

## 50. UKW-Tagung Weinheim

### Stocken und Kombinieren von UKW-Yagi-Antennen

**Martin Steyer, DK7ZB**

Adresse: Martin Steyer, Die Aue 2, 37269 Eschwege e-Mail: DK7ZB@fox28.de

Im ersten Teil dieses Beitrages soll untersucht werden, warum und wie man Yagis für ein Band stocken sollte. Im zweiten geht es um das Kombinieren von Antennen für unterschiedliche Bänder und im dritten um Antennen mit unterschiedlicher Polarisation.

#### Warum Stocken von Yagi-Antennen?

Standard-Konfiguration der meisten Amateure ist eine Yagi für ein Band, die so lang wie möglich ausfällt, weil sie leicht zu montieren und zu speisen ist und ein Nebeneinander mit anderen Antennen ermöglicht, vor allem Yagis für höhere Bänder können darüber angeordnet werden.

Nun ist es eine allgemein bekannte Tatsache, daß der Antennengewinn ausschließlich vom getriebenen Aufwand abhängt. Je größer und länger, desto höher der zu erwartende Gewinn. An dieser Grundregel führt kein Weg vorbei, auch wenn manchmal Wunderantennen etwas anderes versprechen. Zu diesen gehören vor allem die Doppelquad-Systeme in allen Varianten, die im Gewinn viel zu hoch angegeben werden. Ihre Stockung ist alles andere als optimal, weshalb der getriebene Materialaufwand in keinem Verhältnis zum tatsächlichen Ergebnis steht.

Von Ausnahmefällen abgesehen, ist ein möglichst großer horizontaler Öffnungswinkel bei gleichzeitig kleinem vertikalen Öffnungswinkel anzustreben. Diese Bedingung ist nur bei gestockten System zu erfüllen. Um dies zu untermauern, sollte man sich die Daten in Tabelle 1 anschauen. Hier sind die für die Praxis interessanten Daten zusammengefaßt: Gewinn, sowie vertikaler und horizontaler Öffnungswinkel verschiedener DK7ZB-Yagis, die in [1] zu finden sind.

**Tabelle 1: Daten verschiedener Antennenkonfigurationen mit ähnlichem Gewinn (incl. Stockungsverluste) mit DK7ZB-Yagis**

	<b>1x10-El. (28Ω)</b>	<b>2x7-El. (28Ω)</b>	<b>4x4-El. (12,5Ω)</b>
<b>Gewinn</b>	13,2dBd	13,6dBd	13,2dBd
<b>3dB-Winkel horizontal</b>	30,6°	40°	54,8°
<b>3dB-Winkel vertikal</b>	32,6°	18,6°	15°
<b>Boomlänge</b>	6,00m	3,30m	1,00m
<b>Stockungshöhe</b>	-	3,00m	5,40m

Nicht näher untersucht werden sollen Anordnungen in H-Konfiguration, also jeweils zwei Yagis übereinander und nebeneinander. Die Öffnungswinkel solcher Anordnungen sind praktisch identisch wie die einzelner, extrem langer Yagis. Dabei nähern sich vertikaler und horizontaler Öffnungswinkel immer mehr an. Sie werden dort verwendet, wo es auf absoluten

Maximalgewinn ankommt, z.B. bei EME und auf andere Weise der angestrebte Gewinn nicht erreicht werden kann.

### Vertikales Stocken horizontaler Yagis übereinander



Der maximal erreichbare Stockungsgewinn für eine Verdopplung des Antennen-aufwandes liegt bei etwa 3dB, davon ab-rechnen muß man die Verluste für Stockungskabel und die Anpaßtechnik.

Die Abstände sollten einen für jede Yagi individuell zu ermittelnden Wert nicht unterschreiten, weil der Stockungsgewinn sonst dramatisch absinkt und eine gegen-seitige Beeinflussung zu deutlichen Ände-rungen beim Strahlungswiderstand führt. Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 2 deutlich.

Im **Bild 1** links handelt es sich um 4,35m lange 8-El.-28-Ω-Yagis, die einzeln einen Gewinn von 12,1dBd und mit 3,30m ge-stockt 14,8dBd ergeben. Diese Kombination ist ein guter Kompromiß zwischen mechani-schem Aufwand, Gewinn und den gegebe-nen 3dB-Öffnungswinkeln (35,4° hor. und 16,6° ver.) und ist bei DK0FW im Einsatz.

**Tabelle 2: Gewinn und Fußpunkt-widerstand in Abhängigkeit von der Stockungshöhe bei einer 3,30m langen 7-Element-28-Ω-Yagi für das 2m-Band mit 11,07dBd Gewinn**

Stockungshöhe	Speiseimpedanz	Gesamtgewinn	Gewinnzuwachs
1,00m	46 - j3 Ω	12,36dBd	+ 1,29dB
1,50m	32,5 +/- j0 Ω	12,96dBd	+ 1,89dB
2,00m	29,2 +/- j0 Ω	13,29dBd	+ 2,22dB
2,50m	28,8 +/- j0 Ω	13,86dBd	+ 2,79dB
3,00m	28,5 +/- j0 Ω	14,16dBd	+ 3,09dB
3,50m	28,3 +/- j0 Ω	14,23dBd	+ 3,16dB

Aus Tabelle 2 wird erkennbar, daß bei zu kleinem Abstand der Gewinn zu niedrig ist, und ab einem bestimmten Wert kaum noch eine Verbesserung zu erzielen ist. Allerdings wird das Diagramm auch oberhalb des optimalen Wertes gravierend schlechter, weil die Nebenzipfel immer stärker werden.

Für Kontestzwecke ist es optimal möglichst viele kürzere Yagis übereinander zu Stocken. Zumindest gilt dies für die Standardbedingung, daß man selbst "CQ-Contest" ruft. Die Wahrscheinlichkeit des Gehörtwerdens nimmt mit kleiner werdendem horizontalem



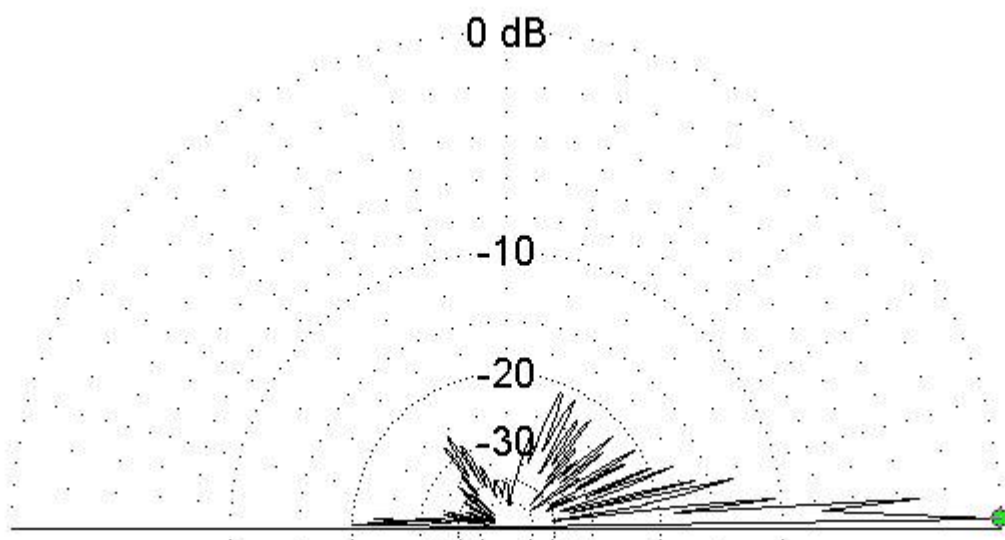
Öffnungswinkel deutlich ab. In diesem Fall muß eine Antennenanlage mit dem höchsten Gewinn keineswegs die beste sein. **Bild 2** zeigt ein Musterbeispiel für eine solche Anordnung bei DK3EE. Die 6 mit jeweils 2,40m Abstand montierten 5-El.-12,5- $\Omega$ -Yagis haben einzeln 9,5dBd Gewinn bei 2,40m Boom.

Die nebenstehende Gruppe hat effektive 16,8dBd Gewinn bei folgenden Freiraumdaten: Der 3dB-Öffnungswinkel horizontal beträgt  $45,4^\circ$ , der entsprechende Vertikalwinkel nur noch  $7,2^\circ$ . Nach mehreren Kontesteinsätzen hat sich diese Antennenanlage als ausgesprochen praxistauglich erwiesen.

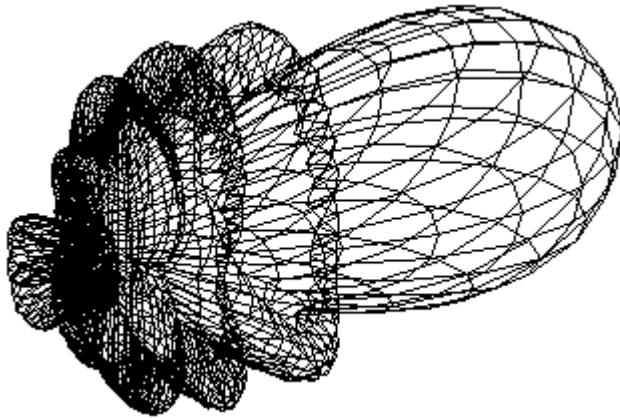
Ein vergleichbarer Gewinn ließe sich auch mit einer Einzelyagi erreichen, diese müßte allerdings eine Boomlänge von 16m aufweisen, dabei würde sich aber ein horizontaler 3dB-Winkel von nur  $20^\circ$  einstellen.

Noch interessanter ist die Beobachtung, daß auf UKW die Beeinflussung auf die Antennendaten wohl erheblich größer ist, als man gemeinhin annimmt. EME-Amateure kennen diese Erscheinung, wenn der Mond am Horizont steht und man mit 5-6dB Zusatzgewinn durch "ground-gain" über freiem Gelände rechnen kann. Dabei zipfelt das Vertikaldiagramm deutlich auf und die Hauptkeule bekommt einen extrem kleinen, vertikalen 3dB-Öffnungswinkel von nur noch  $0,8^\circ$  (!). Über Erdboden mit mittlerer Leitfähigkeit ergeben sich so 22dBd bei einer Höhe der untersten Antenne von 16m über Grund. Bei feuchtem Wiesensboden oder über Wasser liegt der Gewinn noch höher.

**Bild 3: Vertikales Richtdiagramm der 6x5-Element-Gruppe bei DK3EE (Einzelheiten siehe Text) über realem Grund mittlerer Leitfähigkeit**



Ähnliche Vertikaldiagramme sind auch bei langen Einzelyagis, bzw. Vierergruppen zu erwarten, allerdings mit entsprechend deutlich schmalere horizontalen Öffnungswinkeln.



**Bild 4:**

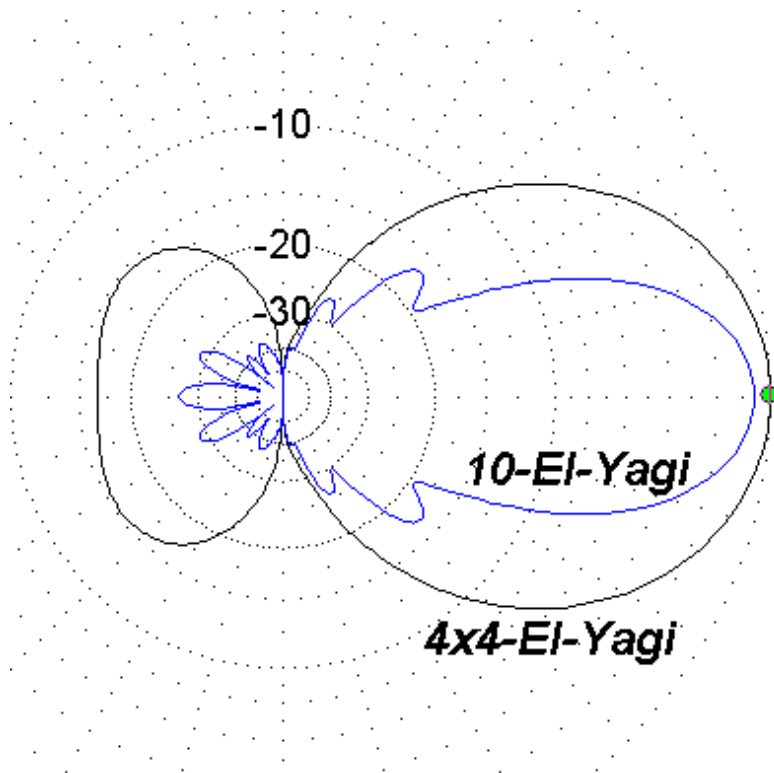
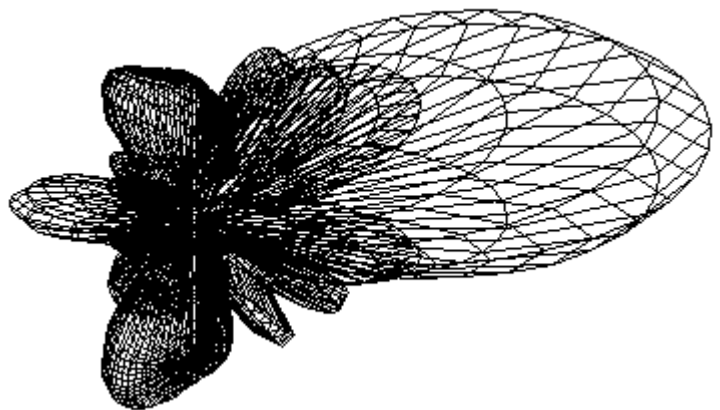
3D-Plot des Richtdiagramms bei der 10-Element-Yagi mit 6m Boom. Deutlich zu erkennen ist, daß vertikaler und horizontaler Öffnungswinkel annähernd gleich sind. Dies ist typisch für lange Yagis und für 4er-Gruppen in H-Konfiguration. Bei höherem Gewinn wird die Keule immer schmaler.

**Bild 5:**

Bei der gestockten Gruppe 4x4-Element mit den 1,50m langen Yagis zeigt der 3D-Plot ein anderes Aussehen:

Deutlich größerer horizontaler Öffnungswinkel bei gleichzeitig kleinerem vertikalen.

Der Gewinn beider Antennenanordnungen ist vergleichbar



**Bild 6:**

Der Vergleich der beiden horizontalen Richtdiagramme macht die Unterschiede zwischen der einzelnen 10-El.-Yagi (innen) und der Gruppe 4x4 mit 1m Länge jeder Antenne besonders deutlich:

Wesentlich größerer Öffnungswinkel bei der Gruppe, allerdings ist in diesem Fall das Richtdiagramm im rückwärtigen Teil der beiden Anordnungen unterschiedlich.

Bei Kontestbetrieb ist die schlechtere V/R-Verhältnis unter Umständen von Vorteil.



Zum Schluß soll noch eine weitere Hochleistungsgruppe bei SK3W vorgestellt werden. Hier handelt es sich bei **Bild 7** keineswegs um 70cm-Antennen, wie man vielleicht vermuten könnte.

An einem Tower von über 50m Höhe wurden neben etlichen Yagis für Kurzwelle auch 8x6-Element-2m-Yagis mit untergebracht. Diese haben jeweils 2,40m Boom und einen Strahlungswiderstand von 28Ohm. Die OM's von SK3W haben den Aufbau dieser Gruppe, die real etwa 18dBd hat, auf ihrer Webseite ausführlich dokumentiert:

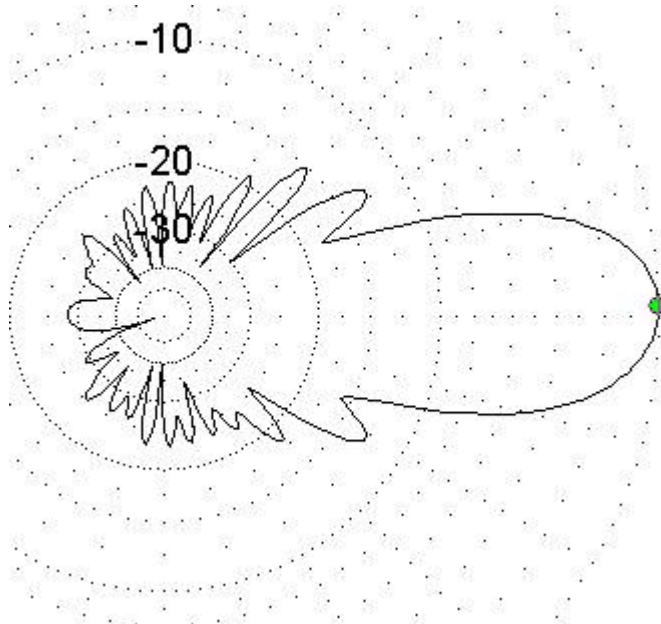
<http://sk3w.shacknet.nu/gallery/dk7zb>

Fazit der Überlegungen: In der Regel ist eine gestockte Anordnung kürzerer Yagis in der Praxis einer gewinnreichen Einzelyagi deutlich überlegen.

### Kombinieren von Yagis für verschiedene Bänder

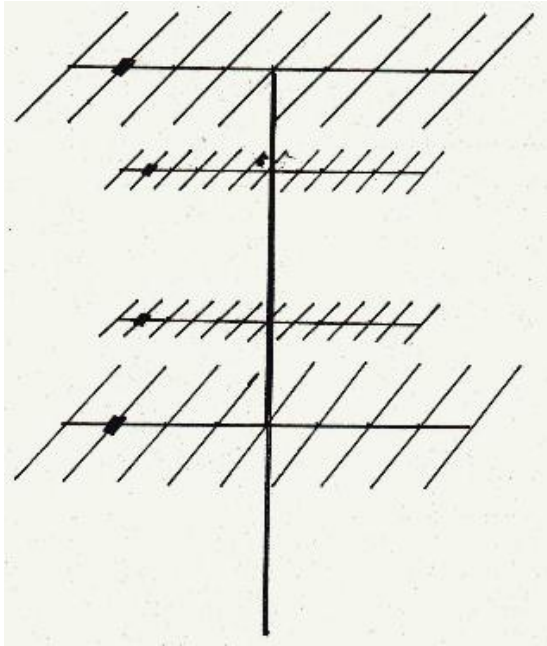
Üblich ist hier die Anordnung, daß aus mechanischen Gründen die Antenne für das höhere Band über der für das frequenzniedrigere Band montiert wird. Klar erkennbar ist dabei die Tendenz, daß die frequenzniedrigere fast nicht durch die auf dem höheren Band beeinflusst wird, aber umgekehrt eine nicht zu vernachlässigende Rückwirkung auf die Yagi für das frequenzhöhere Band auftritt. Dies aus zwei Gründen: Einmal liegen die klassischen Bänder frequenzharmonisch zueinander (6m-2m, 2m-70cm, 70cm-23cm), zum anderen wirken die längeren Elemente bedingt wie eine virtuelle Erdfläche, die unterhalb der Yagi liegt.

Als Faustregel sollte der Mindestabstand der Antennen eine Wellenlänge, bezogen auf das höhere Band, betragen. Eine 2m-Yagi sollte also 2m über der für 6m sein, entsprechendes gilt auch für die anderen Bänder. Damit bleiben die Rückwirkungen bezüglich des Strahlungswiderstandes minimal, leider bleibt eine Anhebung der Strahlungskeule als unerwünschter Effekt bestehen.



**Bild 8** soll dies verdeutlichen: Eine 17-Element-Yagi für 432MHz (Boomlänge 4,02m) über der schon erwähnten 8-Element-Yagi für 2m schiebt bei einem Abstand von  $1\lambda$  mit der Hauptkeule mit  $1^\circ$  Elevation nach oben, die Nebenzipfel im Strahlungsdiagramm nach oben nehmen zu.

Umgekehrt kann man die Verschiebung der Strahlungskeule nutzen: Die 70cm-Antenne wird unter der 2m-Yagi angebracht. Dabei führt die Absenkung der Keule nach unten in Verbindung mit der "ground-gain" zu etwas mehr Gewinn bei schmalerer Vertikalkeule.



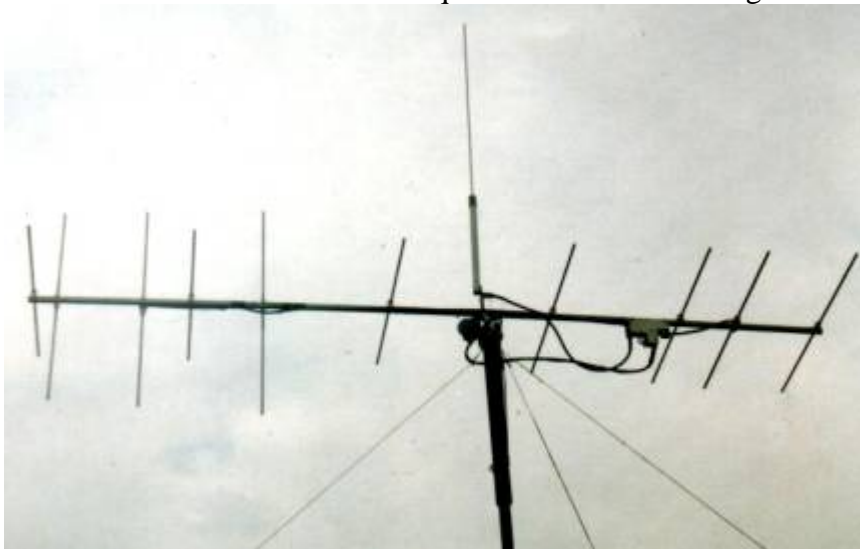
Eine einfach aufzubauende, aber leistungsfähige Gruppe für die Bänder 2m und 70cm kann man mit je zwei gestockten Yagis für beide Bänder realisieren (**Bild 9**). Dazu werden die beiden 70cm-Yagis zwischen den 2m-Yagis so angeordnet, daß jeweils oben unten ein Mindestabstand von 70cm bleibt. Die 2m-Yagis werden so kaum beeinflusst, die Strahlungskeule der 70cm-Antennen bleibt symmetrisch, obwohl gegenüber freier Montage etwas mehr Nebenzipfel auftreten.

Natürlich ist es auch möglich, nur eine Yagi für 70cm zwischen zwei gestockten 2m-Yagis anzuordnen, auch dabei vermeidet man das Schielen nach oben beim höherfrequenten Band. Entsprechendes gilt natürlich auch für 23cm-Yagis.

### Unterschiedliche Polarisationen für das gleiche Band

Hier soll eine Lösung vorgestellt werden, bei der man mit minimalem Aufwand und ohne gegenseitige Rückwirkungen zwei verschiedene Yagis mit unterschiedlicher Polarisierung auf einem Boom montiert. Dabei wird am Ende der Direktorkette vor dem Mast auf den Boom einer horizontal polarisierten Yagi eine kürzere vertikal angeordnete Yagi montiert. Eine solche Anlage bei Igor, UY0UP mit DK7ZB-Yagis ist in **Bild 10** zu sehen. Hier handelt es sich um eine 7-Element-28- $\Omega$ -Yagi mit 3,30m langem Boom und eine 3-Element-28- $\Omega$ -Yagi mit einer Baulänge von 82cm. Dabei ist auch die dritte Antenne, ein vertikaler Rundstrahler nach dem Sperrtopfprinzip (ohne störende Radials!) optimal angeordnet. Die drei auf engstem Raum befindlichen Antennen beeinflussen sich gegenseitig so gut wie nicht.

Was man auf jeden Fall vermeiden sollte, ist eine Mast- oder Querträgeranordnung, die durch eine Antennenebene hindurchgeht und die Strahlungseigenschaften vollständig verbiegt. Auch hier ist wieder eine gleiche Anordnung für zwei Bänder möglich, wenn man den Abstand der Ebenen mit mindestens  $1\lambda$  für frequenzhöhere Band auslegt.



**Bild 10:** Antennenanlage bei UY0UP mit zwei DK7ZB-Yagis. Mit Igor hatte der Autor am 01.06.2005 über 1334km ein ES-QSO auf 2m.

Baubeschreibungen für diese und weitere Yagis mit allen Längen finden sich auf meiner Homepage [1], wo auch konkrete Vorschläge zu Aufstockleitungen vorhanden sind.

**Quelle:** [1] Homepage DK7ZB, <http://www.qsl.net/dk7zb> oder <http://fox28.de/dk7zb>