

# DUOBAND-LPDAs

04

DL9HCG

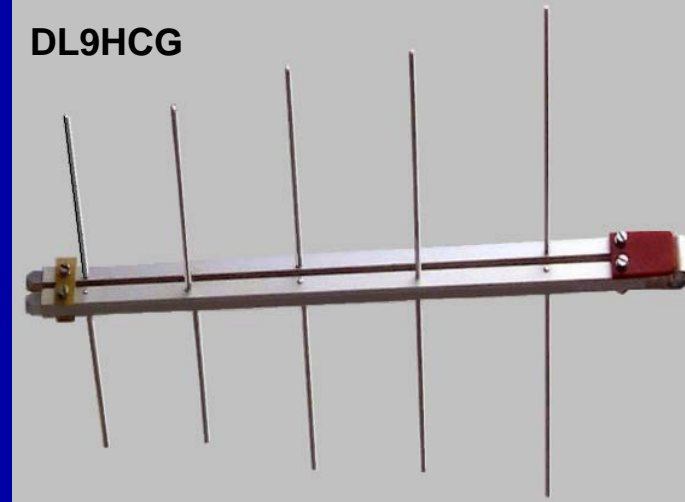
**Maße und Bauanleitung für das 2-m und 70-cm-Band**

**Handliche Duoband-Antennen mit hohem Gewinn setzen sich durch.  
Alle Elemente strahlen, - wie ihre Besitzer !**

**Wer sie hat, ist begeistert und gibt sie nicht wieder her.**

**Baulängen um 1 m ermöglichen schon über 10 dBd Gewinn.**

**Und das sind nicht die propagierten "verkaufsfördernden" Dezibel !**



**Keine Rechenkunststückchen mehr**

**Nicht erst umständlich ein Programm kennenlernen**

**Mit Alu-Material aus dem Baumarkt kann das fast jeder Laie bauen**

**Die neuen Entwicklungen ermöglichen den Bau kleiner LPDAs mit hohem Gewinn.**

**Die einleitenden Seiten sind dem Selbstbau gewidmet. Tipps und Tricks, die weiterhelfen.**

**Auf siebzehn Seiten findet man die Maßangaben für 3-Element- bis 19-Element-Duoband-LPDAs.**

Mit dem DOS-Berechnungsprogramm im Ordner **LPDAbau** können jedoch eigene, abweichende Kreationen versucht werden.

# Inhaltsverzeichnis

Seite:	Inhalt:
3	<b>Detailansicht einer LPDA</b>
4	<b>Warum LPDA?</b> • Was mich dazu trieb • Bietet die Antenne Vorteile?
5	<b>Was ist eigentlich eine LPDA ?</b> • Ihre Ur-Variante - die <b>HB9CV</b> und die Entwicklung zur Schmalband LPDA
6 -7	<b>Neue Erkenntnisse</b> • Wie kommt die LPDA zum höheren Gewinn? • Das elektrische Konzept • Die Booms und die Symmetrie
8	<b>Die Konstruktion:</b> Bemaßung, und Begründung der Maße • Die verwendeten Bezeichnungen
9	<b>Benötigte Werkzeuge</b> und Material • Ein Überblick
10 - 11	<b>Die möglichen Vefahrensweisen</b> • Warm-Kalt- • Gewinde-Verfahren • Montage • Koax-Anschlüsse
12 - 18	<b>Planung und Eigenbau beginnt</b> mit dem Ablängen der Booms • Der Boom beginnt am Koax-Anschluß • Symmetrie
19 -20	<b>Tipps &amp; Tricks</b> • Halbwellenkabel • Halbwellenkabel herstellen
21 - 22	<b>Der Endabgleich</b> • 10 mm Kürzen verschiebt die Resonanz auf 2-m schon um mehr als 2 MHz
23	<b>Fehler, die aufgetreten sind</b> • Beim Bau • bei der Montage • beim Optimieren
24	<b>Fitneß fürs Wetter</b> und den Alltagsbetrieb • Wieviel Watt verträgt sie?
25 - 41	<b>Listen der Maße</b> von 3-Element bis 19-Element LPDAs
42 - 44	<b>Anhang I bis III</b> • Diagramme mit erklärenden Berechnungsbeispielen aus diversen Publikationen
45	<b>Anhang IV</b> • Kabel und Elementlängen- Berechnungsbeispiele
46	<b>Verwendete Formeln in den DOS-Programmen</b>
47	<b>ANDIA- Hinweis:</b> Ein Programm erstellt Antennendiagramme

**Dringender Hinweis: Ihr „Erstlingswerk“ sollte unbedingt eine kleinere LPDA sein !!!  
Erst dann haben Sie mit wenig Aufwand Ihre richtige Vorgehensweise ermittelt.  
Und wenn das gelungen ist, besitzen Sie schon eine kleine Portable-Antenne.**

Stand: 1. Oktober 2010

Günstiger lassen sich Ihre Nachfragen beantworten, wenn Sie mir per E-Mail Ihre Telefon-Nr. mitteilen.

DL9HCG, Günter Lindemann • Meiendorfer Str 25 • 22145 Hamburg • ☎ 040-69458633 • E-Mail: dl9hcg@a36.de

Kein Urheberrecht. • Weitergabe erwünscht. • Berichte und Fotos Ihres Eigenbaus sind sehr willkommen.



Diese Teilansicht einer LPDA zeigt Details für den Eigenbau. Die beiden Booms **1**) und **2**) sind 1-m lange Alu-Vierkantrohre mit 15-mm Kantenlänge. **3**) Für die 4-mm Elemente wurde blankes Alu-Vollmaterial verwendet. Sie sind nahe der Innenwände warm eingeschrumpft. Im kalten Boom **1**) ist ein Aicell-7 Kabel von ganz hinten durchgeführt, und mit Kabelschuhen (Autozubehör) am Beginn der Booms **5**) mit Nirosta-Schrauben angebracht. **4**) Niro-Material dient auch für die Befestigung der Boom-Abstandshalter. Innen- und Außenleiteranschlüsse wurden so kurz wie möglich gemacht. Der Außenleiter am kalten- **1**), und der Innenleiter am heißen Boom **2**).

## Warum LPDA? • Sie bietet den höchsten Gewinn aller Dipol Antennen, sie ist klein und Duoband-tauglich!

Ich hatte 1978 eine LPDA für das 2-m-Band von der Firma Bensch erstanden, und am gleichen Mast angebracht, wie eine 9 Element-Yagi der Firma Wisi. Und als sich herausstellte, daß die 1,30 m lange Yagi schlechtere Ergebnisse lieferte, als die 50 cm lange LPDA, war das für mich ein Alarmsignal. (Kommerzielle Anbieter 'schönen' schon mal bis zu 6 dB Gewinn hinzu, - das fördert den Absatz). Die Gewinn-Angaben in dieser Anleitung sind aber eher untertrieben. Denn ich muß (will) ja nichts verkaufen!

Verblüfft war ich, als ich die 2m-LPDA mangels anderer Antennen provisorisch für 70-cm mißbrauchte. Der Gewinn war offensichtlich mindestens genauso gut, wie auf 2-m. Als sich das VSWR ebenfalls als recht gut herausstellte, gab es nur noch den fanatischen Gedanken: Das will ich genauer wissen.

Im Rothammel und anderen Veröffentlichungen fanden sich Berechnungsgrundlagen. Diese wurden benutzt, um mir auf dem C-64 ein BASIC-Programm zu schreiben, denn das ständige Ausrechnen mit dem Taschenrechner war ich bald leid. Nach und nach entstanden immer mehr neue LPDA's, und das "Gewußt wie". Das wurde durch meine ständig wachsende Fachliteratur, zusammen mit zahlreichen Versuchsaufbauten zu immer besseren Ergebnissen vervollkommen. Und das Programm wuchs ständig mit - bis heute! Ernstzunehmende Fachleute aber glauben, die Erkenntnisse über LPDAs sind noch heute im Fluß. - Mir geht es nicht anders.

**Das letzte DOS-programmierte Duoband-LPDA-Programm**, was ich auch noch heute benutze, habe ich auf vielfachen Wunsch in diesem Programmpaket für Freaks auch bereitgestellt. Für Einband LPDAs gibt es ebenfalls ein Programm. Sie wenden sich an Leute, die ein wenig abseits der starr vorgegebenen Werte experimentieren möchten. Meine Erfahrungen und Tests beschränken sich allerdings nur auf Antennen für 2-m und 70-cm. Freaks müssen also eigene Erfahrungen damit machen. Da kann ich kaum helfen. Die PDF-Bauanleitung hilft auch Ihnen bei der technischen Verwirklichung Ihres Bauvorhabens.

Ich bin also nicht der große King, sondern einer der auch nur von anderen abgekupfert hat. *HI* . Auch nicht der große Zampano, der vielleicht entscheidendes für diese Antennenform erfunden hätte.

Nein - es gab sie schon, sogar in einer Schmalbandversion in dem Entwicklungsstadium der damaligen Zeit (ca. 1980). Nur wurden die Ergebnisse und Zusammenhänge nicht der breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht. (Betriebsgeheimnis). Und ich erkannte damals lediglich, daß man das nachholen müsse.

So wurde ich gezwungenermaßen zu Einem, der erstens den Entwicklungsstand herausfinden mußte, und zweitens von da an ebenfalls - wie auch mancher Andere weitersuchte und weiter- entwickelte.

Jemand meinte, er habe ja keine Erfahrung: In nur 2 Stunden bei mir hatte er seine erste Mini- LPDA gebaut! Deshalb behaupte ich:  
**Jeder, der sich zutraut, intelligent mit Bohrer und Feile zu hantieren, kann sich auch erfolgreich seine eigene LPDA bauen.**

# Was ist eigentlich eine LPDA?

Yagi- Antennen haben nur einen aktiven Strahler. Die Direktoren empfangen seine Energie zeitversetzt, und strahlen davon bis zu ca. 50% dieser Energie in alle Richtungen wieder ab. Es ergibt sich daher eine Richtwirkung mit Nebenkeulen. Jeder Direktor erzeugt dabei mindestens eine Nebenkeule.

Logarithmisch- Periodische Antennen benutzen in ihrer klassischen Breitband-Version von allen vorhandenen Elementen, nur etwa drei aktive Strahlerelemente, die jeweils die gesamte verfügbare Energie gleichzeitig abstrahlen. Die Antenne sucht sich nur die Elemente für die Strahlung heraus, die in der Nähe einer Halbwelle bis etwa  $1/3$  Wellenlänge lang sind.

Die Richtwirkung resultiert aus einem Verdrängungseffekt, der die Energie der einzelnen Elemente gleichsam zum nächsten Element vor sich herschiebt. Je mehr aktive Elemente eine solche Antenne hat, umso mehr Energie wird in Strahlungsrichtung gebündelt.

Der Effekt des Energie-Verdrängens hat zur Folge, daß kaum Nebenzipfel auftreten, in denen ein Teil der Energie nutzlos 'verpulvert' wird. Das Ergebnis ist also schon bei der klassischen Breitband-LPDA ein Gewinnzuwachs gegenüber der Yagi. Erinnerung sei an die bekannte HB9CV, die kleinste Form einer LPDA, die mit ihren zwei Elementen schon einen Gewinn von mehr als 5 dB über den Dipol aufweisen kann.

## Von der Breitband- zur Schmalband-LPDA

Noch größerer Gewinn wird erzielt, wenn es gelingt, mehr als die erwähnten drei Elemente aktiv an der Strahlung zu beteiligen. Glücklicherweise sind die Bandbreiten im VHF- und UHF- Amateurfunk relativ klein. Wir können deshalb mit einer Schmalband-LPDA mehr Elemente aktiv beteiligen.

**Abweichend von der klassischen Variante einer LPDA, mit stark variierenden Elementabständen, wird hier anders verfahren:**

Die empfangene, oder gesendete HF-Welle tut uns bekanntlich nicht den Gefallen, ihre Laufzeit an unterschiedliche Elementabstände anzupassen. Sondern sie wird pro Zeiteinheit immer die gleiche Entfernung zurücklegen.

**Ideal müßte es von daher sein, wenn die Elementabstände alle gleichgroß wären.** Das war zu erkunden!

Einen Fortschritt gegenüber der herkömmlichen Berechnungsweise ergaben Versuche, die ich in den Jahren 2009 und 2010 machte.

Mit Hilfe eines Eichteilers wurden Empfangsversuche gemacht. Eine LPDA mit Elementen, deren Längen und deren Elementabstände stufenlos verstellbar sind, wurde eingesetzt. Ermittelt wurde der größtmögliche Gewinn, bei einheitlich gleichen Elementabständen.



# Letzte Erkenntnisse

Die erwähnten Tests haben Elementabstände ergeben, die für eine 2-m LPDA den größten Gewinn erreichen, wenn ca. 21,75 cm lichter Abstand zwischen den Elementen ist. Und für die 70-cm LPDA sind es ca. 7,25 cm.

Eine kleine Formel, bei der ein Teil der Lichtgeschwindigkeit (3153,75) zu Abständen in Zentimetern führt:

$$3153,75 \text{ geteilt durch } 144 \text{ MHz} = 21,90 \text{ cm}$$

$$3153,75 \text{ geteilt durch } 145 \text{ MHz} = 21,75 \text{ cm (Mittenfrequenz)}$$

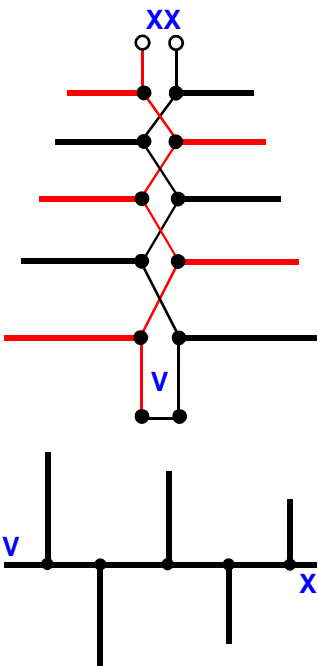
$$3153,75 \text{ geteilt durch } 146 \text{ MHz} = 21,60 \text{ cm}$$

$$3153,75 \text{ geteilt durch } 430 \text{ MHz} = 7,33 \text{ cm}$$

$$3153,75 \text{ geteilt durch } 435 \text{ MHz} = 7,25 \text{ cm (Mittenfrequenz)}$$

$$3153,75 \text{ geteilt durch } 440 \text{ MHz} = 6,17 \text{ cm}$$

Diese Berechnung zeigt: Wenn die Elementabstände wie hier, nur für den tatsächlich benutzten Bereich der Bandbreite berechnet werden, ergeben sich Elementabstände mit vernachlässigbar kleinen Unterschieden. Deshalb testete ich erfolgreich mit gleichbleibenden Elementabständen. **Solche Abmessungen** werden jetzt angewendet, um möglichst alle Elemente aktiv an der Strahlung zu beteiligen.



## Elektrisches Konzept gemäß der nebenstehenden Zeichnung.

Der Speisepunkt ist bei den kürzesten Elementen (XX). Hat die HF-Welle dieses Element erreicht, dann erreicht sie danach die nächstlängeren Elemente über eine von Element zu Element jeweils gekreuzte Phasenleitung. Das bewirkt die Phasenumkehr von Element zu Element. Ohne Phasenumkehr würden sich die Phasen positiver und negativer Halbwellen, auf den aufeinander folgenden Elemente teilweise auslöschen.

## Unser Konzept einer LPDA benutzt einen Doppelboom

Die Phasenumkehr wird dadurch herbeigeführt, daß die Elementhälften versetzt angeordnet sind. Die untere Zeichnung zeigt das. Ein rotes, identisches "Antennenblatt" ist in allen Details gleich dem schwarzen, aber verdreht um die Achse des Booms. Schon das Foto auf der Titelseite zeigt, was gemeint ist.

So wird es allgemein angewendet, denn es ist einfach und stabil zu bauen. Und es entsteht in Gestalt der beiden Booms auch gleichzeitig eine transformierende Lecherleitung, mit einem überschaubaren, und einstellbaren Wellenwiderstand. Die Einstellbarkeit des Abstandes, und damit des Wellenwiderstandes der zwei Booms zueinander, hilft uns sehr beim späteren End-Abgleich der Antenne.

## Die Lecherleitung

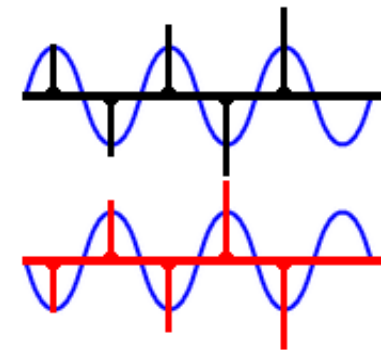


Eine symmetrische Zweidrahtleitung, die sog. Lecherleitung. Bekannt als 240 Ohm Antennen Zuleitung der Fernseh-Steinzeit. Das HF-Signal ist auf ihr gegenphasig. Einer hinlaufenden positiven Halbwelle steht auf dem gleichen betrachteten Kabelabschnitt eine negative rücklaufende Halbwelle gegenüber. Positive und negative Halbwellen löschen sich deshalb für die Strahlung aus.

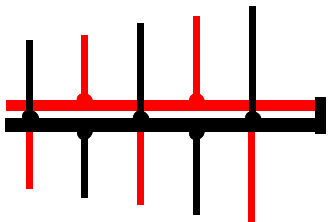
Die Lecherleitung hat einen Wellenwiderstand. Je dünner die Leitungsdrähte, und je weiter entfernt sie voneinander sind, umso hochohmiger wird ihr Wellenwiderstand. Diese Betrachtungen gelten ebenso für koaxiale Kabel.

## Die Booms der LPDA

bilden eine solche Lecherleitung. Ihr Wellenwiderstand wird mitbestimmt von den Fußpunktswiderständen der einzelnen Dipole. Die Dipole sind auf dem schwarz gezeichneten Leiter, oder Boom - der Phase entsprechend angebracht. Für die positive Halbwelle zeigen sie im Bild nach oben, für die negative nach unten. Ebenso sind die Dipole auch auf dem rot gezeichneten Boom entsprechend der Phasenlage angebracht.

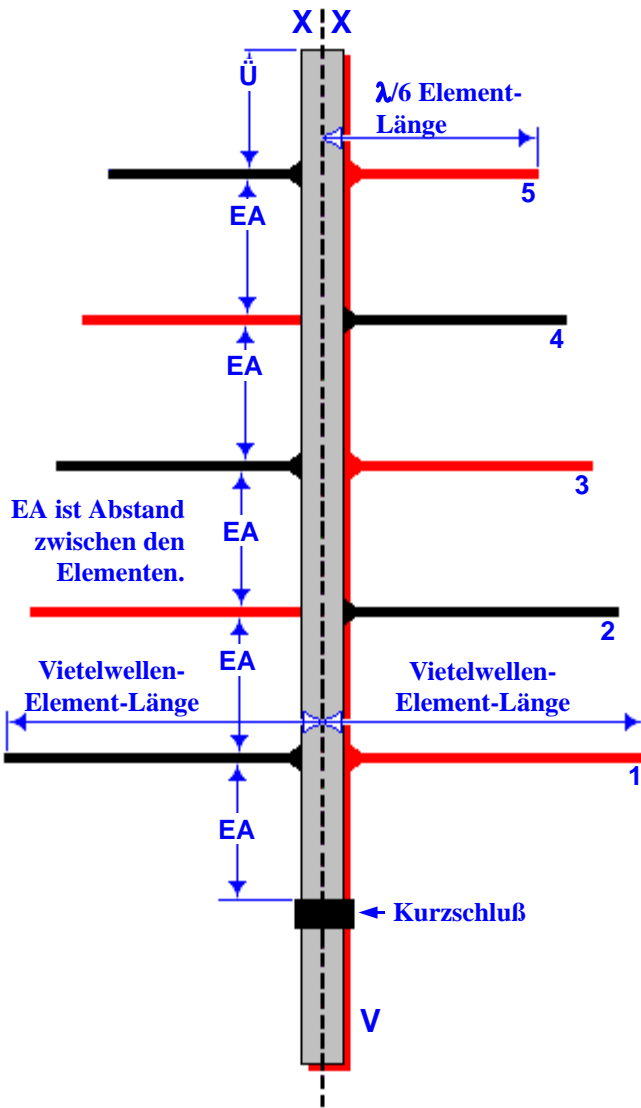


**Die Symmetrie**, ein wichtiger Faktor, kann nur dann gewährleistet werden, wenn sie nicht durch unsymmetrische Einflüsse gestört wird. Metallisch leitende Verbindung zum Mast ist deshalb zu vermeiden. Eine Möglichkeit ist aber dann gegeben, wenn die Booms in ca.  $\lambda/10$  hinter dem längsten Element kurzgeschlossen sind. Dort ist die Lecherleitung dann unwirksam und es kann dahinter eine metallische Verbindung mit dem Mast erfolgen. Symmetrische - also **genau** gleichlange Dipol-(halb)-elemente - stören die Symmetrie nicht, aber sie beeinflussen den Wellenwiderstand (die Impedanz) der Booms.



## Zusammengebaut

sieht die Antenne dann aus, wie im linken Bild. Der schwarze Boom aus dem vorigen Bild wurde vor den roten Boom plaziert. Im Vordergrund also der schwarz gezeichnete Boom mit seinen wechselweise nach oben und unten zeigenden Dipolen. Dahinter ist der rote Boom angedeutet, bei dem die Dipol-Elemente ebenfalls entsprechend der Phasenlage nach oben oder unten versetzt, angeordnet sind



Element-Längen gelten von Boom-Mitte bis zum Element-Ende (Listenmaße).  
**EA** sind lichte Elementabstände. Für Duo-LPDA können es einheitlich 72,5 mm sein.  
**Ü** = Übergangszone mit ca. 40 mm.

## Konstruktion

Hinter dem grau gezeichneten Boom stelle man sich also bitte einen zweiten rot gezeichneten Boom vor. Die rot gezeichneten Elemente sind an diesem 2. Boom angebracht. Die Booms sind mit einem Abstand, und voneinander isoliert montiert. (späterer Text). Die schwarzen Elemente gehören zum grau gezeichneten Boom.

## Übergangszone, aktive Zone und Abklingzone

Vom Beginn der Booms **XX** bis zum kürzesten Element (hier Element 5) sollten möglichst 20 - 40 mm Boomlänge als Übergangszone vorhanden sein. Zweck der Übung: Die auf der Lecherleitung geführte Welle muß erst einmal „gemerkt haben“, daß sie sich auf einer symmetrischen ca. 122-Ω-Lecherleitung befindet, und daß nun andere Verhältnisse herrschen, als beim unsymmetrischen 50 Ω-Koaxialkabel.

Der folgende Bereich zwischen den Elementen nennt sich die (Strahlungs-) aktive Zone. Die Booms sollen noch ca. 7,25 cm (= ca  $\lambda/10$ ) hinter dem längsten Element verlängert sein. Die Welle läuft dort noch unter weiterer Abschwächung fort, sodaß kaum eine Reflexion möglich wird. Weitere Verlängerung des “kalten Booms” für die Vormastmontage ist unbedenklich. Und nachdem die beiden Booms am Ende der Abklingzone miteinander kurzgeschlossen sind, kann man danach die Antenne metallisch mit dem Mast verbinden.

## Elementlängen für 143,3 bis 146,7 MHz

Da es sich um eine Duoband-Antenne handelt, deren tiefste Frequenz auf 70-cm = 430 MHz ist, mußte das auch für 2-m berücksichtigt werden. Die Elemente sind länger als bei einer reinen 2-m-Antenne, denn 430 MHz geteilt durch 3 = 143,3 MHz. Das entspricht etwa einer Wellenlänge von 209,4 cm, sodaß eine Halbwellenlänge ( $\lambda/2$ ) = 104,7 cm lang ist.

Die ausgedruckten (Viertelwellen)-Elementlängen sind gültig für das Maß von Mitte des Booms, bis zum Element-Ende. Um verschiedene Boom-Querschnitte verwenden zu können, ist es erforderlich, die Elemente noch um den halben Boom-Querschnitt zu verlängern. Das längste Halbelement ist 53,04 cm und das kürzeste 34,08 cm lang. Weitere 10 mm gebe ich noch hinzu, und kürze erst zum Schluß auf das exakte in den Listen angegebene Sollmaß.





## Was braucht man ? Vorschläge zu Werkzeugen und Material . . .

Diese **Bohrmaschine** kostete mich ca. €35.- in einem Baumarkt. Wenn man Löcher in die Booms bohrt, sollten sie schon sehr genau rechtwinklig gebohrt sein, damit die Elemente alle genau in die gleiche Richtung zeigen.

Zu meinem Werkzeugpark gehört auch der kleine **Bohrschraubstock**, mit dessen Hilfe ich die Booms gebohrt, und später die Elemente in die Booms eingepaßt habe.

Sehr hilfreich ist mir eine **Metall-Gehrungssäge**, mit der man in einem frei wählbaren Winkel sägen kann.

Das hört sich vielleicht schon an, als hätte ich hier einen Betrieb für Metallverarbeitung. Weit gefehlt, denn ich pflücke das Geld auch nicht von den Bäumen. Alles zusammen kostete nicht mal soviel, wie eine fertig gekaufte Antenne. (R. Joachims nimmt ca. €130.- für seine erstklassige, und preiswerte LPDA.)

Und ich bin auf dem Gebiet der Metallverarbeitung ein Laie. Buchdrucker und Schriftsetzer war mein Beruf.

**Hammer, Schraubenzieher und ähnliche Kleinwerkzeuge** haben die meisten Haushalte schon.

## Alu-Material aus dem Baumarkt

Bei Baulängen bis 50cm kann für die Booms eloxiertes oder blankes Vierkantrohr mit  $10 \times 10$  mm Kantenlänge verwendet werden, das im Baumarkt zu haben ist. Die Elemente sollten aus 3 - 4 mm blankem Alu-Vollmaterial sein. Als **Alu-Schweißstäbe** wird bis zu 4 mm blankes Rundmaterial in Baumärkten oder im Fachhandel vertrieben.

Über 50 cm lange Antennen erfordern Vierkantrohr mit  $15 \times 15$  mm Kantenlänge, was zumeist eloxiert im Baumarkt zu haben ist. Sehr große Längen werden mit Rohr-Wandstärken von 1,5 mm verwirklicht.

Auch hier wird Elementmaterial von 4 - 6 mm blank, vorteilhaft eingesetzt. (Spezialgeschäfte).

Rohrmaterial ist für Elemente mit  $> 5$  mm zu haben. Das ist meistens eloxiert. **Nachteil des Eloxals ist, daß es nicht leitfähig ist.** Eloxierete Elemente haben deshalb keinen Kontakt zum Boom, es sei denn, man schleift das Eloxal an den zu kontaktierenden Stellen der Elemente vorsichtig herunter.

**Das muß dann aber sehr sorgfältig mit dem Ohm-Meter kontrolliert werden.**

Ebenfalls gibt es im Baumarkt Nirosta-Schrauben und -Muttern, die für den Koax-Anschluß und für Abstandshalter einzusetzen sind. Unbeschichtetes Epoxid-Material, für die Abstandshalter.

Das gibt es in Stärken bis zu 3 mm (Conrad Modellbauabteilung). - Naja, und weiteres Kleinmaterial . . .

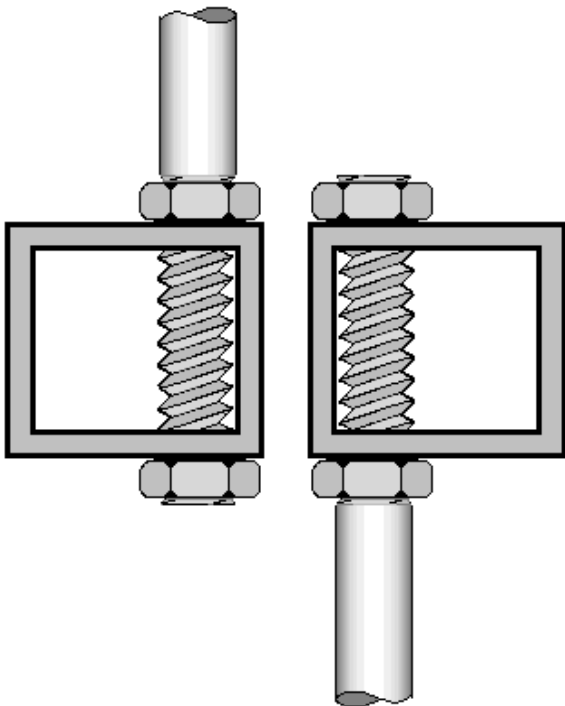


# Das Einpressen der Elemente: Das Beste, und sicherste ist das “Warm-Einpreß-Verfahren”

Die Löcher für die Elemente werden um mindestens 1/10 mm kleiner als der Element-Durchmesser gebohrt. Das Boomrohr wird an der vorgesehenen Stelle erhitzt. Ein kleiner Schraubstock und die vorbereiteten Elemente im Tiefkühlfach gefrostet. Damit die Elemente beim Einpreß-Vorgang gut in die vorgesehenen Boom-Bohrungen hineingleiten, habe ich sie am Ende mit einer Feile abgeschragt - eine Phase angefeilt, sagt der Fachmann.

Wenn Elemente und Boom die gewünschte Temperatur haben, werden der Schraubstock und ein Element aus dem Kühlfach genommen. Das Loch im Boom hat sich durch die Hitze erweitert, das Element hingegen ist durch die Kälte geschrumpft. Das heiße Boomrohr wird mit Arbeitshandschuhen auf das Element gedrückt. Wenn der Schraubstock sehr kalt ist, teilt er dem eingespannten Element über lange Zeit seine Kälte mit, sodaß genügend Zeit zum Einpressen ist.

Das Ergebnis ist eine “bombenfeste”, für mehr als 10 Jahre stabile, und kontaktsichere Verbindung des Elements zum Boom.



## Die Gewinde-Variante bei Elementdurchmessern $\geq 5$ mm

Auf die 5 - 6 mm Alu-Elementhälften wird Gewinde geschnitten, sie werden in die, auf der Elementseite in den Boom gebohrten Gewinde geschraubt, und mit Niro-Kontermuttern gesichert. Niro-Schneidringe auf der zum Element zeigenden Seite unterlegen. Alles zum Schluß mit Zwei-Komponenten-Kleber oder einem Heißkleber gut konservieren.

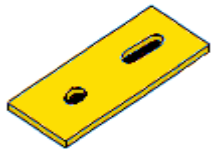
Es hat sich erwiesen, daß hier eine Sollbruchstelle an der Stelle entsteht, wo das Element aus dem Boom herausragt. Durch die Materialschwächung die das Gewinde mit sich bringt, und Korrosion - ist nach etwa 10 Jahren im Wetter ein 4-mm-Element gebrochen.

Aber ab Elementdurchmessern von 5 mm aufwärts gibt es keine solchen Probleme. Wenn Sie Alu Rohrmaterial verwenden, müssen Sie es für den Teil, auf den Gewinde geschnitten werden soll, mit geeignetem Material ausfüllen. Sechs Millimeter Alu Rohr hat einen Innendurchmesser von 4 mm, in den ein 4-mm-Vollstab hineinpaßt. (Evtl. mit UHU Endfest o.ä.).

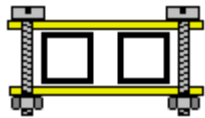
Für alle Varianten gilt: Mit 2-Komponenten- oder ähnlichem Kleber werden dann die Kabelanschlüsse und die Booms abgedichtet: Styroporklötzchen in die Boom-Enden hineindrücken und den Rest ausgießen z. B. mit Heißkleber oder **UHU plus endfest**. **UHU plus endfest** oder Heißkleber sollte man auch dort anwenden, wo die Elemente den Boom verlassen. **Nebel führt zur Oxydation!**

## Die Montage der Antenne

Nachdem die Booms mit Elementen bestückt sind, die noch um ca. 10 mm Zugabe länger sein sollten, als das "Sollmaß", werden die Booms wie im Foto auf der Titelseite und auf Seite 3 mit Abstandshaltern zusammengesetzt. Nun erst werden die Elemente auf **Sollmaß** (ausgedrucktes Listenmaß) gekürzt. Das verschafft uns die Möglichkeit, beim Endabgleich der Antenne lieber noch etwas abschneiden zu können, anstatt daß alles für die Katz war.



**Die Abstandshalter** sind aus unbeschichtetem Epoxid-Material von 2 - 3 mm Dicke. Sie sind unverwüstlich, haben im Dauereinsatz bei mir bisher 15 Jahre lang gedient, und tun es immer noch. Es gibt im Fachhandel solche Epoxidplatten. (Conrad-Modellbauabteilung). Daraus habe ich mir zunächst solche Abstandshalter (links) gemacht, die zur Abstandsvariation auf einer Seite "Lang-Löcher" haben. Wer öfter LPDAs baut, kann sich das Leben erleichtern, mit der Variante im Bild darunter, die ich auch anwende weil sie universell einzusetzen ist..



Wenn nach dem Endabgleich die Abstände endgültig feststehen, kann man die Abstandshalter auch austauschen mit solchen ohne Langloch.

**Das Koaxialkabel** ist von hinten durch den "kalten" Boom bis nach vorn durchgeführt. Die Booms sind bei Längen über 50 cm aus 15-mm-Alu-Vierkantrohr mit 1 - 1,5 mm Wandstärke. Bei 10 × 10-mm-Booms kann das Kabel nur außen am kalten Boom entlang geführt werden (von vorn bis ganz hinten). Ein Foto dazu ist auf der nächsten Seite. Das Koaxialkabel hat nur an den Anschlußpunkten bei XX Verbindung zu den Booms. Nirgendwo sonst darf eine Verbindung zum Boom hergestellt werden.

**Der Außenleiter** endet genau in der Mitte zwischen den beiden Booms. Von dort führt eine Leitung zum kalten Boom. Damit werden Seele und Außenleiter-Litzen genau gleich lang, was der Symmetrie auf den Booms dient. Die offenen Koaxdrähte sind so kurz, wie nur möglich zu machen. Sonst bilden sie eine weitere Lecherleitung mit zufälliger, unbestimmter Impedanz.

**Der Innenleiter** des Koaxkabels wird mit dem anderen, dem heißen Boom verbunden. So ist gewährleistet, daß von dort gesehen, wo das Koaxkabel offen wird, die Anschlußleitungen **genau gleich lang** sind, damit Symmetrie auf den beiden Booms herrscht.

# Der Eigenbau • Planung einer 11-Element-LPDA

mit 4-mm-Elementen, blank und  $15 \times 15 \times 1$ -mm-Booms.

Die Maßangaben in den Listen geben über alle Maße Auskunft, die vom Speisepunkt bis zum letzten Element, und einer Wellenleiter-Verlängerung gelten. Der Boom beginnt also schon beim Speisepunkt, mindestens 20 mm (besser 40 mm) vor den kürzesten Elementen, damit sich die auf der Lecherleitung geführte Welle an das Symmetrieren gewöhnen kann, bevor die ersten Elemente erreicht sind. Also minimal 2 - 4 cm dazurechnen (mehr ist besser).

Wenn ein Koaxialkabel an den Boom, mit seinem vergleichsweise gewaltig größeren Querschnitt angeschlossen wird, entsteht dort für die HF noch eine elektrische "Stoßstelle" (plötzliche Querschnittsänderung). Um zwischen der Energie-Speiseleitung und den Booms einen "stoßfreien", reflexionsfreien Übergang zu schaffen, sollte die Querschnittsvergrößerung allmählich erfolgen.



Die eleganteste Lösung bietet sich an, wenn man die Booms vorn "anspitzt". Das Foto zeigt den vorderen Teil der Booms, mit dem Abstandshalter. Eine Nirosta-Schraube ist durch das Loch gesteckt und mit Mutter, und Kontermutter mit dem Boom verschraubt. Zwischen den Muttern kann ein Kabelschuh aus dem KFZ-Zubehör festgeschraubt werden, mit dessen Hülse die Koax-Leitung verbunden ist. Das ist zwar etwas schwierig zu bauen, - aber - ich kann's ja auch!

Hauptsache ist das langsame Ansteigen des Querschnittes. Wohin die Öffnung zeigt, in die wir auf dem Foto hineinschauen, ist elektrisch unerheblich.

Mir scheint, im zweiten Bild ist die beste Lösung. So mache ich es auch. Es gibt natürlich - wie das Bild ganz unten zeigt, noch eine Fülle weiterer Möglichkeiten, die Querschnitts-Vergrößerung allmählich erfolgen zu lassen. Man sollte das aber **unbedingt** berücksichtigen, wenn man sich vor Überraschungen beim späteren Abgleich der Antenne schützen will. Hier ist das Kabel bis zum Ende des kalten Booms, außen entlang geführt, weil es nicht durch die  $10 \times 10$ -mm-Booms paßte.

Auf Seite 8 wurde schon beschrieben, daß die Booms noch etwa 7,25 cm (= ca.  $\lambda/10$ ), hinter dem längsten Element verlängert sein sollten.

Die Welle läuft dort noch unter weiterer Abschwächung fort. Und es erfolgt auf diese Weise keine Reflexion der Welle, - sie hat sich quasi "totgelaufen". Und hier werden die Booms kurzgeschlossen. Weitere Verlängerung für Vormastmontage (auch wenn es nur der "kalte Boom" ist), ist unbedenklich.

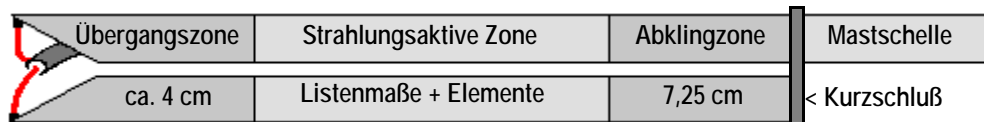
Die Länge des Booms von Element 1 - 11, meiner 11-ele-LPDA ist in den Listen angegeben. Dazu sind noch vorn ca. 4 cm, und 7,5 cm (hinten), und die Elementdurchmesser hinzuzurechnen.

# Ich baue eine Duoband-LPDA • Protokoll meines Eigenbaus im Mai 2009

Es soll eine 11-Element Antenne werden, weil ich 1 m lange 15 × 15 mm Boomrohre aus dem Baumarkt besorgt habe.

## Der Beginn bei den Booms

Die Maße habe ich aus den Listen entnommen.



Ich kontrolliere, ob die Maße für eine 11-Element-LPDA ausreichen. Für meine Mastschelle werden 12,4 cm benötigt. Zusammen mit meiner Mastschelle komme ich also mit 1 m Länge gut aus.

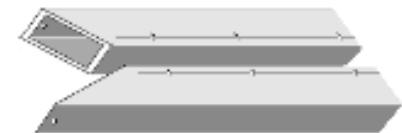
**Die Übertragungszone** mit dem langsam ansteigenden Boomquerschnitt habe ich hergestellt, indem ich die Boomrohre schräg in den Schraubstock einspannte. Was nun oben aus den Schraubstockbacken herausschaute, wurde mit der Metallsäge in Höhe der Schraubstockbacken abgesägt. Währenddessen wurde das Sägeblatt mehrfach mit dem Stearin einer Haushaltskerze geschmiert. Das ist ein altes "Hausmittel", was auch beim Bohren gut funktioniert.



Das Ergebnis dieser Aktion ist in diesem Bild zu bewundern. Der Boom-Querschnitt verändert sich vom später angebrachten Kabelschuh zum Anschluß des Koaxialkabels kontinuierlich bis zum vollen Volumen. Beim späteren Endabgleich konnte ich erfreut feststellen, daß im Gegensatz zur bisherigen Verfahrensweise (ohne "Anspitzen" der Booms), der Abgleich erheblich leichter ging.

## Löcher bohren für Elemente, Abstandshalter und Kabelanschluß

Ich möchte ein Aircell-7 Koaxialkabel durch den "kalten Boom" hindurchführen. Es ist deshalb - und auch aus Gründen der Abstrahlung - günstig, die Elemente so dicht wie möglich an den Boomwänden zu platzieren die sich gegenseitig "sehen", und folglich für die Impedanz der durch die Boomrohre gebildeten Lecherleitung stehen.



Ich mache mir einen Bleistiftstrich, der um die Wandstärke des Vierkantrohres (1 mm) plus dem halben Elementdurchmesser (2 mm) von der betreffenden Wand entfernt ist. Mit einem Stechzirkel oder mit einem Meßschieber markiere ich durch Anritzen die Positionen, an denen zu bohren sein wird. Mit einem nadelspitzen Werkzeug (ich hatte dafür eine Schuster-Ahle) vertiefe, und erweitere ich die zu bohrenden Positionen. Denn beim Bohren soll mein Bohrer diese angedeuteten "Löcher" sicher finden. Zum besseren Finden der



Löcher verwendete ich einen möglichst dünnen Bohrer - ich habe einen 2-mm-Bohrer genommen. Mit ihm war es leicht, die angekörnten Positionen zu finden und zu bohren, ohne daß der Bohrer seitlich ausbrach, weil er eben auch eine kleine Schneidspitze hat.

Nachdem einer der Booms komplett mit Löchern für Kabelanschluß, Abstandshaltern und Elementlöchern versehen war, wurde er paßgenau auf den zweiten Boom gelegt und mit Schraubzwingen arretiert. Wieder kam mein 2-mm-Bohrer zum Einsatz, um auch den zweiten Boom mit haargenau passenden Löchern zu versehen.

Dann habe ich mit einem 3,5-mm- Bohrer nachgebohrt. Dieses Vorgehen ist deshalb günstig, weil der Bohrer für mein endgültiges Bohrloch von 3,9 mm, nur noch ganz wenig, und ohne Kraftanstrengung bohrend, kaum einen Grat erzeugt. (Der Grat ist das auf der Austrittseite des Bohrers mitgerissene Material). Das spätere Einpressen der Elemente wird dadurch wesentlich erleichtert.

Das Bohren der 3,9 mm Löcher wird gut geschmiert (z.B mit dem Stearin der Weihnachtskerze), und ohne jede Kraftanstrengung vorgenommen. Die Löcher für Abstandshalter und Kabelanschluß (vorher besonders markiert), werden auf 4 mm aufgebohrt.

## Vorbereitung der Elemente

Ich hatte in einem Hamburger Metallwaren-Geschäft noch blanke Alu-Schweißstäbe ergattert. Das ist besonders günstig, wenn man sich vor Augen hält, daß die Kontaktfläche zum Boom nur rund 12 Quadrat-Millimeter beträgt. Und dabei ist der gute Kontakt sehr wichtig. Also - wenn irgend möglich - blankes Rundmaterial im Fachhandel besorgen. (Die Legierung ist nebensächlich - die Leitfähigkeit ist in jedem Fall hervorragend).

**Die Elemente** habe ich auf die **Längenangabe in der Liste** (von Mitte des Booms) **plus 7,5 mm** (halber Boomquerschnitt) **plus weiterer zehn Millimeter** als Zugabe grob zugeschnitten.

Ich hatte also blankes 4-mm-Rundmaterial. Schweißstäbe (und vielleicht auch anderes) sind nicht unbedingt so besonders maßhaltig. Deshalb habe ich aus meinem Fundus ein Kugellager gegriffen, mit einem Innendurchmesser von 4 mm. Wenn das stramm auf den Schweißdraht paßte, dann war ich zufrieden. Ansonsten habe ich mit feinem Schmirgelpapier nachgeholfen. Schön glatt machen, damit es beim Einpressen gut rutscht.



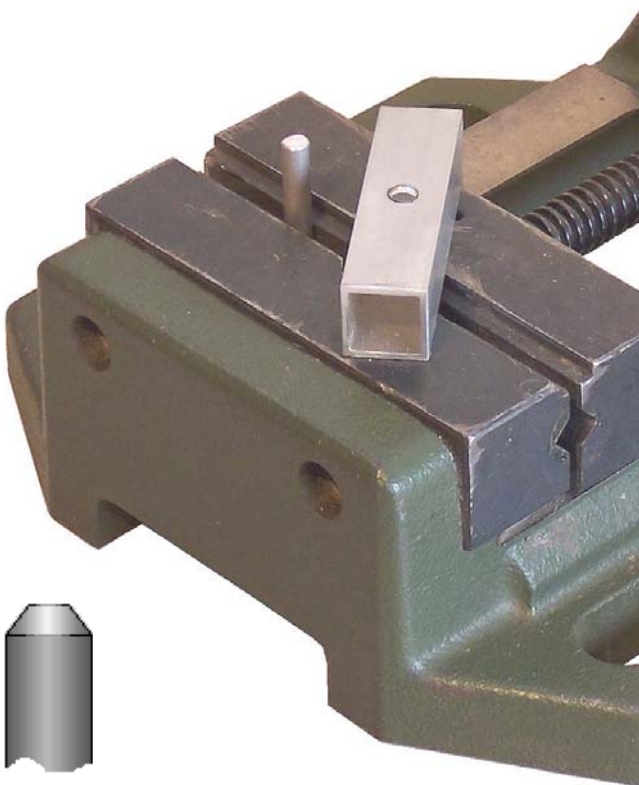
Damit die Elemente beim Einpreß-Vorgang gut in die vorgesehenen Boom-Bohrungen hineingleiten, habe ich sie am Ende mit einer Feile abgeschrägt - eine Phase angefeilt, sagt der Fachmann. Denn der Einpreß-Vorgang muß einigermaßen schnell über die Bühne gehen, damit der Gegensatz zwischen heißem Boom und kaltem Element nicht schon Vergangenheit ist. Aber so zirka 5 - 8 Sekunden sind noch kein Beinbruch für das Einpressen, denn der eiskalte Schraubstock kühlt das Element weiterhin.

## Der Warm-Einpreß-Vorgang beginnt mit der Kühlung des Schraubstockes und der Elemente

**Der Schraubstock und die Elemente** werden für etwa 2 - 3 Stunden in das Tiefkühlfach gelegt. Das ist **überaus wichtig**, weil der Schraubstock seine Kälte auf das Element übertragen soll. Das erhöht die Zeit, die man zum Einpressen hat. Mit einer Eisschicht überzogen, habe ich ihn nach 2½ Stunden aus dem Kühlfach genommen. Größerer Temperaturunterschied = leichtere Arbeit.

In der Zwischenzeit habe ich mir eine Vorrichtung gebaut, auf die die Booms zum Erhitzen gelegt werden konnten. Dann habe ich ein Bügeleisen mit der Bügelfläche nach oben so plaziert, daß es aus ca. 1 cm Entfernung die Booms erhitzen konnte.

Das Element ist lose im Schraubstock eingespannt. Ein Justierstück mit dem Boom-Querschnitt ist mit einen ca. 4,1 mm Loch versehen. Es wird auf das herausschauende Elementende aufgesteckt. Das dient mir dazu, das Element aus dem Justierstück - und später aus dem Boom - nur soweit heraussehen zu lassen, daß das Element nur noch mit der vorher angefeilten Phase herauschaut. Dann wird das Element im Schraubstock möglichst sehr fest gepreßt.



Das erste Anwärmen eines Booms dauert länger als das bei den weiteren Löchern erforderlich ist. Mit Arbeitshandschuhen fasse ich den heißen Boom an, peile durch das vorgesehene Loch und benutze den Handballen um den Boom durch Draufklopfen auf das Element zu pressen. Ich habe zwar immer ein Stück Weichholz und einen Hammer bereitliegen, um im Notfall damit nachzuhelfen, aber das war bei keinem der Elemente erforderlich. Wechselweise wird währenddessen gerade der andere Boom geheizt.

### Der große Vorteil bei dieser Prozedur ist folgender:

Aluminium oxydiert absolut sofort, wenn es mit Luft in Berührung kommt. Das heißt, daß auch meine Elemente und die Löcher mit einer (dünnen) Oxydschicht überzogen sind. Bei dem Einpreß-Vorgang "schabt" sich das gewissermaßen ab.

### **Kontaktsicherheit: Das leisten nur Gewinde- und Warm-Einpreß-Verfahren!**

Es werden beide Booms völlig identisch mit Elementen bestückt. Das heißt, wenn bei dem einen Boom das erste Element zur einen Seite zeigt, dann auch beim anderen Boom.

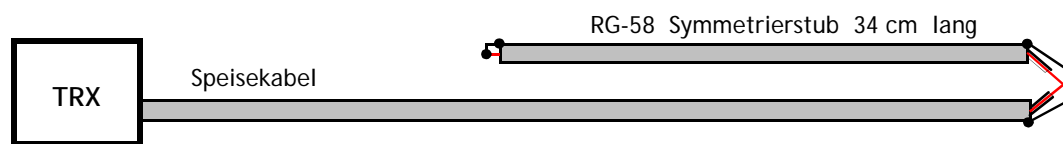
## Elementabstand (lichter Abstand), und Boomabstand

Die lichten Elementabstände betragen einheitlich 75 mm. Es handelt sich um den Abstand von der Oberfläche eines Elements bis zur Oberfläche des benachbarten Elements.

**Boomabstände:** Die kurzen Elemente haben einen kleineren Schlankheitsgrad als die langen. Die Fußpunktwiderstände der Elemente variieren deshalb. Durch Boomabstände die vorn kleiner als hinten sind, (ca. 4 - 12 mm) wird entlang der Booms ein ständig steigender Wellenwiderstand eingestellt, der später zur exakten Anpassung führt.

Für die ersten Tests mit der Antenne stellt man zunächst einen Boomabstand ein, der bei dem kürzesten Dipol ca. 5 mm, und bei dem längsten Element ca. 12 mm beträgt.

## Symmetrier- und Anpaß-Trafo



Das Speisekabel wird von hinten durch einen der beiden Booms durchgesteckt und der Außenleiter wird vorn, vor dem kürzesten Element an eben diesem Boom angeschlossen. Wir nennen ihn dann den "kalten Boom". Ähnlich wie bei einem Topfkreis ist auch das ein Beitrag zur Symmetriewandlung. Ein über Kreuz angeschlossener  $\lambda/4$  Symmetrierstübchen (Rothammel) kann die Symmetriewandlung noch weiter verbessern. Der am Ende kurzgeschlossene Stübchen wird isoliert in den heißen Boom gesteckt.

Der Innenleiter kommt folglich an den anderen Boom, vor dem kürzesten Element. Sollte das Kabel nicht mehr durch den Boom hindurchpassen, so muß es außen neben dem kalten Boom entlang geführt werden, wie in dem Foto auf S. 12 (unten).

Die beiden Booms stellen darüberhinaus eine Lecherleitung dar, mit einem Wellenwiderstand, der durch die beiden sich "sehenden" Flächen und deren Abstand voneinander bestimmt ist. Die beiden Booms werden zur Anpassung der Fußpunktwiderstände der einzelnen Dipole (ca. 300 Ohm) an das 50-Ohm-Kabel als Transformationsleitung benutzt.

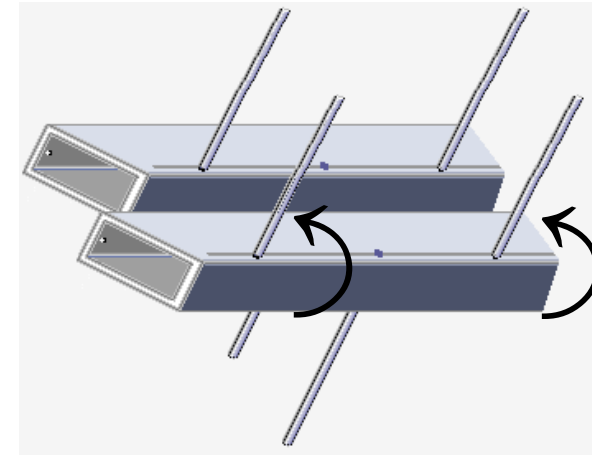
Die Fußpunktwiderstände der Dipole sind abhängig vom Schlankheitsgrad, dem Dipol-Längen-/Durchmesserverhältnis. Bei den kurzen Elementen beträgt der Schlankheitsgrad also 666 mm (Elementlänge) geteilt durch 4 mm = **170,5**. Und bei den längsten Elementen 1020 mm geteilt durch 4 mm = **261,7**. Das verändert die Impedanz entlang der Booms doch erheblich.

## Die fertig bestückten Booms sehen dann so aus:

Die beiden Booms sind nach der Montage der Elemente völlig identisch. Erst wenn man den vorderen oder den hinteren der beiden Booms um seine Längsachse dreht, bekommt man das Bild einer vollständigen LPDA vor Augen.

In der fertigen Position wird das Gebilde dann mit Abstandshaltern zur LPDA. Meine Versuchs-Abstandshalter haben zunächst auf einer Seite Langlöcher. Damit können die Booms Zug um Zug beim Endabgleich auf die erforderlichen Endwerte eingestellt werden.

Mit  $M 4 \times 25$  Nirosta-Schrauben plus -Muttern sind mittels der Abstandshalter die beiden Booms zunächst auf einen Abstand von 5 mm bei den kürzesten, und von ca. 12 mm bei den längsten Elementen einzustellen. Die beim Abgleich erforderlichen Korrekturen dieser Abstände sind dann nur noch minimal. Dieses System ist für mich das beste, weil auch die M-4-Schrauben nahe der Innenwand sind, wo mein Kabel noch hindurchpaßt.



## Elemente auf das Listen-Sollmaß beschneiden

In den Listen wird das Sollmaß angegeben. Das ist das Maß von der Mitte des Boomquerschnitts bis zum Element-Ende. Es wurden zuvor **7,5 mm** (halber Boomquerschnitt) zugegeben. Eine weitere Zugabe von **plus etwa 10 mm** diente dazu, um Ungenauigkeiten beim Einpassen der Elemente korrigieren zu können.

In meiner Bastelkiste fand ich eine Knebelschraube mit 4-mm-Gewinde daran. Daraus, und aus einer Lüsterklemme und 4 mm Rundmaterial, habe ich mir eine Element-Längenlehre gebastelt. Damit lassen sich die Maße beider Elementhälften exakt auf die gleichen Längen einstellen und absägen.

Denn nach dem Zusammenbau werden die Elemente nun auf das Maß ohne die Zugabe-Korrektur-Millimeter, also exakt auf das Maß in der Liste gekürzt.



*Meine praktische Längenlehre*



**Der Kabelanschluß** Natürlich habe ich darauf geachtet, daß für die Kabel-Anschlüsse Löcher gebohrt wurden, die auf beiden Booms genau gleich weit von den ersten (kürzesten) Elementen sind. Denn es muß HF-technisch Gegenphase auf den Booms herrschen, sonst fangen schon die Booms zu strahlen an. Darüberhinaus gäbe es Laufzeit-Unterschiede des HF-Signals zu den Element-Hälften.

## Ein Halbwellenlanges Kabel zum Abgleich

Es wurde schon berichtet, daß die Antenne im nichtoptimierten Zustand noch eine “Stoßstelle” darstellt. Das rührt daher, daß die für die Booms erforderlichen Abstände noch unbekannt sind.

Erst nach erfolgreichem Endabgleich transformieren die Booms exakt. Dann könnte ein beliebig langes Kabel angeschlossen werden. Ich benutze ein Kabel, was  $8 \times$  Halbwelle lang ist. Das lasse ich auch so, wenn die Antenne am Mast für den Betrieb montiert ist, denn in dieser Entfernung ist auf meinem Dach am Mast eine HF-Trennstelle.

Wie man eine Halbwelle ausmessen kann, wird auf Seite 20 erläutert. Diese Kabel-Länge gilt im Falle des Endabgleichs von dort, wo das Kabel offen wird, bis zum Stehwellenmeßgerät. Also dort, wo der Innenleiter vom Außenleiter umschlossen wird (bis einschließlich Stecker).

Da, wo das Kabel offen werden soll, habe ich noch ca. 8 cm zugegeben. Nun an der X-mal-Halbwellen-Stelle den Außenmantel ein wenig eingeritzt (nicht ganz bis zum Geflecht des Außenleiters). So kann ich das Aircell-7 Kabel mühelos von hinten durch den “kalten Boom” hindurchschieben.

Zunächst ziehe ich das Kabel weit nach vorn aus dem Boom heraus um es bearbeiten zu können. Der angeschnittene schwarze Außenmantel wird hin und her bewegt, bis das Außenleitergeflecht auftaucht. Außenmantel abziehen, Geflecht vorsichtig auskämmen, verdrillen - jeder kennt das.

Die verdrillten Enden so kurz wie möglich, und gleichlang abschneiden. Sie sollen noch gut in die Hülsen der Kabelschuhe passen. Sodann das Ende des Außenleiters in die Hülse des kalten, und das des Innenleiters in die Hülse des “heißen Booms” einführen.

Wenn dann die Hülsen zusammengedrückt, und verlötet sind, hat man den Rohbau hinter sich und kann zum Abgleich schreiten.





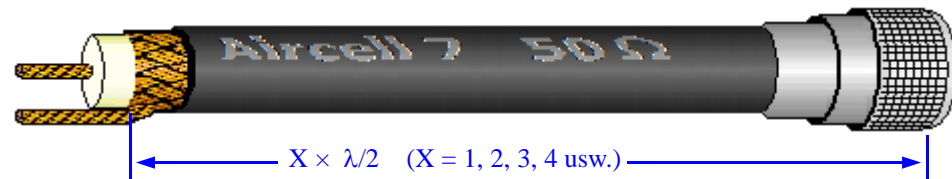
Diese 2-er-Gruppe hat Thomas Favetto, HB9SZV gebaut.  
Das Foto entstand bei einem Fieldday.

## Tipps & Tricks

Halbwellenlange Koaxialkabel transportieren genau die Impedanz, die man an ein Ende des Kabels anschließt, an das andere Ende des Kabels.

Ein Kabel was mehrere Halbwellen lang ist, tut das genauso. Es wird uns also zunächst eine Fehlanpassung vom Speisepunkt der Antenne zum SWR-Meter melden.

Das erwähnte Halbwellenkabel beginnt nahe dem Speisepunkt - dort wo der Außenleiter den Innenleiter zu umschließen beginnt. Und es endet dort, wo auch der HF-Steckerstift endet (Bild).



Eine Fehlanpassung wird solange angezeigt, wie die Transformationsleitung (die beiden Booms) noch nicht richtig transformieren, weil ihr Abstand voneinander noch nicht den erforderlichen Wert hat, und weil die Antenne noch nicht auf Bandmitte schwingt. Auch das Halbwellenkabel arbeitet ja erst in Bandmitte ganz genau richtig.

Der richtige Boom-Abstand wird beeinflusst von der Länge und dem Durchmesser der Elemente, von der Seitenlänge der Vierkantrohre und einigen anderen Faktoren.

Zunächst ist das SWR noch schlecht. Denn die Antenne ist noch auf einer niedrigeren Frequenz resonant, für die unser Halbwellenkabel noch nicht genau paßt. Man sucht nach der Frequenz, auf der das SWR den niedrigsten Wert aufweist. Am unteren Ende des Bereichs - oder sogar noch darunter, findet sich die Frequenz mit niedrigstem SWR. Die Frequenz, für die die Elemente resonant sind.

Für diese Frequenz wird nun durch sorgfältiges Verändern der Boomabstände das SWR auf den geringstmöglichen Wert gebracht. Diese Frequenz multipliziert mit 3 müßte dann auch das günstigste SWR für das 70 cm Band haben.

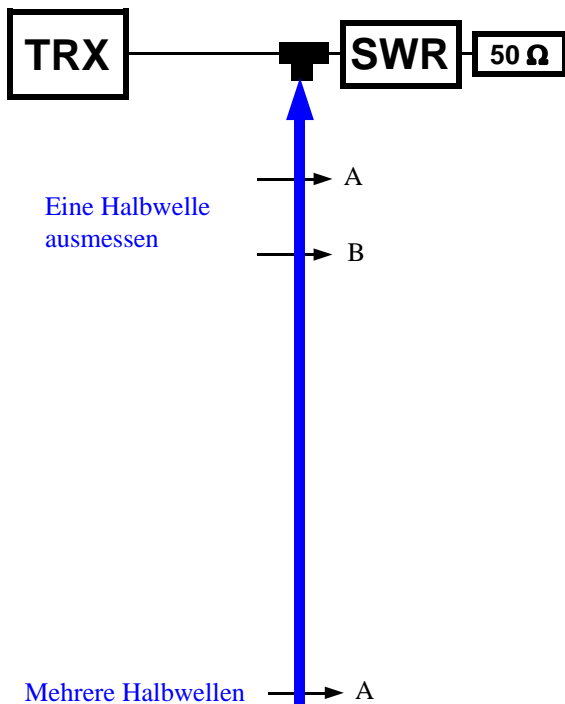
Nun erst werden die Elemente gekürzt, um die Resonanz Schritt für Schritt in die Bandmitte beider Amateurbänder zu bringen. Boomabstände jeweils kontrollieren.

## Tipps & Tricks zum Endabgleich • Ein halbwellenlanges Koaxialkabel ist Pflicht.

Man schließt ein halbwellenlanges (oder Vielfache einer Halbwelle) Kabel an die Booms an, und stellt deren Abstand auf bestes SWR ein. Diese Kabellänge zählt vom Anschluß des Kabels an die Booms bis einschließlich Stecker zum SWR-Meter!!!

**Das ist deshalb sehr wichtig**, weil die Antenne vermutlich noch nicht richtig angepaßt ist. Stellen wir uns vor, das Kabel habe eine Länge in der Größenordnung von  $\lambda/4$  oder ungeradzahliger Vielfacher dieser Länge. Diese Leitung würde uns vortäuschen, daß die Antenne total defekt sei. Denn Viertelwellen-Leitungen transformieren ja, wie bekannt zur umgekehrten Impedanz.

**Ein Kabel mit Halbwellenresonanz ist also Pflicht.** Denn ein solches Kabel transformiert die Impedanz, die an der Antenne herrscht, bis an das SWR-Meter, und zeigt eine mögliche Ungleichheit an. Wenn der Endabgleich dann (hoffentlich) gelungen ist, kann das Kabel für die nächste Antenne aufbewahrt werden. Nun kann an seiner Stelle ein beliebig langes Kabel angeschlossen werden, denn die Antenne hat dann - wie das gesamte System - die erforderliche Impedanz von  $50\Omega$ .



**Länge einer Halbwelle ermitteln:** An den TRX ist über ein Kabel (Länge beliebig), SWR-Meter und Dummy-Load angeschlossen. Auf dem Weg zum SWR-Meter wird mittels Koax-T-Stecker bei dem **blauen Pfeil** das zu untersuchende Kabel angeschlossen. Durch dieses Kabel wurde eine Nähnadel so hindurch gestochen, daß das zu untersuchende Kabel bei einer halben Wellenlänge einen Kurzschluß hat (Pfeil A). Dieser Kurzschluß ist nun auch bei dem Koax-T-Stecker vorhanden. Das SWR-Meter zeigt keinen Vorlauf mehr an. Die gesamte (kleine) Leistung wird auf dem Weg TRX → SWR-Meter in Wärme umgesetzt. Ich mußte da erst ein paar Mal die richtige Stelle für meine Nähnadel suchen. Wenn die Nadel genau bei  $\lambda/2$  steckt, kommt hinten wirklich nichts mehr an. Auch dann nicht, wenn die Leistung kurzzeitig auf 10 Watt erhöht wurde. Koax-T-Stecker gibt es in N-Technik bei Reichelt für weniger als €4.- Die Position der Nadel wurde mit einem Klebeband markiert. Und - weil diese Länge wegen des Koax-T-Steckers nicht so ganz genau ist, habe ich die nächste Halbwelle (bei  $1\lambda$  = Pfeil B) auf dem Testkabel ermittelt. Zwischen beiden Markierungen ist nun **genau  $\lambda/2$** .

**Die Nähnadel** ist mit Lüsterklemmen versehen, um sie besser anfassen zu können.

**Wer ein Kabel verwenden will, das mehrere Halbwellen lang ist, (das trifft in den meisten Fällen zu),** mißt die gewünschte Länge nach der Liste auf Seite 45 ab, und gibt zunächst noch einige Zentimeter hinzu. Sodann verfährt er, wie im Bild ganz unten angegeben. Das entstandene Loch bei A markiert dann den Punkt, wo das Kabel offen wird.

## Der Endabgleich • Die Voraussetzungen:

1. **Ein Koaxkabel mit Halbwellenresonanz** ( $n \cdot \lambda/2$ ),  $n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$  speist die Antenne.
2. **Gleiche Leiterlänge (möglichst kurz)** vom Ende der Koaxleitung (dort wo das Kabel offen wird) bis zum Boomanschluß.
3. **Geeignete Testumgebung** ohne störende kapazitive Beeinflussung ist hergestellt. (Vielleicht vom Balkon zum Himmel richten).

Es ist zu bedenken: **Elemente um 1,2 Millimeter kürzen = Frequenzänderung um ca. 1 MHz (im 2-m-Band).**

**Elemente um 1,2 Millimeter kürzen = Frequenzänderung um ca. 3 MHz (im 70-cm-Band).**

**Die 2-m-Elemente nicht weiter kürzen wenn das längste Element ca. 51,3 cm erreicht hat !!!**

**Das Optimieren kann nur in einer Umgebung ohne störende Wände gelingen.**

**In der Regel ist die Antenne erst einmal zu tief resonant.**

**Die Resonanz der Antenne liegt zunächst nahe, oder unterhalb 144 und 430 MHz !!!**

**Deshalb also zunächst nahe dem unteren Bandende messen.** Zuerst wird der Boomabstand verändert, auf das **bestmögliche SWR**. Es kann noch nicht das optimale SWR erreicht werden, weil unser Halbwellenkabel für die Resonanz der Antenne auf 145 MHz ausgelegt ist.

**Durch wechselseitiges Ändern des Boomabstandes und gleichmäßiges Kürzen aller Elemente** tastet man sich an das Optimum heran, und bringt die Antenne so etwa auf der Mittenfrequenz in Resonanz, möglichst mit einem  $SWR < 1 : 1,2$ . Nach Kürzen der Elemente hat sich der Schlankheitsgrad - und damit die Fußpunktwidestände verkleinert. Deshalb muß der Boomabstand an die neue Impedanz angeglichen werden.

## Der Abgleich ist nicht schwierig

Nachdem wir einheitliche Elementabstände benutzen, bemerkt man daß uns die Antenne keine großen Probleme mehr macht. Man wird erstaunt sein, wie wenig Mühe aufzuwenden ist. Von der vorgefundenen, zur gewünschten Resonanz sind nur 1 -2 Schritte.

# ENDABGLEICH-PROTOKOLL - EINE SIMULATION

bei einer 11-Element-LPDA - Booms  $15 \times 15 \times 1$  mm - Elemente 4 mm blank. Boomabstand: Vorn 4, Hinten 15 mm.  
Warm-Kalt-Verfahren - Elemente auf die Sollmaße zugeschnitten: hinten 52,32 cm; vorn 34,09 cm.

<b>Es sei beim ersten Test</b>	das beste SWR auf	142.5 MHz (SWR 1,4); und auf	428 MHz (SWR 1,8)
Boomabstand nun z.B.	V: 3,5; H: 11,5 mm	142,5 MHz (SWR 1,2)	428 MHz (SWR 1,4)

**Ausrechnen:** Für 142,5 MHz ist mein längstes Element 52,32 cm lang. Wie lang muß es für 145 MHz werden?

**Rechengang:**  $c = 300$  geteilt durch  $f = 142,5$  ergibt Wellenlänge = 2,10 in Metern.

ergo  $c = 7500$  geteilt durch 142,5 MHz = Viertelwellenlänge 52,6 in Zentimetern.

$c = 7500$  geteilt durch 145 MHz = 51,7 cm. Differenz = 9 mm.

Resonanz war also ca. 2,5 - bzw. 7- MHz zu tief - (145 MHz minus 142,5 MHz = 2,5 MHz).  
Vorsichtshalber um nur 7 mm kürzen.

Danach sind die Boomabstände jeweils neu zu justieren.

Diese Prozedur, wenn erforderlich, vorsichtig wiederholen.

## **Nach dem Abgleich**

Von 144 bis 146 MHz sollte ein ein Rücklauf  $< 1,1 : 1$  feststellbar sein.

Von 430 bis 440 MHz soll das SWR ebenfalls besser als 1,1 sein.

## **Wichtiges Fazit: Mit ein bis zwei Abgleichschritten sollte das Ziel erreicht sein**

Schon wenn die Resonanz zu Beginn **sehr weit** außerhalb der Amateurbänder liegt, deutet das einen gravierenden Fehler an. **Es muß eindeutig** bei Verkürzung der Elemente und Anpassung des Boomabstandes, eine Erhöhung der Resonanzfrequenz eintreten. Ist das nicht der Fall, und sollten bei Ihrem Endabgleich gravierende Abweichungen auftreten, dann wird **kein Abgleich möglich** sein. Es sind dann grundlegende Fehler die Ursache.

**Dann nicht weiter experimentieren, sondern Fehler suchen - und finden!**

**Aufgetretene Fehler.** Einige Fehler sind in den vergangenen Jahren beim Aufbau der Antennen häufiger aufgetreten:

Fehler bei dem **Abgleich des Boomabstandes** sind auch mir, wie manchem Anderen passiert. Wenn man nämlich beginnt, den Boomabstand zu ermitteln, hat die Transformationsleitung ja noch nicht die erforderliche Impedanz, denn die Booms haben eben noch nicht den richtigen Abstand. Daraus resultiert am Anschluß Koaxkabel-Booms natürlich eine Stoßstelle.

Wenn in diesem Zustand ein Kabel mit unbekannter Länge, oder gar mit annähernd **Lambda/4** oder ungeradzahlige Vielfache, vom Anschlußpunkt bis zum Stehwellenmesser vorliegt, ist das **Optimieren unmöglich**.

Halbwellenlange Leitungen transformieren dagegen 1:1, und sind bestens geeignet. Natürlich auch 2, 3, 4 usw. mal Halbwelle mal Kabel-Verkürzungsfaktor sind geeignet.

**Beachten !** Eine solche Halbwellenleitung beginnt am Boom-Anschluß (ab dort wo der Außenmantel den Innenleiter umschließt) und sie endet am Stehwellen-Meßgerät !!!

**Erst nach dem Endabgleich, wenn die Booms richtig transformieren, kann ein beliebig langes Kabel verwendet werden !!!**

**Eloxiertes Material**, das sei nochmals gesagt, **isoliert**. Zwischen den Anschlüssen für die Koaxleitung und zwei Dritteln der Elemente einer Antenne war kein Durchgang meßbar. Da hilft nur das Abschleifen des Eloxals an den Stellen der Elemente, die mit dem Boom in Verbindung kommen. Besonders dort, wo das Element den Boom verläßt, was man mit einem Ohmmeter äußerst penibel prüft.

Erbauer, die **andere Verfahren** anwendeten, klagten über Probleme. Wahrscheinlich sind Kontaktschwierigkeiten die Ursache. Das passiert bei eloxiertem Elementmaterial sehr häufig.

Newcomer hatten die **Halb-Elemente** nicht wechselseitig sondern einseitig am Boom angeordnet. Die Antenne funktionierte, - allerdings nur wie ein Dipol mit null dB. (Vor diesem Fehler sind auch akademisch gebildete Bastler nicht automatisch geschützt) *HI*.

**19 Elemente** - Damit beginnt so mancher, **seine erste LPDA** zu bauen. Eine solche Überheblichkeit gereicht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zur Ernüchterung. Das erzeugt Laune bei den Umstehenden, und Frust bei dem armen Bastler, der entnervt aufgibt, oder nun tapfer neu beginnt. Jetzt spätestens beginnt er zu begreifen, daß diese Texte ihm helfen sollten . . .

Ein Bastler hatte seine Antenne "probeweise" inmitten einer beträchtlichen Anzahl anderer Antennen auf dem Dachboden aufgehängt und konstatierte folgerichtig: „Die Antenne taugt nichts“. So konnte sie es auch nicht, aber er glaubt es bis heute - sie geht nicht! Im Gegenteil: „Sie beeinflusst sogar meine anderen Antennen ungünstig, und wird deshalb entsorgt“.

**Nur Langzeit-Erprobung** kann über eine Antenne etwas Schlüssiges aussagen. Oder man beauftragt ein Meßlabor. Aber mit etwas Fingerspitzengefühl, Exaktheit und einem Mindestmaß an elektrischem und mechanischem Geschick wird der Erfolg nicht ausbleiben.



## Fitneß für Wetter und Alltag Welche Leistung verträgt die Antenne?

Diese Frage ist mir schon oft gestellt worden. Doch jeder, der sich einigermaßen auskennt, weiß daß eigentlich nur solche Antennen mit Vorsicht zu genießen sind, die mit Kondensatoren in Anpaßnetzwerken auskommen müssen.

Die LPDA ist daher kaum durch hohe Leistung gefährdet. Jedenfalls haben schon einige Benutzer darüber berichtet, die mit der höchsten zulässigen Leistung (750 W) keine Beeinträchtigung festgestellt haben.

### Wetterfest

Mit 2-Komponentenkleber oder Heißkleber werden die Kabelanschlüsse, die Rohr-Elemente und die Boomrohr-Enden abgedichtet: Styroporklötzchen in die Öffnungen hineindrücken und den Rest ausgießen mit **UHU plus endfest**. **UHU plus endfest** sollte man auch dort anwenden, wo die Elemente den Boom verlassen. **Nebel führt zur Oxydation. Die Feuchtigkeit kriecht überall hinein!**

### Montage

Besonders bei Vertikalpolarisation ist darauf zu achten, daß der Antennenmast und die Kabel nicht die Abstrahlung behindern. Vertikale Gruppen, deren Antennen nicht über- sondern nebeneinander gestockt sind, mit Hilfe eines Auslegers am kalten Boom (dann isoliert) montieren. Ansonsten Vormastmontage bevorzugt benutzen.

Für Vormastmontage wird der kalte Boom hinter dem längsten Element weiter verlängert, sodaß der Mast bei vertikaler Montage noch als zusätzlicher Reflektor wirkt. Man mache dann den Abstand zwischen Mast und dem längsten Element mindestens so groß, wie der Abstand der beiden längsten Elemente voneinander ist. Elektrischer Kontakt zum geerdeten Mast ist hinter dem Kurzschluß von Vorteil.

Diese Anleitung gibt das Ergebnis meiner Erfahrung beim Selbstbau einer großen Anzahl LPDAs wieder. Man muß nicht alles genau so machen, wie ich es hier beschreibe. Aber die Anfragen der Selbstbauer beziehen sich fast ausschließlich auf Fehler, die der Heimwerker machte, und dabei wichtigen Punkten nicht die erforderliche Aufmerksamkeit widmete. Lesen Sie gründlich - Sie sparen Zeit und Geld. Selbst der Autor hat durch Nichtbeachtung der eigenen Empfehlungen schon bittere Erfahrungen machen müssen.

Der Ungeübte tut gut daran, als Übungsobjekt zunächst eine kleinere (3 - 6 Elemente) LPDA zu bauen !!!

Aber nun viel Spaß und Erfolg beim Bau einer eigenen LPDA

wünscht DL9HCG, Günter Lindemann

Meiendorfer Str 25, 22145 Hamburg, ☎ 040-69458633 Für Rückfragen erbitte ich Ihre Tel. Nr.

E-Mail: dl9hcg@a36.de • Skype: dl9hcg

Kein Urheberrecht • Weitergabe erwünscht.

Für zugesandte Fotos von Eigenbau-LPDAs wäre ich sehr dankbar. Auch Berichte eventueller Mißgeschicke helfen, diese kleine Anleitung zu verbessern. Denn wir lernen am meisten, durch die Fehler, die wir machen. Und versetzen zukünftige Selbstbau-Freaks in die Lage, solche Fehler zu vermeiden!



# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

3 Element Mini LPDA mit max. Gewinn von ca: 6,8 dBd (2-m), und ca. 8,3 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm  
Element 2 = 43.56 cm  
Element 3 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

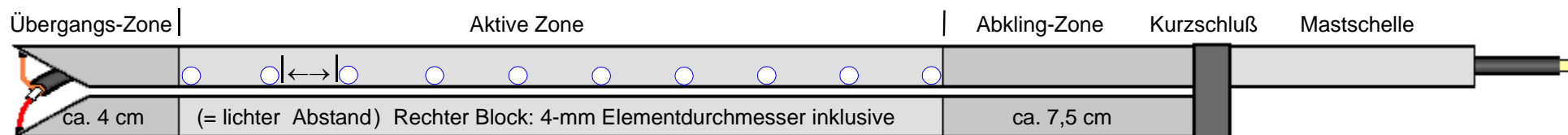
Element 1 - 2 = 7.43 cm  
Element 2 - 3 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm  
Element 3 = 15.49 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?  
Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleich groß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

4 Element Mini LPDA mit max. Gewinn von ca: 7,9 dBd (2-m), und ca. 9,4 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm  
Element 2 = 46.72 cm  
Element 3 = 40.40 cm  
Element 4 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

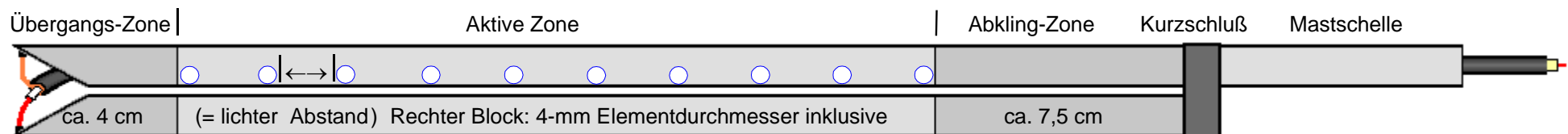
Element 1 - 2 = 7.43 cm  
Element 2 - 3 = 7.35 cm  
Element 3 - 4 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm  
Element 3 = 15.58 cm  
Element 4 = 23.24 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?  
Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleich groß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

5 Element Portable LPDA mit Gewinn von ca: 8,9 dBd (2-m), und ca. 10,4 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 =	53.04 cm
Element 2 =	48.30 cm
Element 3 =	43.56 cm
Element 4 =	38.82 cm
Element 5 =	34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

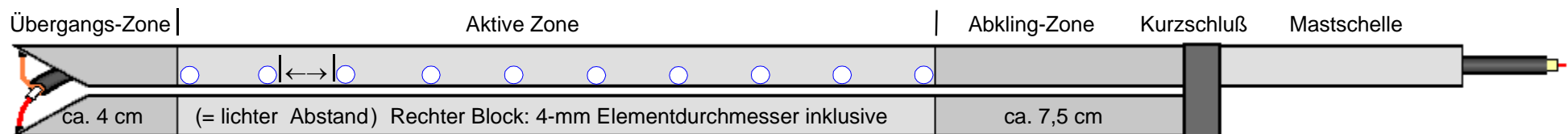
Element 1 - 2 =	7.43 cm
Element 2 - 3 =	7.37 cm
Element 3 - 4 =	7.32 cm
Element 4 - 5 =	7.26 cm

## Gesamtabstände:

(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 =	7.83 cm
Element 3 =	15.61 cm
Element 4 =	23.32 cm
Element 5 =	30.98 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?  
Bei dieser LPDA können die Abstandsmaße alle gleichgroß - = 7,25 cm - gemacht werden





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

6 Element Portable LPDA mit Gewinn von ca: 9,8 dBd (2-m), und ca. 11,3 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 =	53.04 cm
Element 2 =	49.25 cm
Element 3 =	45.45 cm
Element 4 =	41.66 cm
Element 5 =	37.87 cm
Element 6 =	34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

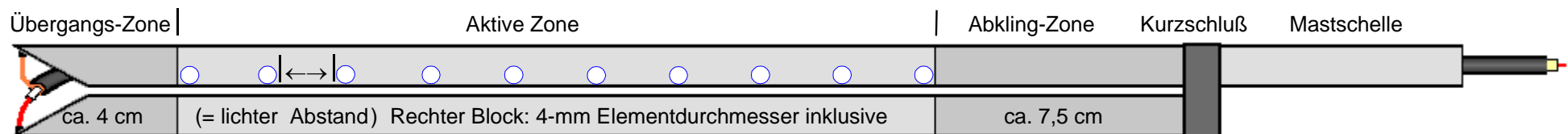
Element 1 - 2 =	7.43 cm
Element 2 - 3 =	7.39 cm
Element 3 - 4 =	7.35 cm
Element 4 - 5 =	7.30 cm
Element 5 - 6 =	7.26 cm

## Gesamtabstände:

(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 =	7.83 cm
Element 3 =	15.62 cm
Element 4 =	23.37 cm
Element 5 =	31.07 cm
Element 6 =	38.73 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?  
Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleich groß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -







# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

7 Element Stations LPDA mit Gewinn von ca: 10,6 dBd (2-m), und ca. 12,1 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1	=	53.04	cm
Element 2	=	49.88	cm
Element 3	=	46.72	cm
Element 4	=	43.56	cm
Element 5	=	40.40	cm
Element 6	=	37.24	cm
Element 7	=	34.08	cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2	=	7.43	cm
Element 2 - 3	=	7.40	cm
Element 3 - 4	=	7.36	cm
Element 4 - 5	=	7.33	cm
Element 5 - 6	=	7.29	cm
Element 6 - 7	=	7.26	cm

## Gesamtabstände:

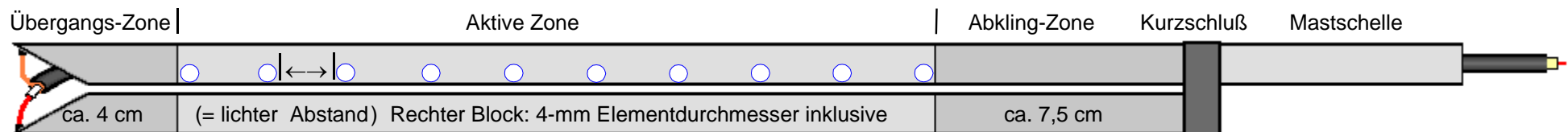
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2	=	7.83	cm
Element 3	=	15.63	cm
Element 4	=	23.39	cm
Element 5	=	31.12	cm
Element 6	=	38.81	cm
Element 7	=	46.47	cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

8 Element Stations LPDA mit Gewinn von ca: 11,1 dBd (2-m), und ca. 12,6 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1	=	53.04	cm
Element 2	=	50.33	cm
Element 3	=	47.62	cm
Element 4	=	44.91	cm
Element 5	=	42.21	cm
Element 6	=	39.50	cm
Element 7	=	36.79	cm
Element 8	=	34.08	cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2	=	7.43	cm
Element 2 - 3	=	7.40	cm
Element 3 - 4	=	7.37	cm
Element 4 - 5	=	7.35	cm
Element 5 - 6	=	7.32	cm
Element 6 - 7	=	7.29	cm
Element 7 - 8	=	7.26	cm

## Gesamtabstände:

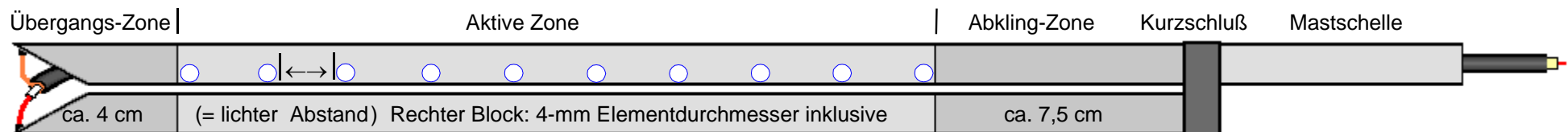
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2	=	7.83	cm
Element 3	=	15.63	cm
Element 4	=	23.41	cm
Element 5	=	31.15	cm
Element 6	=	38.87	cm
Element 7	=	46.56	cm
Element 8	=	54.22	cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

9 Element Stations LPDA mit Gewinn von ca: 10,5 dBd (2-m), und ca. 12,3 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 50.67 cm
Element 3 = 48.30 cm
Element 4 = 45.93 cm
Element 5 = 43.56 cm
Element 6 = 41.19 cm
Element 7 = 38.82 cm
Element 8 = 36.45 cm
Element 9 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.41 cm
Element 3 - 4 = 7.38 cm
Element 4 - 5 = 7.36 cm
Element 5 - 6 = 7.33 cm
Element 6 - 7 = 7.31 cm
Element 7 - 8 = 7.28 cm
Element 8 - 9 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

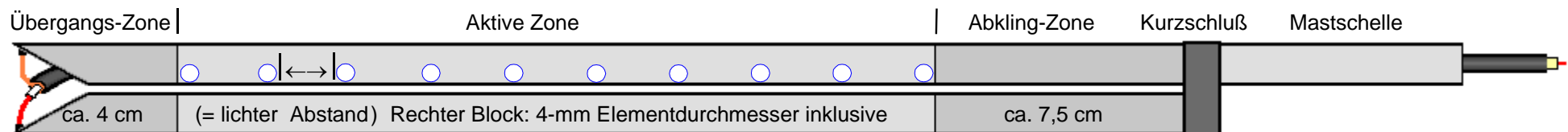
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.64 cm
Element 4 = 23.42 cm
Element 5 = 31.18 cm
Element 6 = 38.91 cm
Element 7 = 46.62 cm
Element 8 = 54.30 cm
Element 9 = 61.96 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

10 Element Stations LPDA mit Gewinn von ca: 11,9 dBd (2-m), und ca. 13,4 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 50.93 cm
Element 3 = 48.82 cm
Element 4 = 46.72 cm
Element 5 = 44.61 cm
Element 6 = 42.51 cm
Element 7 = 40.40 cm
Element 8 = 38.29 cm
Element 9 = 36.19 cm
Element 10 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.41 cm
Element 3 - 4 = 7.39 cm
Element 4 - 5 = 7.37 cm
Element 5 - 6 = 7.35 cm
Element 6 - 7 = 7.32 cm
Element 7 - 8 = 7.30 cm
Element 8 - 9 = 7.28 cm
Element 9 - 10 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

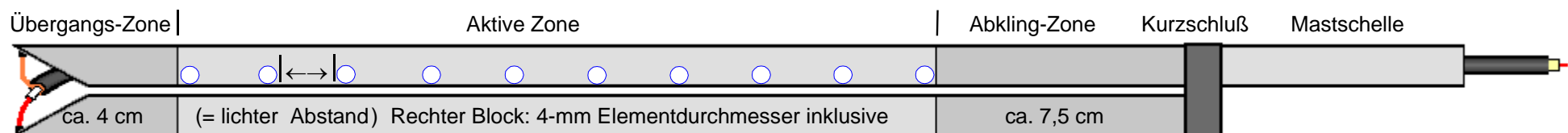
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

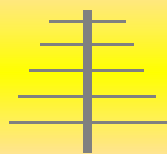
Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.64 cm
Element 4 = 23.43 cm
Element 5 = 31.20 cm
Element 6 = 38.94 cm
Element 7 = 46.67 cm
Element 8 = 54.37 cm
Element 9 = 62.05 cm
Element 10 = 69.71 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

11 Element Stations LPDA mit Gewinn von ca: 12,2 dBd (2-m), und ca. 13.7 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.14 cm
Element 3 = 49.25 cm
Element 4 = 47.35 cm
Element 5 = 45.45 cm
Element 6 = 43.56 cm
Element 7 = 41.66 cm
Element 8 = 39.77 cm
Element 9 = 37.87 cm
Element 10 = 35.98 cm
Element 11 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.41 cm
Element 3 - 4 = 7.39 cm
Element 4 - 5 = 7.37 cm
Element 5 - 6 = 7.35 cm
Element 6 - 7 = 7.34 cm
Element 7 - 8 = 7.32 cm
Element 8 - 9 = 7.30 cm
Element 9 - 10 = 7.28 cm
Element 10 - 11 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

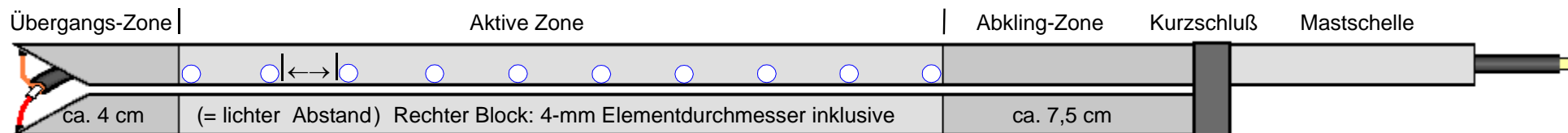
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.64 cm
Element 4 = 23.44 cm
Element 5 = 31.21 cm
Element 6 = 38.97 cm
Element 7 = 46.70 cm
Element 8 = 54.42 cm
Element 9 = 62.12 cm
Element 10 = 69.80 cm
Element 11 = 77.46 cm

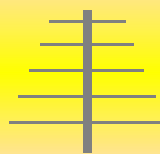
Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA







# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

12 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 12,5 dBd (2-m), und ca. 14,0 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.31 cm
Element 3 = 49.59 cm
Element 4 = 47.87 cm
Element 5 = 46.14 cm
Element 6 = 44.42 cm
Element 7 = 42.70 cm
Element 8 = 40.97 cm
Element 9 = 39.25 cm
Element 10 = 37.53 cm
Element 11 = 35.81 cm
Element 12 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.41 cm
Element 3 - 4 = 7.40 cm
Element 4 - 5 = 7.38 cm
Element 5 - 6 = 7.36 cm
Element 6 - 7 = 7.35 cm
Element 7 - 8 = 7.33 cm
Element 8 - 9 = 7.31 cm
Element 9 - 10 = 7.29 cm
Element 10 - 11 = 7.28 cm
Element 11 - 12 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

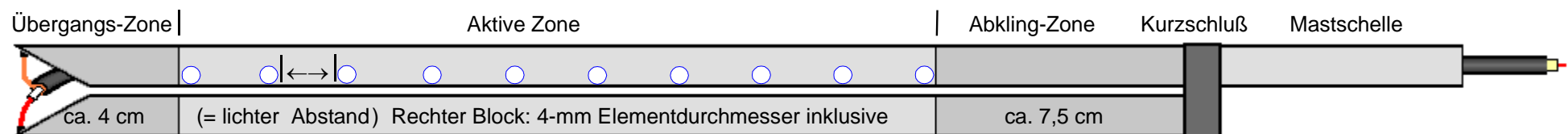
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

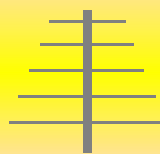
Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.44 cm
Element 5 = 31.22 cm
Element 6 = 38.99 cm
Element 7 = 46.73 cm
Element 8 = 54.46 cm
Element 9 = 62.17 cm
Element 10 = 69.86 cm
Element 11 = 77.54 cm
Element 12 = 85.20 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG !** Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

**13 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 12.8 dBd (2-m), und ca. 14,3 dBd (70-cm)**

### Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.46 cm
Element 3 = 49.88 cm
Element 4 = 48.30 cm
Element 5 = 46.72 cm
Element 6 = 45.14 cm
Element 7 = 43.56 cm
Element 8 = 41.98 cm
Element 9 = 40.40 cm
Element 10 = 38.82 cm
Element 11 = 37.24 cm
Element 12 = 35.66 cm
Element 13 = 34.08 cm

### Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.40 cm
Element 4 - 5 = 7.38 cm
Element 5 - 6 = 7.37 cm
Element 6 - 7 = 7.35 cm
Element 7 - 8 = 7.34 cm
Element 8 - 9 = 7.32 cm
Element 9 - 10 = 7.31 cm
Element 10 - 11 = 7.29 cm
Element 11 - 12 = 7.28 cm
Element 12 - 13 = 7.26 cm

### Gesamtabstände:

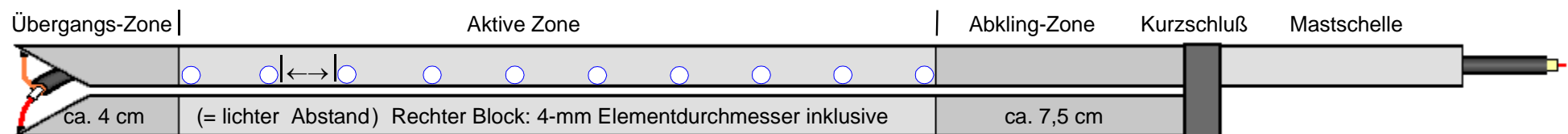
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

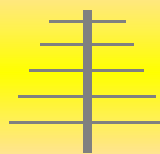
Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.45 cm
Element 5 = 31.23 cm
Element 6 = 39.00 cm
Element 7 = 46.76 cm
Element 8 = 54.49 cm
Element 9 = 62.21 cm
Element 10 = 69.92 cm
Element 11 = 77.61 cm
Element 12 = 85.29 cm
Element 13 = 92.95 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

14 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 13,0 dBd (2-m), und ca. 14,5 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.58 cm
Element 3 = 50.12 cm
Element 4 = 48.66 cm
Element 5 = 47.20 cm
Element 6 = 45.75 cm
Element 7 = 44.29 cm
Element 8 = 42.83 cm
Element 9 = 41.37 cm
Element 10 = 39.91 cm
Element 11 = 38.46 cm
Element 12 = 37.00 cm
Element 13 = 35.54 cm
Element 14 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.40 cm
Element 4 - 5 = 7.39 cm
Element 5 - 6 = 7.37 cm
Element 6 - 7 = 7.36 cm
Element 7 - 8 = 7.35 cm
Element 8 - 9 = 7.33 cm
Element 9 - 10 = 7.32 cm
Element 10 - 11 = 7.30 cm
Element 11 - 12 = 7.29 cm
Element 12 - 13 = 7.27 cm
Element 13 - 14 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

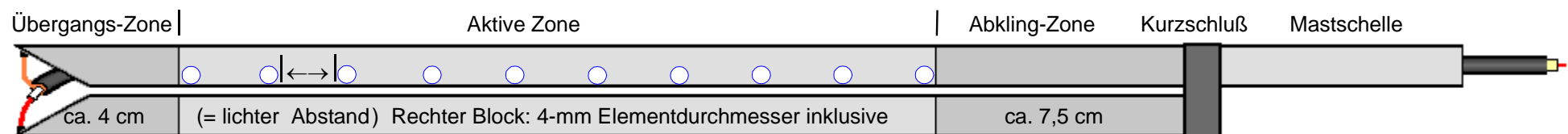
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.45 cm
Element 5 = 31.24 cm
Element 6 = 39.02 cm
Element 7 = 46.77 cm
Element 8 = 54.52 cm
Element 9 = 62.25 cm
Element 10 = 69.97 cm
Element 11 = 77.67 cm
Element 12 = 85.36 cm
Element 13 = 93.03 cm
Element 14 = 100.69 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**



# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm



15 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 13,2 dBd (2-m), und ca. 14,7 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.68 cm
Element 3 = 50.33 cm
Element 4 = 48.97 cm
Element 5 = 47.62 cm
Element 6 = 46.27 cm
Element 7 = 44.91 cm
Element 8 = 43.56 cm
Element 9 = 42.21 cm
Element 10 = 40.85 cm
Element 11 = 39.50 cm
Element 12 = 38.14 cm
Element 13 = 36.79 cm
Element 14 = 35.44 cm
Element 15 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.41 cm
Element 4 - 5 = 7.39 cm
Element 5 - 6 = 7.38 cm
Element 6 - 7 = 7.37 cm
Element 7 - 8 = 7.35 cm
Element 8 - 9 = 7.34 cm
Element 9 - 10 = 7.33 cm
Element 10 - 11 = 7.31 cm
Element 11 - 12 = 7.30 cm
Element 12 - 13 = 7.29 cm
Element 13 - 14 = 7.27 cm
Element 14 - 15 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

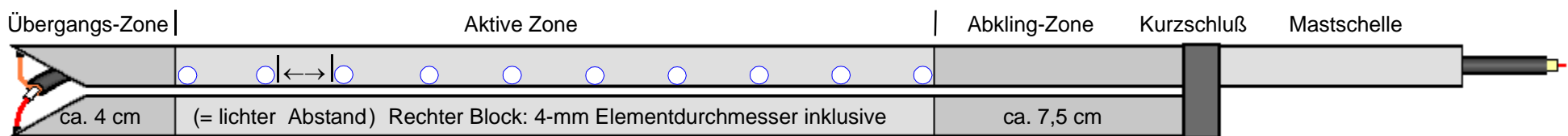
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.46 cm
Element 5 = 31.25 cm
Element 6 = 39.03 cm
Element 7 = 46.79 cm
Element 8 = 54.54 cm
Element 9 = 62.28 cm
Element 10 = 70.01 cm
Element 11 = 77.72 cm
Element 12 = 85.42 cm
Element 13 = 93.10 cm
Element 14 = 100.78 cm
Element 15 = 108.44 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranflicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**



# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm



**16 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 13,4 dBd (2-m), und ca. 14,9 dBd (70-cm)**

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.77 cm
Element 3 = 50.51 cm
Element 4 = 49.25 cm
Element 5 = 47.98 cm
Element 6 = 46.72 cm
Element 7 = 45.45 cm
Element 8 = 44.19 cm
Element 9 = 42.93 cm
Element 10 = 41.66 cm
Element 11 = 40.40 cm
Element 12 = 39.14 cm
Element 13 = 37.87 cm
Element 14 = 36.61 cm
Element 15 = 35.35 cm
Element 16 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.41 cm
Element 4 - 5 = 7.39 cm
Element 5 - 6 = 7.38 cm
Element 6 - 7 = 7.37 cm
Element 7 - 8 = 7.36 cm
Element 8 - 9 = 7.35 cm
Element 9 - 10 = 7.33 cm
Element 10 - 11 = 7.32 cm
Element 11 - 12 = 7.31 cm
Element 12 - 13 = 7.30 cm
Element 13 - 14 = 7.28 cm
Element 14 - 15 = 7.27 cm
Element 15 - 16 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

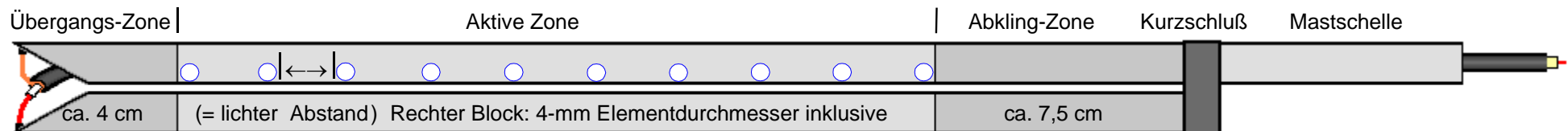
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.46 cm
Element 5 = 31.25 cm
Element 6 = 39.04 cm
Element 7 = 46.81 cm
Element 8 = 54.56 cm
Element 9 = 62.31 cm
Element 10 = 70.04 cm
Element 11 = 77.76 cm
Element 12 = 85.47 cm
Element 13 = 93.17 cm
Element 14 = 100.85 cm
Element 15 = 108.52 cm
Element 16 = 116.18 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlicken?

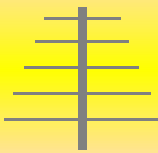
Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm



17 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 13,6 dBd (2-m), und ca. 15,1 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.85 cm
Element 3 = 50.67 cm
Element 4 = 49.48 cm
Element 5 = 48.30 cm
Element 6 = 47.11 cm
Element 7 = 45.93 cm
Element 8 = 44.74 cm
Element 9 = 43.56 cm
Element 10 = 42.37 cm
Element 11 = 41.19 cm
Element 12 = 40.01 cm
Element 13 = 38.82 cm
Element 14 = 37.64 cm
Element 15 = 36.45 cm
Element 16 = 35.27 cm
Element 17 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.41 cm
Element 4 - 5 = 7.40 cm
Element 5 - 6 = 7.39 cm
Element 6 - 7 = 7.37 cm
Element 7 - 8 = 7.36 cm
Element 8 - 9 = 7.35 cm
Element 9 - 10 = 7.34 cm
Element 10 - 11 = 7.33 cm
Element 11 - 12 = 7.32 cm
Element 12 - 13 = 7.31 cm
Element 13 - 14 = 7.29 cm
Element 14 - 15 = 7.28 cm
Element 15 - 16 = 7.27 cm
Element 16 - 17 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

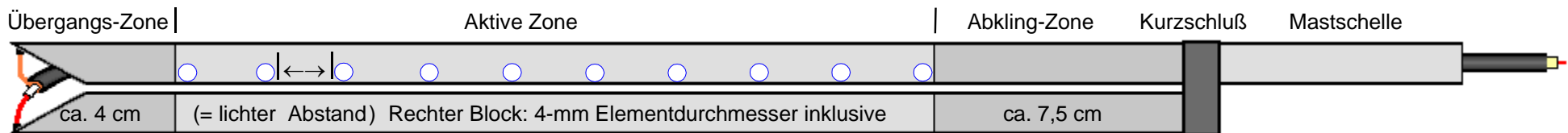
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

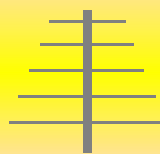
Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.46 cm
Element 5 = 31.26 cm
Element 6 = 39.04 cm
Element 7 = 46.82 cm
Element 8 = 54.58 cm
Element 9 = 62.33 cm
Element 10 = 70.07 cm
Element 11 = 77.80 cm
Element 12 = 85.52 cm
Element 13 = 93.22 cm
Element 14 = 100.92 cm
Element 15 = 108.60 cm
Element 16 = 116.27 cm
Element 17 = 123.93 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlicken?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

**18 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 13,8 dBd (2-m), und ca. 15,3 dBd (70-cm)**

### Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.92 cm
Element 3 = 50.81 cm
Element 4 = 49.69 cm
Element 5 = 48.58 cm
Element 6 = 47.46 cm
Element 7 = 46.35 cm
Element 8 = 45.23 cm
Element 9 = 44.12 cm
Element 10 = 43.00 cm
Element 11 = 41.89 cm
Element 12 = 40.77 cm
Element 13 = 39.66 cm
Element 14 = 38.54 cm
Element 15 = 37.43 cm
Element 16 = 36.31 cm
Element 17 = 35.20 cm
Element 18 = 34.08 cm

### Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.41 cm
Element 4 - 5 = 7.40 cm
Element 5 - 6 = 7.39 cm
Element 6 - 7 = 7.38 cm
Element 7 - 8 = 7.37 cm
Element 8 - 9 = 7.36 cm
Element 9 - 10 = 7.35 cm
Element 10 - 11 = 7.33 cm
Element 11 - 12 = 7.32 cm
Element 12 - 13 = 7.31 cm
Element 13 - 14 = 7.30 cm
Element 14 - 15 = 7.29 cm
Element 15 - 16 = 7.28 cm
Element 16 - 17 = 7.27 cm
Element 17 - 18 = 7.26 cm

### Gesamtabstände:

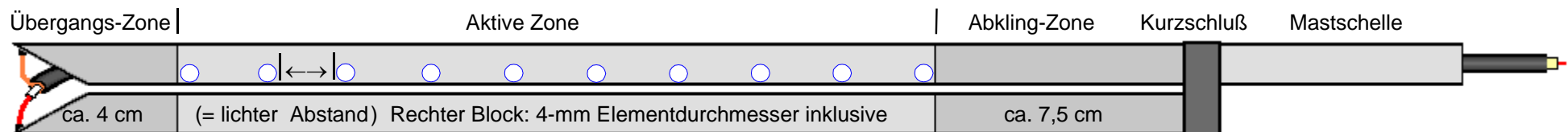
(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.46 cm
Element 5 = 31.26 cm
Element 6 = 39.05 cm
Element 7 = 46.83 cm
Element 8 = 54.60 cm
Element 9 = 62.35 cm
Element 10 = 70.10 cm
Element 11 = 77.83 cm
Element 12 = 85.56 cm
Element 13 = 93.27 cm
Element 14 = 100.97 cm
Element 15 = 108.66 cm
Element 16 = 116.34 cm
Element 17 = 124.01 cm
Element 18 = 131.67 cm

Es muß zunächst ca. 2 cm Länge zugegeben werden. Denn abschneiden geht leicht - aber dranlickern ?

Bei dieser LPDA können alle Abstandsmaße gleichgroß gemacht werden - = ca. 7,25 cm -

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**





# DUOBAND- LPDA für 2m und 70cm

19 Element Hochleistungs- LPDA mit Gewinn von ca: 14 dBd (2-m), und ca. 15,5 dBd (70-cm)

## Elementlängen:

Vom Element-Ende  
bis zur Mitte des Booms

Element 1 = 53.04 cm
Element 2 = 51.98 cm
Element 3 = 50.93 cm
Element 4 = 49.88 cm
Element 5 = 48.82 cm
Element 6 = 47.77 cm
Element 7 = 46.72 cm
Element 8 = 45.67 cm
Element 9 = 44.61 cm
Element 10 = 43.56 cm
Element 11 = 42.51 cm
Element 12 = 41.45 cm
Element 13 = 40.40 cm
Element 14 = 39.35 cm
Element 15 = 38.29 cm
Element 16 = 37.24 cm
Element 17 = 36.19 cm
Element 18 = 35.14 cm
Element 19 = 34.08 cm

## Elementabstände:

Lichter Abstand  
zwischen den Elementen :

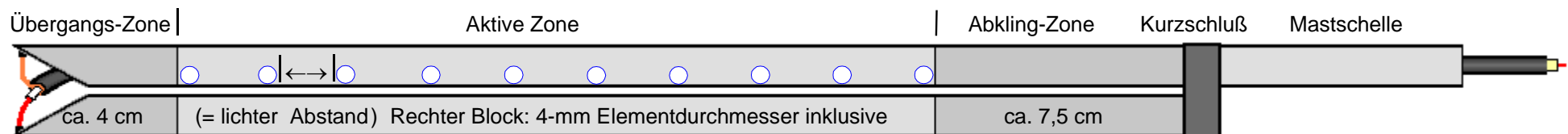
Element 1 - 2 = 7.43 cm
Element 2 - 3 = 7.42 cm
Element 3 - 4 = 7.41 cm
Element 4 - 5 = 7.40 cm
Element 5 - 6 = 7.39 cm
Element 6 - 7 = 7.38 cm
Element 7 - 8 = 7.37 cm
Element 8 - 9 = 7.36 cm
Element 9 - 10 = 7.35 cm
Element 10 - 11 = 7.34 cm
Element 11 - 12 = 7.33 cm
Element 12 - 13 = 7.32 cm
Element 13 - 14 = 7.31 cm
Element 14 - 15 = 7.30 cm
Element 15 - 16 = 7.29 cm
Element 16 - 17 = 7.28 cm
Element 17 - 18 = 7.27 cm
Element 18 - 19 = 7.26 cm

## Gesamtabstände:

(mit 4 mm Elementen)  
Von Element 1 bis :

Element 2 = 7.83 cm
Element 3 = 15.65 cm
Element 4 = 23.47 cm
Element 5 = 31.27 cm
Element 6 = 39.06 cm
Element 7 = 46.84 cm
Element 8 = 54.61 cm
Element 9 = 62.37 cm
Element 10 = 70.12 cm
Element 11 = 77.86 cm
Element 12 = 85.59 cm
Element 13 = 93.31 cm
Element 14 = 101.02 cm
Element 15 = 108.72 cm
Element 16 = 116.41 cm
Element 17 = 124.09 cm
Element 18 = 131.76 cm
Element 19 = 139.42 cm

**WARNUNG ! Üben Sie den Eigenbau zunächst unbedingt an einer 3- oder 4 Element LPDA**

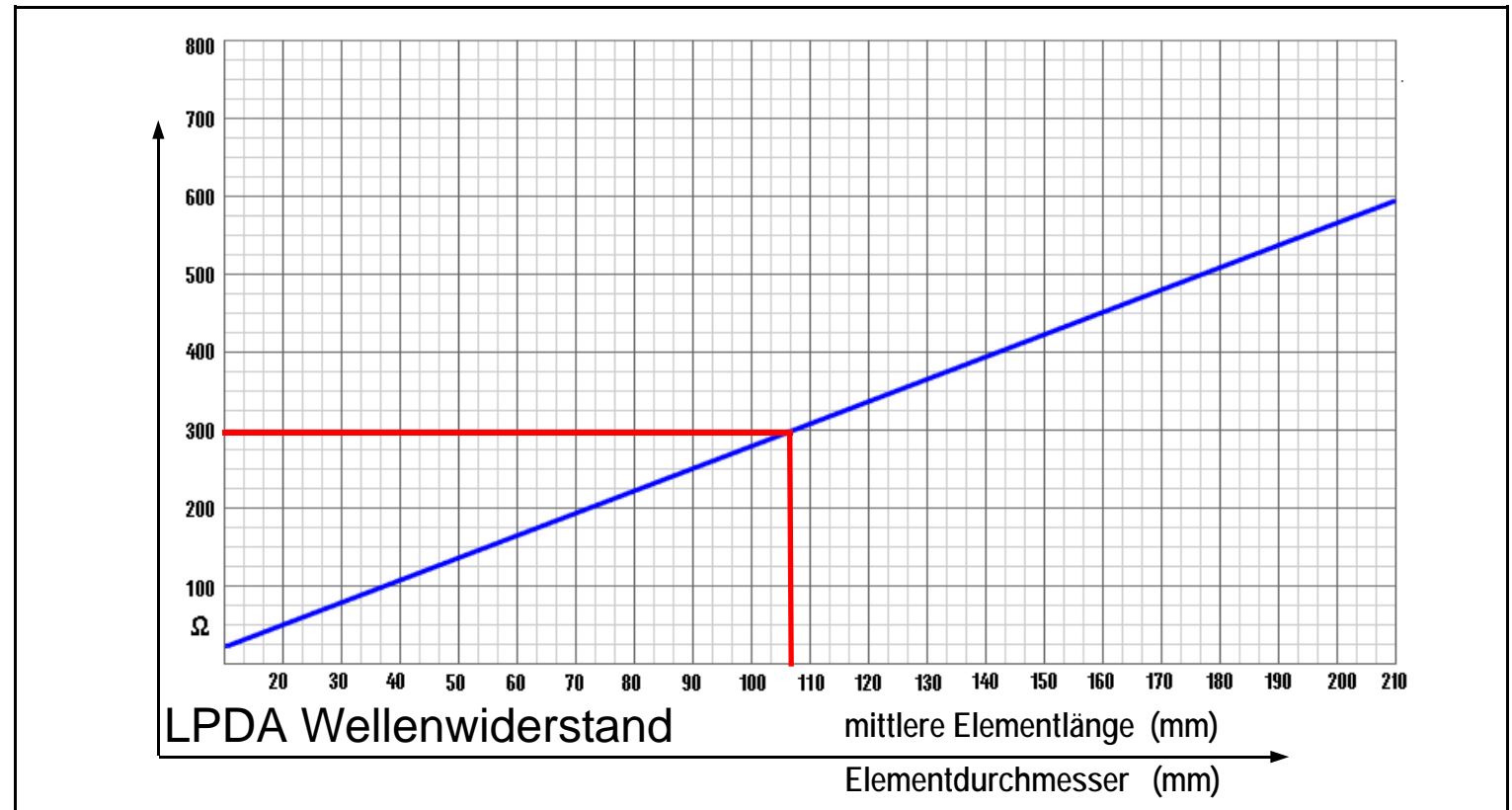


# Anhang I

Für kühle Rechner

## Der mittlere Wellenwiderstand (Fußpunktwellenwiderstand)

Am Beispiel für die hier vorgeschlagene Duo-LPDA mit Elementlängen von 53,04 - 34,08 cm, bei einem Elementdurchmesser von 4 mm.



Wir errechnen zunächst die mittlere Elementlänge:

Längstes mal kürzestes Element  $530,4 \text{ mm} \times 340,8 \text{ mm} = 180\,760 \text{ mm}^2$

Daraus die Wurzel  $\sqrt{178\,393 \text{ mm}^2} = 425,2 \text{ mm}$  (= mittlere Elementlänge).

Elem.-Länge / Durchmesser  $425,2 \text{ mm}$  geteilt durch  $4 \text{ mm} = 106,3$  (bei diesem Wert startet die rote Linie).

Mittlerer Wellenwiderstand bei 2-mm-Elementen  $Z_A = \text{ca. } 560 \text{ Ohm.}$

bei 3-mm-Elementen  $Z_A = \text{ca. } 350 \text{ Ohm.}$

bei 4-mm-Elementen  $Z_A = \text{ca. } 290 \text{ Ohm.}$

bei 5-mm-Elementen  $Z_A = \text{ca. } 220 \text{ Ohm.}$

bei 6-mm-Elementen  $Z_A = \text{ca. } 180 \text{ Ohm.}$

Rot sind die Zeilen, die für 4-mm-Elemente gelten.

# Anhang II

Für kühle Rechner

## Transformationsleitung

Der mittlere Boomabstand lässt sich aus dem Ergebnis  $Z_A$  aus Anhang I einfach errechnen:

Die Formel dazu:

$$Z_{\text{Trafoleitung}} = \sqrt{Z_E \times Z_A}$$

(Wurzel aus Eingangs- mal Ausgangswiderstand)

$$\sqrt{50 \Omega \times 290 \Omega} = \text{ca. } 120 \Omega$$

Mittlerer Boomabstand  $a \times d = 0,75$

Das sind bei Booms mit Kantenlänge:

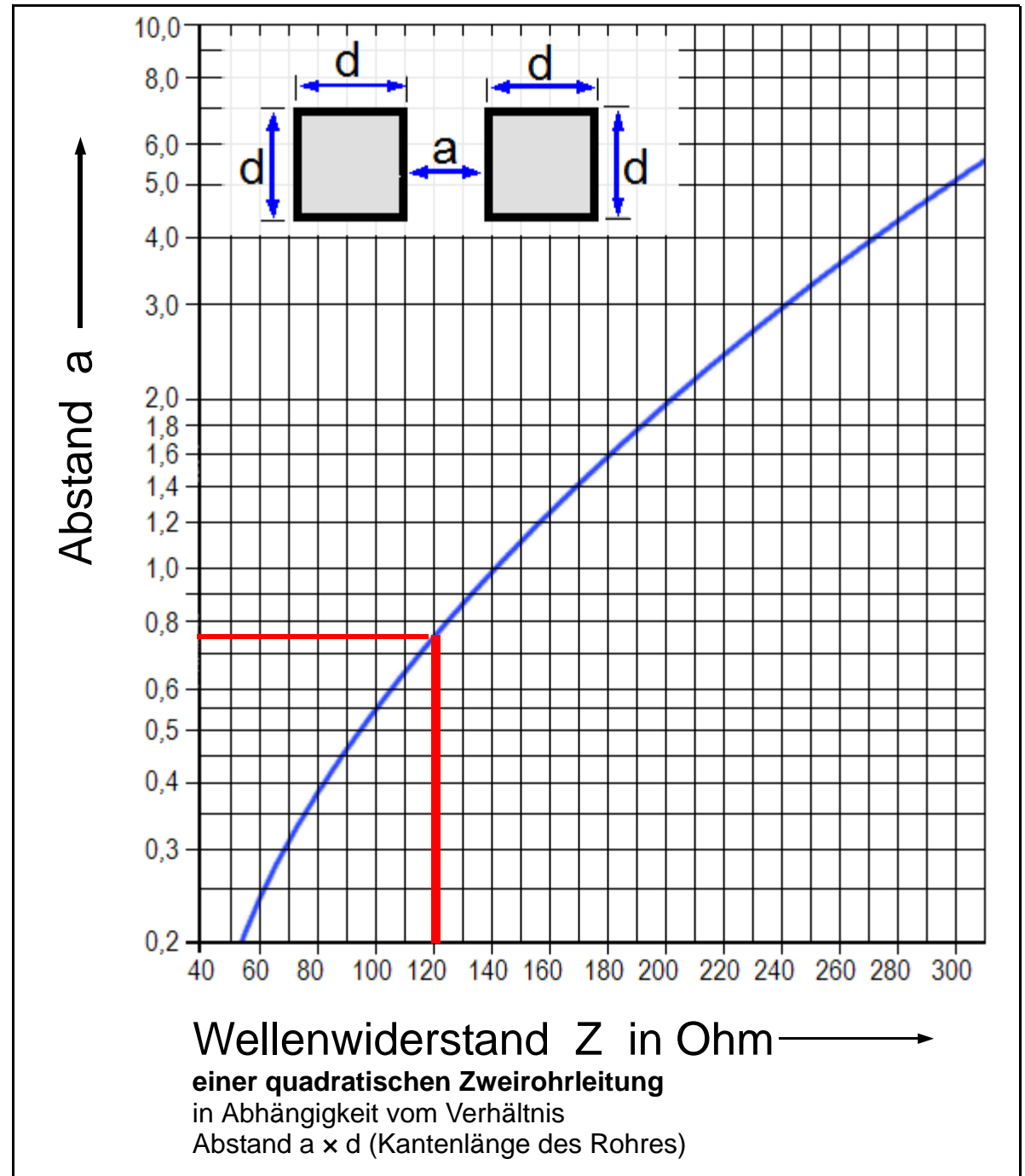
$$10 \times 10 \text{ mm} \quad a = 10 \text{ mm} \cdot 0,75 = 7,5 \text{ mm}$$

$$15 \times 15 \text{ mm} \quad a = 15 \text{ mm} \cdot 0,75 = 11,3 \text{ mm}$$

$$20 \times 20 \text{ mm} \quad a = 20 \text{ mm} \cdot 0,75 = 15 \text{ mm}$$

Und da der Eingangswiderstand vom Kabel her, also vorn noch fast 50 Ohm hat, ist dort der Abstand auch kleiner.

**Rot gilt nur für 4 mm Elemente.**



# Anhang III

## Für kühle Rechner

Für die Elementlängen ist dieses Diagramm hilfreich. Es scheint einigermaßen zu stimmen.

Für die Mittenfrequenz von

**145 MHz = 207 cm**

**207 cm** geteilt durch **0,4 cm** = **517**

ergibt sich der Verkürzungsfaktor nach dem Endabgleich für **4-mm** Elemente zu **0,948**.

Danach wird für Resonanz auf 145 MHz = 207 cm das längste **4 mm** Element: **ca. 50,3 cm**, und das kürzeste Element: **ca. 32,3 cm** lang.

### Verkürzungsfaktor bei Elementdurchmesser

von 2 mm = 0,962

von 3 mm = 0,955

**von 4 mm = 0,948**

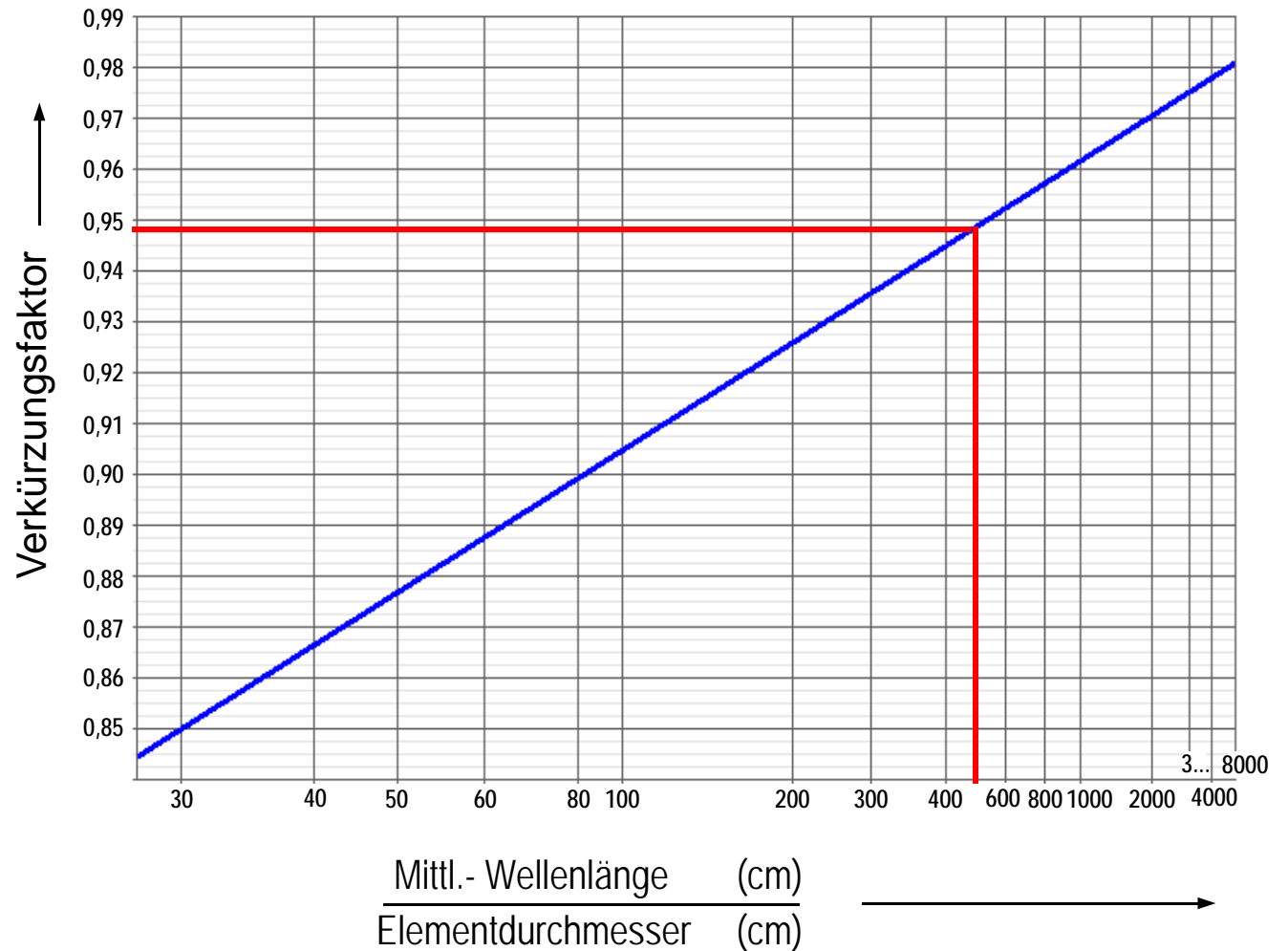
von 5 mm = 0,946

von 6 mm = 0,939

**Rot gilt nur für 4 mm Elemente.**

## Elektrischer Element-Verkürzungsfaktor

Hier nur der für Duoband LPDAs interessierende Bereich



Geplante Versuchsreihen werden die Genauigkeit dieser Kurve noch erhöhen. Denn für LPDAs scheinen noch keine präzisen Kurvenblätter verfügbar zu sein.



# Anhang IV

## Halbwellenlänge Kabel

Nach Herstellerangaben hat

<b>Aircell-7</b> einen Verkürzungsfaktor	$V_k = 0,83$
<b>RG-58</b> einen Verkürzungsfaktor	$V_k = 0,66$
<b>RG-213</b> einen Verkürzungsfaktor	$V_k = 0,66$
<b>RG142</b> einen Verkürzungsfaktor	$V_k = 0,70$

Der Rechengang:

$300\,000\,000 \text{ m/s} \div 145\,000\,000 \text{ Hz/s}$   
= 2,068 m Wellenlänge.

**Halbwellenlänge = 103,4 cm**

multipliziert mit dem Verkürzungsfaktor  $V_k$

• $V_k$ 0,83 für	• $V_k$ 0,66 für	• $V_k$ 0,7 für
<b>AIRCELL-7:</b>	<b>RG-58:</b>	<b>RG-142:</b>
1 = 86 cm	1 = 68 cm	1 = 72,4 cm
2 = 172 cm	2 = 137 cm	2 = 145 cm
3 = 257 cm	3 = 205 cm	3 = 217 cm
4 = 343 cm	4 = 273 cm	4 = 289 cm
5 = 429 cm	5 = 341 cm	5 = 362 cm
6 = 515 cm	6 = 410 cm	6 = 434 cm
7 = 601 cm	7 = 478 cm	7 = 507 cm
8 = 687 cm	8 = 546 cm	8 = 579 cm
9 = 772 cm	9 = 614 cm	9 = 651 cm
10 = 858 cm	10 = 683 cm	10 = 723 cm
11 = 944 cm	11 = 751 cm	11 = 796 cm

## Ungefähre Elementlängen nach Endabgleich für Resonanz im gesamten 2 m - und 70 cm Band mit SWR $\leq 1,1$

Empirische Tests ergaben die endgültigen Elementlängen nach dem Endabgleich. Die Längen von der Boom-Mitte bis zum Ende der Elemente hatten danach folgende Maße . . .

**des längsten Elements bei 2 mm Elementen** = ca. **51,1 cm**  
**und für das kürzeste Element:** = ca. **32,8 cm**

**des längsten Elements bei 3 mm Elementen** = ca. **50,7 cm**  
**und für das kürzeste Element:** = ca. **32,5 cm**

**des längsten Elements bei 4 mm Elementen** = ca. **50,3 cm**  
**und für das kürzeste Element:** = ca. **32,3 cm**

**des längsten Elements bei 5 mm Elementen** = ca. **50,1 cm**  
**und für das kürzeste Element:** = ca. **32,2 cm**

**des längsten Elements bei 6 mm Elementen** = ca. **49,8 cm**  
**und für das kürzeste Element:** = ca. **32,0 cm**

Sollte bei Ihrem Endabgleich scheinbar eine noch weitere Verkürzung erforderlich sein, so ist **VORSICHT** geboten! Möglicherweise sind Ihnen beim Fertigen der Antenne Fehler unterlaufen. Nun lieber erst alle Möglichkeiten prüfend kontrollieren, und den Fehler korrigieren.

## Verwendete Formeln:

### Ele. - Verkürzungsfaktor $V_e$

$$V_e = \sqrt[n-1]{\frac{KE}{LE}}$$

$V_e$  = Elementverkürzungsfaktor  
 $n$  = Anzahl Elemente (-1)  
LE = längstes Element (52,33 cm)  
KE = kürzestes Element (34,09 cm)

### Abstandsfaktor $V_a$

$$V_a = \sqrt[n-2]{\frac{TF}{HF}}$$

$V_a$  = Element-Abstandsfaktor  
 $n$  = Anzahl der Elemente (-2)  
HF = höchste Frequenz (146,7)  
TF = tiefste Frequenz (143,3)

**Element Verkürzungsfaktor:** Längstes bis kürzestes Element entspricht 143,3 MHz bis 220 MHz.

Denn  $f_{res}$  vom kürzesten Element ist = 220 MHz. **Der Element Abstandsfaktor** entspricht aber nur 143,3 MHz bis 146.7 MHz.

### Viertelwellen (Halb)element:

Ausgehend von der Formel  $\lambda = c / f$ , wird verwendet:  $\lambda/4 = 7500 / 143.3$ ; Ergibt 52,33 cm.  
für das längste Element. • Für das kürzeste Element gilt:  $\lambda/6 = 5000 / 146,7$ ; Ergibt 34,08 cm.

### Elementabstand:

Der gewinnbringendste Elementabstand von 70 mm, (genauer 72,6 mm) wurde durch Testversuche mit Versuchsaufbauten ermittelt.

Formel:  $c = 7 \text{ cm}$ , *multipliziert mit Mittenfrequenz*; =  $7,0 \times 145$ ; Ergibt **1015** und  $7,0 \times 435 = \mathbf{3045}$

**Das Ergebnis (ca.3045)** wird deshalb für Breitband-, und (**ca. 1015**) wird für Duoband- Abstandsberechnung verwendet.

### Halbwellen bzw. Viertelwellenleitung:

Es wird für Halbwellen die abgewandelte Formel verwendet:  $\lambda/2 = 15000 / 145$  (145 = Mittenfrequenz).

**Das Ergebnis 103,45 cm** wird mit dem Verkürzungsfaktor für das Kabel multipliziert.

Viertelwellen:  $\lambda/4 = 7500 / 145$ .

### Viertelwellen- Transformationsleitung:

Um eine Impedanz von z.B. 50 Ohm, an eine Antenne oder ähnliches anzupassen, muß ein Viertelwellen-Trafo einen bestimmten Wellenwiderstand aufweisen.

Formel: *Impedanz der Trafoleitung* = *Wurzel aus: Eingangswiderstand multipliziert mit Ausgangswiderstand in  $\Omega$*

## ANDIA - Diagramm

Das simple DOS-Programm ANDIA ermöglicht es, Antennen-Diagramme zu erstellen.

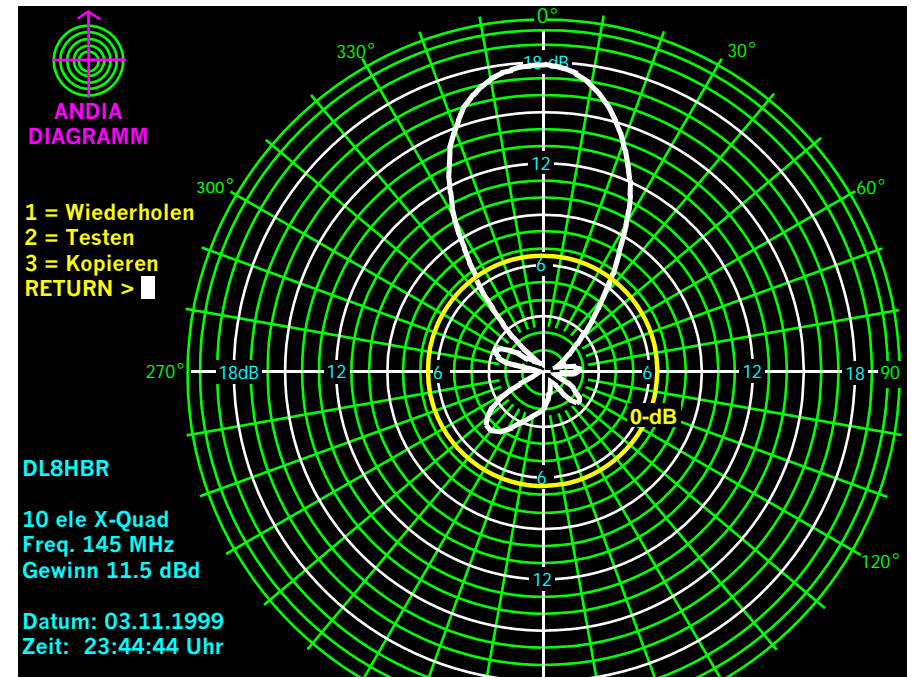
Die zu untersuchende Antenne empfängt während eines 360° Umlaufes die Feldstärke eines geeigneten Signalgenerators.

Die Empfänger- S-Meter-Spannung wird dem Eingang eines speziellen A/D-Wandlers zugeführt. Das Ausgangs-Signal des A/D-W steuert über den COM-Port das DOS-Programm.

Das so entstandene Diagramm enthält mit ca. +/- 5% Toleranz den Gewinn, der von der getesteten Antenne zu erwarten ist. Es werden Zeitpunkt und Angaben über den Test festgehalten, und gespeichert.

Das Diagramm-Bild wird in einem Ordner gespeichert, und kann jederzeit wiedergegeben werden.

Der A/D-Wandler wird als Bausatz, oder als Fertigbaustein von CONRAD-Elektronic vertrieben. Unter der Bezeichnung: Datenerfassungssystem, Artikel-Nr.: 190226 gibt es den fertigen Baustein für €35,85



Wer sich sehr intensiv mit dem Antennen- Selbstbau beschäftigt, dem könnte **ANDIA** eine Hilfe sein.

Schicken Sie mir eine E-Mail, dann bekommen Sie das Programm von mir kostenlos.

Angesichts der kleinen Gruppe interessierter Leute, lohnte es nicht, das Programm auf der Homepage zu parken.

E-Mail: [dl9hcg@alice-dsl.net](mailto:dl9hcg@alice-dsl.net)