

## Antennenkopplung

oder...

wie man mit einfachen Mitteln Antennen zusammenschaltet um deren Gewinn zu erhöhen.

Einleitung.

Der Gedanke ist nicht neu:

Eine Antenne ist bekanntlich der beste HF-Verstärker. Antennen haben aber einen Nachteil: Sie werden mit zunehmendem Gewinn immer größer und unhandlicher und, wer das Strahlungsdiagramm verschiedenener Antennen einmal studiert hat, im Öffnungswinkel immer schmaler.

Manchmal ist das jedoch erwünscht, z.B. bei gezielten Verbindungen mit einer Station an einem bekannten Standort, oder bei EME Verbindungen.

Für den Contestbetrieb haben sich lange Antennen nicht bewährt, da, bedingt durch den kleinen horizontalen Öffnungswinkel die Zahl der angesprochenen Stationen nur gering ist. In diesem Falle sind Antennen mit großem Öffnungswinkel also zu bevorzugen.

Nur, wie schafft man es trotzdem einen großen Antennengewinn zu erzielen?

Die Antwort lautet:

Mehrere (kleinere) Antennen in der vertikalen Ebene gestockt, d.h. übereinander montiert.

Der gewünschte große horizontale Öffnungswinkel bleibt erhalten, Der vertikale Öffnungswinkel wird mit der Anzahl der gestockten Antennen immer kleiner, was jedoch keinen Nachteil bedeutet, sondern eher einen Vorteil darstellt.

Wer trotzdem lange Antennen benutzen möchte, oder einen kleinen horizontalen Öffnungswinkel bevorzugt, kann die Antennen natürlich auch nebeneinander montieren.

Und wer beides kombinieren will, der wählt die H-Konfiguration der Antennen und stockt diese horizontal und verikal.

Bei allen diesen Konfigurationen von Antennengebilden entsteht früher oder später die Frage: Wie kann ich diese Antennen richtig zusammenschalten um am Fußpunkt einen Wellenwiderstand von ca. 50 Ohm zu bekommen ?

Die kommerziellen Anbieter von sogenannten Anpassungstöpfen haben diese Marktlücke längst entdeckt und liefern diese Teile für 2- oder 4 Antennen und für verschiedene Frequenzbereiche. (2m, 70cm, 23cm...)

Die Preise für diese Antennenkoppler sind hoch, dabei sind es meist einfache leicht modifizierte Alu-Vierkantrohre mit einem runden Innenrohr bestimmtem Durchmessers und 2-oder 4 Anschlußbuchsen.

Dahinter versteckt sich ein Transformationsglied, welches den Widerstand (Z-Wert) der 2- oder 4 parallel geschalteten Antennen an den Wellenwiderstand des speisenden Koaxkabels (meistens 50 Ohm) anpasst.

Die Anpassstöpfe sind in der Regel mit N- oder BNC Anschlussbuchsen bestückt.

Jede Buchse benötigt also einen zugehörigen Stecker. Steckverbindungen haben immer Verluste, sind zudem witterungsanfällig und müssen, wenn sie lange im Freien verbleiben sollen, vor Feuchtigkeit geschützt werden.

Anpasstöpfe sind zudem unhandlich und groß (zumindest im 2m Band) sowie m.E. nach viel zu teuer. Der finanzielle Aufwand der zusätzlich benötigten Stecker ist zudem auch noch zu berücksichtigen. So kommt man zusammen schnell auf einen finanziellen Betrag von **> 100 €!**

**Wer mehr über die Theorie der Anpassung lesen will, siehe Artikel:  
*Theorie der Anpassung von Antennenanlagen.***

---

Da ich selber immer schon nach praktikablen und zudem preiswerten Alternativen zu kommerziellen Geräten Ausschau gehalten habe ist mir schon vor vielen Jahren, zur Theorie der Zusammenschaltung von Antennenanlagen eine im „Rothhammel“ veröffentlichte Beschreibung zu Gemüte geführt..

Die Sache ist also nicht von mir erfunden, sondern (warscheinlich) schon so alt, wie es Funktechnik gibt.

#### Anmerkungen:

*Der o.g. Anpasstopf kann durchaus mit einem Koaxkabel bestimmtem Wellenwiderstandes und einer Länge von  $\lambda/4$  verglichen und ersetzt werden.*

*Der Wellenwiderstand eines Kabels ist dabei lediglich abhängig von seinen inneren und äußeren Abmessungen, jedoch nicht von der Frequenz !*

*Bei den u.a. Beispielen sind die Stockungsabstände der Antennen meist vom Hersteller angegeben. Andernfalls sind sie bei diesen anzufragen*

Folgende Beispiele zeigen die Anwendung von Anpassungen mittels Transformationsleitungen.

Ziel ist immer die impedanzmäßig richtige Anpassung an die Antennen und das Ableitungskabel. Dabei haben diese Komponenten meist eine Impedanz von 50 Ohm.

## Beispiel 1. Zusammenschaltung von 2 Antennen für das 2m Band

Betriebsfrequenz : 144 MHz

Antennenlänge: 4m

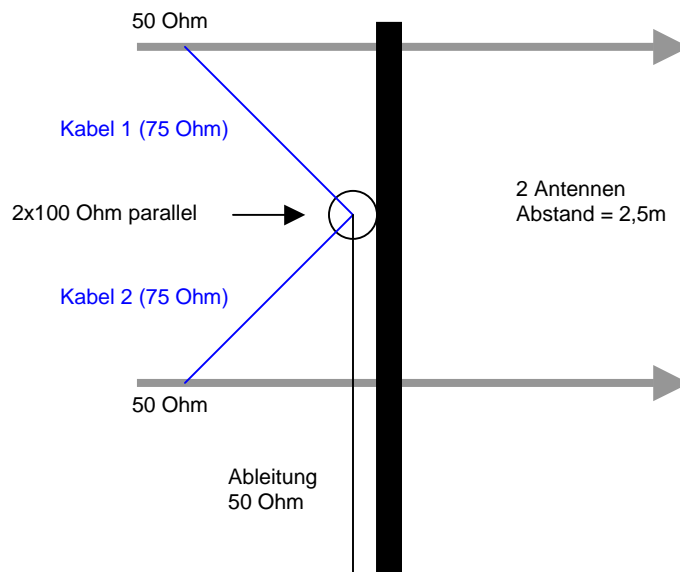
Stockungsabstand : 2,5m (vom Hersteller angegeben oder anzufragen)

### Erkenntnis:

**Kabel 1** und **Kabel 2** müssen, bedingt durch die Abmessungen der Antennen und deren Abstand ungefähr 3,5m lang sein

(Kabel werden nicht wie im Bild dargestellt verlegt, sondern am Antennenboom langeführt)

Bild 1



**Kabel 1** und **Kabel 2** müssen den Fußpunktwidestand der Antenne jeweils auf 100 Ohm transformieren. **Dazu nehmen wir Kabel mit 75 Ohm Wellenwiderstand, z.B. RG-11, normales 50 Ohm Kabel geht nicht !!.**

Am Punkt der Zusammenführung der Kabel werden also 2 x 100 Ohm parallelgeschaltet, was 50 Ohm ergibt. Diese 50 Ohm passen direkt impedanzrichtig an die Ableitung.

### *Länge der Antennenanschlusskabel (Kabel 1 und Kabel 2)*

Die Kabel können nicht längenmäßig beliebig lang sein, sondern müssen eine bestimmte Länge haben:

$$L1 \text{ und } L2 = 1..3..5..7..9..11..x \text{ Lambda}/4 \times \text{Verkürzungsfaktor } V$$

In Kabel vorbereitet sich eine elektrische Welle nur langsamer als in der Luft. Deshalb müssen wir zusätzlich den Verkürzungsfaktor des Kabels berücksichtigen. Bei handelsüblichen Kabeln mit PE Isolation ist der Verkürzungsfaktor = 0,66.

**Wichtig: Die zu fertigenden Kabellängen werden gemessen, jeweils von Ende der Abschirmung bis Ende der Abschirmung (Bild 2)**

Bild 2



$$\text{Lambda}/4 = 52\text{cm}$$

$$\text{Lambda}/4 \times V = 34,3\text{cm}$$

Unsere Kabel sollen jeweils ca. 3,5m lang sein.

Da wir immer nur ungerade Viertel-Wellenlängen nehmen können (10 x 34,3cm geht nicht !!) und 9 x 34,3cm nur 3,09 m sind, bleibt uns als Alternative:

$$11 \times \text{Lambda}/4 \times V = 3,77 \text{ m}$$

Unsere beiden Kabel L1 und L2 werden also je 3,77m lang.

An der einen Seite werden wir Kabelstecker anlöten um eine Verbindung zur Antenne zu bekommen, auf der anderen Seite löten wir die Kabel direkt zusammen.

Bild 3

Die Innenleiter sollten dabei so kurz wie möglich gehalten werden.

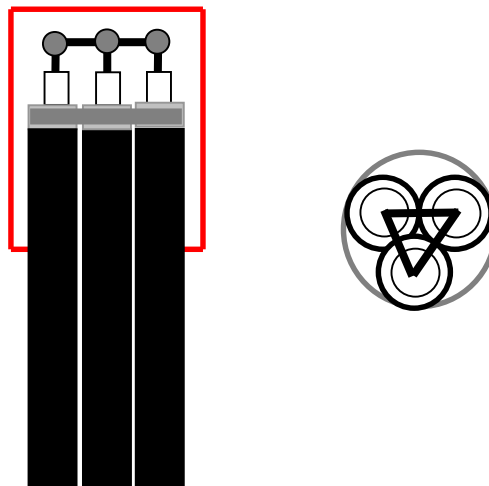


Bild 3

Alle Kabel werden auf richtige Länge abisoliert und in einem Bündel mit Isolierband zusammengebunden, Die Schirme werden auf ca 10mm Länge gekürzt und mit einem Kupferdraht (0,5mm) oder mit dem Innenleben von handelsüblichem Netzkabel 3 x 0,75mm<sup>2</sup> (NYM) mehrfach umwickelt und mit einem heißen LötKolben schnell verlötet. Die Innenleiter werden einfach zusammengebogen und ebenso verlötet. Gegen Feuchtigkeit wird das ganze mit einer Schrumpfkappe versehen, fertig.

Den Anpasstopf haben wir uns gespart ! Die Kontaktstellen sind absolut gegen Witterungs-einflüsse geschützt.

## Beispiel 2. Zusammenschaltung von 4 Antennen für das 2m Band

Betriebsfrequenz : 144 MHz

Antennenlänge: 4m

Stockungsabstand : 2,5m

Erkenntnis:

**Kabel 1** und **Kabel 2** müssen, bedingt durch die Abmessungen der Antennen und deren Abstand ungefähr ca. 3,5 m lang sein.

(Kabel werden nicht wie im Bild dargestellt, sondern am Antennenboom langgeführt)

**Kabel 5** und **Kabel 6** müssen ca. 2,6 m lang sein.

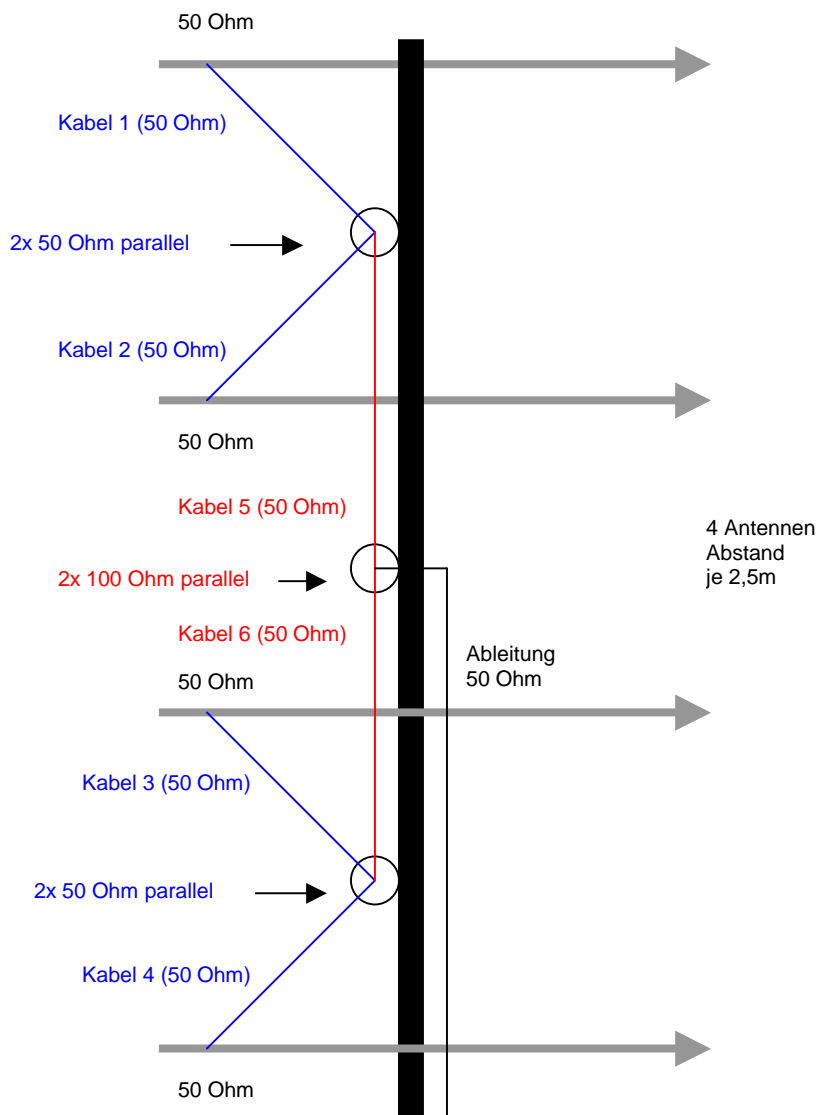


Bild 4

**Kabel 1** und **Kabel 2**, sowie **Kabel 3** und **Kabel 4** sind handelsübliche 50 Ohm Koaxkabel beliebiger Länge. (z.B. RG213-U)

Am Punkt der Zusammenführung der Kabel werden also 2 x 50 Ohm parallelgeschaltet, was 25 Ohm ergibt.

*Länge der Antennenanschlusskabel (Kabel 1 und Kabel 2, sowie Kabel 3 und Kabel 4)*

Die Kabel können längenmäßig beliebig lang sein, jedoch alle Kabel in gleicher Länge.

Hier gibt es nichts zu transformieren.

Am Punkt der Zusammenführung beider Kabel ergibt sich ein Z-Wert von 25 Ohm.

*Länge der Antennenanschlusskabel (Kabel 5 und Kabel 6)*

Die Kabel 5 und 6 müssen den Z-Wert von 25 Ohm (der Kabel 1,2,3 und 4) auf 100 Ohm transformieren.

Dazu nehmen wir ebenso normale 50 Ohm Koaxkabel, die jetzt jedoch wieder transformieren müssen und deshalb wieder bestimmte Längen haben müssen!

*$L5 \text{ und } L6 = 1..3..5..7..9..11..x \text{ Lambda}/4 \times \text{Verkürzungsfaktor } V.$*

$\text{Lambda}/4 = 52\text{cm}$

$\text{Lambda}/4 \times V = 34,3\text{cm}$

Unsere Kabel sollen jeweils ca. 2,6 m lang sein.

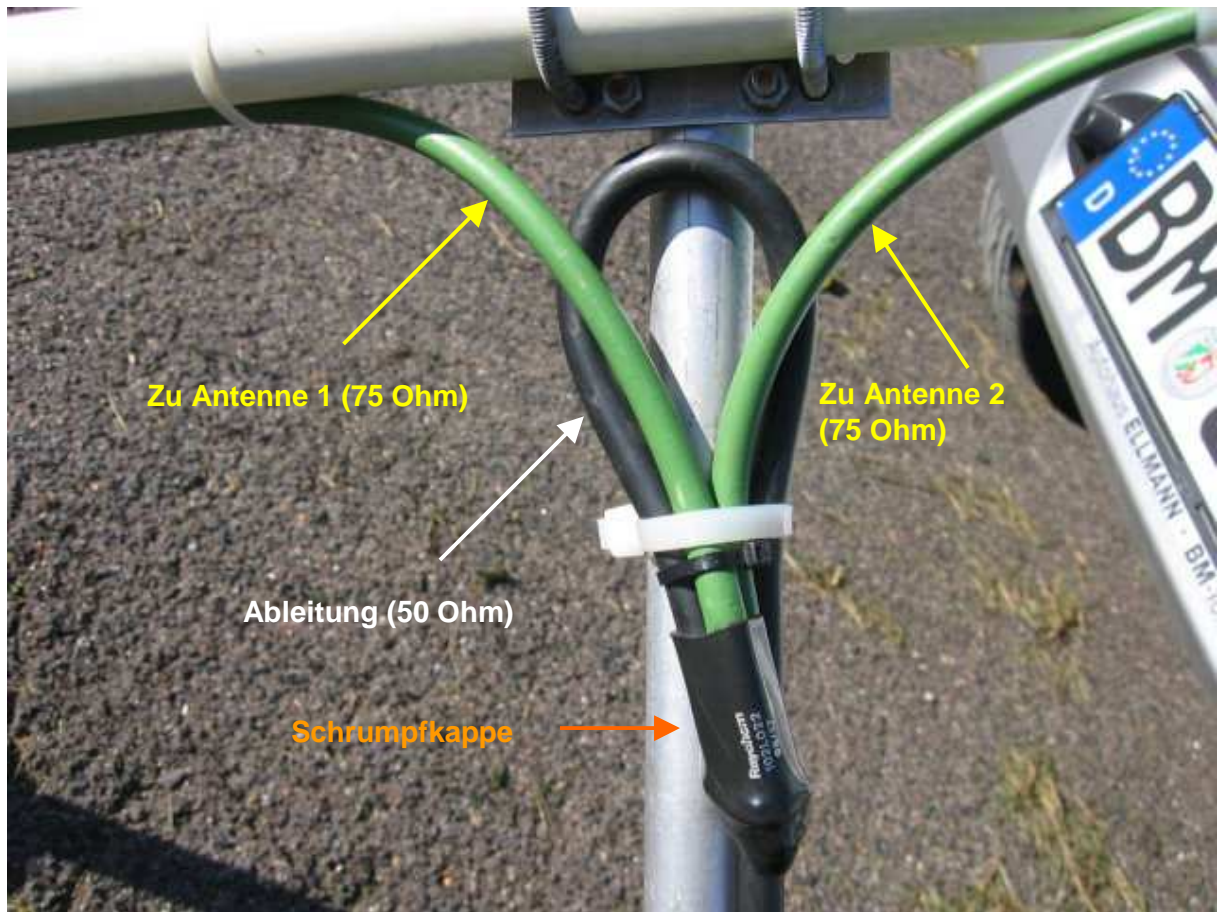
Da wir immer nur ungerade Viertel-Wellenlängen nehmen können, bleibt uns als Alternative:

$9 \times \text{Lambda}/4 \times V = 3,09 \text{ m}$

*Unsere beiden Kabel L5 und L6 werden also je 3,09 m lang.*

Das Zusammenlöten und Anschließen der Kabel erfolgt wiederum, wie oben beschrieben.

Viel Erfolg.



So sieht meine Zusammenschaltung für 2 Antennen aus.