

Antennendesign nach DL6WU

Antennendesign nach DL6WU

1. Vorwort

Als Schüler mit der brandneuen Lizenz in der Tasche, einem Leihgerät von OM Otto, DJ2EU und einer HB9VC für das 2m-Band konnte ich meine ersten Funkerfahrten machen. Damals kam bei mir recht schnell der Wunsch nach einer besseren UKW-Yagi auf. Baubeschreibungen für solche Antennen gab es zwar in größerer Zahl, meine Randbedingungen konnten sie aber alle nicht erfüllen. So war die wichtigste Randbedingung das Material aus dem die Antenne zu bauen ist. In den Beschreibungen wurde vorgegeben, welchen Durchmesser die Einzelelemente haben müssen und welche Abmessungen der Boom haben muss. In der eigenen Bastelkiste war kaum passendes Material zu finden. Der Versuch es mit ähnlichen Komponenten zu versuchen endete in allen Fällen eher frustrierend. Außerdem waren einige der vorgeschlagenen Antennen zu groß oder für den verfügbaren Platz deutlich zu klein. Kurz – das Projekt „Yagi-Antenne“ habe ich deshalb für lange Zeit auf Eis gelegt.

Viele Jahre später bin ich in den UKW-Berichten im Heft 1/1982 über einen Artikel mit dem Titel „Extrem lange Yagi-Antennen“ von DL6WU gestolpert. In diesem Artikel war neben den Baubeschreibungen von Yagis für das 70cm und das 23cm-Band auch ein Diagramm abgedruckt mit dessen Hilfe man die Abmessungen solcher Antennen selbst bestimmen konnte.

Der Bau der ersten Antenne mit Hilfe dieser Antenne war gleich ein voller Erfolg und so entstanden im Lauf der Zeit eine Reihe von Antennen vom 2m-Band bis ins hinauf ins 13cm-Band.

2. Eigenschaften der DL6WU-Antennen

Die Antenne ist so konzipiert, dass sie beliebig lang sein kann ohne dass beim Gewinn eine Sättigung eintritt. Bei jeder Verdoppelung der Boomlänge erhöht sich der Gewinn um 2,35dB. Umgekehrt lässt sie sich auf fast beliebige Längen verkürzen – natürlich dann mit entsprechend geringerem Gewinn.

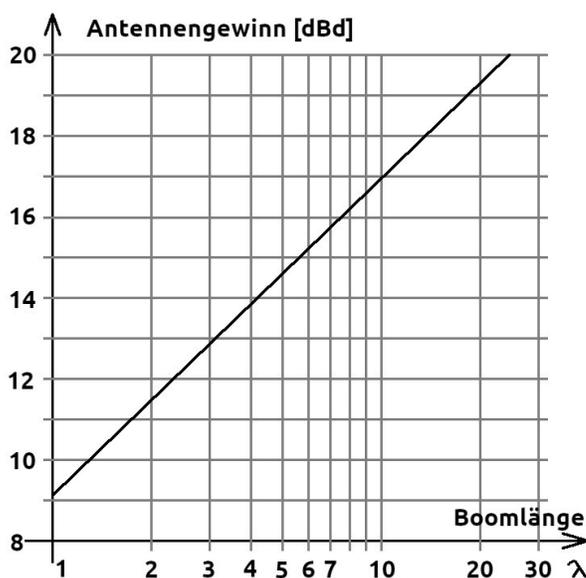


Bild1 : Gewinn der DL6WU-Antenne abhängig von der Boomlänge

Erreicht wird das durch sich logarithmisch verkürzende Elementlängen und sich ebenso logarithmisch verkürzende Elementabstände bei den ersten 14 Elementen. Danach bleiben die Elementabstände konstant, die Elemente verkürzen sich aber weiter.

3. Das Diagramm der Elementlängen

In dem Artikel ist das folgende Diagramm zu sehen das eine Kurvenschar zeigt, in der X-Achse ist die Elementnummer, auf der Y-Achse ist des Verhältnis L/λ aufgetragen. Die einzelnen Kurven stehen für verschiedene d/λ -Werte. Die Abmessungen von Strahler und Reflektor sind in diesem Diagramm zwar nicht zu finden. Da deren Längen aber unkritisch sind, lassen sich die Abmessungen aus den in dem Artikel abgedruckten Baubeschreibungen ablesen und auf die Frequenz der eigenen Antenne umrechnen.

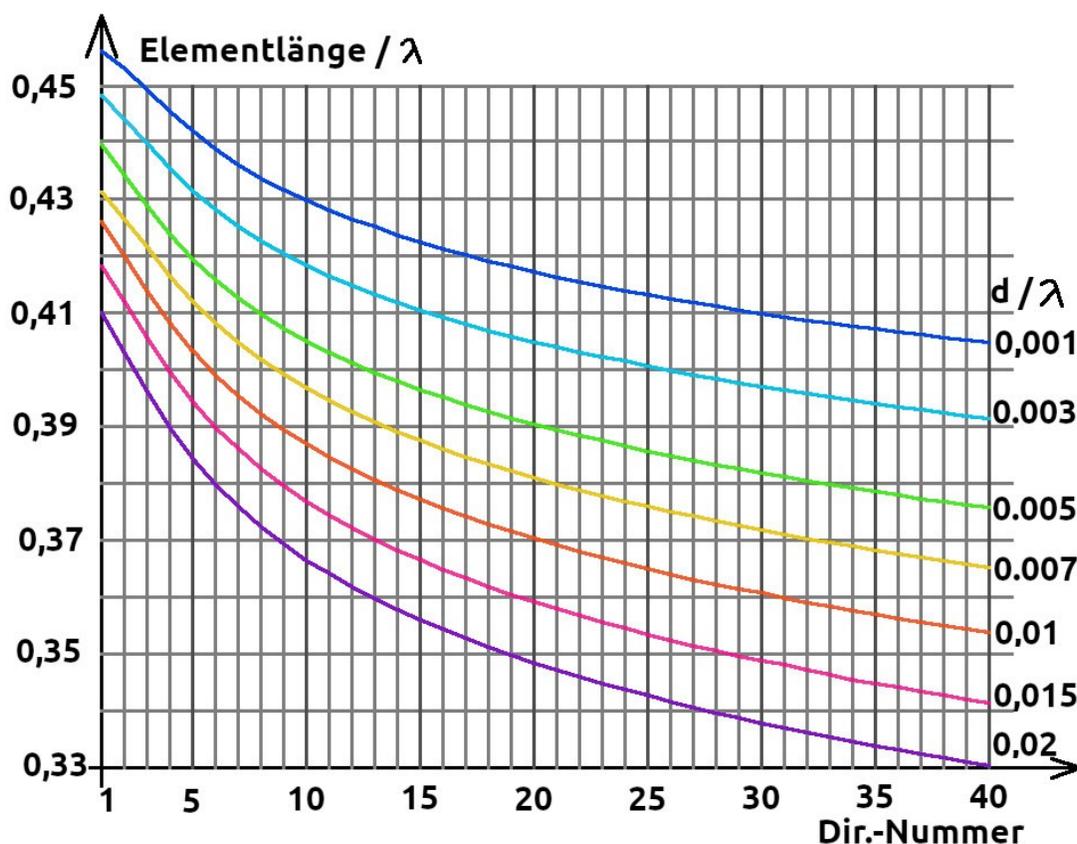


Bild 2: Längen der Direktorelemente abhängig von deren Nummer und Dicke

Damit war mein ursprüngliches „Problem“ gelöst: Abhängig vom verfügbaren Material war es jetzt möglich die Abmessungen meiner Wunschantenne zu ermitteln. Mit diesen Daten ließ sich eine

Antennendesign nach DL6WU

Antenne mit den gewünschten Abmessungen zu konstruieren und deren Gewinn mit Hilfe des Diagramms (Bild 1) bestimmen.

Zwei Punkte blieben für mich aber immer noch noch offen:

- Bei einem runden Boom sollen die Elemente um 2/3 des Boombdurchmessers reduziert werden. Über die Verkürzung bei quadratischem Boom war keine Aussage zu finden.
- Das Diagramm hört bei 40 Elementen auf, längere Yagis lassen sich mit den vorhandenen Informationen nicht bauen.

4. Berechnungsformeln und Programme

Eine Anfrage über Packet Radio (Internet gab es noch nicht) wurde von einem englischen OM beantwortet. Er habe eine CD mit Programmen zur Berechnung von Antennen und da sei die DL6WU-Antenne auch dabei. Die CD könne er mir schicken, weil er inzwischen einen Update bekommen habe. Einige Tage lag die CD bei mir im Briefkasten.

Die CD enthielt neben anderen Berechnungsprogrammen auch die der DL6WU-Antenne, in Basic geschrieben. Aus diesem Basic-Programm konnte ich die zugrundeliegenden Formeln ermitteln und damit dann ein C-Programm schreiben. Dieses C-Programm erstellte neben der Liste mit den Abmessungen außerdem eine Steuerdatei mit deren Hilfe das Raytracing-Programm povray photorealistische Bilder der Antennen erzeugte.

Formeln zur Berechnung...

$$\text{direktorlaenge}(nr) = (k_1 - k_2 \ln(nr)) (1 - k_3 e^{-k_4(nr)}) * \lambda ;$$

mit den Werten

\ d/\lambda	0,001	0,003	0,005	0,007	0,01	0,015	0,02
k1	0,4711	0,463	0,4538	0,4491	0,4421	0,4358	0,4268
k2	0,018	0,01941	0,02217	0,02274	0,02396	0,02258	0,02614
k3	0,08398	0,08453	0,0851	0,08801	0,1027	0,1149	0,11120,97
k4	0,965	0,97	1,007	0,9004	1,038	1,034	1,036

Die Länge des Strahlers und die Maße des Schleifendipols sind unkritisch sodass dafür keine dickenabhängige Berechnung nötig ist.

Antennendesign nach DL6WU

Damit ergeben sich für die übrigen Längen

$$\text{reflektorlaenge} = 0,4769 * \lambda;$$

$$\text{strahlerlaenge} = 0,4719 * \lambda;$$

$$\text{leiterabstand schleifendipol} = 0,0772 * \lambda;$$

Sind die Elemente durch den Boom gesteckt und mit ihm elektrisch leitend verbunden muss auf die berechneten Längen jeweils noch 2/3 des Boombdurchmessers aufaddiert werden.

Die Abstände lassen sich mit folgenden Formeln berechnen:

$$\text{abstand reflektor strahler} = 0,2161 * \lambda;$$

$$\text{abstand}(nr) = (0,0814 + (0,1218 \ln(nr)) * \lambda) \text{ für die Elemente 1 bis 15}$$

Für alle weiteren Elemente bleibt der Abstand wie der des Elements 15:

$$\text{abstand}(größer 15) = 0,5453 * \lambda;$$

Mit diesen Formeln ist die Antenne vollständig beschrieben. Passt das verfügbare Material in der Dicke nicht genau zu den angegebenen d/λ Werten, kann man sich die Längen durch Interpolation zwischen den benachbarten Kurven ausrechnen.

Der letzte Wert ist jetzt kein mechanischer Wert – er ergibt sich aus den mechanischen Werten der berechneten Antenne: Der Antennengewinn in dBd:

$$g = 9,2 + 3,39 * \ln\left(\frac{\text{boomlänge}}{\lambda}\right);$$

Mit Hilfe dieser Formel lässt sich natürlich auch vor der Konstruktion einer ermitteln, wie lang der Boom bei einem bestimmten, gewünschten Gewinn sein wird. Löst man die Gleichung nach der Boomlänge auf, so ergibt sich

$$\text{boomlänge} = \lambda * e^{\frac{g-9,2}{3,39}};$$

5. Der mechanische Aufbau

5.1 Der Boom

Für den Boom habe ich bei allen meinen Antennen quadratisches ALU-Rohr mit einer Kantenlänge von 15mm benutzt. Diese Rohre gab es in Längen von 2m und 2,5m. Zwei dieser Rohre lassen sich mit einem Unterzug gut verbinden. Damit sind Boomlängen von 4m bis 5m möglich.

5.2 Die Befestigung der Elemente

Um die Elemente zu befestigen wurden durch den Boom waagerechte Löcher mit dem Elementdurchmesser gebohrt und senkrecht dazu von oben jeweils ein Loch für eine Befestigungsschraube gebohrt und mit einem M4er Gewinde versehen. Die Materialdicke von 1mm ist für diese Art der Befestigung zwar etwas dünn und die Gefahr dass man das Gewinde überdreht recht hoch. Wenn man die Schrauben aber vorsichtig festdreht, halten die Elemente gut, ohne dass die Gewinde beschädigt werden.

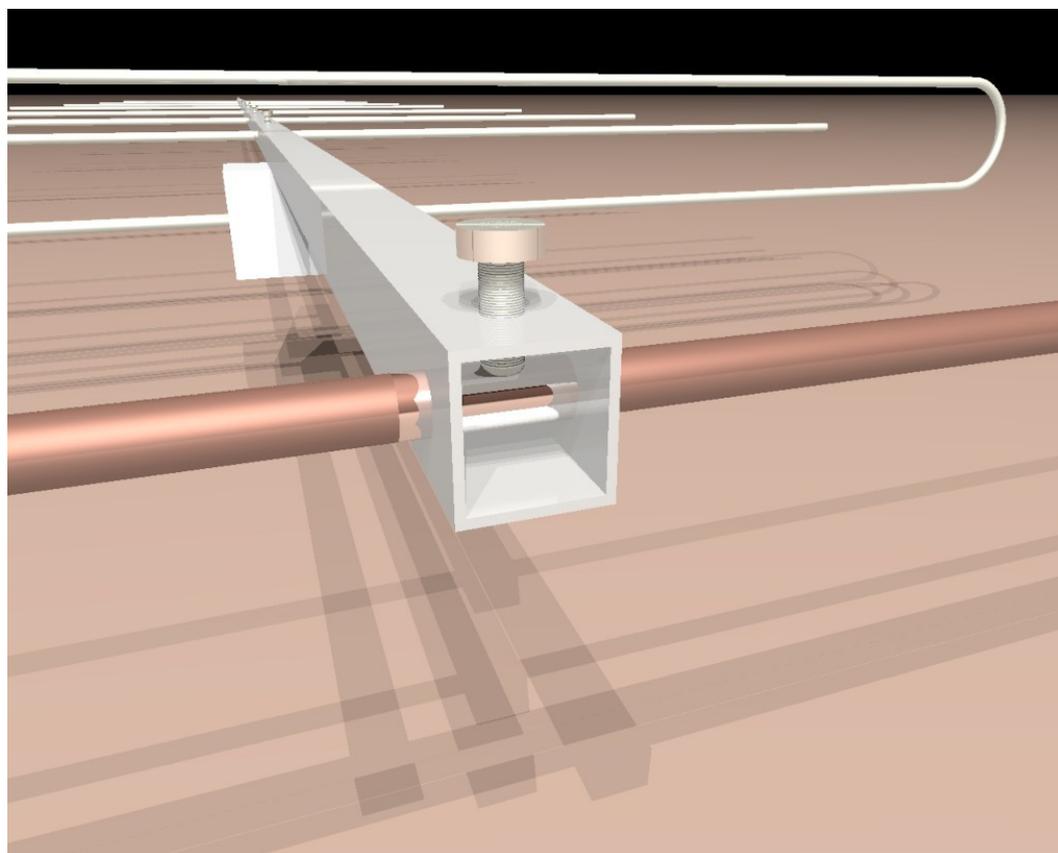


Bild 3: Befestigung der Elemente

5.3 Der Strahler

Der Strahler wurde bei allen Antennen als Schleifendipol ausgeführt, entweder frei tragend oder die obere Seite der Schleife wurde durch den Boom geführt. Die Anpassung wurde mit einer $\lambda/2$ -Umwegleitung gemacht.

6. Erfahrungen

Werden die Antennen als Portabelantennen benutzt und mehrfach zerlegt und wieder zusammgebaut, leieren die Gewinde zur Befestigung der Elemente im Lauf der Zeit aus. In dem Fall müssen die Befestigungen durch zusätzliche Bleche verstärkt werden.

Die Antennen für das 2m und 70cm-Band zeigten im Resonanzpunkt sehr gute Stehwellenverhältnisse ($< 1,1$) und ließen sich im gesamten Band problemlos betreiben. Der Gewinn entsprach auch den Berechnungen. Die Antennen konnten ihre Performance in einer Reihe von Contests unter Beweis stellen.

Bei der ersten Antenne für das 23cm-Band kamen Zweifel über den Antennengewinn auf obwohl auch da das SWR in Ordnung schien. Ein paralleler Aufbau mit auf einer Holzleiste aufgeklebten Elementen aus Spulendraht brachte bei gleicher Antennengröße etwa 2dB mehr Gewinn.



Bild 4: Die für den Vergleich gebaute „Holzantenne“

Antennendesign nach DL6WU

Da der Boom im 23cm-Band verglichen zu den Elementlängen einen viel größeren Anteil hat, hatte ich die Vermutung, dass die Faustformel die Elemente um $\frac{2}{3}$ des Boombdurchmessers (in meinem Fall $\frac{2}{3}$ der Kantenlänge) für den quadratischen Boom nicht stimmt. Ein Test zeigte auch, dass sich die Holzantenne bei Annäherung des Booms deutlich verstimmt. Bei einer Entfernung mehr als $\lambda/2$ war kein Einfluss des Booms mehr messbar. Um mir aufwendige Tests mit verschiedenen Sätzen von Elementen verschiedener Länge zu ersparen, habe ich die Mechanik meiner Antennen für die höheren Bänder geändert: Ich habe die Elemente (was in dem DL6WU-Artikel in den UKW-Berichten zwar als abenteuerlich und nicht erforderlich bezeichnet wird) auf Stützen gestellt.

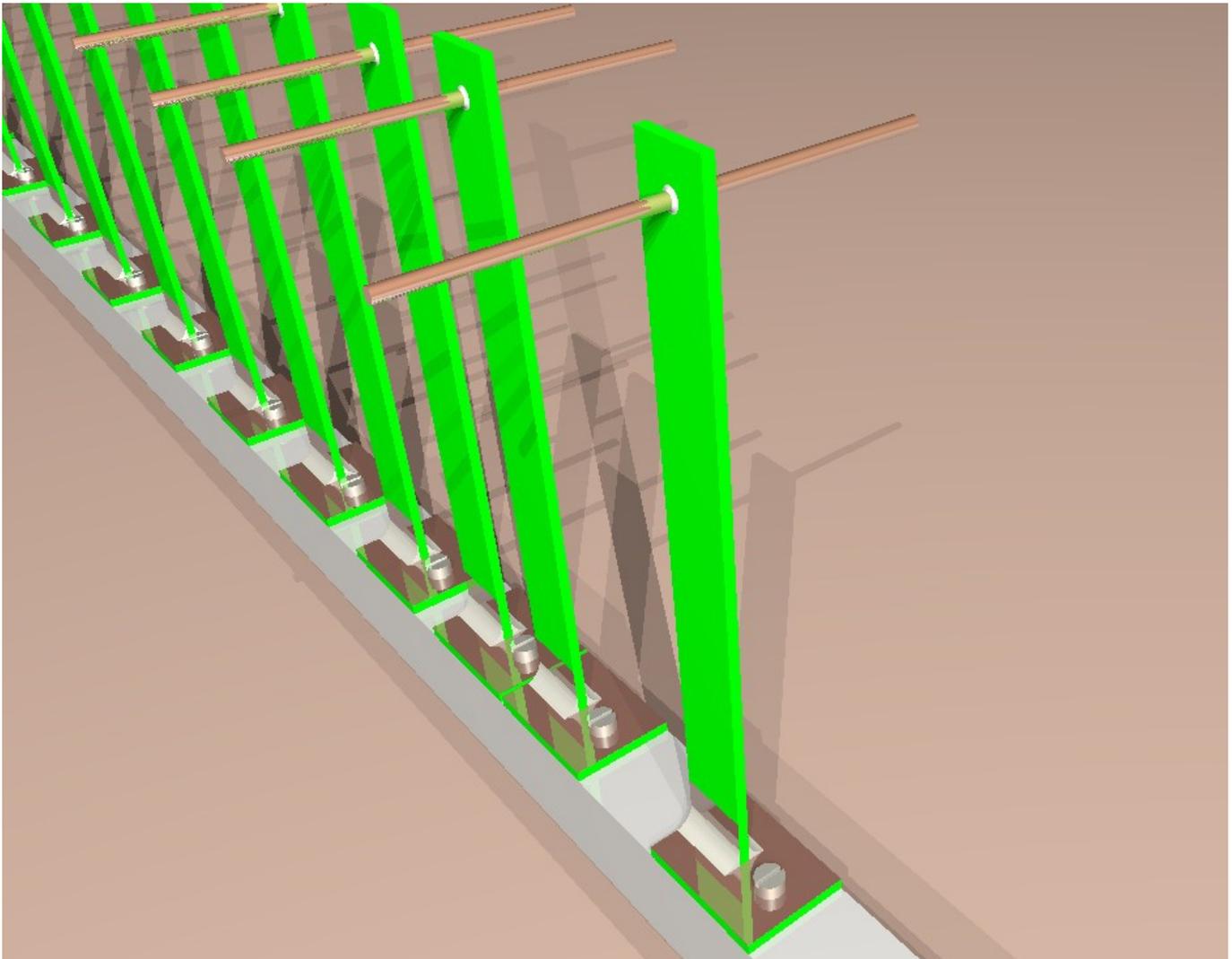


Bild 5: Stützenkonstruktion

Antennendesign nach DL6WU

Zusammen mit dem freitragenden Aufbau des Schleifendipols sieht eine für den ATV-Betrieb im 13cm-Band gebaute Antenne dann so aus:



Bild 6: Eine mit Stützern und Schleifendipol aufgebaute Antenne für das 13cm-Band

Auf dem hier gezeigten Bild kann man den Schleifendipol mit der in Boomrichtung gedrehten $\lambda/2$ Umwegleitung aus Semi Rigid-Material gut erkennen. In dem Aluminium-Zylinder darunter wird für eine stoßfreie Anpassung der Semi Rigid-Leitung auf die N-Buchse gesorgt.

Ein weiteres Beispiel ist eine Langyagi für das 23cm-Band, die für EME-Versuche benutzt wurde. Hier wurde die Antenne „hängend“ aufgebaut um bei der Abspannung nicht ins Gehege mit den Antennenelementen zu kommen. Die auf dem Rotorsatz zusätzlich zu sehende Helixantenne dient nur als mechanisches Gegengewicht.

Das eingblendete Wasserfall-Diagramm zeigt das mit dieser Antenne über den Mond empfangene Signal der CW-Bake OM0EME.

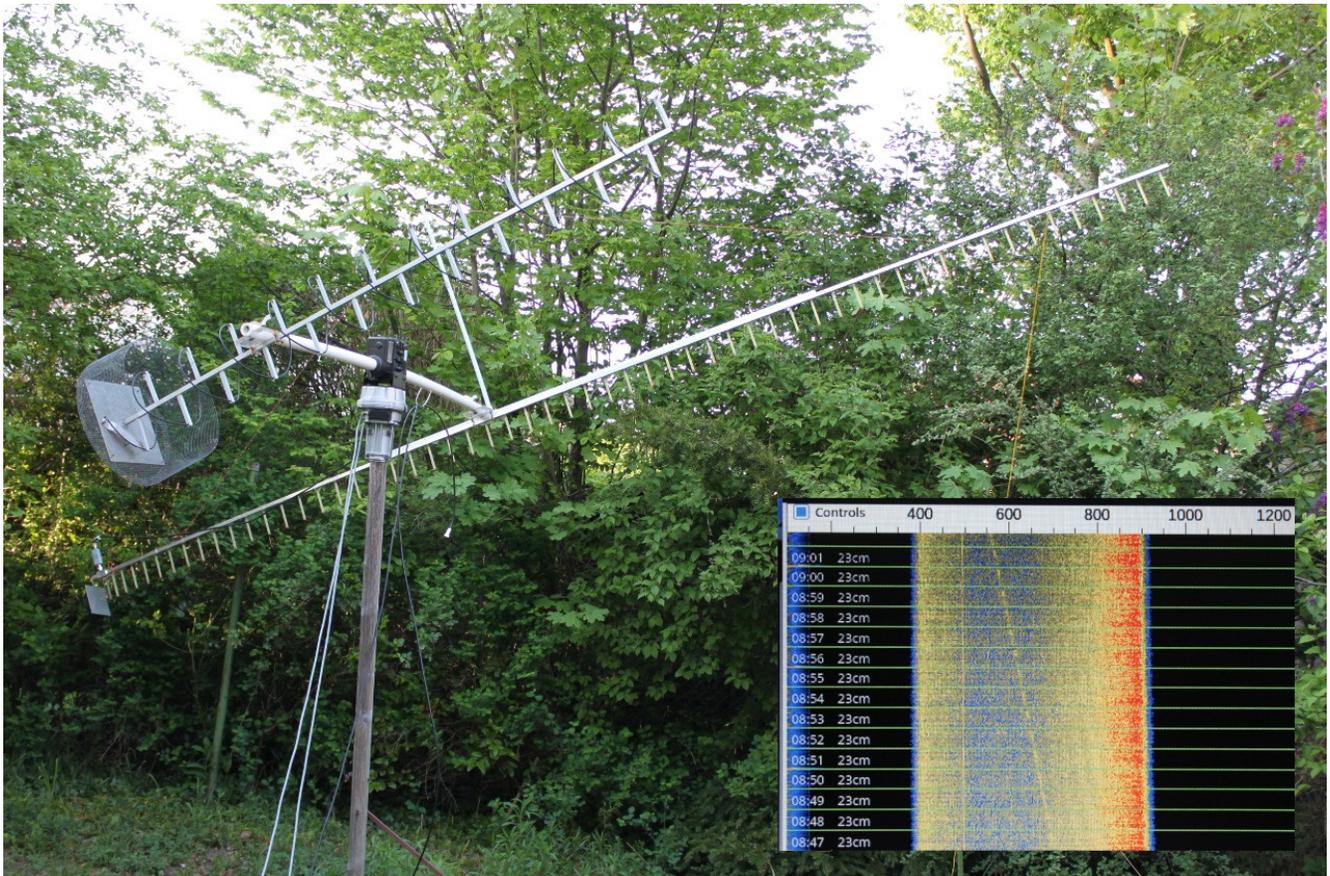


Bild 7: Für EME-Versuche gebaute 60-Element-Yagi für das 23cm-Band

7. Quellenverzeichnis

Günter Hoch „Extrem lange Yagi-Antennen“ UKW-Berichte 1/1982