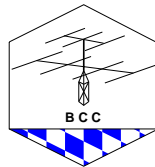


Kombination von mehreren Antennen für den Contestbetrieb

Peter Pfann, DL2NBU
Bernhard Büttner, DL6RAI

Stand: 2. Februar 2003



Kurze Vorgeschichte

Eine Schaltung zur Kombination mehrerer Kurzwellen-Yagiantennen wurde von Jay Terleski, WXØB, bereits 1995 in [1] beschrieben. Unter dem Produktnamen "Stack-Match" ist das Gerät von ARRAY SOLUTIONS als 3kW- und 5kW-Version erhältlich.

Doch wozu benötigt man eine solche Schaltung? Erkannt wurde die Nützlichkeit, mehrere Antennen gleichzeitig zu benutzen bei dem Weltrekordversuch unter dem Rufzeichen CN8WW im Jahre 1999. Um mehrere Richtungen gleichzeitig abzudecken (Europa und USA liegen von dort in der Strahlrichtung 90° auseinander) und dabei den Gewinn der Richtantennen beizubehalten, wurde die Idee geboren, zwei fest ausgerichtete Antennen in die Hauptrichtungen wahlweise zu kombinieren. Zusätzlich konnte noch eine dritte Antenne zugeschaltet werden, die nach z.B. nach Afrika, Südamerika oder den langen Weg nach Japan gerichtet war. Dies ermöglichte schnell einen Multiplikator zu arbeiten. Die von WXØB freundlicherweise zur Verfügung gestellten Systeme funktionierten einwandfrei, und der dadurch erzielte Zeitgewinn war so erheblich, daß man begann, über diese Idee auch zuhause nachzudenken.

So lassen sich auch am Standort Deutschland zwei oder drei Antennen recht gut miteinander kombinieren. An unserem Contest-QTH Siegenburg stehen beispielsweise jeweils eine Monoband-Yagi für die Bänder 10-20 m und eine Dreiband-Yagi (KLM KT34-XA) zur Verfügung. Zusätzlich wurde eine Fritzel GPA40 Vertikalantenne mit

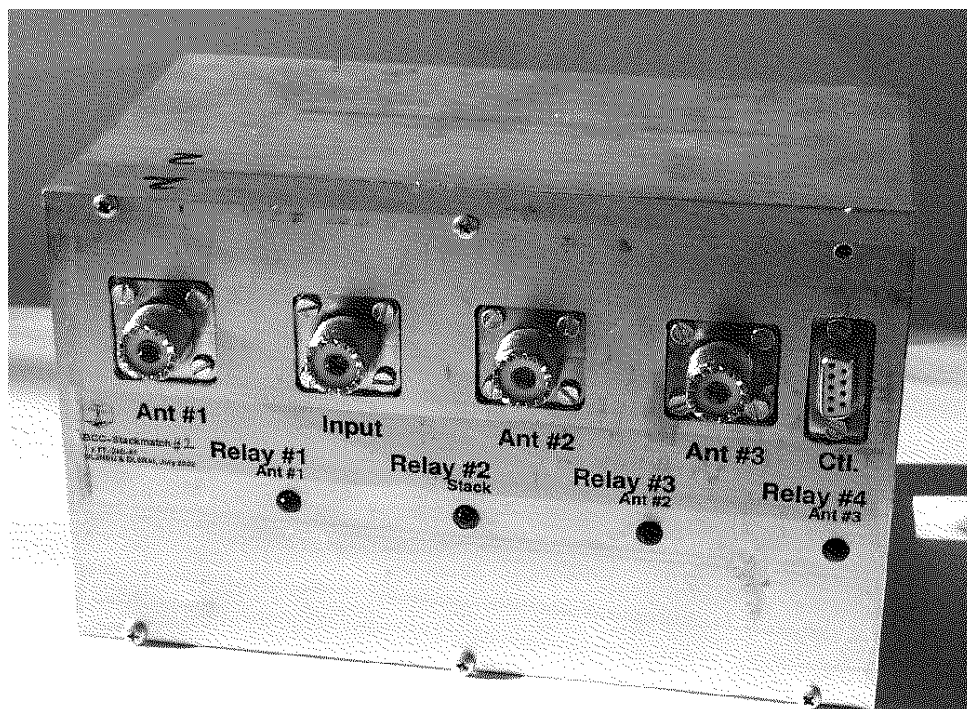


Abbildung 1: Fertiges Gerät, wie es am Contest-Standort Siegenburg im Einsatz ist.

Rundstrahlcharakteristik aufgebaut. Die Kombination dieser drei Antennen erlaubt es beispielsweise

- bei Wechselbedingungen in zwei Richtungen CQ zu rufen (häufig genutzte Kombinationen sind: USA und Japan, oder Japan und Afrika oder Nordamerika und Südamerika)
- eine Antenne in der Hauptrichtung zu lassen, und die zweite in die Richtung eines gesuchten Multiplikators zu drehen, während der CQ-Betrieb ungestört weitergeht. Zum Arbeiten des Multiplikators wird dann zielgerichtet umgeschaltet.
- oder blitzschnell eine abseits der Hauptrichtung anrufende Station über die Ground-Plane-Antenne aufzunehmen.

In Eigenentwicklung wurde ein Gerät mit großzügiger Dimensionierung geplant und gebaut, welches im folgenden beschrieben ist.

Schaltungsbeschreibung

BCC-Stack-Match

Um mehrere 50- Ω -Antennen an ein 50- Ω -Koaxialkabel anzuschließen, ist eine Anpassung erforderlich. Übliche Anpassschaltungen sind:

1. Transformation der Antennenimpedanz über $\lambda/4$ -Leitung 75 Ω auf 100 Ω und anschließendes Parallelschalten.
2. Transformation der parallelgeschalteten Antennenimpedanz (25 Ω) über $\lambda/4$ -Leitung (37,5 Ω = 2 x 75 Ω parallel).
3. Transformation der parallelgeschalteten Antennenimpedanz (25 Ω) über L/C-Netzwerk.
4. Transformation der parallelgeschalteten Antennenimpedanz über Breitbandübertrager.

Alle oben genannten Lösungen setzen voraus, dass alle Antennen die gleiche Impedanz haben, da sich sonst die Sendeleistung ungleichmäßig aufteilt. Das ist für den normalen Anwendungsfall gegeben, ansonsten sind Schaltungen wie Wilkinson-Power-Divider oder ähnlich zu verwenden. Die Lösungen 1-3 haben den Nachteil, daß sie nur für ein bestimmtes Band einsetzbar sind, während Lösung 4 für den gesamten Kurzwellenbereich realisiert werden kann. Rechnerisch ergeben zwei parallelgeschaltete 50- Ω -Antennen 25 Ω , drei parallelgeschaltete Antennen 16,7 Ω . Bei Einsatz eines leicht zu realisierenden Breitbandübertragers von 50 Ω auf 22,2 Ω ergeben sich VSWRs von ca. 1:1,1 (2 Antennen) 1:1,3 (3 Antennen), so dass mit dieser Konfiguration beide Anwendungsfälle abgedeckt werden können.

Über Relais lassen sich die Antennen einzeln auswählen. Ist mehr als eine Antenne ausgewählt, wird der Breitbandübertrager in den Signalpfad geschaltet, andernfalls wird direkt auf die jeweils ausgewählte Antenne geschaltet. Der Breitbandübertrager ist immer parallel zur 50- Ω -Trx-Buchse angeschlossen, auch wenn er nicht benötigt wird – der Blindwiderstand der drei in Serie geschalteten Wicklungen ist auch auf dem niedrigsten Band noch so hoch, daß keine störende Beeinflussung auftritt. Dadurch wird nur ein Relais mit einem Umschalter benötigt (sonst 2 Umschalter). In der Praxis konnten durch diese Vereinfachung keine Nachteile festgestellt werden.

Steuergerät

Die Auswahl der verschiedenen Antennenkombinationen erfolgt über einen Drehschalter. Relais 1, 3 und 4 sind den Antennenausgängen A, B und C zugeordnet. Relais 2 wird immer dann aktiviert, wenn zwei oder drei Antennen zu kombinieren sind.

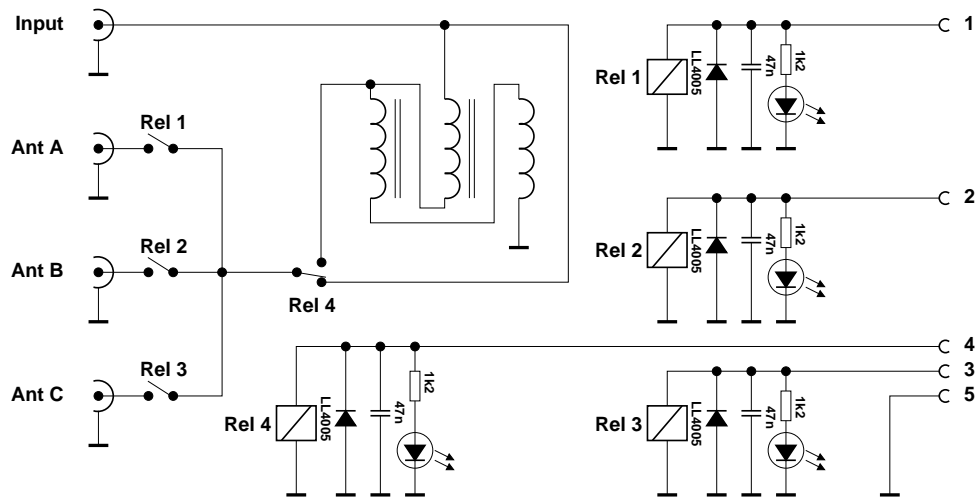


Abbildung 2: Schaltung des BCC-Stack-Match.

Pos	Funktion	Rel. 1	Rel. 2	Rel. 3	Rel. 4
1	A	X	-	-	-
2	B	-	X	-	-
3	C	-	-	X	-
4	A+B	X	X	-	X
5	A+C	X	-	X	X
6	B+C	-	X	X	X
7	A+B+C	X	X	X	X

Tabelle 1: Schaltlogik der Stackmatch-Steuerung

Die Ansteuersignale für die 4 Relais werden über eine Diodenmatrix kodiert. Für die Verbindung Steuergerät-Stackmatch wird ein 5-poliges Steuerkabel mit D-Sub-Stecker und -Buchse verwendet. Die Schaltlogik ist in Tabelle 1 dargestellt.

Aufbau

Wickeln des Übertragers

Für Breitband-Leistungsübertrager im Kurzwellenbereich bietet sich das Ferritmaterial 61 von Fairrite (oder Amidon) an. Es hat ein μ_i von 125 und ist im Bereich zwischen 1 MHz bis 30 MHz sehr verlustarm. Als Kern wurde ein FT-240-Ringkern gewählt. Mit dieser Kerngröße verkraftet der Übertrager problemlos 1,5 kW. Bei deutlich größeren Leistungen sollten 2 Kerne übereinander eingesetzt werden.

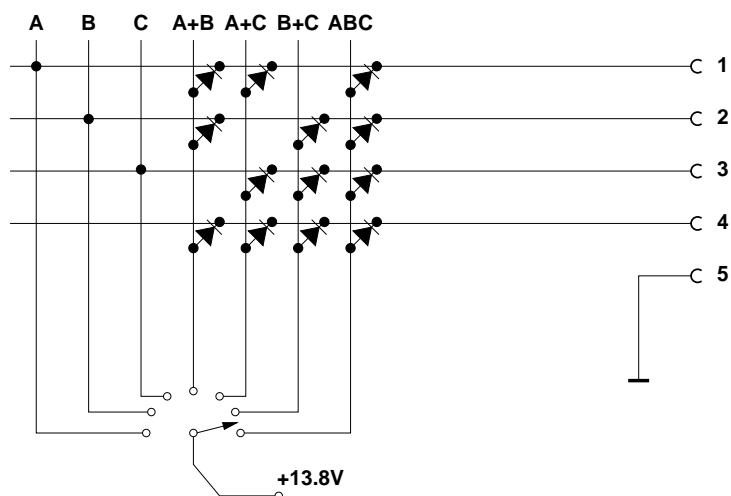


Abbildung 3: Schaltung des Bediengeräts.

Um die geforderte Breitbandigkeit zu erreichen, ist eine trifilare Bewicklung notwendig. Wer es besonders gut machen will, kann den Kern auch quintifilar bewickeln, indem der jeden 2,7-mm-Draht durch je zwei parallelgeschaltete 2,2-mm-Drähte ersetzt. Damit wird der Wellenwiderstand der Leitung niederohmiger und das VSWR auf den oberen Bändern besser.

Als Draht wird Kupferlackdraht verwendet. Eine spezielle Isolierung wie Teflon ist nicht nötig, da keine hohen Spannungen auftreten. Die Verschaltung ist in Abbildung 4 gezeigt.

Die drei Kupferlackdrähte sollten *vor* dem Wickeln an einer Seite miteinander verlötet werden. Nun steckt man das verlötete Ende ca. 10 cm durch den Ringkern und führt auf der anderen Seite den ersten Draht einmal um den Kern (eine Windung), anschließend den zweiten, danach den dritten. Anschließend wiederholt sich die Prozedur, indem man wieder beginnend mit dem ersten Draht eine weitere Windung aufbringt. Wichtig: Die Drähte müssen eng nebeneinander geführt werden. Ist der Abstand zwischen den Drähten zu groß, ergibt sich ein höherer Wellenwiderstand und das VSWR auf den oberen Bändern (10-20 m) verschlechtert sich. Wer den Stackmatch nur auf 20m-10m einsetzen will, kann statt der 7 nur 5 Windungen nehmen. Das VSWR wird dann auf diesen Bändern besser.

Die Kupferlackdrähte werden nach Abbildung 4 verschaltet. Bei Verwendung einer quintifilaren Wicklung wird das Verhalten des Übertragers auf den oberen Bändern besser. Dazu werden 5 Kupferlackdrähte auf den Kern gewickelt, wobei die in der Abbildung gezeigten äußeren Wicklungen aus 2 parallelgeschalteten Drähten bestehen, während die mittlere nach wie vor aus einem Draht besteht.

Der Breitbandübertrager sollte vor dem Einbau getestet werden. Dazu werden auf der 22- Ω -Seite zwei 50- Ω -Widerstände parallelgeschaltet und dann mit einem Meßsender oder SWR-Analyzer an 50 Ω -Seite das VSWR gemessen.

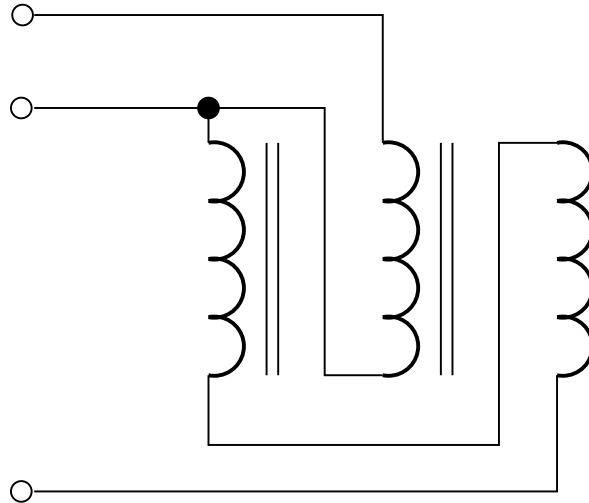


Abbildung 4: Verschaltung des Übertragers. Das Übertragungsverhältnis ist 1:2,25

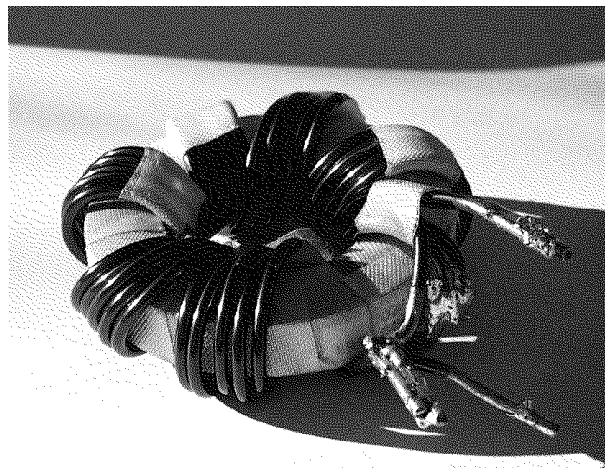


Abbildung 5: Bild eines quintifilar gewickelten Übertragers. Der mittlere Draht ist die Wicklung, welche am 50- Ω -Punkt angeschlossen wird.

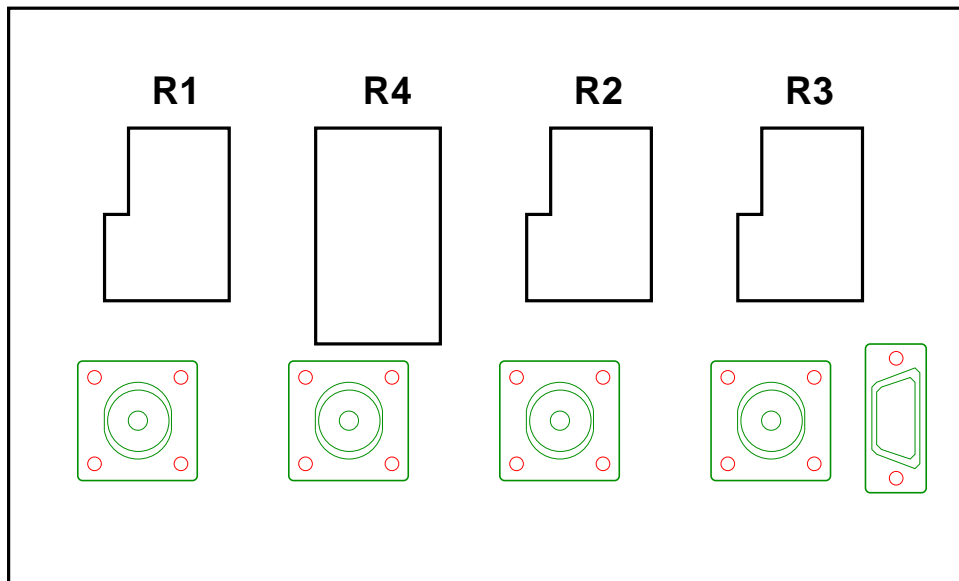


Abbildung 6: Chassisblech nach dem Stanzen.

Montagearbeiten

Stackmatch-Montage - Dauer ca. 3,5 Std.

Die Angaben "rechts", "oben" usw. beziehen sich die in Abbildung 6 dargestellte Orientierung des Chassisbleches.

1. Vom Chassisblech 5 mm auf der rechten Seite abschneiden.
2. Anreißen LED-Bohrungen, 43 von oben, 12/56/100/144 von rechts.
3. Anreißen SO-239 Mittelpunkte, 34 von unten, 41/85/129/173 von rechts.
4. Anreißen D-Sub-Buchse, 15 von rechts, 21.3/34/46.7 von unten
5. 3 mm Löcher bohren: SO-239-Mittelpunkte, LED-Bohrungen
6. Relaischablone an den LED-Mittelpunkten anschrauben und Montagelöcher bohren, 11 Löcher x 3 mm.
7. SO-239-Schablone anschrauben und Montagelöcher mit Bohrmaschine anreißen. SO-239-Löcher bohren 16 x 3,5 mm.
8. LED-Fassung bohren, 4 x 7,5 mm sowie Mittelloch der D-Sub-Buchse.
9. LED-Fassungen im Gehäuse ca 2 mm tief auf 8 mm aufbohren und Loch ansenken.

10. Späne können nun entfernt werden.
11. 4 Stück Platinen 10 x 30 mm herstellen. Bohren nach Maß Relais-Schablone, Platine in der Mitte anfeilen, so daß Fassung durchschauen kann.
12. Relaisfassungen herstellen, Pins lassen sich durch mehrmaliges Biegen einfach abbrechen. 3 x Typ 1 (lang, 90° abgewinkelt, 3 mm Loch) 8 x Typ 2 (kurz, 90° abgewinkelt, 3 mm Loch) 26 x Typ 4 (kurz gerade) - jeweils zwei gegenseitig verlöten Bei 5 Paar von Typ 4 wird die Obere Fläche um 90° gebogen.
13. Montage der vier Relaisfassungen mit je zwei Typ 2. Die Kunststoffschraube kommt näher zum Rand hin.
14. 16 Stück 17-mm-Abstandsbolzen auf SO-239 montieren.
15. 2 Stück 18-mm-Abstandsbolzen auf D-Sub-9f montieren.
16. 26 cm 5-pol. Flachbandlitze an D-Sub-Buchse löten, Pins wie folgt verdrahten:
Pin 1 -> Draht 1
Pin 2 -> Draht 5
Pin 3 -> Draht 2
Pin 4 -> Draht 4
Pin 5 -> Draht 1
17. D-Sub-Buchse auf dem Chassis montieren.
18. Deckel aufstecken und von links her eine SO-239 nach der anderen montieren. Dabei Deckel und Chassis im Schraubstock leicht fixieren.
19. SMD-Bauteile auflöten. Diode, C, Widerstand, zuletzt LED-Fassung. Der längere Pin kommt an den Widerstand.
20. Funktionstest, ob LEDs leuchten.
21. Verdrahtung der Schaltlitze. Pin 1 und 2 an R3. Danach 90°-Knick, und nun rückwärts weiter zu R2, R4 und am Ende R3. Draht 1 = R1
Draht 2 = R2
Draht 3 = R3
Draht 4 = R4
Draht 5 = Masse
22. Relais bestücken.
23. Funktionstest, ob Relais anziehen.
24. Relais R4 mit Befestigungswinkel fixieren, Löcher im Chassis: 3,5 mm
25. Restliche Flachsteckverbinder auf die Relaiskontakte montieren.

26. Kupferbleche zurechtschneiden. Ein langes, breites Blech für den 17-Ohm-Bus sowie kurze, etwa halb so breite Bleche für die Anschlüsse zwischen den SO-239-Buchsen und den Relais. Bleche verlöten.
27. Übertrager einbauen. Ein Drahtende etwas abfeilen und dort die M3-Lötöse montieren. Die restlichen zwei Anschlüsse durch das vorgesehene Loch bei R4 stecken und verlöten.
28. Chassis und Deckel zusammenstecken, ggf. durch Klopfen auf die SO-239-Mittelpunkte etwas nachhelfen.
29. 6 x 3-mm-Montagelöcher durch den Gehäusedeckel im Chassisblech bohren.
30. Deckel, Chassis und Unterteil zusammenschrauben.

Inbetriebnahme

Nach Durchführung der Montagearbeiten wird der Umschalter entsprechend Abbildung 3 verdrahtet. Es ist keine separate Platine notwendig, die Dioden werden direkt an die Anschlüsse gelötet.

Nach Konfektionierung eines Kabels mit D-Sub-Stecker (oder Kauf im Computerhandel) werden Schalter und Stackmatch miteinander verbunden.

Beim Durchschalten der verschiedenen Schalterstellungen müssen die Leuchtdioden entsprechend Tabelle 1 leuchten.

Wer 3 Dummy Loads besitzt, kann das SWR bei den verschiedenen Schalterstellungen messen. Es sollte bei Auswahl von einer Antenne und 1,3, bei Auswahl von 2 Antennen unter 1,6 und bei 3 Antennen unter 1,8 liegen.

Erfahrungen

Der hier beschriebene Stackmatch ist seit ca. einem Jahr am Contest-QTH Siegenburg in Betrieb. Das System kombiniert dort eine über einen SixPak geschaltete Monobandantenne (10m bis 40m) mit einem KLM KT34-XA und einer GPA-40. Der Operator kann so Stationen aus zwei verschiedenen Richtungen bedienen, z.B. gleichzeitig Japan und Afrika oder Japan und USA oder Nord- und Südamerika. Die Bedienung erfolgt über einen Drehschalter.

Bisher funktionierte das System in mehreren Contesten einwandfrei.

Danksagung

Unser Dank gilt: Matthias, DK4YJ, für die Fräsarbeiten am Gehäuse; Helmut, DK6WL für die Stanzarbeiten im Chassisblech; Dieter Schuster, DL8OH, für die Beschaffung von Kupferlackdraht; Hans, DK3YD, für viele nützliche Ratschläge.

Stückliste

Pos.	Beschreibung	Menge	Best-Nr.	Quelle
1	Quadratrohr, Alu, 120x120, 5 dick seitlich aufgeschnitten	1	-	M
2	Chassisblech, Alu, 200x120, 2 dick	1		WL
3	Seitenblech, Alu, 120x118.5, 2 dick	2		
4	Z-Winkel, 30 breit 55 hoch, Fixierung von Relais 4	1		
5	Distanzbolzen M3x18, für Montage SO-239	16	18H2478	B
6	Distanzbolzen M3x17, für Montage D-Sub	2	18H2476	B
7	Blechschraube 2,9 x 13, verzinkt	8		
8	Zylinderkopfschraube, M3x8, verzinkt	47	14H780	B
9	Zylinderkopfschraube, M3x30, verzinkt	6		
10	Kunststoffschraube, M3x10	3	16H406	B
11	Lötöse 2,5 mm ² x M3 (Erdanschluß Übertrager)	1	12H502	B
12	Mutter M3 verzinkt	13	16H724	B
13	SO-239 NP, Teflon	4		
14	Flachsteckverbinder, Typ 11705	37	05F430	B
15	D-Sub Buchse 9f	1		
16	Widerstand, 1.2k, 0.3W, Kohleschicht, bedrahtet	1	17E245	B
17	Diode, SM4005	4	24S7184	B
18	Kondensator, SMD, 1206, 47 nF	4	53D332	B
19	LED 5 mm LS5460-K	4	67S5331	B
20	LED-Halterung, 17 mm	4	32G2812	B
21	HF-Relais, S5ØS-Sonderanfertigung	4		
22	Flachbandkabel, 6-pol., Angabe in cm	26		
23	CuL-Draht, Durchm 2,7 mm, Angabe in cm	170		
24	Ringkern FT-240-61	1		BG

Bezugsquellen:

Kürzel	Bezugsquelle
B	Fa. Bürklin, München, Schillerstraße
M	Fa. Alu-Meier, München, Hofmannstraße
WL	DK6WL
BG	Fa. Bausch-Gall GmbH, München, Wohlfahrtstraße

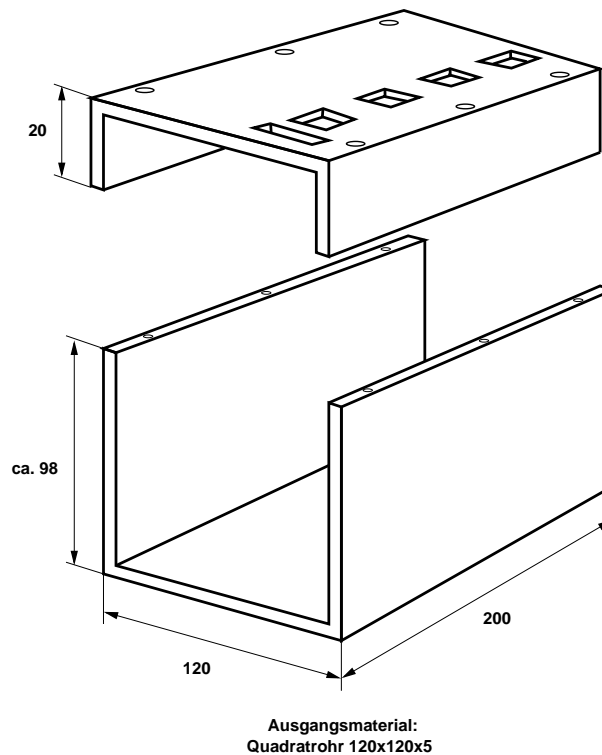


Abbildung 7: Stackmatch-Gehäuse in perspektivischer Darstellung

Beschriftung

Die Beschriftung wird mit einem Laserdrucker auf eine selbstklebenden Folie gedruckt, im Ganzen ausgeschnitten und auf der Vorderseite aufgebracht.

Literatur

- [1] Jay Terleski, WXØB: A Single-Tower, Multioperator Contest Station; National Contest Journal, July/August 1995, Volume 23, Nr. 4., S5-9.

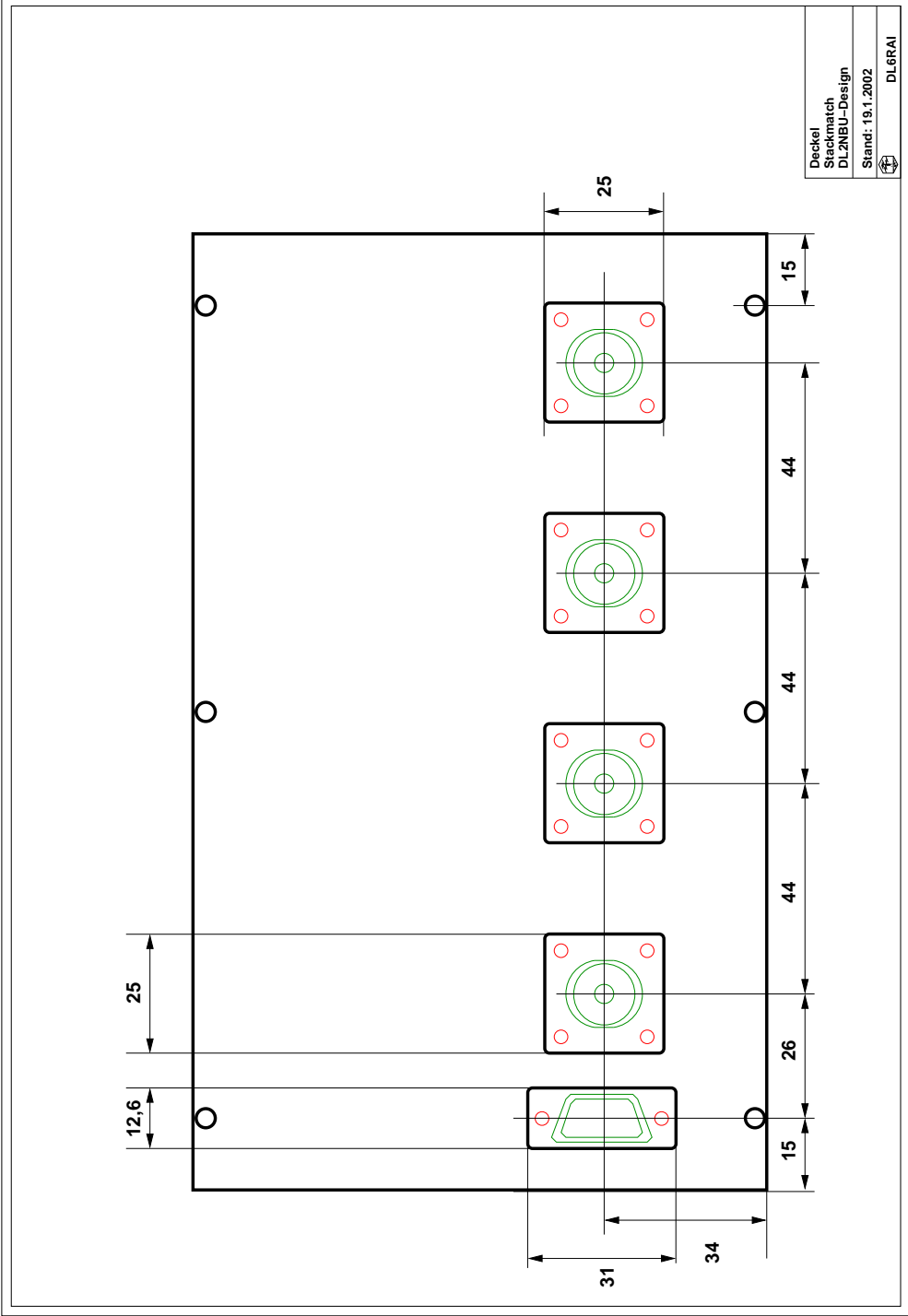


Abbildung 8: Bemaßungen für die Bohrungen im Chassisblech.

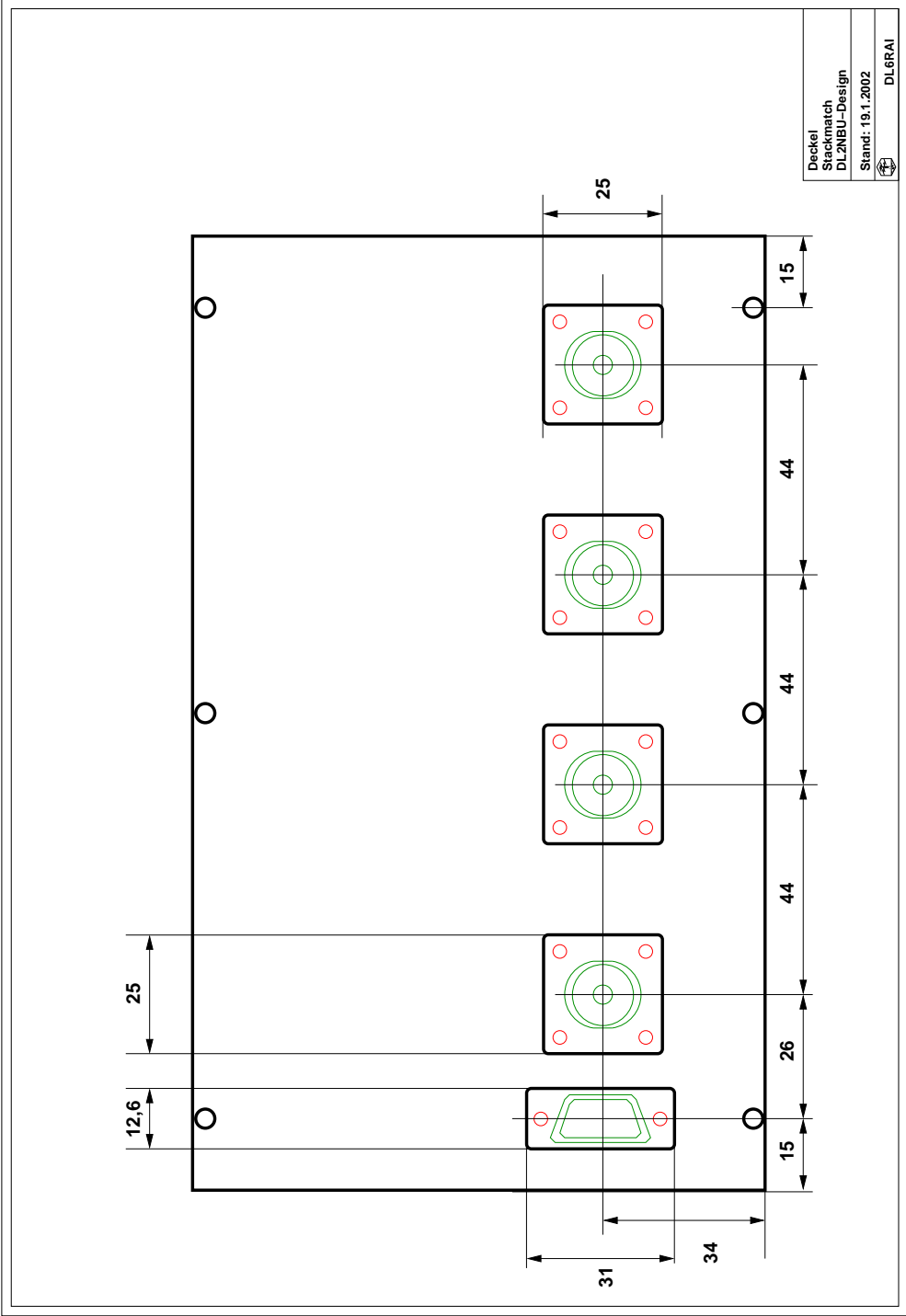


Abbildung 9: Bemaßungen für die Bohrungen im Gehäusedeckel.



Abbildung 10: Beschriftung, die auf dem Gehäuse aufgeklebt wird.