

Antennen für Kurzwellen

**Mythos
„Faltdipol“**

**Mitteilungen aus dem Institut
für Umwelttechnik,
Nonnweiler-Saar
Dr. Schau
DL3LH**

Vorwort:

Der Faltdipol wird in Amateurräumen als typische Monoband-Antenne bezeichnet. Durch die Faltung halbiert sich der Strom, die Spannung wird verdoppelt und der Strahlungswiderstand ist der 4 fache Wert eines Einzeldipols und im Freiraum 240 Ω mit dem Vorteil, dass durch die Erhöhung des Strahlungswiderstandes sich der Wirkungsgrad der Antenne verbessert. Wird eine symmetrische Speiseleitung verwendet, verbessert der höhere Fußpunkt-widerstand das VSWR und verringert die Verluste auf der Speiseleitung. Symmetrierung mit einem Luft-Balun oder Guanella /8/ und unsymmetrische LC-Anpassung ergeben geringe Gesamtverluste.

1. Faltdipol in 10 m Höhe über realen Grund, Drahtdurchmesser d = 1.8 mm

Die Länge eines Faltdipols für die Grundresonanz berechnet sich aus dem Zusammenhang

$$L = 142.65 \text{ (m)} / f(\text{MHz}). \tag{Gl 1}$$

Soll der Faltdipol z.B. auf $f = 3.6 \text{ MHz}$ in der Grundresonanz betrieben werden, muss eine Länge $L = 142.65 \text{ m} / 3.6 \text{ MHz} = 39.63 \text{ m}$ gewählt werden.

Die für uns wichtigen Gesamtverluste des Antennensystems ergeben sich nach Tab. 1 zu $L = 0.78 \text{ dB}$. Dabei wurde eine symmetrische $600 \text{ } \Omega$ Leitung der Länge $l = 20 \text{ m}$ vorausgesetzt. Bei einer verfügbaren Leistung von $P_v = 1000 \text{ W}$ erreichen immerhin 835 W die Antenne, wenn $Q_L = 50$ und $Q_c = 500$ ist.

Frequenz MHz	Impedanz Ohm	Gewinn dBi	Verluste dB	Ls uH	Cp pF	Bemerkungen
3.60	120 + j 0	7.88	0.78	15.5	120	Grundresonanz

Tab. 1 Gesamtverluste eines Antennensystems mit Faltdipol in 10 m Höhe über realem Grund. L und C sind der Werte der LC-Anpassung.

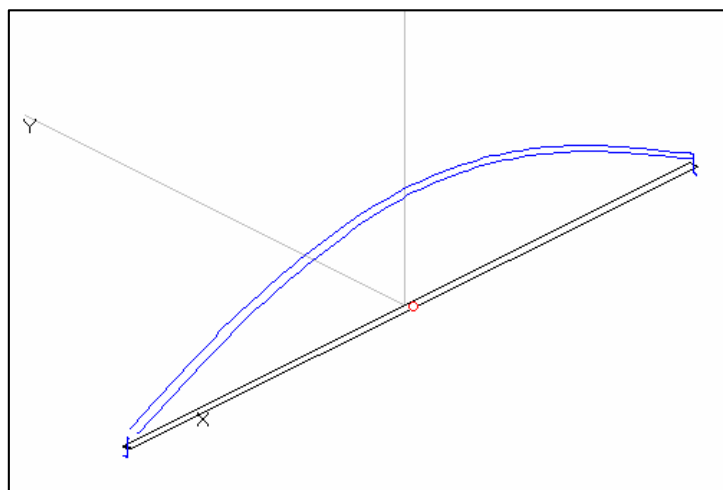


Bild 1: Stromverteilung auf dem Faltdipol bei Erregung in der Grundfrequenz $f = 3.6 \text{ MHz}$

Wie Tab. 1 zeigt ist die Fußpunktimpedanz im realen Fall keineswegs $240 \text{ } \Omega$, wie immer gesagt wird. Dieser Wert gilt nur bei sehr hoch hängender Antenne und im freien Raum.

Die Strahlungsdiagramme des Faltdipols über realem Boden zeigen die Bilder 2 - 5.

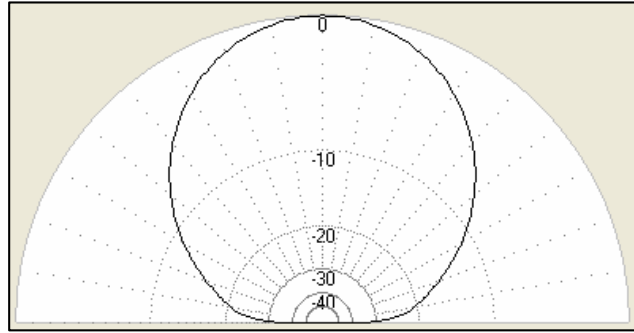
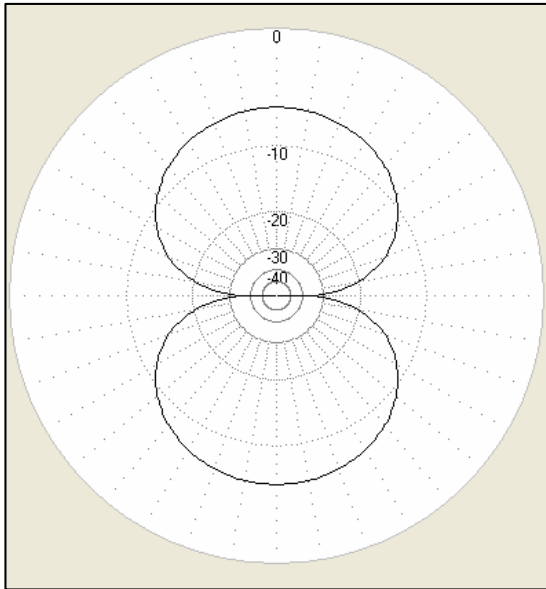


Bild 2/3: Strahlungsdiagramme des Faltdipols bei der Grundfrequenz $f = 3.6$ MHz.

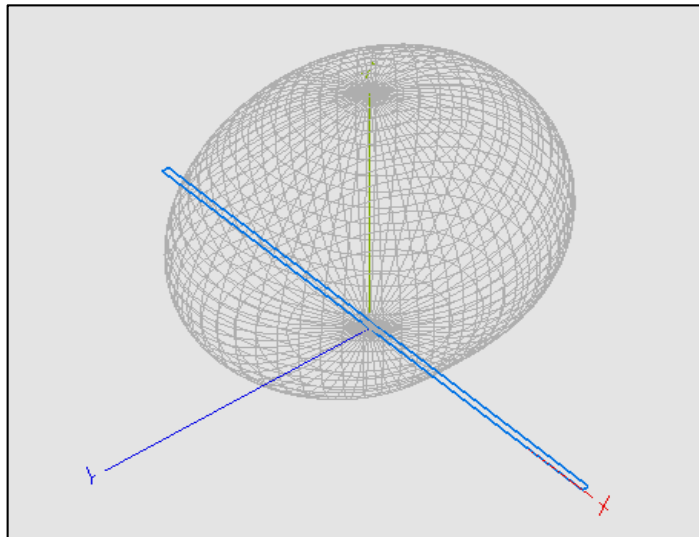


Bild 4: Räumliches Strahlungsdiagramm des Faltdipols bei $f = 3.6$ MHz über realer Erde in 10 m Höhe. Bild 5 zeigt das Strahlungsdiagramm im 15 m Band.

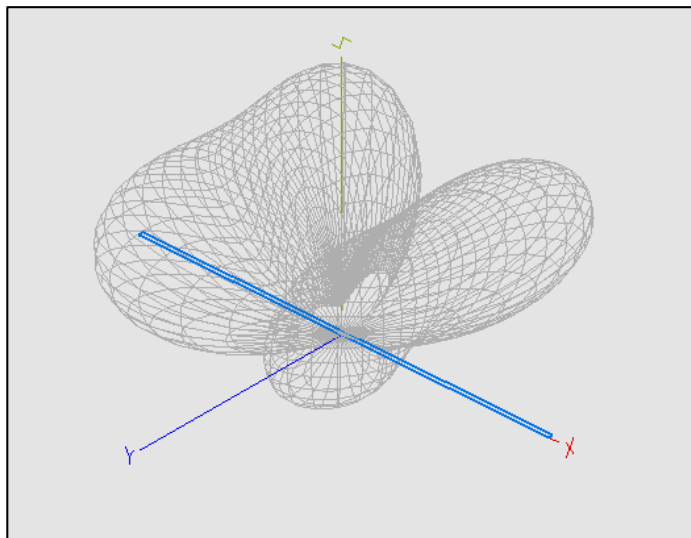


Bild 5

2. Faltdipol bei verschiedenen Frequenzen in 10 m Höhe über realen Grund

Der Amateur möchte seine Antenne nicht nur für ein Band benutzen. Wie verhält sich die typische Einbandantenne bei anderen Frequenzen? Dazu berechnen wir die Fußpunktimpedanzen der Antenne und die Gesamtverluste des Antennensystems inklusiver Antennenzuleitung und Anpassschaltung. Die Antennenhöhe ist $H = 10$ m.

Frequenz MHz	Impedanz Ohm	Gewinn dBi	Bemerkungen
3.60	$120 + j 0$	7.88	Grundresonanz
7.05	$32 - j 480$	6.25	
14.1	$197 - j 900$	5.36	
21.2	$785 - j 1532$	5.43	
29.0	$570 - j 1280$	6.96	

Tab. 2: Fußpunktimpedanzen eines Faltdipols in den Amateurbändern 80 – 10 m.

Frequenz MHz	Loss dB	L uH	C pF	Bemerkung
3.60	0.78	15.5	120	LpCs
7.05	2.33	4.73	53.5	CsLp
14.1	0.94	4.11	13.7	LpCs
21.2	0.90	2.64	13.7	LpCs
29.0	0.64	1.19	10.4p	LpCs

Tab 3 : Gesamtverluste eines Antennensystems mit Faltdipol bei verschiedenen Frequenzen, Länge der symmetrischen 600 Ω Zuleitung $l = 20$ m, Güte der Spule $Q_L = 50$, $Q_c = 500$

Wie uns Tab. 3 zeigt, ist der Faltdipol auch für andere Bänder nutzbar. Allerdings sind die Verluste mit $L = 2.33$ dB im 40 m Band viel zu hoch. Woher kommen diese hohen Verluste und wie verteilen sich diese auf die Antennenzuleitung und die Anpassschaltung?

Die Berechnung ergibt folgenden Sachverhalt:

a. Verlust auf der 600 Ω Leitung $L = 0.45$ dB zuzüglich

b1. Verlust in der LC-Anpassschaltung $L = 1.88$ dB bei $Q_L = 50$

$P_{ant} = 535$ W

b2. Verlust in der LC-Anpassschaltung $L = 1.04$ dB bei $Q_L = 100$

$P_{ant} = 710$ W

dabei wurde für die Leistungsangabe von einer verfügbaren Leistung von $P_v = 1000$ W ausgegangen. Wir können die Verluste der Gesamtanordnung auf den Wert $L = 1.49$ dB reduzieren, nur durch Verbesserung der Güte der Spule im APN von $Q = 50$ auf $Q = 100$ /2/.

An diesem Beispiel zeigt sich die Wichtigkeit der Spulengüte in der Anpassschaltung, die meist sehr stiefmütterlich behandelt wird /3/.

Damit die Verluste im 40 m Band und die Gesamtverluste auf allen Bändern gering bleiben, ist eine Optimierung der Antennenanlage erforderlich. Variabel sind die Länge der Antennenzuleitung und die Güte der Spule in der LC-Anpassschaltung, die wir nunmehr mit $Q_L = 100$ ansetzen.

3. Optimierung des Faltdipolsystems auf geringste Gesamtverluste für 80 – 10 m

Optimieren wir die Länge der Antennenzuleitung bezüglich der Gesamtverluste des Systems für alle gefragten Frequenzen, so wird diese $l_{opt} = 24$ m. Durch die Veränderung der Zuleitungslänge ergeben sich andere Impedanzen am Eingang der Zweidrahtleitung, andere Verluste der Zuleitung und in der Anpassschaltung. Auch ändern sich die Werte von L und C im APN. Wir berechnen diese Werte neu und erhalten Tab.4.

Frequenz MHz	Loss dB	L uH	C pF	Wirkungsgrad %
3.60	0.72	14.47	103.2	84.8
7.05	0.62	0.06	490	86.7
14.1	0.80	2.62	80.1	83.1
21.2	0.94	2.41	32.5	80.6
29.0	0.96	1.89	10.5	80.2

Tab. 4 : Gesamtverluste des optimierten Faltdipol-Antennensystems.

Durch die Verlängerung der Antennenzuleitung von nur $l_{zu} = 4$ m haben wir die Verluste in 40 m Band um $2.33 \text{ dB} - 0.62 \text{ dB} = 1.71 \text{ dB}$ verringert. Darin zeigt sich sehr deutlich, dass eine Antennenanlage nicht hingefummelt werden kann, sondern berechnet werden sollte. Gesamtdämpfungswerte bis **1 dB entsprechend 20%**, sind im Amateurfunk tolerabel.

Wenn Platz für 2×27 m vorhanden ist, sollte auch ein Faltdipol verlängert werden /10/. Die Gesamtverluste und der verbesserte Wirkungsgrad des Faltdipols zeigt Tab. 5.

Frequenz MHz	Loss dB	L uH	C pF	Wirkungsgrad %
3.60	0.27	1.86	730	93.9
7.05	0.79	12.38	39.7	83.4
14.1	0.35	2.96	43.3	92.2
21.2	0.58	2.50	8.8	87.4
29.0	0.48	1.66	11.5	89.5

Tab. 5: Gesamtverluste des Dipolsystems bei Verlängerung der $2 \times 27 \text{ m} = 54 \text{ m}$.

Die Länge eines Faltdipols für minimale Verluste berechnet sich aus dem Zusammenhang

$$L = 195 \text{ (m)} / f(\text{MHz}) \quad (\text{Gl } 2)$$

und kann (Gl 1) ersetzen. Die Gesamtverluste sind abhängig von der Länge der Zuleitung /5/. Dieses zeigt uns Tab. 6.

Länge der Zuleitung m	3.6 MHz	7.05 MHz	14.15 MHz	21.2 MHz	29.0 MHz
10	0.56	0.11	0.32	0.55	0.45
15	0.75	0.65	0.15	0.24	0.46
20	0.26	0.78	0.35	0.58	0.46
25	0.66	0.55	0.18	0.85	0.46
27	0.27	0.79	0.35	0.58	0.46
30	1.02	0.33	0.39	0.87	0.46

Tab. 6: Gesamtverluste eines Faltdipols bei verschiedenen Länge der symmetrischen Zuleitung

4. Einfluss des Bodens auf die Strahlungseigenschaften und den Verlust des Antennensystems

Immer wieder wird die Behauptung aufgestellt, dass die Eigenschaft des Bodens bei parallel zum Boden gespannten Antennen von entscheidender Bedeutung ist. Deshalb untersuchen wir den Einfluss des Bodens auf die Strahlungseigenschaften der Antenne und auf die Gesamtverluste des Systems. Die Bodenleitfähigkeiten können der Tabelle auf www.ham-on-air.de entnommen werden.

Leitfähigkeit des Bodens mS/m	Gesamtverluste des Systems	Gewinn dB	Bemerkungen
1	0.74	8.43	Siedlungsgebiet
20	0.72	7.88	Weideland
50	0.74	7.69	Marschland
5000	0.74	8.28	Seewasser

Tab. 6: Einfluss unterschiedlicher Bodenleitfähigkeiten auf die Eigenschaften und die Gesamtverluste des Antennensystems.

Wie aus Tab. 6 ersichtlich, ist der Einfluss des Bodens auf die Eigenschaften Daten der Antenne nur von geringer Bedeutung. Der geringe Zuwachs an Antennengewinn ist ohne Bedeutung. Vertikalantennen allerdings « leben » vom Untergrund und brauchen ein gutes Radial-System. Der Untergrund ist wichtig für die Ausbreitung der Wellen.

DL3LH, Walter
schau@rs-systems.info

Literatur:

- /1/ The ARRL Antenna Book
- /2/ Passive Netzwerke zur Anpassung, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /3/ Pi-Filter mit Verlusten, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /4/ Die Antenne macht die Musik, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /5/ Die T-Anpassung, W. Schau, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /6/ Antennenmesstechnik , DL3LH, www.ham-on-air.de
- /7/ Mythos „Balun“, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /8/ „Schleife vs. Dipol“, DL3LH, www.ham-on-air.de
- /9/ Mythos „Resonante Antenne“, DL3LH, www.ham-on-air.de

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.