

Eigenbau einer Kurzwellenantenne

OE5VLL, Erwin Hackl

Es begann mit der Reparatur eines Kenwood TS-930S für einen bekannten OM. Bis dahin hatte ich mit der Kurzwelle nicht allzu viel am Hut. Allerdings wollte ich den Transceiver ja auch testen, u.a. um feststellen zu können, ob nicht noch weitere Fehler in ihm steckten. Also musste auch eine Kurzwellen-Antenne her. Damit begann für mich ein Projekt, welches mich über ein halbes Jahr lang (mit Unterbrechungen) beschäftigen sollte und außerdem mit der Kurzwelle, welche ich bis dato eher in Richtung Gleichstrom einstufte, zusammenbrachte. Jetzt, wo die Antenne vorläufig fertig ist, will ich mit diesem Bericht anderen Funkamateuren zeigen, wie man zu einer Antenne kommen kann und wie man so manchen Irrweg nicht beschreitet.

Das Provisorium

Als erstes begannen die Recherchen über mögliche Bauformen. Rothammel, andere Antennenbücher, das Internet und nicht zuletzt so manches Gespräch mit erfahrener OM's nutzte ich als Wissensquelle. Bezüglich der Bauform war ich eigentlich für vieles offen, einzig die Kosten sollten sich in Grenzen halten.

Bald schon merkte ich, dass ich zwei Antennen bauen musste. Als erstes eine, welche sehr schnell als Provisorium für den Transceivertest zur Verfügung stehen sollte und anschließend die eigentliche Antenne. Bald hatte ich eine Bauform gefunden, welche mir sehr zusagte, wenig kostet und als Provisorium extrem schnell aufgebaut werden konnte, außerdem sozusagen die Urform des Antennenbaus darstellt und auch sonst einige Vorteile aufweist: Der Dipol.

In meinem Fall als „Inverted-V“ für das 40-m-Band ausgeführt, befestigt am vorhandenen Antennenmast in ca. 15 m Höhe über Grund (der Mast befindet sich auf dem Haus). Die isoliert verlängerten Enden wurden am Gartenzaun bzw. Schornstein befestigt. Als Speisung verwendete ich ca. 30 m RG58, asymmetrisch direkt an die Dipoldrähte angelötet, welche aus 1,5 mm² Elektro-Installationsdraht bestanden. Als Befestigung diente Epoxy-Platinenmaterial ohne Kupferschicht, die Drähte und das Koaxkabel wurden jeweils durch 3 hintereinander liegende Löcher passender Größe gefädelt und das Ganze an einem weiteren Loch in der Platte mittels einem Stück Draht aufgehängt. Zum Schutz der Lötstellen wurden diese mit Zweikomponenten-Epoxykleber vergossen. Um den Einfluss der vier Abspannseile des Mastes etwas zu mindern, wurde die Befestigung derselben um etwa einen halben Meter tiefergelegt.

Die Abstimmung der Drahtlänge erfolgte mittels meines Netzwerktesters (Bausatz aus der Zeitschrift Funkamateur). Ein SWR von besser 1,6 innerhalb der Grenzen des 40-m-Bandes war für mich sehr zufriedenstellend. Eine weitere Resonanz bei 20,07 MHz nützte mir wenig, da diese leider unterhalb des 15-m-Bandes liegt.

Erste QSO's auf 7 MHz mit Stationen aus Großbritannien, Spanien, Italien, Griechenland, Türkei, Litauen, Russland, Norwegen, Finnland etc. bestätigten mir, dass dieses Antennenprovisorium eigentlich ganz gut funktionierte und ich somit mit der Planung der eigentlichen Antenne beginnen konnte.

Die mechanischen Teile

Nachdem einmal die grundsätzliche Entscheidung für einen Mehrfachdipol gefallen war, galt es die mechanischen Punkte wie Ausleger, Kreuzschellen, Befestigung des Gehäuses für den Balun, etc. abzuklären und anzufertigen bzw. zu besorgen.

Die Entscheidung fiel in die Richtung, dass möglichst alles selber gebaut werden sollte, um die Kosten gering zu halten.

Außerdem legte ich fest, die Antennenbefestigung auf einem Ausleger, bestehend aus einem verzinkten 48 mm Rohr, ca. 2 m vom Mast entfernt zu montieren. Dies sollte Konflikte mit den Abspannseilen weiter reduzieren. Außerdem wären die Drähte der Antenne beim besteigen des Mastes sehr hinderlich. Ein zusätzlicher Querträger, welcher 1,5 m tiefer montiert wurde, sollte mir die Möglichkeit geben, zum Einspeisepunkt der Antenne zu gelangen. Auf diesem 2. Rohr wurde dann die von mir ebenfalls aufgebaute 6-m-Grundplane montiert. Es erwies sich als praktikabler, bei Arbeiten am Einspeisepunkt der Kurzwellenantenne deren Querträger an der Kreuzschelle zu lockern und in Richtung Mast zu ziehen. Nach getaner Arbeit wurde dann dieses Rohr jeweils wieder in seine ursprüngliche Position geschoben und die 4 Stück M10-Schrauben wieder angezogen.



Hier sieht man deutlich die beiden Ausleger, links die 6-m-Band-Groundplane und rechts die Kurzwellenantenne

Die äußeren Abspannpunkte plante ich anhand einer 3D-Zeichnung im CAD. Dabei stellte sich ein weiterer Punkt heraus, welcher für einen Ausleger sprach. Da sich der Antennenmast nicht in der Mitte des Grundstücks, sondern wesentlich näher am südlichen Eckpunkt befindet, begünstigt der Ausleger die Situation auf dieser Seite um rund 1,5 m. Eine Ost-

West-Ausrichtung hätte noch mehr Nachteile gehabt. Aber es stand somit fest, dass die letzten zwei bis drei Meter des 80-m-Band-Dipols abgewinkelt werden müssen, was aber laut Literatur keine Nachteile beinhaltet.

Die Ausrichtung des Dipols ist von ca. 30 Grad auf 210 Grad, also in etwa Nordnordost auf Südsüdwest.

Auf der Nordseite hatte ich ursprünglich an eine Befestigung am Gartenzaun gedacht, auf Grund der vorhergehenden CAD-Simulation fand ich einen wesentlich besseren Befestigungspunkt am Nord-Eck der neben dem Haus stehenden Garage. Hierfür fertigte ich eine Verlängerung der Mauerbank aus einem 100 x 60 mm U-Profil an, an welchem dann ein Stahlrohr mit Befestigungsflanschen verschraubt werden konnte. Dieses 1,5 m lange Rohr ermöglicht die Befestigung der Antenne derart, dass diese über das Garagendach hinweg geführt werden konnte. Somit befindet sich der nördliche Abspannpunkt ca. 5 m über Grund, das Ende des Dipols sogar 6 m über Grund.



Nördliche Abspannung der Antenne. Die Umlenkrolle rechts neben dem Befestigungsflansch ist deutlich zu sehen. Das Kunststoffseil ist hier noch „provisorisch“ befestigt, das Foto entstand noch während der Abstimmarbeiten.

Für den südlichen Abspannpunkt kaufte ich ein 3 m langes, verzinktes L-Profil 40 x 40 x 4 mm, welches mit einem der massiven, in Beton ausgeführten Gartenzaunpfähle verschraubt wurde. Über eine am oberen Ende befestigte Rolle aus Plexiglas wird der Dipoldraht dort umgelenkt und mit der Verlängerung über einen Isolator so am Gartenzaun verspannt, dass der Dipoldraht in ca. 2,2 m Höhe über Grund endet.

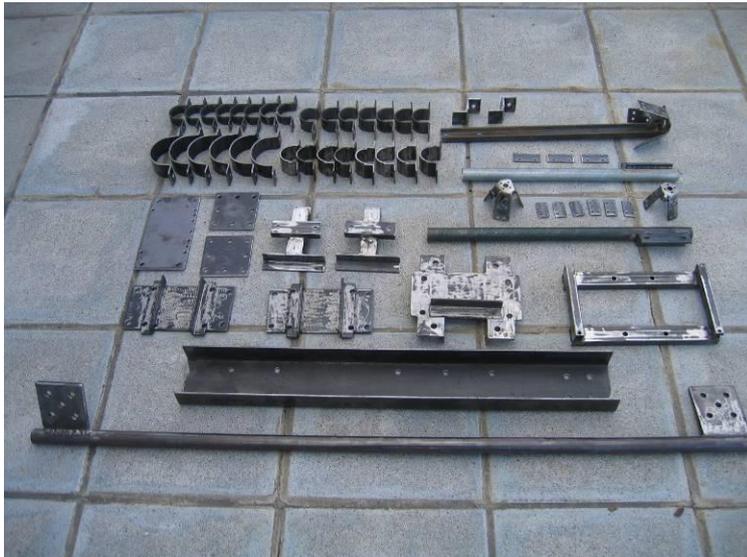
Da das äußere Rohr des Antennenmastes 100 mm und das innere Rohr 48 mm Durchmesser haben, wurden mehrere Kreuzschellen für 100 auf 48 mm und für 48 auf 48 mm angefertigt. Aus Gründen der möglichst einheitlichen Maße wählte ich auch für die Querträgerrohre einen Außendurchmesser von 48 mm (ist das sogenannte „1 ½ -Zoll-Rohr“, was sich aber auf den Innendurchmesser bezieht).

Um ein Metallgehäuse an einem runden Rohr befestigen zu können, bedarf es einer geeigneten Schelle mitsamt einem Gegenstück, an welchem das Gehäuse verschraubt werden kann. Da ich hier ein bisschen vorbauen wollte, habe ich für mehrere unterschiedliche

Gehäusetypen solche Befestigungsvorrichtungen angefertigt, eine davon für das Gehäuse, in welches der Balun eingebaut werden sollte.

Da ich schon dabei war fertigte ich auch einige Montageköpfe für Groundplane-Antennen an, eine davon sollte eine 6-m-Groundplane werden, welche im Zuge der anderen Antenne auch gleich mit auf den Mast sollte.

Insgesamt kamen so an die 50 Einzelteile zusammen, welche dann zum Verzinken gebracht wurden. Dies kostete mich 100 Euro, und ich dachte es sei viel Geld. Als ich dann aber am Amateurfunkflohmarkt in Neumarkt sah, was eine einzelne Kreuzschelle für „nur“ 70 auf 50 mm kostet, war ich mit meinen Kosten wieder recht zufrieden.



Die 50 angefertigten Stahlteile, noch vor dem Verzinken. Die Schellen links oben im Bild wurden größtenteils aus Flachstahl kalt am Schraubstock „geschmiedet“, das heißt, mit einem größeren Hammer zurechgeklopft. Rechts oben der Antennenträger für die 6-m-Band-Groundplane. Gleich darunter die 3 Plättchen, welche zum Einspannen der 3 Radials für diese Antenne dienen. Unten das U-Profil und der zugehörige „Minimast“ für die nördliche Antennenabspannung.

Mittlerweile kam der Mai ins Land, und mir stand ein mehrmonatiger Auslandsaufenthalt bevor, somit verschob ich den weiteren Antennenbau auf die Zeit nach dem Sommer, da auch nach dem Aufenthalt zahlreiche andere Arbeiten im Haus anstanden.

Der Antennenmast

Der Antennenmast besteht aus einem 9,5 m langen Rohr mit 100 mm Außendurchmesser und ist auf eine Länge von 2 m zwischen je zwei Holzblöcken (16 x 16 x 50 cm) mit halbrundem Ausschnitt verschraubt. Als Schrauben wurden insgesamt 8 Stück M12-Gewindestangen verwendet, welche durch die Holzblockpaare und die Mauer hindurchführen. Auf der Außenseite der Mauer wurden 1 m lange U-Profile aus Stahl als Gegenlager verwendet.

Entlang des Mastes sind im Abstand von 50 cm jeweils gegenüberliegend 2 Formrohre mit quadratischem Querschnitt 30 x 30 mm und 120 mm Länge als „fixe Leitersprossen“ angeschweißt. Die Enden der Formrohre sind mit einem 3 mm starken Blech zugeschweißt, welches aber an der oberen Seite ca. 1 cm vorschaut. Dies ist sehr wichtig, da es ein unbeabsichtigtes wegrutschen nach außen verhindert und stellt eine nicht unwesentliche Sicherheitsmaßnahme dar.



Sehr deutlich ist hier die Sicherung gegen unbeabsichtigtes abrutschen zu sehen

Durch den Mast hindurch führt ein 12 m langes verzinktes Stahlrohr mit 48 mm Außendurchmesser. Am unteren Ende schaut das Rohr ca. einen halben Meter aus dem Außenrohr hervor, hier ist auch der Rotor befestigt. Am oberen Ende sind zwei Querträger für die Befestigung der Antennen montiert.

Dieser Mast wurde von mir im Jahre 1978 das erste Mal aufgebaut und beim QTH-Wechsel mitgenommen.

Arbeiten am Mast

Wenn ich auf dem Antennenmast arbeite, achte ich immer auch auf meine Sicherheit – so mancher Funkamateurliebhaber, welcher hier unvorsichtig war, musste dies auf schreckliche Art bereuen. Ein bei ebay ersteigter Gurt (ehemals bei Dachdeckern in Gebrauch) mit einem kurzen Seil und starkem Karabiner dient mir als Grundsicherung. Habe ich meine Arbeitshöhe erreicht, wird das Seil der Mast geschlungen und wieder eingeklinkt. Da dies aber für das praktische arbeiten eine ungünstige Position ergibt (ich hänge dann zu weit nach außen), verwende ich zusätzlich einen ehemaligen KFZ-Sicherheitsgurt, welchen ich um mich und den Mast schlinge und mittels zweier einfacher Knoten so verknüpfe, dass ich mich nahe am Mast befinde. Das Gurtmaterial hat den Vorteil, dass sich auch Knoten, welche relativ stark zusammengezogen sind, auf relativ einfache Weise schnell wieder lösen lassen, um z.B. die Position zu wechseln.



Meine kleine „Lebensversicherung“

Sicherheitsschuhe sind auch wesentlich. Nicht wegen der Stahlkappen für die Zehen, aber wegen der verstärkten Sohlen, da es sonst ganz schön in die Füße geht, wenn man stundenlang auf den Metallsprossen steht. Außerdem geben sie besseren Halt, wenn ich auf dem Dach arbeiten ausführe.

Zum Mast komme ich über eine mittels Stahlseil gesicherte Leiter bis zur Dachrinne. Die Sicherung der Leiter ist nicht unwesentlich, da ich bei Arbeiten ja oft auch größere Teile wie Antennen mitnehme, womit dann nur mehr eine Hand zum halten zur Verfügung steht. Somit soll dann wenigstens die Leiter nicht wegrutschen können.

Von der Dachrinne bis zum First habe ich eine auf dem Dach liegende Leiter fix montiert, welche auch bei schlechten Verhältnissen (z.B. Feuchte) einen sicheren Aufstieg bis zum Mast erlaubt.

Um Kleinmaterial und Werkzeug einfach auf den Mast mitnehmen zu können, habe ich mir eine ärmellose Montagejacke aus dem Elektrikerbereich besorgt, welche viele und große Taschen hat. Es ist sehr wesentlich, dass alles gut erreichbar ist und möglichst nicht bei Entnahme eines Teils andere Teile mit aus der Tasche gezogen werden und runterfallen.

Es erwies sich als vorteilhaft, sich bei den Befestigungsschrauben auf möglichst wenige Durchmesser zu einigen, in meinem Fall M10 und M6. Dies hat den Vorteil, dass bei Arbeiten am Mast wesentlich weniger Werkzeug mitgenommen muss. Die weiter oben erwähnten M12-Gewindestangen befinden sich unter Dach und sind davon nicht betroffen.

Die weiteren Vorarbeiten

Dass mehr als nur ein Kurzwellenband zur Verfügung stehen sollte war klar. Eine Möglichkeit mit neun Bändern, von 160 bis 10 m oder inklusive 6 m sogar für zehn Bänder zu finden, stellte das Maximum des Wunsches dar.

Das 160-m-Band wurde von vornherein gestrichen, da das Grundstück schon für das 80-m-Band gewisse Grenzen auferlegte.

Des Weiteren musste ich beim Studium der Literatur feststellen, dass zwar überall Mehrfachdipole beschrieben wurden, jedoch üblicherweise für 2 bis 3, maximal für 5 Bänder. Über Mehrfachdipole für bis zu 10 Bänder konnte ich nichts finden. Das Problem für mich ergab sich dahingehend, dass ich nicht in Erfahrung bringen konnte, warum das so ist. Geht das prinzipiell nicht, ist der Abstimm Aufwand zu hoch oder zu kompliziert, oder hat es einfach nur keiner probiert. Letztendlich musste ich es selber ausprobieren.

Sehr erfreulich war, dass ziemlich detailliert beschrieben wurde, dass die exakten Drahtlängen durch die besonderen Umstände vor Ort (speziell Metall in Antennennähe, wie in meinem Fall die Abspannseile und der Mast) nicht genau bestimmt werden können, sondern jeweils durch Versuche ermittelt werden müssen. Außerdem beeinflussen sich beim Mehrfachdipol die einzelnen Dipole untereinander; je näher sie beisammen liegen, umso stärker. Und zwar in der Weise, dass der längste Dipol kürzer wird, die kürzeren aber länger werden. Gut zu wissen, wie sich noch herausstellen sollte. Das ist auch der Grund, warum es keine exakten Längenangaben von mir gibt, da diese ja bei jedem Anderen sowieso wieder neu bestimmt werden müssen. Außerdem ist es gar nicht so ohne, die Drahtlängen nach Abschluss der Arbeiten zu messen.

Des Weiteren wusste ich durch den vorhergehenden Bau des Provisoriums, dass ein Dipol nur eine gewisse Bandbreite aufweist, welche durch die breiteren Bänder wesentlich überschritten wird. Gab es nun eine Möglichkeit, durch zwei nahe beieinander liegende Dipole die Bandbreite eines Dipols zu erhöhen?

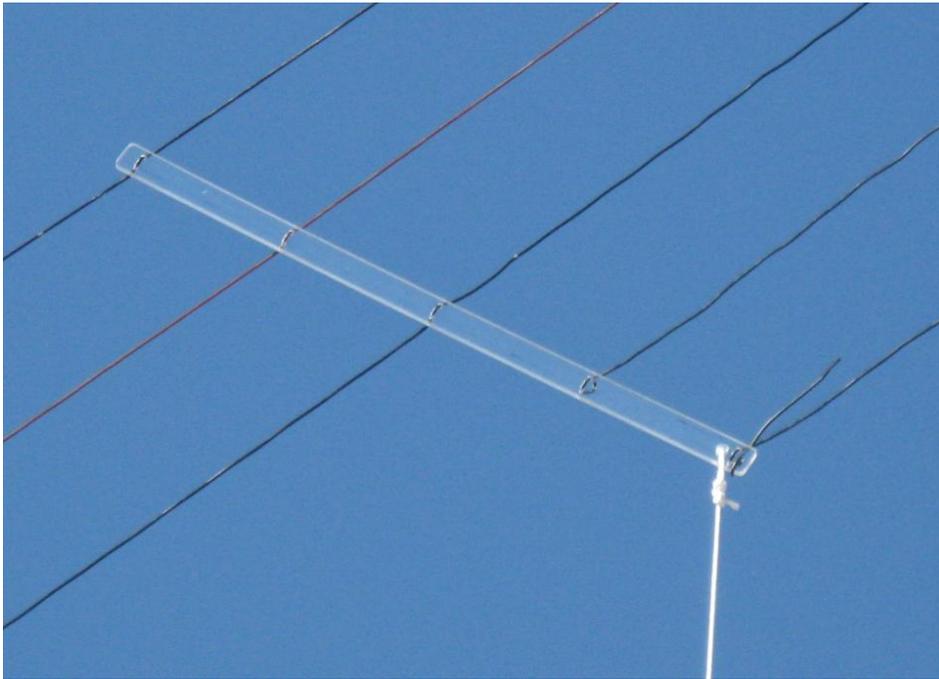
Von einem befreundeten OM bekam ich eine ausreichende Menge osteuropäisches Military-Fernmeldekabel zur Verfügung gestellt, nach dem Motto „nimm dir was du brauchst“. Dieses Kabel besteht aus zwei miteinander verdrehten Drähten, einer mit schwarzer, der andere mit brauner Isolierung aus hochwertigem Kunststoff. Jeder dieser Drähte besitzt jeweils drei Adern aus Stahldraht und 4 aus Kupfer. Diese Kabel sind sehr reißfest und gut für Drahtantennen geeignet. Sie werden auf so manchem Funker-Flohmarkt angeboten. Einen wesentlichen Haken haben diese Kabel aber. Die Verdrehung kann ganz schöne Probleme beim „entdrillen“ bereiten, besonders wenn es ein längeres Stück ist. Aber mit Hilfe einer Akkubohrmaschine klappte es ganz gut.

Der Abstand der Dipoldrähte zueinander

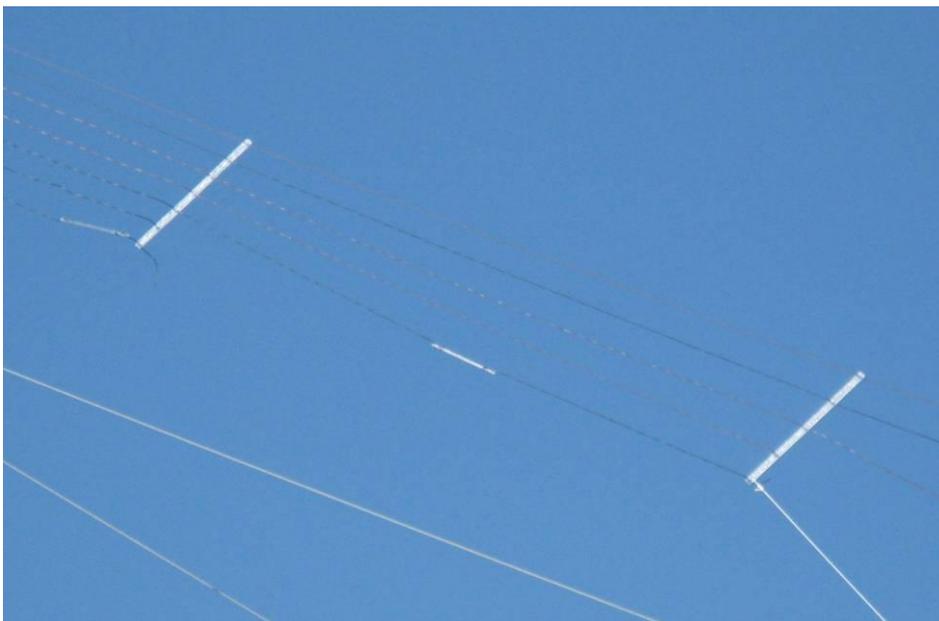
Der Abstand der Dipole zueinander ist auch so ein Thema. In der Literatur werden von im Winkel von 90 Grad zueinander gespannten Dipolen bis herunter zu Abständen von wenigen Millimetern (Flachbandleitungen aus der Elektroinstallation) alle Möglichkeiten beschrieben. Es war mir bereits klargeworden, dass größere Abstände weniger gegenseitigen Einfluss der Drähte bewirken aber mechanisch größere Probleme wegen z.B. des größeren Gewichtes und der größeren Abmessungen der Abstandhalter bewirken. Welchen Abstand sollte ich aber nun wählen?

Hier galt es mir überlegen, wie die benötigten Abstandhalter nun tatsächlich ausgeführt werden sollten. In meiner Situation kam die übliche Methode, den längsten Dipol sozusagen als Träger für die kürzeren Dipole zu verwenden, in Frage. Durch Tipps von anderen OM's kam ich auf die Idee, diese aus Plexiglas herzustellen, welches ich in diversen Stärken und in ausreichender Menge zur Verfügung hatte. Ich schnitt mir mit der Kreissäge (Hartmetallblatt mit hoher Zahnzahl) Streifen von ca. 3 cm Breite und 50 cm Länge aus 8 mm starkem Material her. Für jeden Draht bohrte ich zwei Löcher, welche dann auf ca. 45 Grad „aufgefräst“ wurden, indem das Werkstück bei laufender Bohrmaschine langsam um 45 Grad geneigt wurde. Die Löcher eines Drahtes jeweils aufeinander zu zeigend, sodass der danach durchgefädelt Draht an den 4 Lochenden jeweils nur um 45 und nicht um 90 Grad abgewinkelt wird, was für diesen wesentlich weniger mechanische Beanspruchung bedeutet. Die ersten Abstandhalter stellte ich mit Lochabständen von 6 cm her.

Später verwendete ich dann für die endgültigen Abstandhalter Plexiglas mit 6 mm Stärke. Für die weiter außen montierten wurden auch größere Drahtabstände vorgesehen.



Hier sieht man den äußeren Isolator. Die Durchführung der Antennendrähte ist gut zu erkennen.



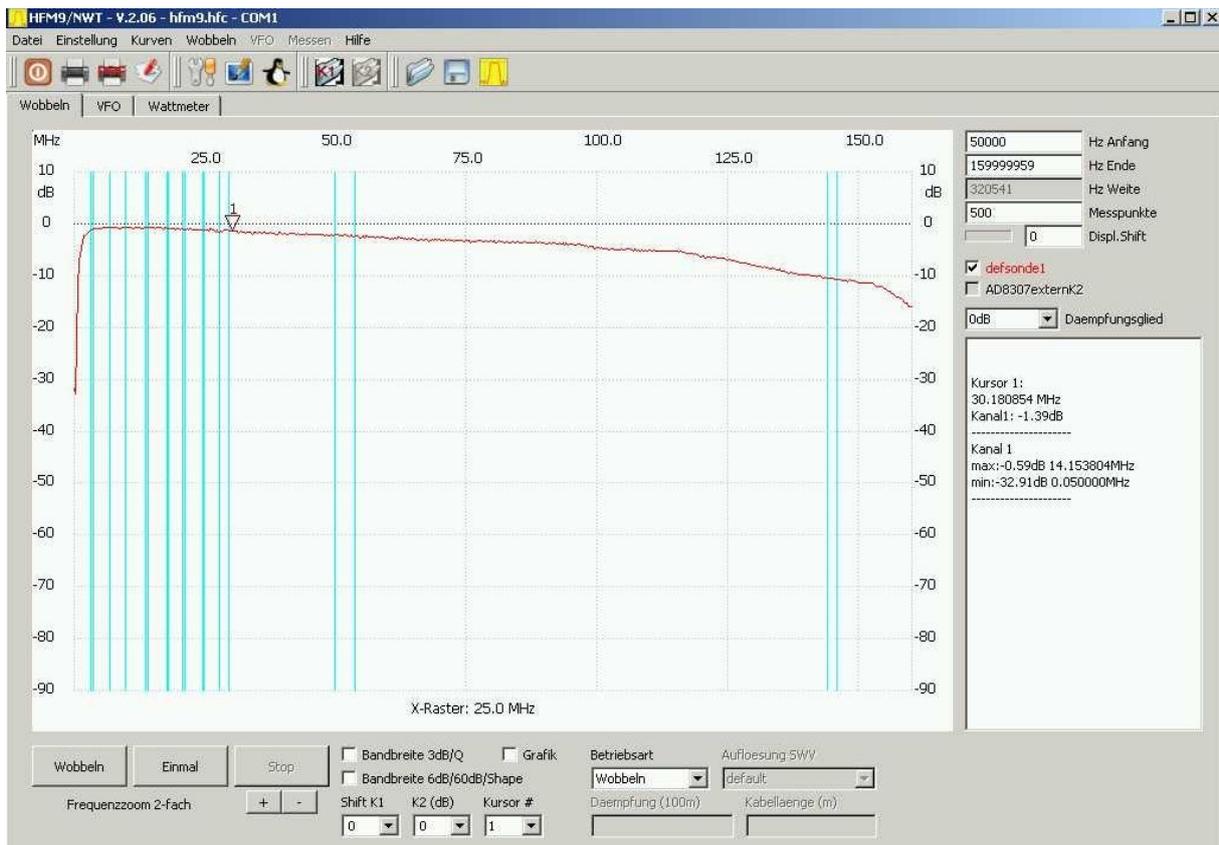
Dieses Bild zeigt den mittleren und den äußeren Abstandhalter mitsamt dem Isolator für den 17-m-Band-Dipol. Deutlich ist der größere Abstand der Drähte am äußeren Halter zu erkennen (es wurden eigentlich nur weniger Drähte auf die gleiche Gesamtlänge aufgeteilt).

Der BALUN und sein Gehäuse

Die Frage, ob asymmetrische Speisung direkt am Koaxkabel oder symmetrische Speisung via BALUN war für mich schnell geklärt. Denn ohne BALUN sind lästige Mantelwellen zu erwarten. Es fließt dann am Außenleiter der Koaxialspeiseleitung Strom, der zur Strahlung der Speiseleitung führt; wodurch sie mit dem Antennengebilde interagiert. So wird das Strahlungsdiagramm verformt und oftmals sind Mantelwellen auch die Ursache für Rundfunk-Empfangsstörungen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der vorgesehene BALUN einen Kurzschluss für Gleichstrom bewirkt. Hierdurch wird statischen Aufladungen bei Gewittern etc. entgegengewirkt. Die Entscheidung war also für einen BALUN gefallen.



Der BALUN selbst ist ein üblicher 1 : 1 – Übertrager aus 3 x 12 Windungen Cu-Lackdraht.



Die Messkurve zeigt das Übertragungsverhalten des BALUNs. Es muss aber beachtet werden, dass die Dämpfungswerte zu halbieren sind, da aus messtechnischen Gründen 2 hintereinandergeschaltete BALUNs verwendet wurden. Somit sind bei 30 MHz nur ca. 0,7 dB Dämpfungsmaß und nicht wie angezeigt wird, 1,39 dB.

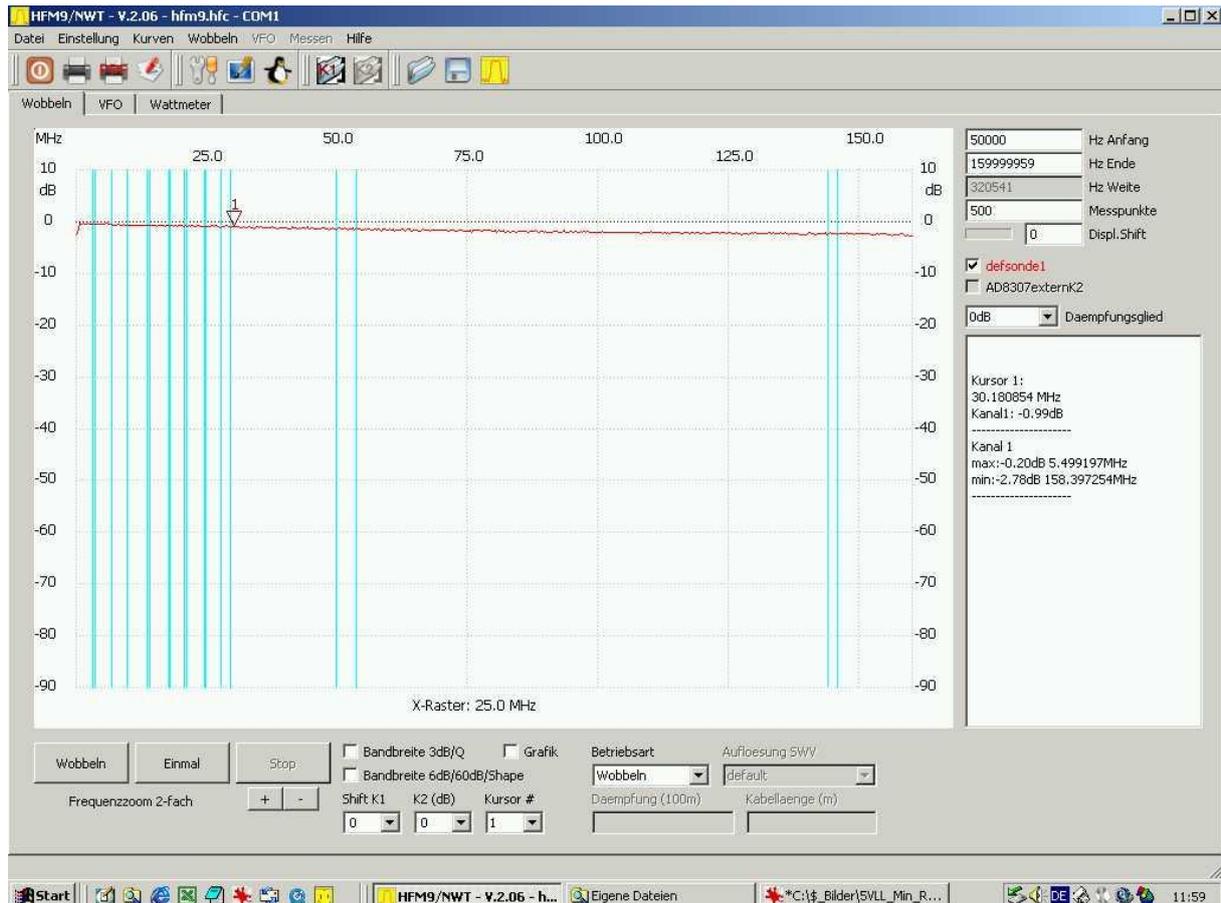
Ein passendes Metallgehäuse hatte ich zur Hand, mit vier PG-Verschraubungen an der Unterseite. Zwei davon für die Einführung der Dipol-Drähte. Da diese aber nicht mit „voller Kraft“ an den Verschraubungen bzw. den im Gehäuse befindlichen Klemmen hängen sollten, musste ich mir etwas einfallen lassen. Nach mehreren Überlegungen fertigte ich eine Plexiglasplatte von ca. 13 x 15 cm. In diese bohrte ich links und rechts je zwei Reihen mit je 2 x 10 „Schräglöcher“ wie bei den Abstandshaltern, durch welche dann die Dipoldrähte gefädelt werden konnten. Jeweils in der Mitte zwischen einem Doppelpaar dieser Löcher kam ein 6-mm-Loch für eine M6-Edelstahlschraube zum Befestigen eines Plexiglas-Gegenstücks von 20 x 20 mm und 8 mm Stärke. In der Mitte dieser Gegenstücke wurde jeweils eine M6-Edelstahlmutter in ein geringfügig kleineres Loch derartig eingepresst, dass diese Mutter im Normalfall nicht herausfallen kann, was sich bei Montagearbeiten in luftiger Höhe sehr positiv durch die geringere Anzahl an Bauteilen auswirkt. Denn je mehr Einzelteile, desto leichter fällt einem was runter, und das muss dann erst mal wieder gefunden werden, ganz abgesehen von der zusätzlichen Kletterei – bei mir immerhin 15 m Höhe. Diese Gegenstücke dienen der Klemmung der Dipoldrähte und damit der Zugentlastung. Diese Platte wurde dann am unteren Rand des Gehäuses befestigt. Somit stand nun eine Befestigungsmöglichkeit für bis zu 10 Drahtpaare zur Verfügung – nach dem Prinzip lieber zu viel als zu wenig.



Das BALUN-Gehäuse mit darunter montierter Zugentlastung für bis zu 2 x 10 Drähte. Man kann hier auch erkennen, dass jeweils zwischen einem Loch-Paar als Verbindung ein Steg in die Grundplatte gefräst wurde, damit der jeweilige Draht nicht total gequetscht wird.

Das Speisekabel

Als Speisekabel verwendete ich ein 26 m langes RG213. Direkt am Balun fix verlötet ist ein 3 m langes RG213, damit man für eventuell notwendige Messungen nicht den Querträger einfahren muss, was ja dazu führen würde, dass erst recht nicht mehr gemessen werden kann, da die Antenne dann nicht mehr in Position ist. Außerdem ist es hilfreich für den Fall dass der BALUN abgebaut werden muss, wenn es für das Koaxkabel oben am Mast eine Steckverbindung gibt.-

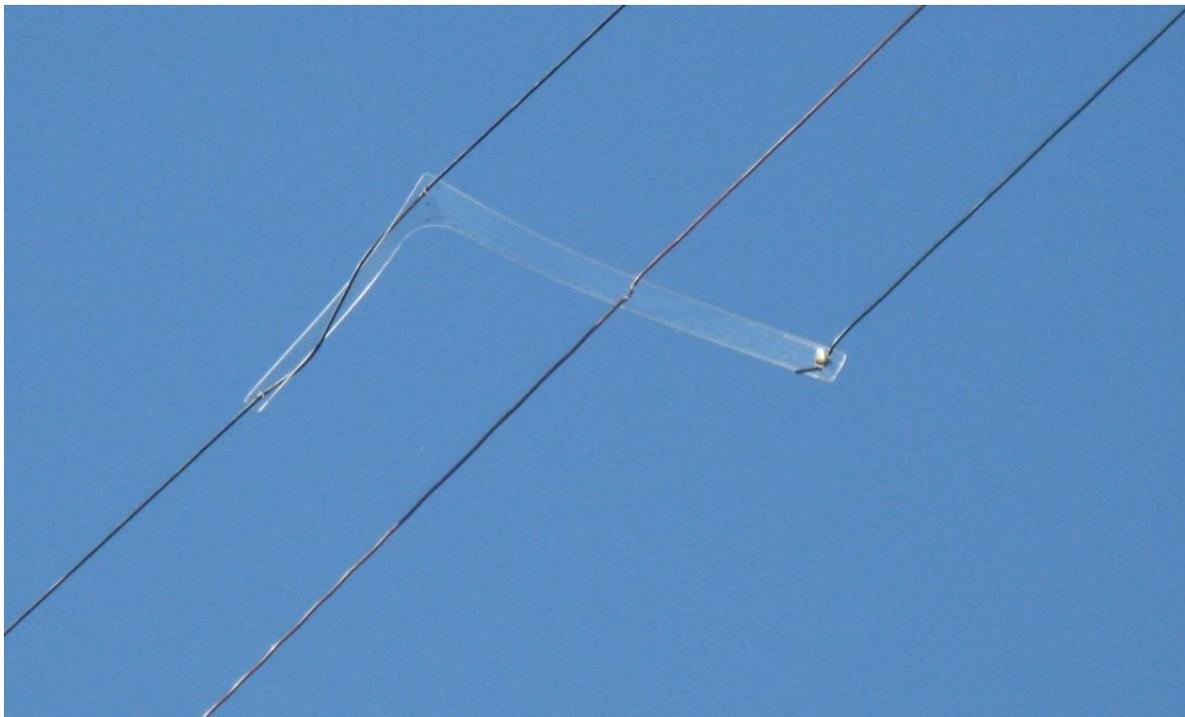


Das 26 m lange RG213 Koaxkabel wurde am Flohmarkt kostengünstig erstanden. Vorsichtshalber wurde daher der Dämpfungsverlauf gemessen, bevor das Kabel montiert wurde. Die Dämpfung bleibt bis 30 MHz unter 1 dB.

Die L-Winkel

Es gab nun noch eine mechanische Kleinigkeit abzuklären. Die gefertigten Abstandshalter waren für die Bereiche, wo noch viele Drähte sind, gedacht. An den zwei Stellen, wo der 40-m-Band- und der 30-m-Band-Dipol enden, waren diese nicht so gut geeignet. Die Entscheidung fiel dann für L-förmige Teile aus Plexiglas, bei denen der eine Schenkel entlang des „Spanndrahtes“ geführt wird, der andere Schenkel den Endpunkt des jeweiligen Dipoldrahtes bildet. Bei dem für das 30-m-Band wurde in der Mitte des einen Schenkels ein zusätzliches „Schräglochpaar“ als Abstandshalter für den 40-m-Band-Dipol gebohrt.

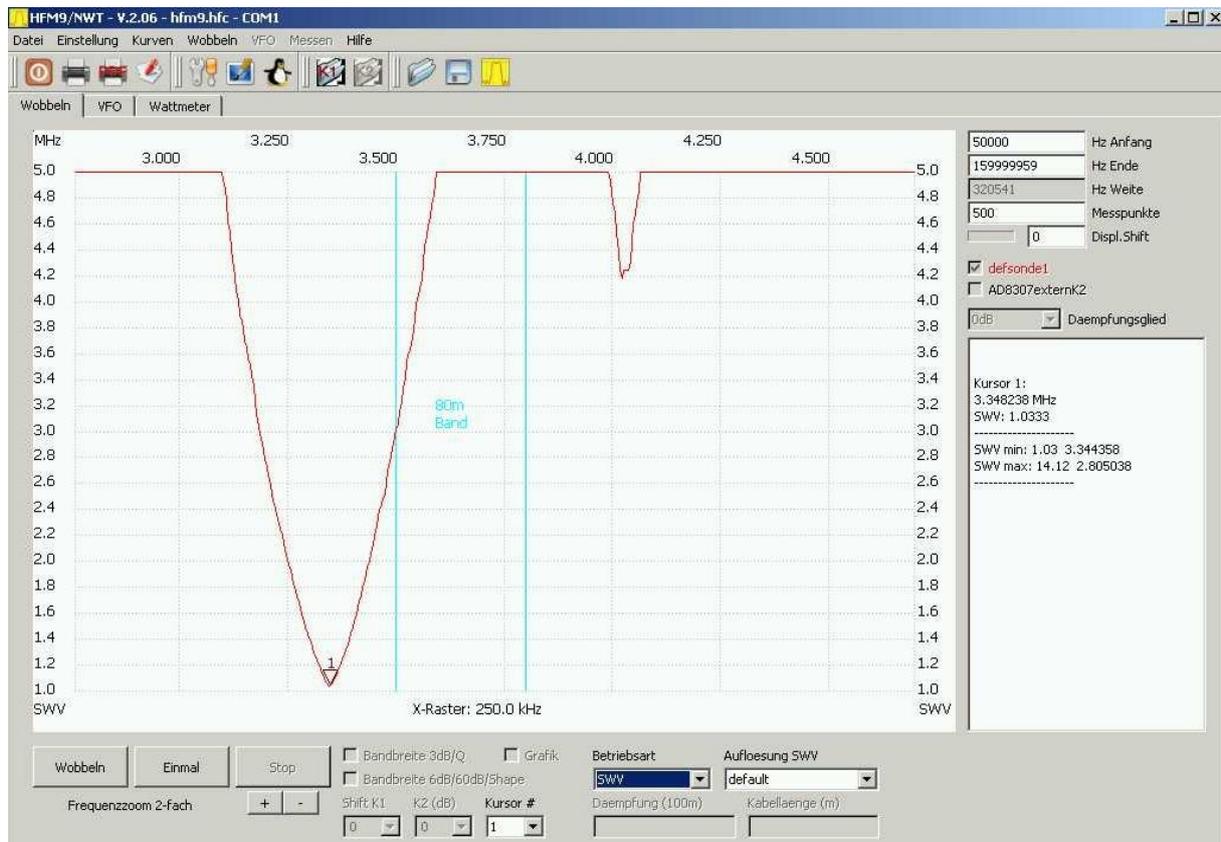
Im Endeffekt stellte sich dann noch heraus, dass es mechanisch besser ist, wenn der Schenkel am „Spanndraht“ von diesem einmal umschlungen wird.



Hier ist der L-Winkel am Ende des 30-m-Band-Dipols zu sehen, welcher gleichzeitig als Abstandhalter für den 40-m-Band-Dipol dient. Man sieht auch deutlich die Umschlingung durch den „Spanndraht“ und auch, dass sich der Winkel etwas verzieht. Hatte leider kein passendes 6-mm-Plexiglas mehr, was hier sicher besser gewesen wäre, so musste halt 4 mm starkes Material herhalten.

Versuche zur Bandbreitenerhöhung

Ein erster Versuch mit einem 80-m-Band-Dipol wurde aufgebaut. Dieser entstand aus einem noch verdrillten Kabelpaar, wovon ein Draht um ca. einen Meter gekürzt wurde. Dieser Versuch ging total daneben. Es bildete sich nur eine einzige Resonanzstelle. Auch mit 2,5 m Drahtdifferenz. Mit zwei voneinander getrennten Drähten klappte das schon besser. Allerdings musste ich feststellen, dass, wenn die Längendifferenz der beiden Drähte immer kleiner wurde, die höherfrequente Resonanzstelle verschwand und sich mit der anderen vereinigte. Es zeigte sich bei einer Resonanz des längeren Drahtpaares bei 3,340 MHz, dass die Resonanz des kürzeren Drahtpaares bei 4,027 MHz schon sehr schwach ausgeprägt war und bei weiterer Annäherung an die tiefere Frequenz komplett verschwand.



Man sieht hier deutlich wie die Anpassungsstelle des kürzeren Drahtes ein SWR von >4 hinterlässt.

Mittels des Netzwerktesters ermittelte ich die Bandbreite des Dipols in der Form, dass ich die Punkte bestimmte, innerhalb welcher das SWR unter 2 bzw. 3 blieb. Üblicherweise erreichte ich bei diesen Versuchen eine „SWR-2-Bandbreite“ von rund 190 kHz, eine „SWR-3-Bandbreite“ von rund 300 kHz. Wenn die beiden Resonanzen zusammenfielen, erhöhte sich zwar die Bandbreite, aber nur von z.B. 190 kHz auf 210 kHz. Das war mir viel zu wenig, und somit verzichtete ich gleich ganz darauf. Sehr wesentlich war dabei aber auch die Erkenntnis, dass zwei Dipole einen frequenzmäßigen Mindestabstand benötigen, um getrennte Resonanzen zu erhalten.

Die eigentliche Antennenmontage

Bei schönem Herbstwetter machte ich mich daran, die Dipole zu montieren. Da ich vom Einfluss der Dipole untereinander wusste und mir durch eifriges Studium der Fachliteratur bekannt war, dass es ganz wesentlich ist, den Abgleich der Dipole beim längsten Dipol zu beginnen, hielt ich mich auch an diese Erkenntnisse. Als erstes wurden die Dipoldrähte für die unteren 3 Bänder (80, 40 und 30 m) eingezogen und angeschlossen, um den 80-m-Dipol abstimmen zu können. Anschließend wurde mit dem Netzwerktester die Resonanzfrequenz ermittelt. Die Drähte wurden grundsätzlich etwas länger zurechtgeschnitten als voraussichtlich benötigt, da ja kürzen bekanntlich einfacher ist als verlängern. Es wurde nun abgeschätzt, um wie viele Zentimeter der Dipol zu kürzen sei. Anschließend mussten immer vorerst die Endpunktbefestigungen gelöst werden. Hier erwies sich eine Idee von mir als extrem hilfreich – ich hatte als Verlängerung des „Spanndrahtes“ ein ca. 4 mm starkes Kunststoffseil verwendet, welches ich an der Nordseite über eine Umlenkrolle bis zu einem geeigneten fixen Holzpfosten führte und zur schnellen Befestigung einfach mehrere Male um diesen wickelte. Dadurch ließ sich das auch schnell lösen und diese Dipolhälfte einfach in Richtung Mast absenken, ohne dass ich den eigentlichen Abspannpunkt über eine Leiter erklimmen musste. Auf der Südseite war das einfacher, aber ähnlich. Dann wurden die abgesenkten Dipoldrähte um den geschätzten Betrag gekürzt, die Antenne wieder gespannt und dann wieder gemessen.

Als ich beim Dipol für das 15-m-Band angekommen war, zeigte sich, dass es mit dem Abstimmvorgang Probleme gab, da dessen Resonanz anscheinend zu nahe an der höheren Resonanzstelle des 40-m-Band-Dipols lag und dadurch immer auf diese „übersprang“. Da war natürlich guter Rat gefragt. Bis dahin hatte ich ja bereits für das 80-, 40-, 30-, 20-, und 17m-Band die Dipole. Ich machte kurzen Prozess und entschied mich für das Weglassen des 15-m-Bandes. Somit hatte ich ja dann immer noch das 12- und das 10-m-Band, also insgesamt 7 Bänder – das würde mir mit Sicherheit vorerst mal genügen.

Für die Abstimmvorgänge erwies es sich als sinnvoll, dass ich mir eine Excel-Tabelle aufbaute, mit welcher ich an Hand der gemessenen Resonanzfrequenzen, für jedes Band getrennt, die Beträge berechnete, um welche die jeweiligen Dipole zu kürzen oder aber auch gegebenenfalls zu verlängern seien.

Leider musste ich im Laufe der Arbeiten feststellen, dass z.B. für einen Dipol 5 cm Kürzung angesagt war, ich diese durchführte und anschließend die nächste Berechnung ergab, dass nun um 5 cm verlängert werden sollte. Mit einem Satz – die Messergebnisse waren nicht gut reproduzierbar. Nun hatte ich ein Problem, denn so ließ sich nicht weiterarbeiten und es musste die Ursache erforscht werden. Es stellte sich heraus, dass durch minimale Differenzen beim Spannen der Drähte zum Teil beachtliche Unterschiede im Abstand zu den Nachbardrähten entstanden, welche die Messergebnisse immer wieder verschoben.

Vom Speisepunkt aus gesehen war der erste Abstandhalter nach ca. einem Meter, der Zweite dann nach weiteren 4 Metern am Ende des 20-m-Dipols. Dies war meine Schwachstelle, da hier relativ geringe Abstände von 5 bis 8 cm bestanden. Dies war die Stelle, welche korrigiert werden musste. Somit fertigte ich 2 Paar Abstandhalter an. Ein Paar als zusätzliche Halter zwischen dem 1. und 2. Halter, das zweite Paar als Ersatz für die äußeren Halter, mit größeren Abständen für die Drähte und in zarterer Ausführung. Diese Arbeit bedingte jedoch, dass die Antennendrähte fast gänzlich durch alle Löcher hindurch aus- und wieder eingefädelt werden mussten. Für diese Arbeit waren ca. 2 ½ Stunden auf dem Mast nötig.

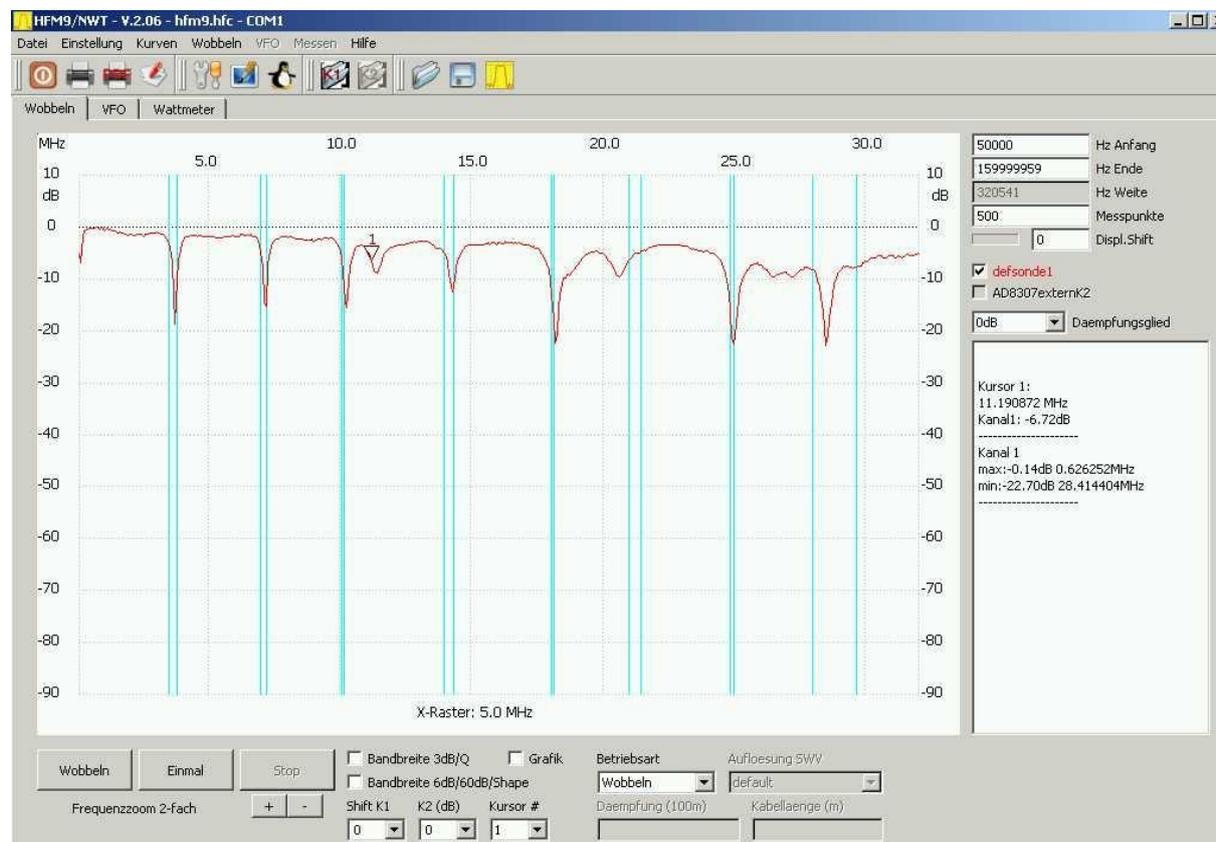
Die anschließenden Messungen ergaben, dass nun die drei mittleren Dipole zu kurz waren. Somit ersetzte ich den 5. durch den 4., den 4. durch den 3. und den 3. durch einen neuen Draht. Mit der anschließenden Messung ermittelte ich dann die groben Werte für die Abstimmung, eine weitere Messung ergab dann die Feinabstimmung.

Für die frequenzmäßig breiten Amateurfunkbänder hatte ich vorher festgelegt, dass ich jeweils die untere Bandhälfte bevorzuge.

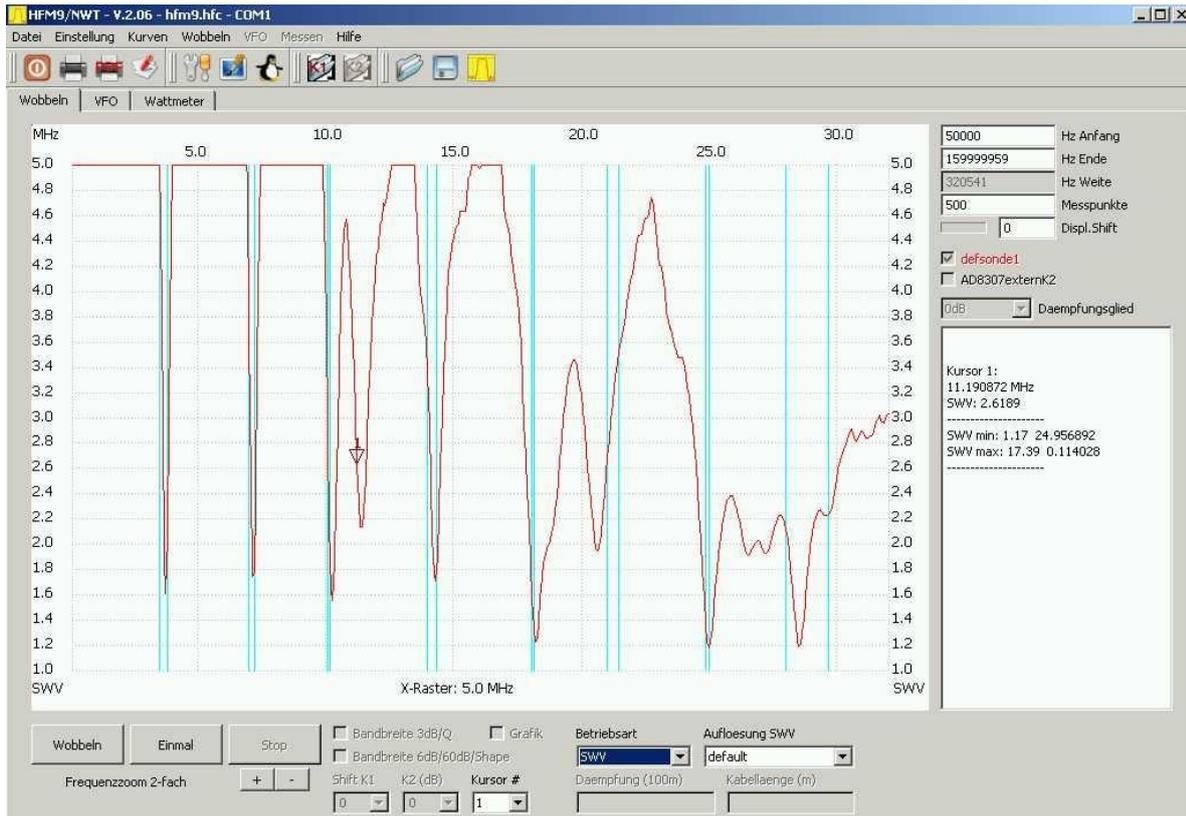
Die folgenden Bilder zeigen die Messungen an der fertigen Antenne via 30 m RG213. Auf den Bildern in hellblau dargestellt die Amateurfunkbänder. Die rote Kurve ist jeweils die „nach dem Koaxkabel“ gemessene, die blaue Kurve stellt jeweils die rückgerechneten Werte direkt an der Antenne dar (erst bei den Detaildarstellungen der einzelnen Bänder). Zu beachten ist, dass für die einzelnen Bänder ein unterschiedliches Dämpfungsmaß für das verwendete Kabel gilt.

Folgende Werte wurden für jeweils 100 m RG213 verwendet (ermittelt aus dem gemessenen 26-m-Kabel):

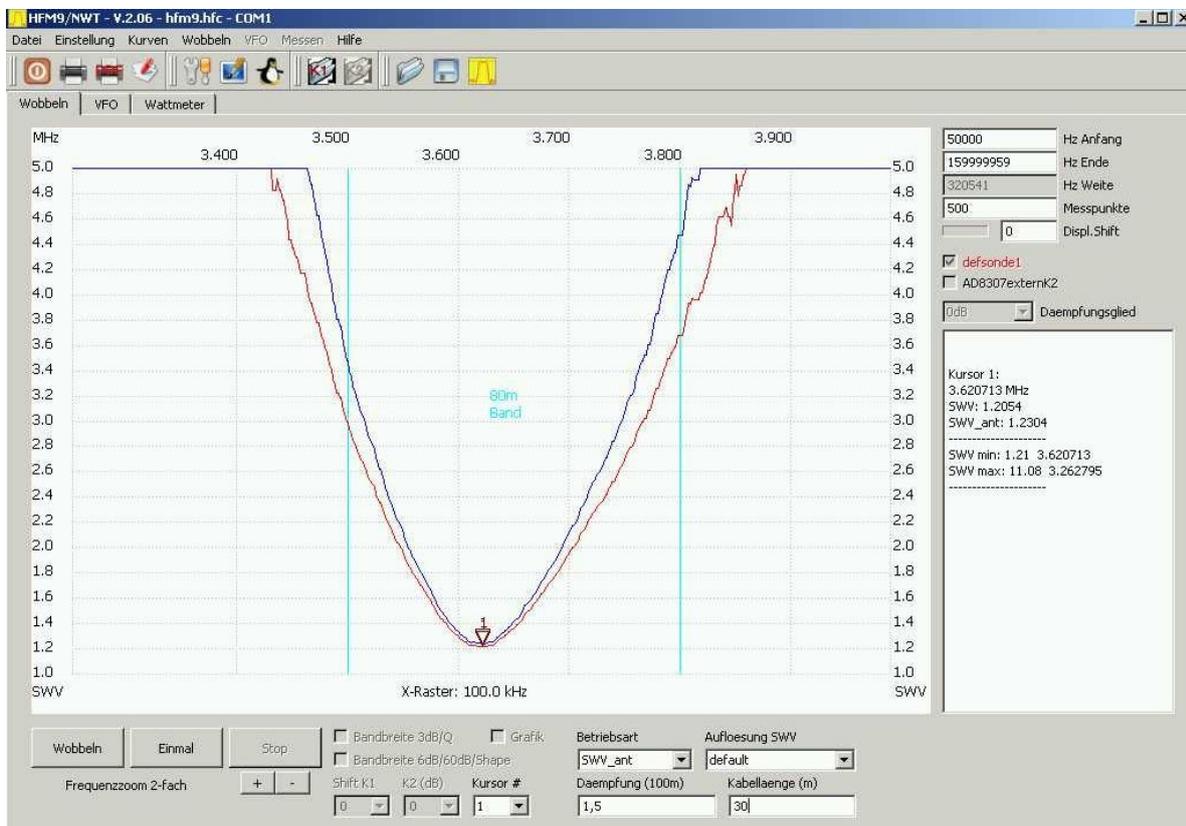
80m und 40m:	1,5 dB/100m
30m:	2,3 dB/100m
20m:	3,1 dB/100m
17m, 12m, 10m:	3,85 dB/100m



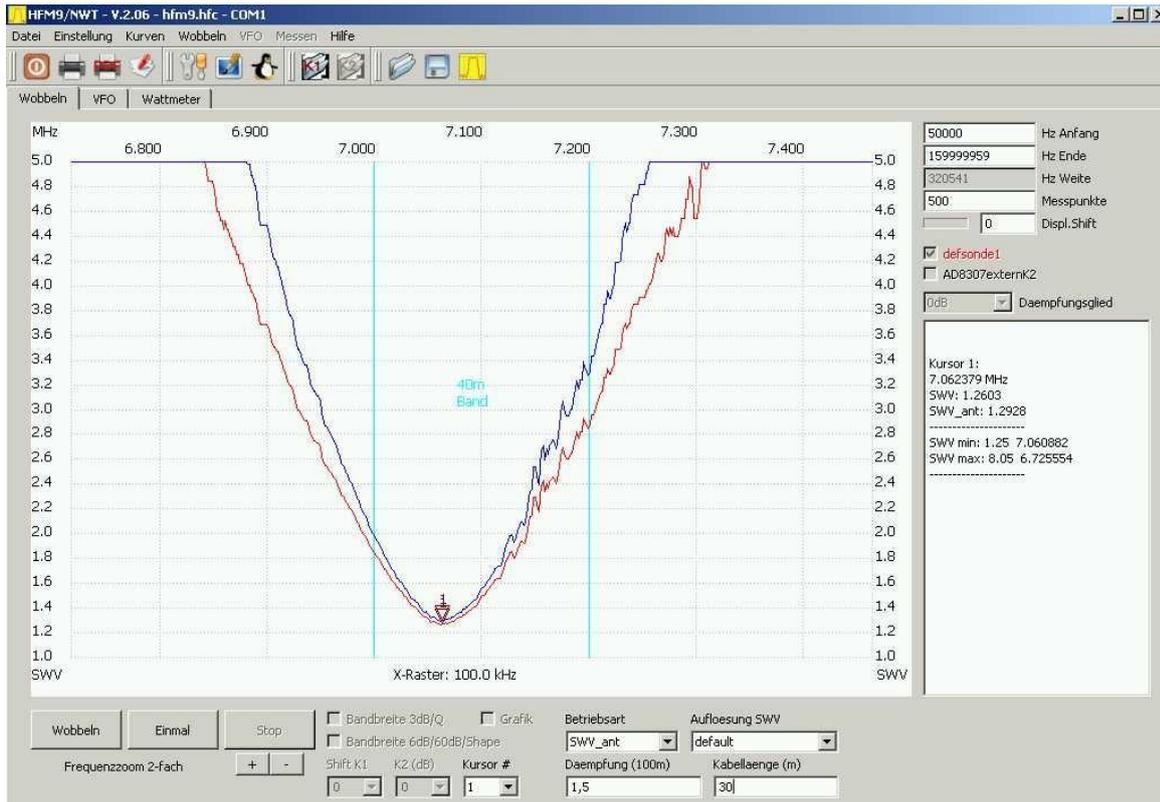
Rückflussdämpfungsmaß von 50 kHz bis 32 MHz. Sehr deutlich sind hier die Resonanzen der einzelnen Dipole zu erkennen, aber auch die Mehrfachresonanz des 40-m-Band-Dipols gleich unterhalb des 15-m-Bandes bei 21 MHz.



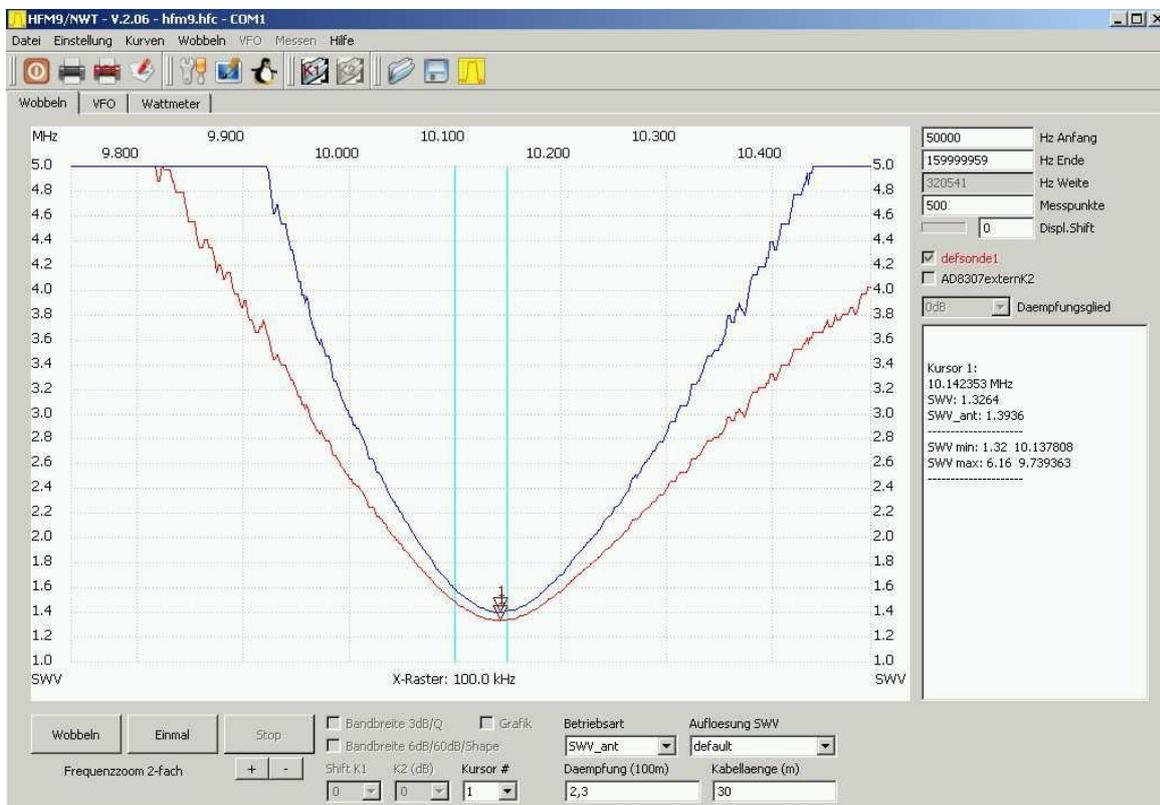
Hier derselbe Frequenzbereich wie am Bild vorher, aber als Darstellung des SWR's. In dieser Darstellung sind die Resonanzstellen viel deutlicher zu erkennen.



Detaillierte SWR-Darstellung des 80-m-Band-Dipols. Man kann deutlich die bewusste Abstimmung auf 3,62 MHz statt auf Bandmitte erkennen.



Detaillierte SWR-Darstellung des 40-m-Band-Dipols. Man kann auch hier deutlich die bewusste Abstimmung auf 7,07 MHz statt auf Bandmitte erkennen.



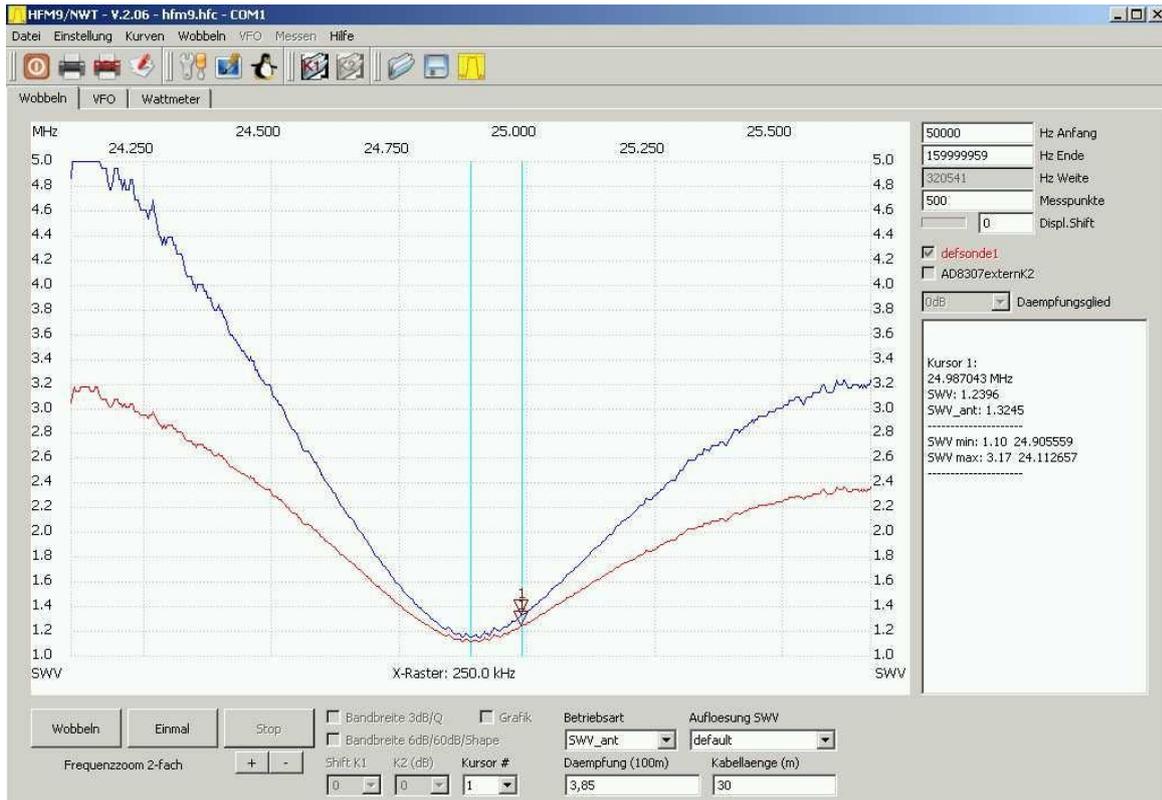
Detaillierte SWR-Darstellung des 30-m-Band-Dipols. Man erkennt, dass eigentlich auf das obere Bandende abgestimmt wurde, was jedoch bei diesem schmalen Band nicht wirklich von praktischer Bedeutung ist.



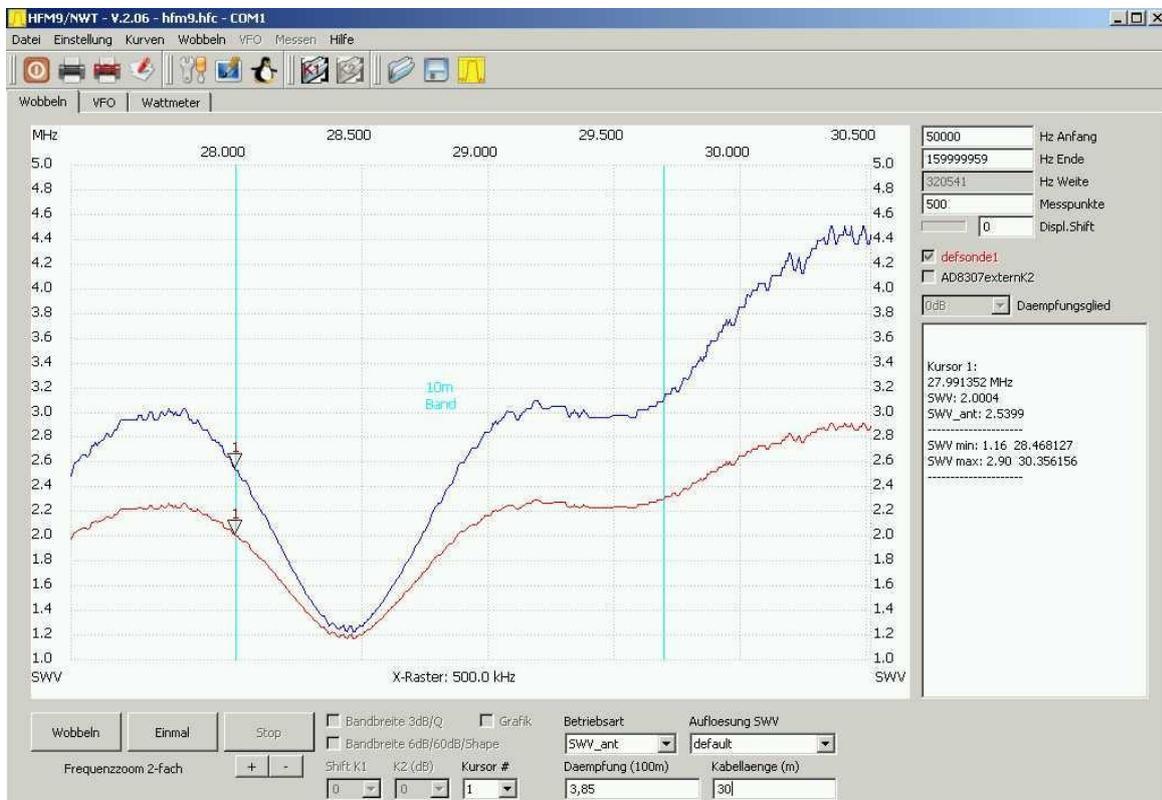
Detaillierte SWR-Darstellung des 20-m-Band-Dipols. Wegen der Breite des Bandes in ein Kompromiss. Man hätte hier die Möglichkeit, die Abstimmung bei Bedarf, in Richtung eines der Bandenden zu verlegen.



Detaillierte SWR-Darstellung des 17-m-Band-Dipols.



Detaillierte SWR-Darstellung des 12-m-Band-Dipols.



Detaillierte SWR-Darstellung des 10-m-Band-Dipols. Wie man sieht, auch hier ein Kompromiss.

Der Lohn der Arbeit

Der Lohn der Arbeit nach rund vierzigmal Antenne erklimmen ist ein gut abgestimmter Inverted-V-Mehrfachdipol für das 80m-, 40m-, 30m-, 20m-, 17m-, 12m- und das 10m-Band. Die hohe Anzahl an Kletternachmittagen erklärt sich unter anderem dadurch, dass es oft nach dem hochziehen und spannen der Antenne zu Verschlingungen einzelner Drähte kam oder diese sich beim Hochziehen irgendwo an den Dachziegeln etc. verhakt hatten und ich noch mal hoch musste, um dies wieder zu lösen. Da ich die Arbeiten am Antennenmast vorzugsweise aus Sicherheitsgründen (wegen der Feuchtigkeit) jeweils erst nachmittags begann und natürlich mit Einbruch der Dunkelheit beenden musste, blieb genügend Zeit, mich parallel dazu aus Interesse mit PSK31 zu beschäftigen. Die Software musste ausgewählt, besorgt und installiert, das Interface mit galvanischer Entkopplung gebaut und die entsprechenden Kenntnisse angeeignet werden. Fürs testen hatte ich nun diese Eigenbau-Antenne zur Verfügung, was ich auch ausnützte.



Ansicht des Antennenmastes inklusive aller montierten Antennen. Auf der rechten Seite kann man unterhalb der Kurzwellenantenne (deren Position eigentlich nur an den Abstandshaltern gut ersichtlich ist) die beiden Abspannseile für den Mast erkennen. Noch besser erkennbar ist das wesentlich steiler verlaufende weiße Kunststoffseil, welches als Sicherung gegen das verdrehen bzw. übereinanderschlagen der Dipole bei starkem Wind oder Sturm dienen soll.

Innerhalb von gut 2 Wochen konnte ich in PSK31 Stationen aus Algerien, Armenien, Aserbaidschan, Australien, Costa Rica, Dänemark, Estland, Finnland, Georgien, Indien, Israel, Lettland, Litauen, Niederländische Antillen, Norwegen, Kanada, Kasachstan, Sambia, Schweden, Sibirien, Skandinavien, Türkei, Ukraine, USA, Weißrussland, und weitere andere arbeiten. Somit sage ich mir, dass meine Antenne anscheinend ganz gut funktioniert, was mir auch ein befreundeter OM bestätigte, welcher mit seiner Station bei mir ein paar Tests durchführte und den Kurzwellenbereich sehr gut beherrscht. Wie es mit der „Sturmtauglichkeit“ aussieht werden erst die nächsten Stürme zeigen. Als letzte Arbeit an der Antenne habe ich noch ein paar zusätzliche Abspannungen aus dem dünnen Kunststoffseil an den äußeren Abstandshaltern angebracht, welche ein Verdrehen der Antenne verhindern sollen.

Die im Zuge der Arbeiten so nebenbei mit aufgebaute Groundplane für das 6-m-Band funktioniert ebenfalls bestens, deswegen wurde vorerst auf einen 6-m-Band-Dipol verzichtet. Dieser kann ja bei Bedarf noch nachgerüstet werden.

Abschließende Bemerkungen

Nach dem Motto „ICH BEREUE NICHTS“ muss ich sagen, dass ich sehr froh bin, diese Antenne aufgebaut zu haben und kann es allen, welche die Möglichkeit haben, nur empfehlen ebenfalls in dieser Richtung tätig zu werden insofern es nicht bereits geschehen ist. Dieser Bericht soll anderen OM's zeigen, auf was man bei so einem Projekt achten sollte, was man erwarten kann und welche Irrwege man nicht mehr beschreiten muss, da es bereits andere getan haben. Die relativ vielen und großen Bilder wurden bewusst so mit in den Bericht aufgenommen, damit man auch Details erkennen kann. Ebenso die detaillierten Messergebnisse für jedes Band. Für mich war es übrigens bis jetzt die beste Anwendung für den Funkamateurl-Netzwerkmessgerät, da sich ohne diesen der Abgleich der Dipole um ein vielfaches aufwendiger gestaltet hätte. Hoffe, dass es so manchem OM nützt, dass ich diesen Bericht geschrieben habe.