als die erste Nullstelle, gleichgültig wie hoch die Antenne aufgebaut ist. Das unterscheidet sie deutlich von einem Halbwellendipol. Ein guter Kompromiss für alle Amateurbänder ist eine Höhe von 12 bis 20 Metern.

Bei einer Langdrahtantenne aus einem Einzel- draht muss man beachten, dass, wie Abb. 6.1 zeigt, wirkliche Verstärkungsgewinne erst ent- stehen, wenn der Draht über vier Wellenlängen lang ist. Außerdem ist zu beachten, dass man die Spannrichtung des Drahtes so wählen muss, dass der Winkel der Hauptkeule in Betracht gezogen

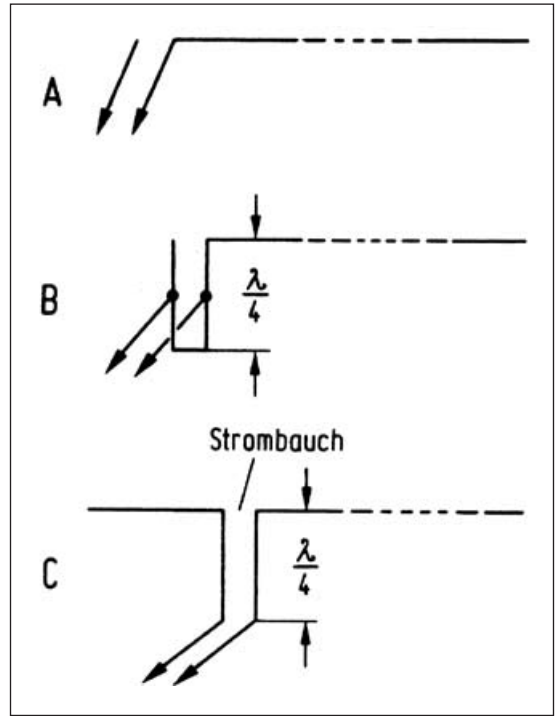


Bild 6.3: A = Speisung mit abgestimmter offener Leitung; B = Speisung mit offener 600-Ohm-Leitung über 1/4-Wellen-Transformator mit Anzapfung; C = Speisung mit 600-Ohm-Leitung unter Zwischenschaltung eines 1/4-Wellen-Transformators

wird, d. h. die Antenne muss entsprechend ver- setzt auf den Zielpunkt gerichtet werden. Für die Bemessung der Langdrahtantennen kann man fol- gende Formel verwenden:

$$L = \frac{300(N - 0,025)}{\text{Frequenz(MHz)}}$$

N stellt dabei die Anzahl der Wellenlängen auf der Antenne dar. Die Lage der Nullstellen ist an sich ziemlich scharf; sie wird aber gelegentlich durch Unregelmäßigkeiten in den Reflexionen ver- wischt. In welcher Erhebung die Lage der einzel- nen Strahlungskeulen und Nullstellen liegt, wird in Abb. 6.2 gut dargestellt. Eine Zusammenfassung der Speisemöglichkeiten einer Langdrahtantenne zeigen die Abb. 6.3 a, b und c. Nur die Ausfüh- rung a ist geeignet, wenn mehrere Wellenbänder benutzt werden.

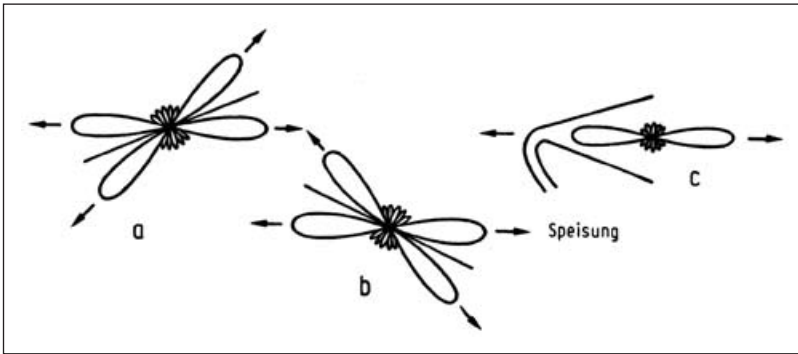


Bild 4.6: Addition zweier Hauptkeulen von entsprechend gerichteten Langdrähten (a+b) bei c. Gleichzeitig Löschung der beiden anderen.

6.1 V-Antennen

Richtet man zwei Langdrahtantennen so aus, dass jeweils eine der Hauptkeulen auf den Empfangs- oder Sendeort gerichtet ist, so werden bei gemeinsamer Speisung die beiden anderen Keulen gelöscht. Vereinfacht ist dies in Abb. 6.4 dargestellt. Man erhält also einen V-Richtstrahler. Um die entsprechende Charakteristik zu erreichen müssen die beiden Schenkel der V-Antenne gegenphasig gespeist werden und zwar am besten mit einer offenen Speiseleitung, wenn man sie für mehrere Bänder benutzen will. Man kann sie auch über einen Koppler pro Band mit einer offenen Leitung speisen (siehe Abb. 6.5). Zwischen TX und Kopplerspule schaltet man ein SWR-Meter. Der Kreis wird auf die Frequenz abgestimmt, und die offene Leitung zur Antenne wird an passende Anzapfungen der Spule gelegt. Um gleichmäßige Spannung in der offenen Leitung zu erreichen kann man an diese je eine Glimmlampe legen. Bei großen Leistungen evtl. sogar je eine kleine Leuchtstofflampe parallel. Man sucht mit den Anzapfungen das Maximum des Aufleuchtens bei gleichzeitiger Abstimmung von C 2. der wegen der hohen Spannungen großen Plattenabstand haben muss.

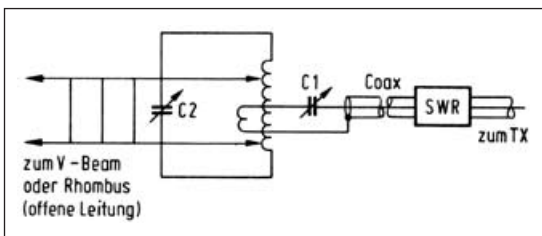


Bild 6.5 Ankopplung von V- und Rhombusantennen über einen Zwischenkreis an einen Sender mit niederohmigem Ausgang (Kabel).

Mit C 1 kann man die Reaktanz ausstimmen bis das SWR-Meter 1:1 anzeigt. Wird die Antenne nur für ein Band benutzt so kann man mit einem Viertelwellen-Anpass-Stub und Kabelspeisung arbeiten.

Über die Wirkung der V-Antenne ist zu sagen, dass sich die Keulen in der Ebene zwischen den beiden V-Schenkeln addieren, während die quer dazu stehenden Keulen vollständig gelöscht werden. Das bedingt aber, dass der Öffnungswinkel der Anzahl der Wellenlängen pro Schenkel angepasst ist. Dieser Winkel kann dem Diagramm in Abb. 6.6 entnommen werden. Er ist dort für die Erhebungswinkel 0° und 15° angegeben. In der Praxis wählt man ihn zwischen beiden. Als Beispiel für die Bemessung eines V-Beams werden folgende Angaben gemacht:

Frequenz MHz	Schenkellänge in Wellenlängen	Gewinn dB	Öffnungswinkel	Schenkellänge
7.050	2	5	70°	84.6 m
14.150	4	8	52°	84.2 m
21.300	6	9.5	45°	83.3 m
28.500	8	10.5	39°	83.6 m

Will man eine Kompromissantenne für die hochfrequenten Bänder 28, 21 und 14 MHz bauen, so wähle man einen Öffnungswinkel von 45°, wenn obige Schenkellängen zugrunde gelegt werden sollen. Die Antennenlänge soll dann 83.7 m pro Schenkel betragen. Auf 3.5 und 7 MHz ist die Antenne auch noch gut mit steiler Abstrahlung zu verwenden, wenn die Höhe zwischen 12 und 20 m liegt. Einen um nochmals 3 dB höheren Gewinn kann man erzielen, wenn man 2 V-Antennen

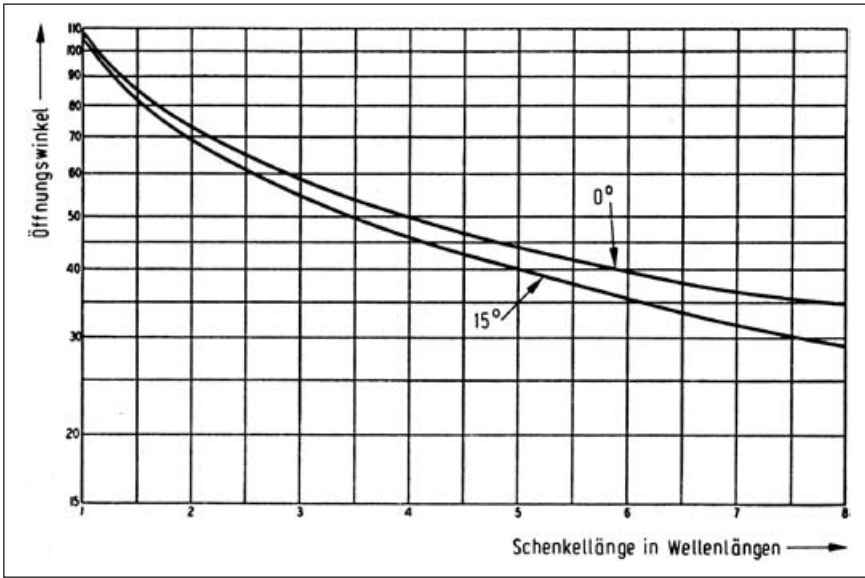


Bild 6.6: Öffnungswinkel ver V-Antenne in Abhängigkeit von der Schenkellänge in Wellenlängen bei einem Abstrahlwinkel von 0° und 15°

übereinander setzt, wobei die untere mindestens 1/4 Wellenlänge für die betreffende Frequenz über dem Erdboden aufgehängt sein muss. Die Speisung zwischen beiden erfolgt über eine gekreuzte Leitung von einer halben Wellenlänge, und die obere Antenne muss eine halbe Wellenlänge über der unteren angebracht werden.

Auch hintereinander könnte man zwei V-Antennen setzen und sie mit 90° Phasenverschiebung speisen (Abstand der beiden mindestens das Vielfache einer Viertel-Wellenlänge). Das ergibt ebenfalls 3 dB Gewinn. Diese Lösung ist aber für Amateure sehr unpraktisch. Wer mit einem V-Beam alle Richtungen erreichen will und den notwen-

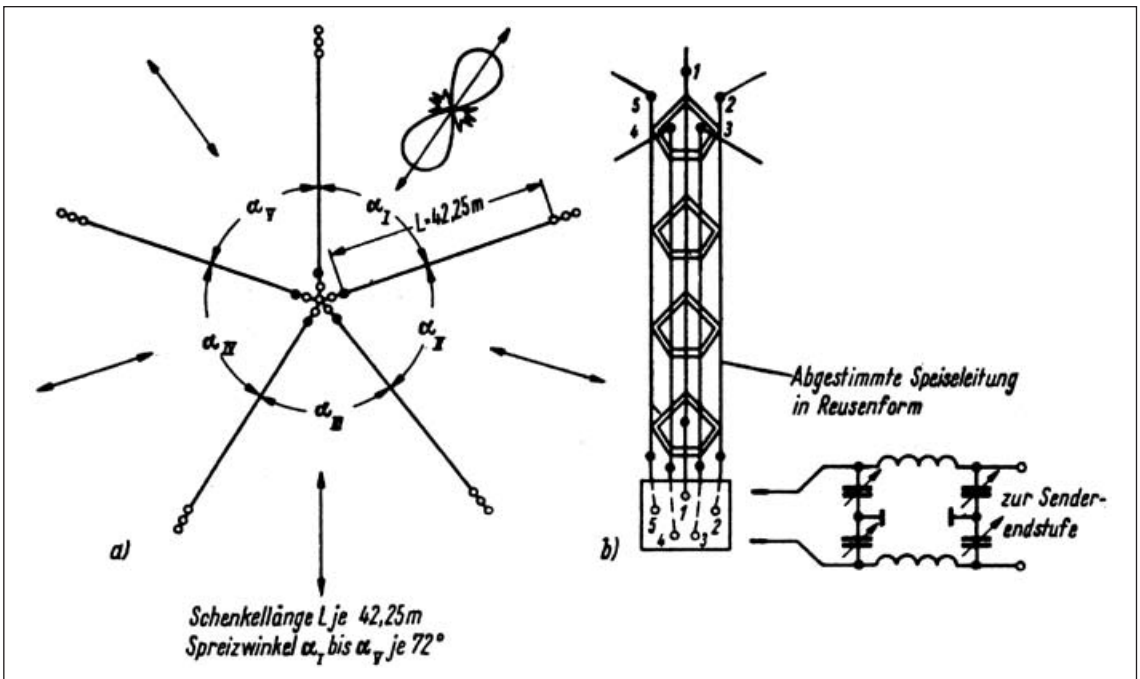


Bild 6.7: V-Stern für 5 Richtungen

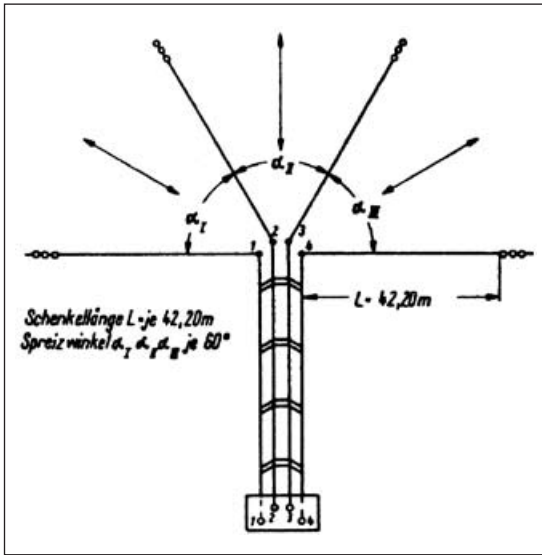


Bild 6.8: Der vereinfachte V-Stern

digen Platz hat, kann sich einen V-Stern aus z. B. fünf 42,25 m langen Drähten bauen. Dazu ist nur ein zentraler Mast oder Schornstein nötig, von dem zu fünf weiteren Masten die fünf Drähte gespannt werden. Eine fünffache Feederleitung führt zum Shack, so dass - je nach Wahl der Feederleitung - dann alle Richtungen erreicht werden können. Abb. 6.7 zeigt ein Beispiel. Weitere Beispiele wären:

- 7 Drähte je 4 Wellen lang, Spreizwinkel $51,5^\circ$
- 8 Drähte je 5 Wellen lang, Spreizwinkel 45°
- 9 Drähte je 6 Wellen lang, Spreizwinkel 40°

Es wird empfohlen, bei einem derartigen Stern den Spreizwinkel für das 15-rn-Band zu bemessen. Speisung sollte durch ein symmetrisches Collinsfilter erfolgen. Einen halben V-Stern zeigt Abb. 6.8.

6.2 Rhombusantennen

Die Rhombusantenne kann man sich als eine Kombination zweier V-Antennen vorstellen. Sie ist die leistungsfähigste Draht-Richtantenne, die man mit amateurmäßigen Mitteln noch herstellen kann. Der Rhombus ist sehr breitbandig, hat ein ausgezeichnetes Richtdiagramm und sehr hohen Antennengewinn. Abb. 6.9 zeigt das Schema

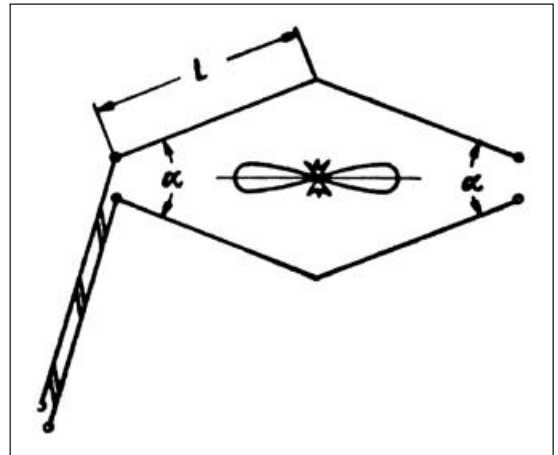


Bild 6.9: Die Bidirektionale Rhombusantenne

einer nach beiden Seiten strahlenden Rhombusantenne.

Der erzielbare Antennengewinn ist bei einem Rhombus höher als bei einem vergleichbaren V-Beam. Ein Rhombus mit einer Schenkellänge L von drei Wellenlängen liefert mehr Gewinn als ein „V“ mit einem L von sechs Wellenlängen. Außerdem wird das Richtdiagramm des Rhombus weniger durch eine Frequenzänderung beeinflusst, als bei einem „V“. Beim zweiseitig strahlenden Rhombus, dessen Spreizwinkel in Abhängigkeit von der Schenkellänge optimal bemessen ist, kann mit folgendem Antennengewinn in den Hauptstrahlrichtungen gegenüber einem Normaldipol gerechnet werden:

Schenkellänge L in λ	Spreizwinkel α	Antennengewinn dB
1.0	105°	6.5
1.5	85°	7.0
2.0	73°	7.5
2.5	64°	8.0
3.0	58°	8.5
3.5	54°	9.0
4.0	50°	9.5
4.5	48°	10.0
5.0	45°	10.5

Einen Rhombus kann man auch einseitig strahlend aufbauen. Dann wird das offene Ende durch einen sogenannten „Schluckwiderstand“ abgeschlossen.

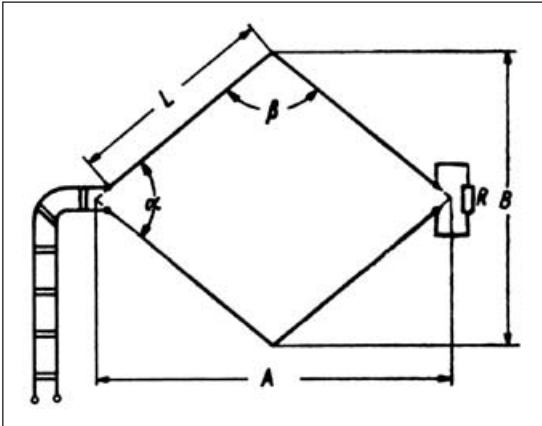


Bild 6.10: Die einseitig gerichtete Rhombusantenne

Dieser muss allerdings mindestens die Hälfte der der Antenne zugeführten Leistung absorbieren können und induktionsfrei sein. Solche Widerstände sind allerdings schwer zu beschaffen. Der Wert des Widerstandes soll 700 - 800 Ohm betragen (siehe Abb. 6.10). Die abgeschlossene Rhombusantenne ist außerordentlich breitbandig. Dadurch ist die Bemessung der Schenkellängen unkritischer. Bei Zulassung eines Gewinnabfalls von max. 2 dB an den Bereichsgrenzen beträgt die

Frequenzvariation 1:2. Allerdings muss man dabei eine Verformung der Richtcharakteristik in Kauf nehmen. Der Antennengewinn steigt mit wachsender Schenkellänge „L“. Das horizontale und vertikale Richtdiagramm werden hauptsächlich durch den Spreizwinkel α beeinflusst. Die Bauhöhe über Grund sollte mindestens eine halbe Wellenlänge der niedrigsten Betriebsfrequenz betragen; besser ist noch eine Wellenlänge hoch. Wird die Schenkellänge größer als sechs Wellenlängen gemacht, so ist die Bündelung äußerst scharf und damit die Einstellung des Spreizwinkels sehr kritisch.

Der Widerstand im Speisepunkt des abgeschlossenen Rhombus ist genau so groß wie der Lastwiderstand am Ende, nämlich 700 bis 800 Ohm. Man kann die Speisung der Antenne deshalb mit einer etwas „verbreiterten“ 600-Ohm-Leitung vornehmen, die man am besten an einen Zwischenkreis ankopfelt, wie in Abb. 6.5 beschrieben. Auch andere Ankopplungsarten sind denkbar, aber es ist schwierig, eine für alle verwendeten Bänder gemeinsame Ankopplung an den Senderausgang zu finden.

Der Schluckwiderstand sollte übrigens über eine offene 7- bis 800-Ohm-Speiseleitung so ange-

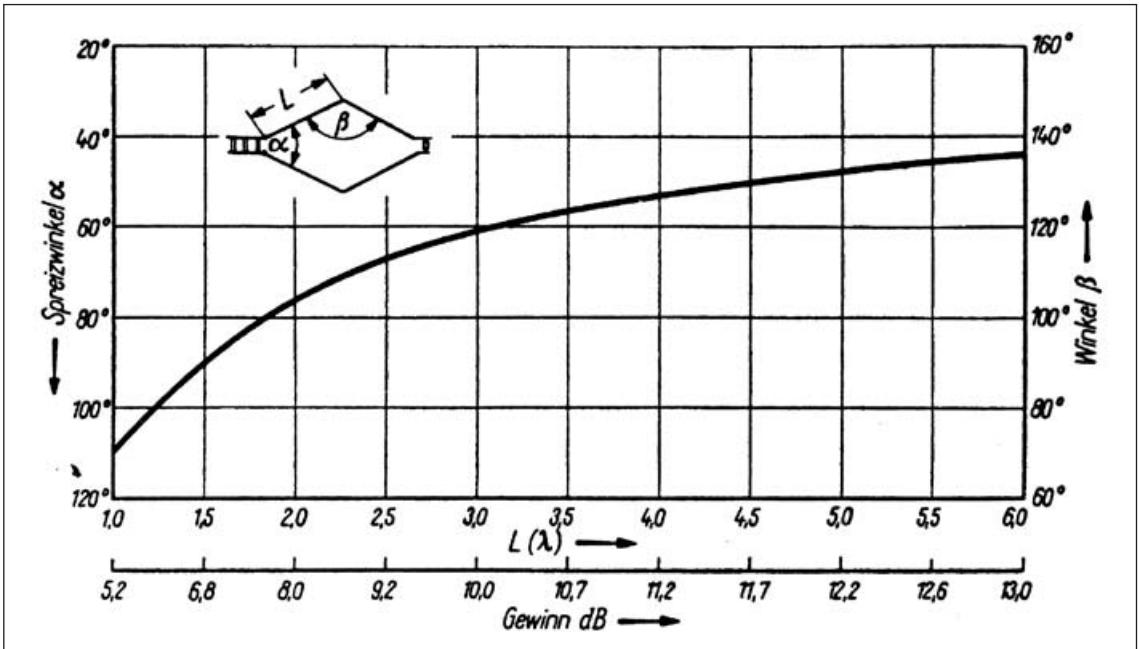


Bild 6.11: Die einseitig gerichtete Rhombusantenne

Tafel 6/I

Angabe aller Dimensionen für Amateurband-Rhombus-Antennen (siehe Abb. 6.10)

Seitenlänge in Wellen- längen	Schenkel- länge L in Metern	Spreiz- winkel α Grad	Neigungs- winkel β Grad	Länge A Meter	Länge B Meter	Gewinn dB
40-m-Band						
1.0	41.50	111	69	47.00	68.50	5.2
1.5	63.00	91	89	88.50	90.00	6.8
2.0	84.00	76	104	132.40	103.50	8.0
3.0	127.00	63	117	217.00	133.00	10.0
4.0	169.00	54	126	302.00	154.00	11.2
20-m-Band						
1.0	20.80	111	69	24.00	34.50	5.2
1.5	31.50	91	89	44.50	45.00	6.8
2.0	42.00	76	104	66.50	52.00	8.0
3.0	63.00	63	117	108.00	66.00	10.0
4.0	84.50	54	127	151.00	77.00	11.2
5.0	106.00	48	132	194.00	86.50	12.2
6.0	127.00	44	136	236.00	95.50	13.0
15-m-Band						
1.0	13.80	111	69	15.70	22.80	5.2
1.5	21.00	91	89	29.70	30.00	6.8
2.0	28.00	76	104	44.50	34.50	8.0
3.0	42.00	63	117	72.00	44.00	10.0
4.0	56.50	54	126	101.00	51.50	11.2
5.0	70.50	48	132	129.00	57.50	12.2
6.0	85.00	44	136	158.00	64.00	13.0
10-m-Band						
1.0	10.20	111	69	11.60	17.00	5.2
2.0	21.00	76	104	33.10	26.00	8.0
3.0	31.50	63	117	54.00	33.00	10.0
4.0	42.00	54	126	75.00	38.50	11.2
5.0	52.50	48	132	96.00	43.00	12.2
6.0	63.00	44	136	117.00	47.50	13.0

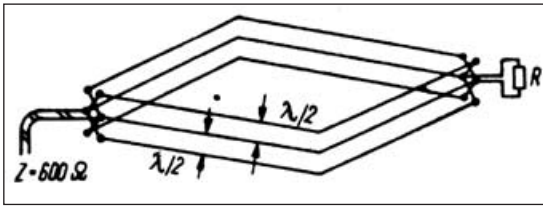


Bild 6.12: Die gestockte Rhombusantenne

bracht werden, dass er zugänglich bleibt, damit er ausgewechselt werden kann, wenn er durch atmosphärische Aufladungen, die bei Antennen von solchen Dimensionen gefährliche Größen annehmen können, beschädigt wird. Der Ersatz des Widerstandes durch viele kleinere parallel und in Serie ist problematisch, weil die Widerstände alle Wendel haben und damit nicht induktionsfrei sind. Zur Not kann man aber so verfahren. Auch Glühlampen können mit den gleichen Nachteilen benutzt werden. Man schalte dann aber viele mit geringer Wattzahl parallel und in Serie. Den Widerstand muss man so berechnen, dass er bei mittlerem Glühen der Lampen etwa den Wert von 800 Ohm annimmt. Als weitere Lösung bietet sich die Benützung von Widerstandsdraht für die Leitung zum Abschluss an. Einen noch höheren Gewinn kann man mit einem Rhombus erzielen, wenn man einen zweiten eine halbe Wellenlänge darunter anbringt und diesen über eine gekreuzte Leitung mitspeist. Der Gewinn ist dann maximal 3 dB höher.

Aus der Tabelle 6/1 sind die Abmessungen für die verschiedenen Parameter von Amateur-Rhombus-Antennen zu entnehmen. Man kann daraus weiter ersehen, dass Mehrbandbetrieb mit einem Rhombus leicht möglich ist. Eine Seitenlänge von z. B. 42 m entspricht einer Wellenlänge im 40-m-Band, zwei Wellenlängen im 20-m-Band, drei im 15-m-Band und vier im 10-m-Band. Den Spreizwinkel bemisst man dabei für das 15- oder 20-m-Band. Er ist dann für 10 m etwas zu groß und für 40 m zu klein. Im Falle des 10-m-Bandes wird die Hauptkeule schmäler, und es treten einige schwache seitliche Nebenkeulen auf, außerdem eine leichte Rückwärtsstrahlung im Falle des abgeschlossenen Rhombus. Auf 40 m wird das Richtdiagramm aufgeblättert und die Strahlbreite vergrößert. Auch nach rückwärts tritt ebenfalls Strahlung auf. Trotzdem wäre diese Antenne noch

mit gutem Gewinn auf 40 m brauchbar. Auch eine Seitenlänge von 63 m ergibt einen ausgezeichneten Mehrband-Rhombus.

Die Bandbreite des Rhombus kann weiter dadurch vergrößert werden, dass man statt eines Drahtes drei Drähte in einem Abstand von 20 cm parallel laufen lässt. Dann sinkt der Speisewiderstand auf 600 Ohm, und der Abschlusswiderstand hat ebenfalls diese Größe. Die Speiseleitung ist dann in der Normalbreite einer 600-Ohm-Leitung, d.h. mit Antennenlitze in etwa 12 cm Abstand aufgebaut. Wie bereits erwähnt, kann der Rhombus zusätzlich mit einem zweiten gestockt werden.

Der Abstand beider Rhomben übereinander beträgt dann eine halbe Wellenlänge, und die Speiseleitung zwischen beiden ist ebenfalls eine halbe Wellenlänge lang. Wegen der Phasenlage muss sie einmal gekreuzt werden. Man speist dann in den unteren Rhombus ein und führt die Leitung zum oberen gekreuzt weiter. Optimal geht das natürlich nur für eine Wellenlänge. Für andere stimmt dann die Phasenlage nicht, und das hat Auswirkung auf den Gewinn und die Strahlungskeulen.

Abb. 6.11 zeigt die Winkel, die Seitenlänge und den Gewinn bei den verschiedenen Parametern. Aus Abb. 6.12 geht hervor, wie zwei oder drei übereinander liegende Rhomben zusammenschaltet werden müssen. Solche Lösungen sind interessant für UKW und evtl. das 10-m-Band. Für 20 m kann man wohl über einen doppelten Rhombus nicht hinausgehen. Der obere liegt dann in 20 m Höhe und der untere in 10 m Höhe über dem Erdboden. Zu erwähnen wäre noch, dass man die Masten für einen Rhombus so aufstellen sollte, dass sie etwas Abstand von der Antenne haben, so dass man durch Spannen an den verschiedenen Masten die Winkel ausgleichen kann.

Literaturangaben zu Kapitel 6:

ARRL Antenna Book

K. Rothammel, Antennenbuch

Meinke/Gundlach,
Taschenbuch der HF-Technik