Parabolspiegel mit rückwärtiger Speisung

Wenn man sich nicht einen Spiegel zusammen mit dem passenden Erreger beschaffen kann und auf den Selbstbau angewiesen ist, dann ist zu berücksichtigen, daß die Eigenschaften des Erregers auf die des Spiegels abgestimmt sind. Über Erfahrungen und Messungen an einer 10 GHz - Anordnung wird hier berichtet.
Ist der Öffnungswinkel des Erregers zu klein, so leuchtet er nur einen Teil des Spiegels aus und der Wirkungsgrad ist gering. Ist der Öffnungswinkel zu groß, so geht ein Teil der abgestrahlten Energie am Spiegel vorbei und die Wirkung ist ebenfalls gering. Am günstigsten ist es, wenn die -10 dB - Linie der Strahlungskeule mit der Peripherie des Spiegels zusammenfällt. Fig. 1 zeigt die geometrischen Beziehungen der Anordnung, wenn sich der Erreger im Brennpunkt befindet. Der -10 dB-Öffnungswinkel sei θ. Dann muß für optimale Ausleuchtung die Gleichung $\tan(\theta/2) = D/(2f - 2C)$ erfüllt sein.(D = Durchmesser, C = Tiefe, F = Brennweite des Paraboloids). Fig. 2 zeigt die Verhältnisse für verschiedene Parabel-Parameter.
Der Autor erhielt von F 6 BNN einen Spiegel mit 30 cm Durchmesser und einem Verhältnis F/D = 0,5. Hier für ist ein Erreger mit einem -10 dB -Öffnungswinkel von 106° erforderlich.
Der Gewinn einer idealen Antenne mit der Auffangfläche S ist $G_p = 4\pi S/\lambda^2$ über isotropem Strahler. Danach hätte ein 30 cm - Spiegel bei 10 GHz einen Gewinn von 30,2 dB. Erfahrungsgemäß ist mit einer Ausbeute von 50 % zu rechnen, sodaß ein wirklicher Gewinn von ca. 27 dB zu erwarten ist.
Von F 6 OLA erhielt der Autor die Maße füreinen rückwärts gespeisten Erreger, der für einen Spiegel mit F/D = 0,45 ausgelegt war. Es wurde ein Exemplar aus Kupferblech hergestellt und auf das Hohlleiter-Ende wie eine Kappe gesetzt (Fig. 3). Trotz vieler Anstrengungen war es unmöglich, eine Position zu finden bei der die reflektierte Welle verschwand. Mit einer beträchtlichen Anzahl von Schrauben im Hohlleiter und in der "Kappe" konnte man das Ganze zwar auf ein kleines SWV abstimmen, jedoch wurde die Bandbreite zu schmal.
Betrachtet man die Zeichnung der "Kappe", so fällt auf, daß sich direkt vor der Hohlleiteröffnung eine Fläche von 16 mm x 25,4 mm befindet, die wahrscheinlich einen beträchtlichen Teil des Feldes zurück in den Hohlleiter reflektiert. Deshalb wurden zwei Stücke, je 25,4 mm x 10 mm, aus Kupferblech wie ein "V" davorgesetzt (gestricheltes "V" in fig. 3). Damit konnte ein gutes Stehwellenverhältnis bei hinreichender Bandbreite eingestellt werden, wobei der Hohleiter 13 mm tief in die "Kappe ragen muß.
Dieser Erreger wurde durch den Spiegel gesteckt und mit einer Klammer an ihm befestigt. Sie enthält 4 Schrauben, die eine Justierung der Lage in bezug auf den Spiegel erlauben.
Der Gewinn wurde mit der Anordnung nach fig. 4 ermittelt. Als Referenzantenne wurde der Exponential-Hornstrahler von RTC verwendet, der abwechselnd anstelle der zu messenden Antenne gesetzt wurde. Der mit der Referenzantenne gemessene Detektorstrom sei M. Dann wird mit dem Spiegel dessen Speisung soweit gedämpft, bis der gleiche Ausschlag M auftritt. Der zur Dämpfung benötigte Wert des kalibrierten Dämpfungsgliedes ist gleich dem Gewinn über der Referenzantenne. Aus mehreren Messungen ergab sich ein Mittelwert von $10 \pm 0{,}2$ dB.
Die Messung muß im Freien bei möglichst großem Abstand unter Vermeidung von Reflexionen (Boden!) gemacht werden.
Zur Optimierung des Gewinns mußte der Erreger noch ein wenig verschoben werden. Die Stellung für maximalen Gewinn scheint von der für minimales SWV verschieden zu sein. Vom Hersteller wird für das Horn ein Gewinn von 16 dB über isotropem Strahler angegeben. Somit ergibt sich für die Spiegelantenne ein Gewinn von 26 dB. Er weicht nur wenig vom berechneten Wert ab.
Das Stehwellenverhältnis in Abhängigkeit von der Frequenz wurde für die auf maximalen Gewinn eingestellten Antenne gemessen (s. Fig. 5).
Wir hoffen, daß dieser Bericht dazu anregt, ebenfalls Versuche mit Antennen zu machen. Für weitere Aukünfte steht der Autor soweit wie möglich zur Verfügung.

MULTI - BAND RADIATOR FOR 1 TO 12 GHz

by DL 7 QY

General: Waveguides of any kind have a lower limit, and for a given mode an upper limit of the frequency of the field to be propagated. They depend on the dimensions of the cross section. The bandwidth is abt. ± 20 % with respect to the center frequency. There is amethod to enhance the bandwidth without changing the dimensions by inserting ridges into the waveguide (Fig. 1). The ridges are running along the direction of propagation, dividing the large side of waveguide (E-plane) in two equal parts with a certain distance to each other in the center. A double ridged waveguide has a bandwidth of nearly three octaves because it can lead several modes. When it dimensions increase continously (Fig. 2), high frequency fields will be radiated in the direction of propagation when the dimensions exceed certain values. In this way a very broad range of frequencies can be conducted and beamed into free space, especially when the ridges open with a logarithmic curve. The lower frequency limit depends on the length of the ridges (halfwave min.).
Feeding is done between the two ridges at their narrow ends. The feeding resistance depends on the thickness of the ridges and their mutual distance as well as on the width of the large side of waveguide. The influence of the rear wall is negligible, when its distance is more than 5 mm with respect to the ridges. The properties of the small side walls are equally of secondary importance: Because of their mainly capacitive effect good conductance is not essential; they even can be removed, resulting only in an increased radiation angle along the large side in the lower frequency range (1-2 GHz). They also can be replaced sufficiently by PCB material of PTFE with etched strips, each 2 mm wide, and at distances of 1/10 of the lowest frequency.

The radiator described in the following is suitable for 5 amateur bands (23 to 3 cm). It can be used itself as antenna as well as feeder of a reflector antenna. After protracted experiments a result was found, meeting amateur requirements sufficiently. Further experiments would possibly enhance the properties in the lower frequency range.

The radiator is suitable to illuminate a parabolic reflector with a ratio F/D = 0.7 (F = focal length, D = aperture diam.). For this an optimum beam angle of 80° (at -10 dB) is required. Fig. 3 shows the real radiation angles (="Öffnungswinkel") on the different bands. They decrease abt. 25 % from 23 cm to 3 cm. Nevertheless they are close enough to the optimum value for good performance. If the radiator shall be used for the 23, 13, and 9 cm bands only, a parabolic reflector with F/D = 0.6 is to prefer.

Construction Details: The figs. 5,6,7,8, and 9 show the construction of all parts. The parts E, F, H, and G are to saw carefully rectangular of aluminum, 5 mm thick. Make sure to have good contact planes on: N-type connector to part F, B to F, F to C, D to the parts G and B. Milling these conducting planes is recommended.
ıe inner conductor I consists of silvercoated copper wire, 2 mm thick, Part J is made PTFE and is to insert after bolting the parts C and F together. C and D are screwed gether with M4 screws. All other screws are M 2.5 .
› a fretsaw for the ridges C and D and file the exact contours according to a template of paper or metal sheet. The tuning screws C1 and C2 showed to be of secondary importance. C2 influences the radiator properties in the medium and upper frequncy ranges, C1 is affecting only the lower range. The construction described here showed best values when C2 is turned out totally. C1 is adjusted to minimum SWR in the 23 cm band, as fig. 4 shows. If C1 is removed, the SWR in the 23 cm band increase to only 2.

If the conducting planes cannot be milled, it is advantageous to cover them with conducting silver paste (f.e. "Eccoshield"). It improves the return loss up to 8 dB in the upper frequency range. Conduction between the parts A and B is unimportant. They can be screwed or riveted without precaution. This as valid for the rear wall E also. Tolerances of ± 1 mm of the aperture dimensions (front view) are unimportant also.

Assembling of parts is to do in the following order: At first bolt the parts C and B together, then do the same with D and B. Now fasten F and G to the rear part of H only. Insert C, D, and the B's in the box formed by F, G, and the H's and screw them together. Solder I to the N-type connector and put it through the insulator J to D. Now mount the connector to F and fasten I in D by means of a screw M3, 5 mm long.

C1 is a screw M5, bearing a disc of 10 mm diam., which is soldered after setting the screw in its place. Now E is to screw on F, G, and H. Finally mount the parts A.

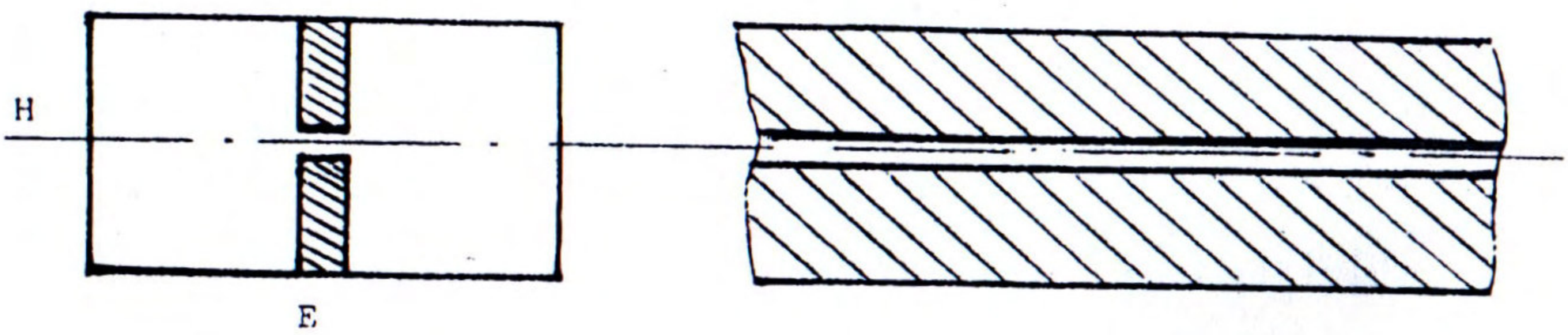
Coating the ready assembled radiator with plastic lacquer (plastic spray) is recommended to prevent it from corrosion. This is why the aperture should be closed also by a thin (0.1 to 0.2 mm) PTFE foil. Its influence on the electrical properties is negligible.

Acknowledgements: I wish to express my thanks to the following Old Men, who helped to complete this work by supplying measurement equipments or valuable proposals:
Ferdinand Schmehr, DC8EC; Jochen Ehrlich, DF3CK; Franc Cronauer, LX1DU;
Max Münich, DJ1CR.

References: IEEE,Sept. 73, "Short Axial Length Broadband Horns" by John L. Kerr;
Microwave Engineers Handbook, Vol. 1 and 2.

Funktionsbeschreibung:

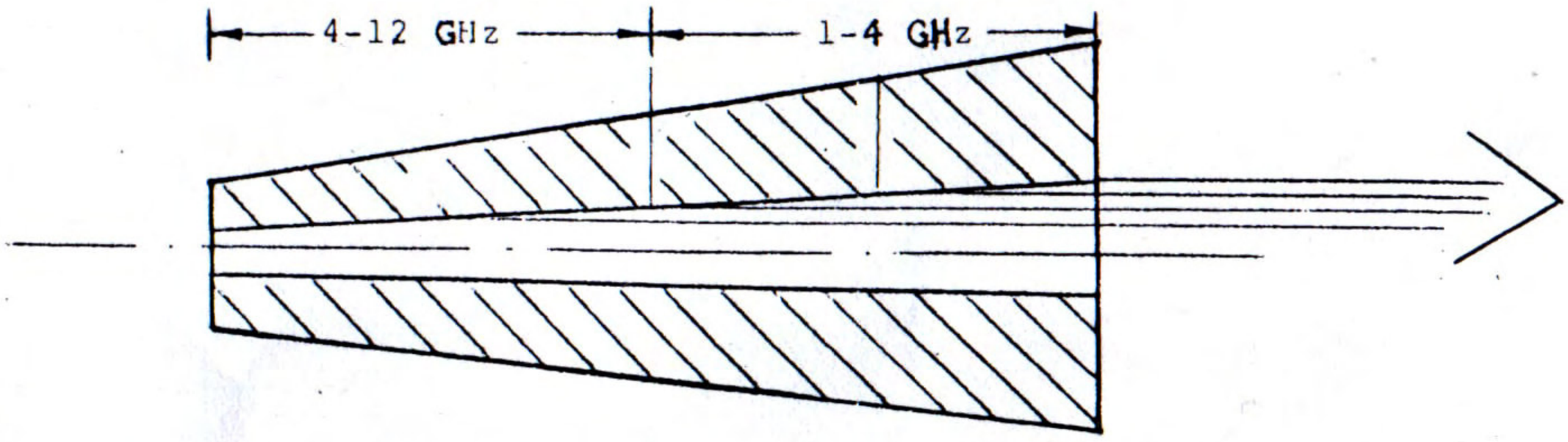
Im Prinzip ist seit langem bekannt, daß man im Hohlleiter elektromagnetische Wellen fortführen kann. Im Normalfall hat ein rechteckiger, ovaler oder runder Hohlleiter eine obere und untere Übertragungsgrenzfrequenz, welche sich aus seinen mechanischen Dimensionen ergibt. Diese Frequenzbandbreite beträgt etwa +-20% gegenüber der mittleren Übertragungsfrequenz. Nun gibt es ein Verfahren, diese Übertragungsbandbreite im Hohlleiter erheblich zu vergrößern, obwohl sich die mechanischen Dimensionen des Hohlleiters nicht ändern; das sogenannte "double-ridged" Verfahren. Der Hohlleiter wird in der E-Ebene geteilt, und diese Teilung in der H- Ebene mit einem definiertem Abstand unterbrochen (Fig.1).



Querschnitt "double ridged" Hohlleiter
Cross-section through the double ridged waveguide

Fig.1

Weil sich hier mehrere Moden ausbilden können, hat der "double-ridged" Hohlleiter eine Übertragungsbandbreite von fast drei Oktaven. Vergrößern sich die mechanischen Dimensionen eines solchen Hohlleiters continuierlich, überträgt er eine entsprechende Bandbreite, wobei die höhere Frequenz beim Überlaufen der mechanischen Dimensionen in einen Mode niedriger Frequenz, nicht mehr übertragen sondern in fortlaufender Richtung abgestrahlt wird(Fig.2).



Seitenansicht "multi mode double ridged"
Side view of the multi-mode double ridged waveguide

Fig.2

Um die Abstrahlung der e.m. Energie über mehrere Oktaven der Wellenlänge zu erreichen, endet der "double ridged" nach logarithmischem Verlauf direkt auf den Aussenwänden der E-Ebene. Die untere Grenzfrequenz wird durch die Länge der beiden Stege festgelegt(Lamda 1/2 min). Die Einspeisung findet zwischen den beiden Stegen statt. Der Fußpunktwiderstand wird bestimmt durch:
1.) Breite der Stege
2.) Tiefe zur E-Ebene
3.)Abstände der Stege zueinander.
Der Abstand zur Rückwand hat keinerlei Einfluß, solange er größer 5mm zu den Stegen beträgt. Ebenso hat die Beschaffenheit der Aussenwände der H-Ebene keinen Einfluß auf den Fußpunktwiderstand. Weil die Wände der H-Ebene kapazitiv wirken, braucht man hier nicht auf gute Kontaktgabe zu achten; kann sie sogar völlig entfernen, wobei sich nur der Öffnungswinkel in der E-Ebene im unteren Frequenzbereich(1-2GHz) vergrößert. Die Seitenbleche der H-Ebene können ebenso durch eine gedruckte Schaltung mit geätzten Stäben ersetzt werden, deren Abstand 1/10 der unteren Grenzfrequenz beträgt (Stärke der Leiterbahnen ca. 2mm-Basismaterial PTFE), was eine Vollmetallwand völlig ersetzt.

Nachfolgend beschriebener Strahler arbeitet auf 5 Amateurbändern im Mikrowellenbereich von 23cm - 3cm. Der Strahler eignet sich sowohl als autarke Antenne, alsauch zur Speisung eines Parabolreflektors. Durch langwierige Versuche wurde auf ein Ergebnis hingearbeitet, welches Amateurbedingungen zur Zufriedenheit erfüllen dürfte. Sicherlich könnte mit noch größerem Aufwand im unteren Frequenzbereich noch eine weitere Optimierung herbeigeführt werden.

Will man mit dem Strahler einen Parabolreflektor ausleuchten, ist eine Parabolform mit einem F:D Verhältniss von 0.7 anzustreben. Bei diesem F:D beträgt der optimale Öffnungswinkel, um den Reflektor mit den erforderlichen -10dB Punkten der Strahlungsquelle auszuleuchten, in der E und H-Ebene 80°. Da sich aber der Öffnungswinkel einer starren Antennenkonstruktion für den Betrieb auf verschiedenen Bändern verändert, kann das F:D eines Parabolreflektors nicht für alle Bänder optimiert sein. Wie man aus der nachfolgenden Tabelle (Fig.3) ersehen kann, ändert der beschriebene Multi-Oktav-Strahler seinen Öffnungswinkel in der E und H-Ebene zwischen 23- und 3cm um etwa 25%. Will man mit dem Strahler nur die niedrigen Bänder(23-13 und 9cm) benutzen, eignet er sich durchaus, auch einen Parabolreflektor mit einem F:D von 0.6 annähernd optimal zu betreiben.

Baubeschreibung:

Das wesentliche geht aus den nachfolgenden Zeichnungen hervor. Die Teile E, H, F und G werden mit einer Säge aus 5mm starkem Alu rechtwinklig ausgesägt. Auf gute, flächige Kontaktgabe muß an den folgenden Verbindungen geachtet werden: N-Buchse zu TeilF, Teil B zu Teil F, Teil F zu Teil C, Teil D zu Teil G und B. Diese sich hier berührenden Flächen sind Stromführend und sollten nach Möglichkeit gefräst sein. Der Innenleiter I besteht aus 2mm starkem vers. Cupferdraht. Das Teflonteil J wird nach dem zusammenschrauben von Teil C und F eingesetzt. Alle Teile sind mit M2.5 Schrauben zusammengeschraubt, mit Ausnahme der Teile C und D, welche mit M4 verschraubt sind. Die Stege C und D sägt man am besten mit der Laubsäge o.ä. aus und feilt den Rest nach einer Schablone aus Papier oder Metall. Die beiden Abstimmschrauben C1 und C2 können auch weggelassen werden, wenn man im 23cm Band ein SWR von 1:2 in Kauf nimmt. Die Abstimmschraube C1 wirkt im unteren Frequenzbereich(1-2GHz), während C2 im mittlerem und oberem Frequenzbereich wirkt. C2 kann aber generell weggelassen werden, weil der Strahler im oberen Frequenzbereich optimal arbeitet, wenn C2 völlig herausgedreht ist. C1 wird auf bestes SWR auf 23cm eingestellt, woraus sich dann die in Fig4 abgebildete returnloss- Kurve über den ganzen Bereich ergibt. C1 hat keinen Einfluß auf das SWR von 13,9,6 und 3cm.

Besteht nicht die Möglichkeit die stromführenden Flächen zu fräsen, hat sich als günstig erwiesen die Flächen mit Silberleitpaste zu füllen, was die returnloss-Werte im oberen Frequenzbereich um bis zu 8dB verbesserte. Die Kontaktierung zwischen den Teilen A und B ist völlig unkritisch, kann sowohl verschraubt, alsauch genietet werden. Toleranzen in den Öffnungsdimensionen (frontansicht) des Strahlers in seinen Abmessungen erwiesen sich ebenso unkritisch (+-1mm), wie die Kontaktgabe der Rückwand E. Nach Fertigstellung der mechanischen Teile erfolgt deren Zusammenbau in folgender Reihenfolge:Zuerst werden die Teile C und B, dann die Teile Dund B zusammengeschraubt. Anschließend H mit F und G, wobei F und G nur am hinteren Ende an H angeschraubt werden. Nun werden die vorgefertigten TeileCB und DB in den Anschlußkasten FHG eingeschoben und verschraubt. Die Teflonisolierung wird in F und C eingefüht. Der Innenleiter I an die N- Buchse gelötet und dann durch die Teflonisolierung J bis in das Teil D durchgesteckt. Die N- Buchse wird mit dem Teil F verschraubt und anschließend wird der Innenleiter I mit einer M3x5 Schraube im Teil D festgeschraubt. C 1 besteht aus einer M5 Schraube, welche durch das Teil E durchgeschraubt wird und danach eine Scheibe ø 10mm x 1mm aufgelötet wird. Anschließend wird Teil E mit den Teilen FGH verschraubt. Zum Schluß werden die beiden Teile A mit B verschraubt.

Um den Strahler Wetterfest zu machen, sollte man nach der mechanischen Montage eine dünne Kunststoffschicht(Plastik-Spray o.ä.) auftragen und die Strahleröffnung mit einer 0.1 - 0.2mm starken Teflonfolie bespannen, was die el. Werte vernachlässigbar gering beeinflußt.

Bedanken möchte ich mich noch bei folgenden OM, die es durch bereitstellen von Meßgeräten, oder zusätzliche Ideen, ermöglichten, diese Baubeschreibung zu erstellen:
OM Ferdinand Schmehr DC8EC, OM Jochen Ehrlich DF3CK, OM Franc Cronauer LX1DU und OM Max Münich DJ1CR.

Literaturnachweise: IEEE, Sept 73 "Short Axial Lenght Broadband Horns" by John L. Kerr ;
Microwave Engineers Handbook Volume 1 and 2 .

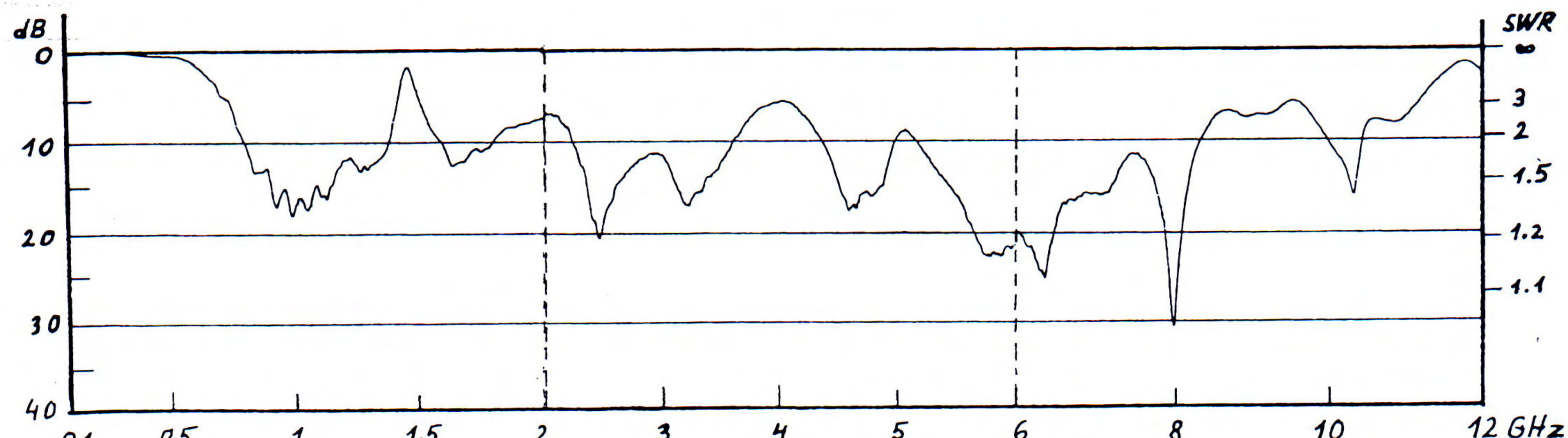


Fig. 4 Return loss and SWR versus frequency. Abscissa scale changes at the dashed lines, because the graph is a composition of three automatically written plots.
Rückflußdämpfung und SWV in Abhängigkeit von der Frequenz. Bei den gestrichelten Linien wechselt der Abszissenmaßstab, weil die Darstellung aus drei automatisch geschriebenen Kurven zusammengesetzt ist.

Band	Öffnungswinkel		Öffnungswinkel		gain	return	S W R	Mismatch
	hor. 3dB	hor. 10dB	vert. 3dB	vert. 10dB	ü.dip	loss		loss
23cm	50°	85°	60°	95°	6dB	13.5	1.54	0,2dB
13cm	50°	90°	50°	90°	6.5dB	13.5	1.54	0.2dB
9cm	60°	80°	35°	90°	7dB	13.5	1.54	0.2dB
6cm	45°	70°	50°	80°	7dB	23dB	1.16	0.03dB
3cm	40°	65°	45°	75°	8dB	14dB	1.5	0.18dB

Fig. 3

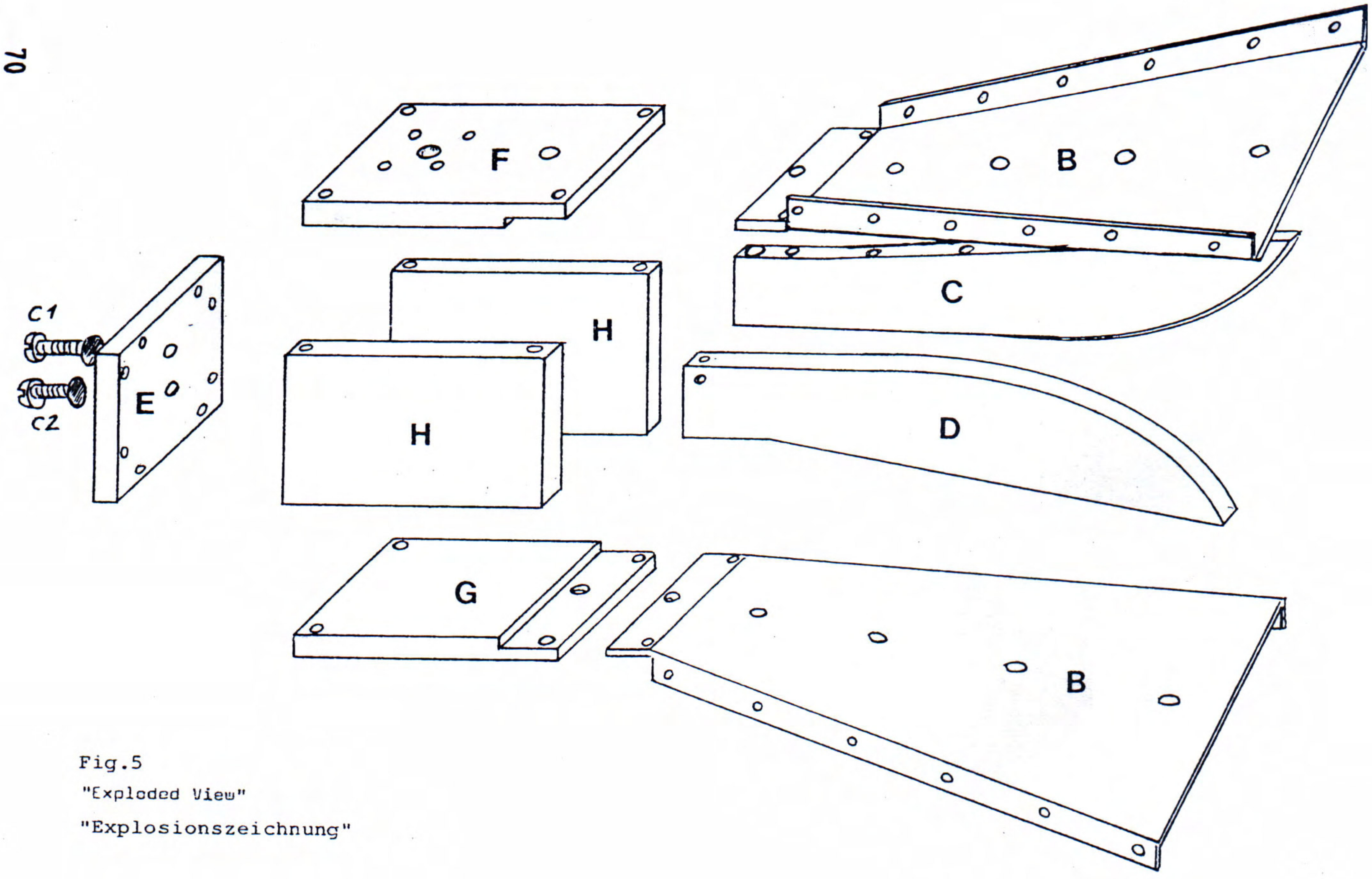
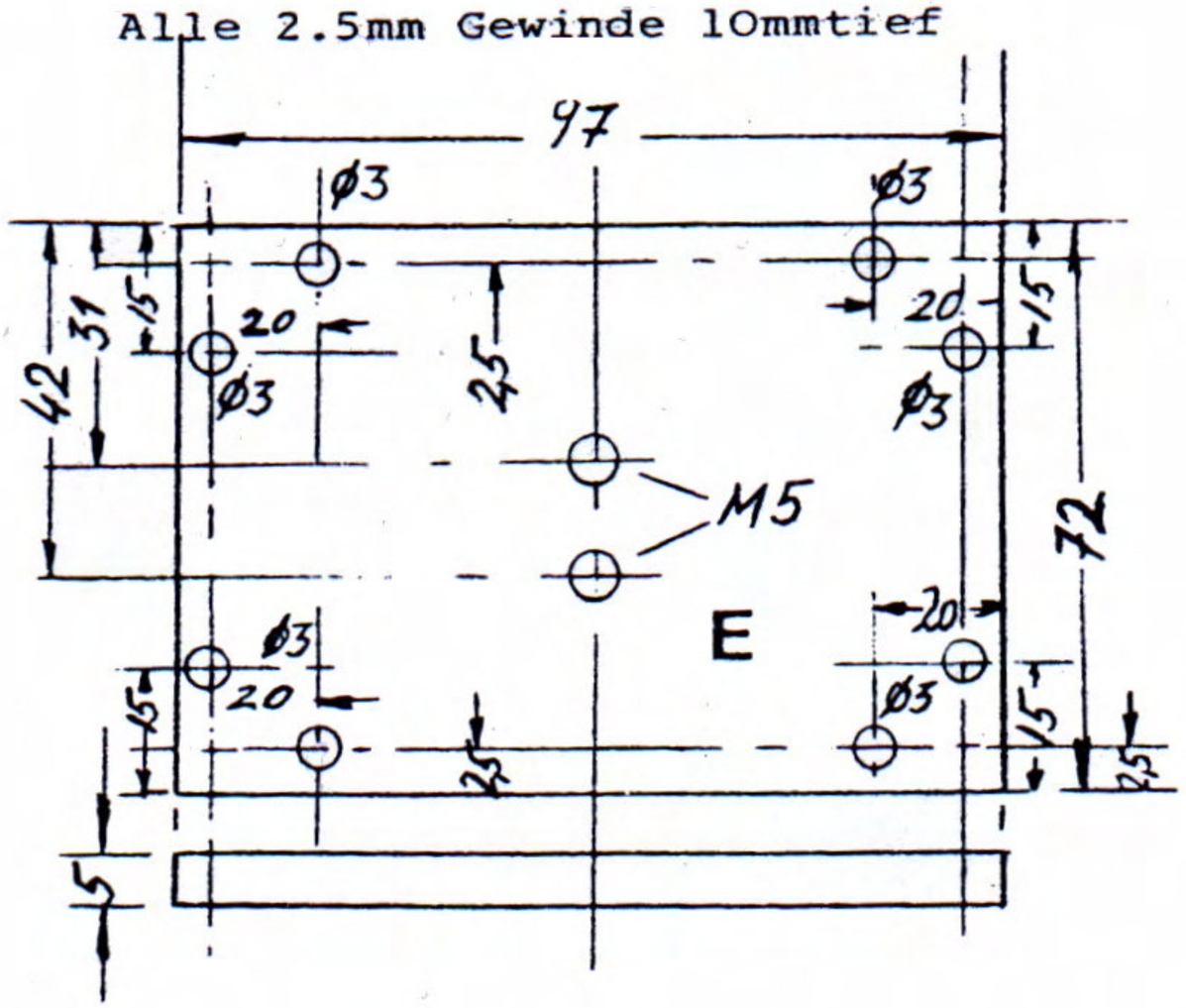
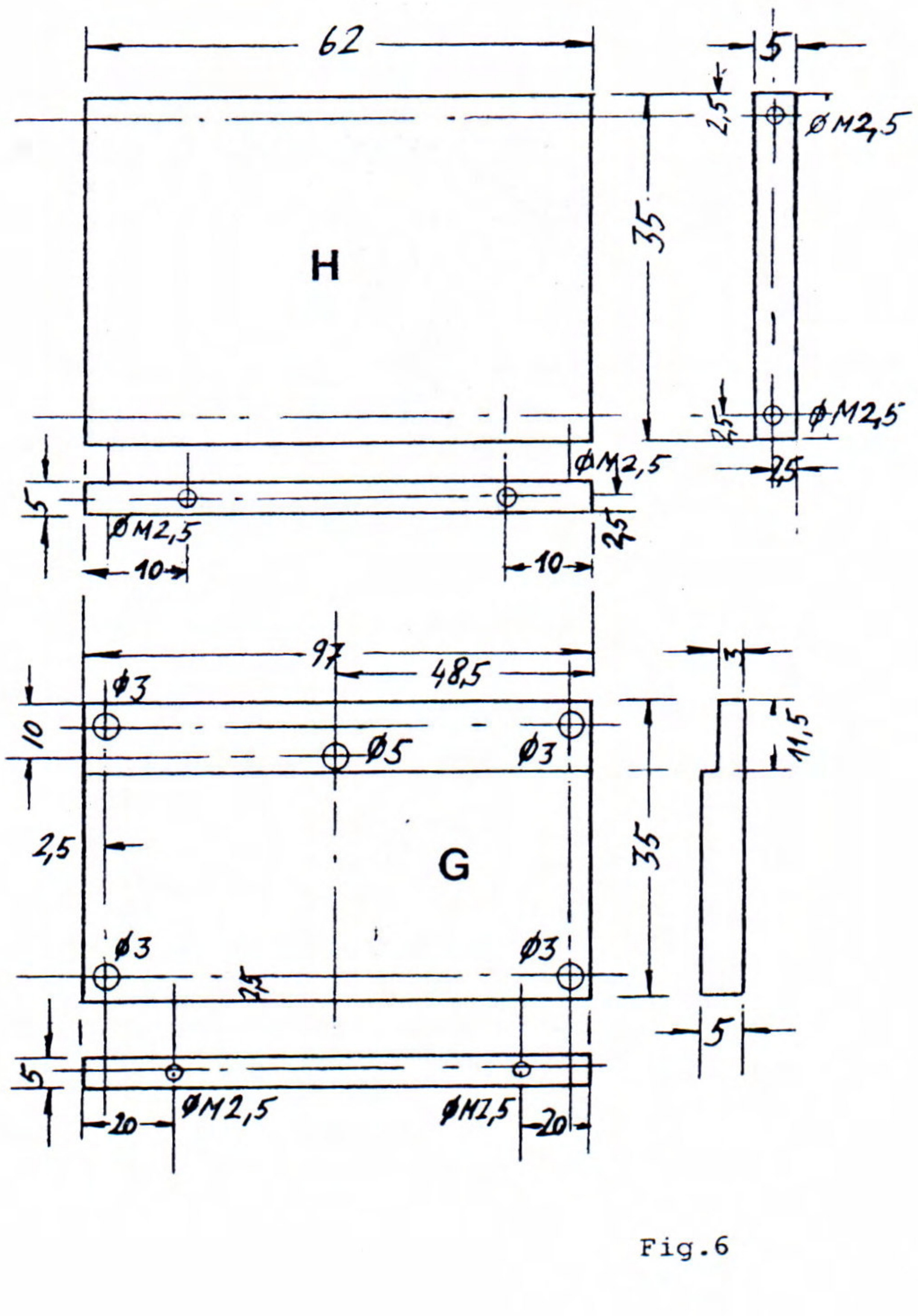


Fig.5
"Exploded View"
"Explosionszeichnung"

All threads M 2.5, 10 mm deep.
Alle 2.5mm Gewinde 10mmtief





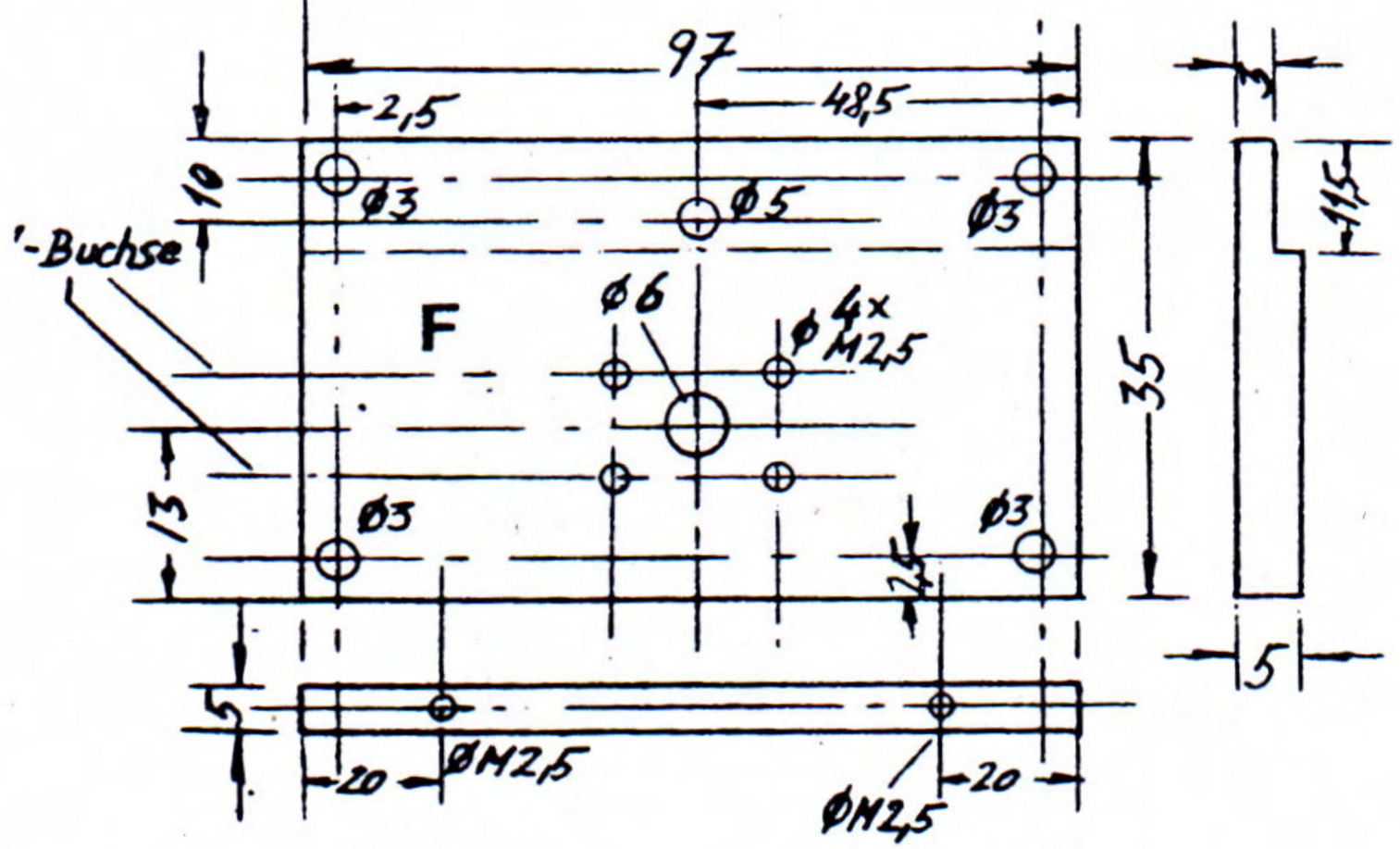


Fig.6

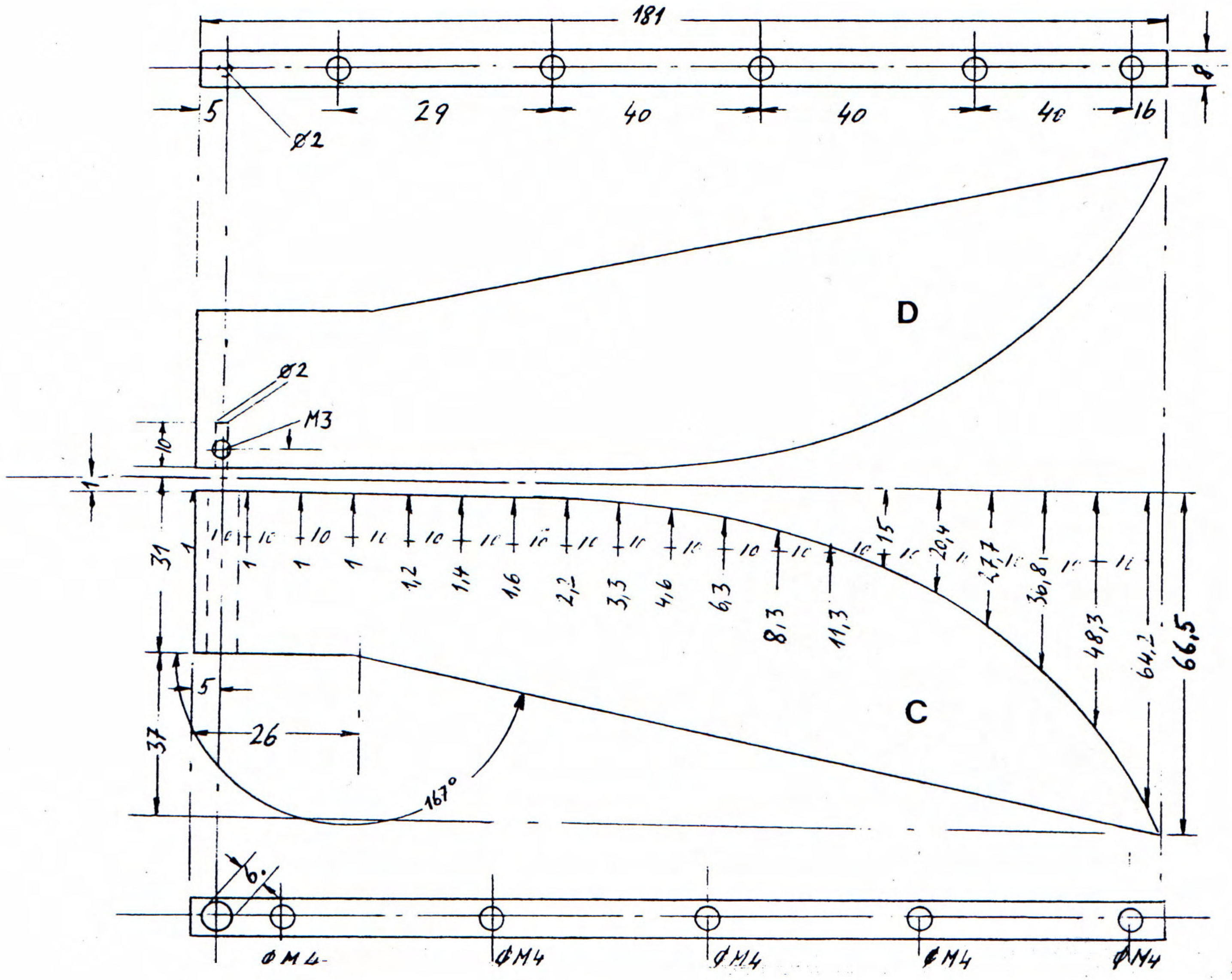

181
8
5
29
40
40
40
16
Ø2
D
Ø2
M3
10
1
37
1
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
1
1
1
1,2
1,4
1,6
2,2
3,3
4,6
6,3
8,3
11,3
15
20,4
27,7
36,8
48,3
64,2
66,5
C
5
26
37
167°
6°
ØM4
ØM4
ØM4
ØM4
ØM4

Fig.7

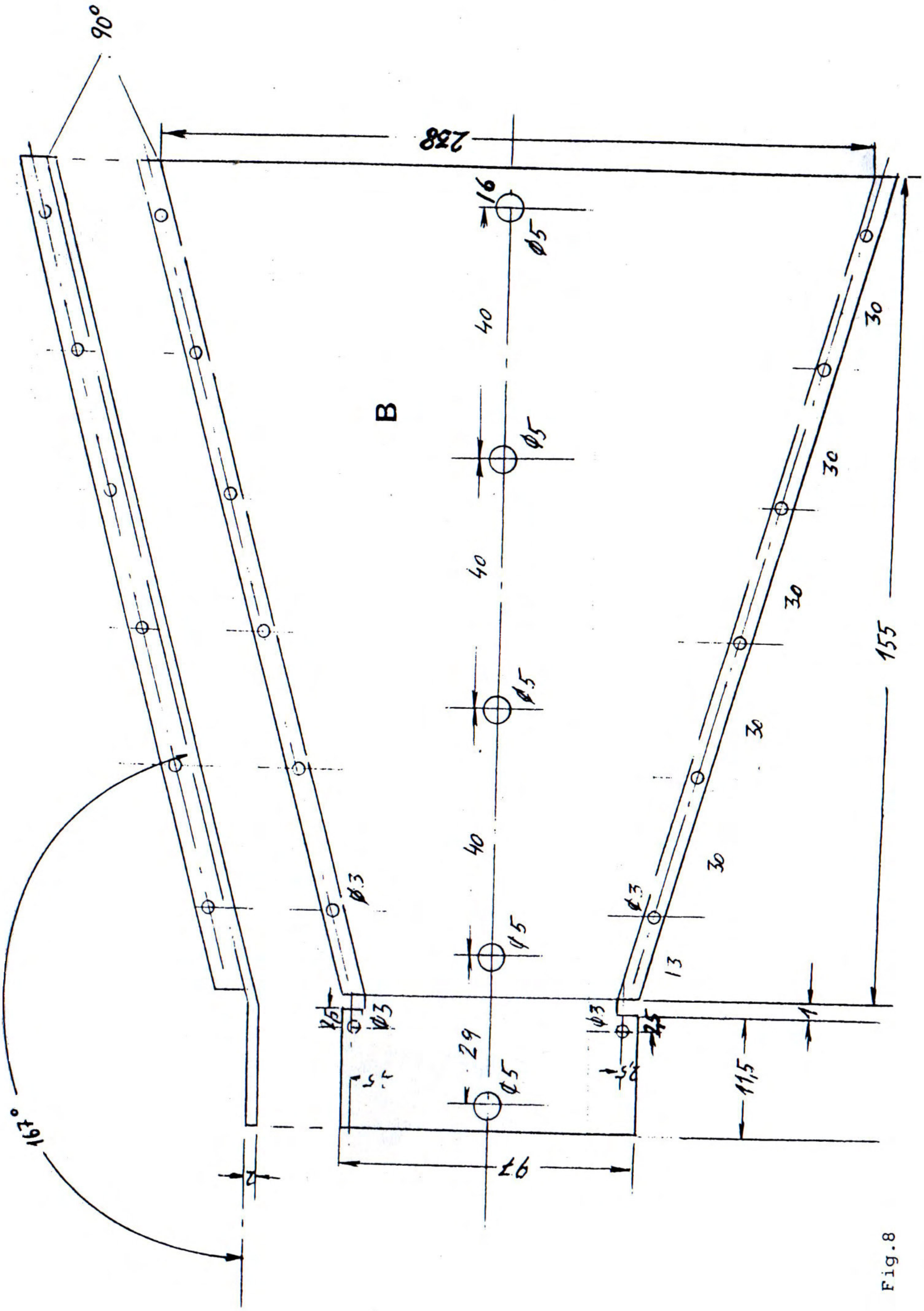
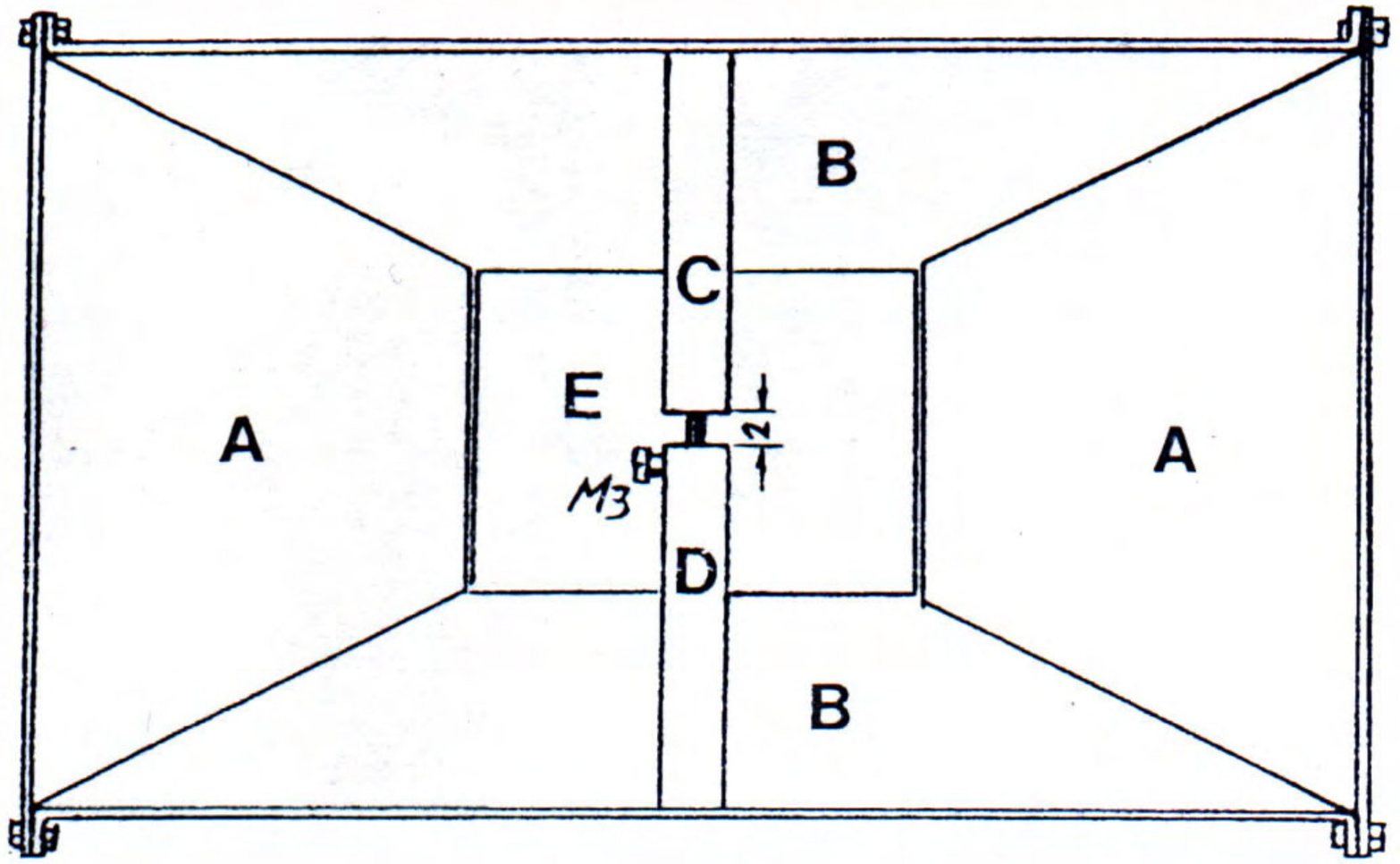
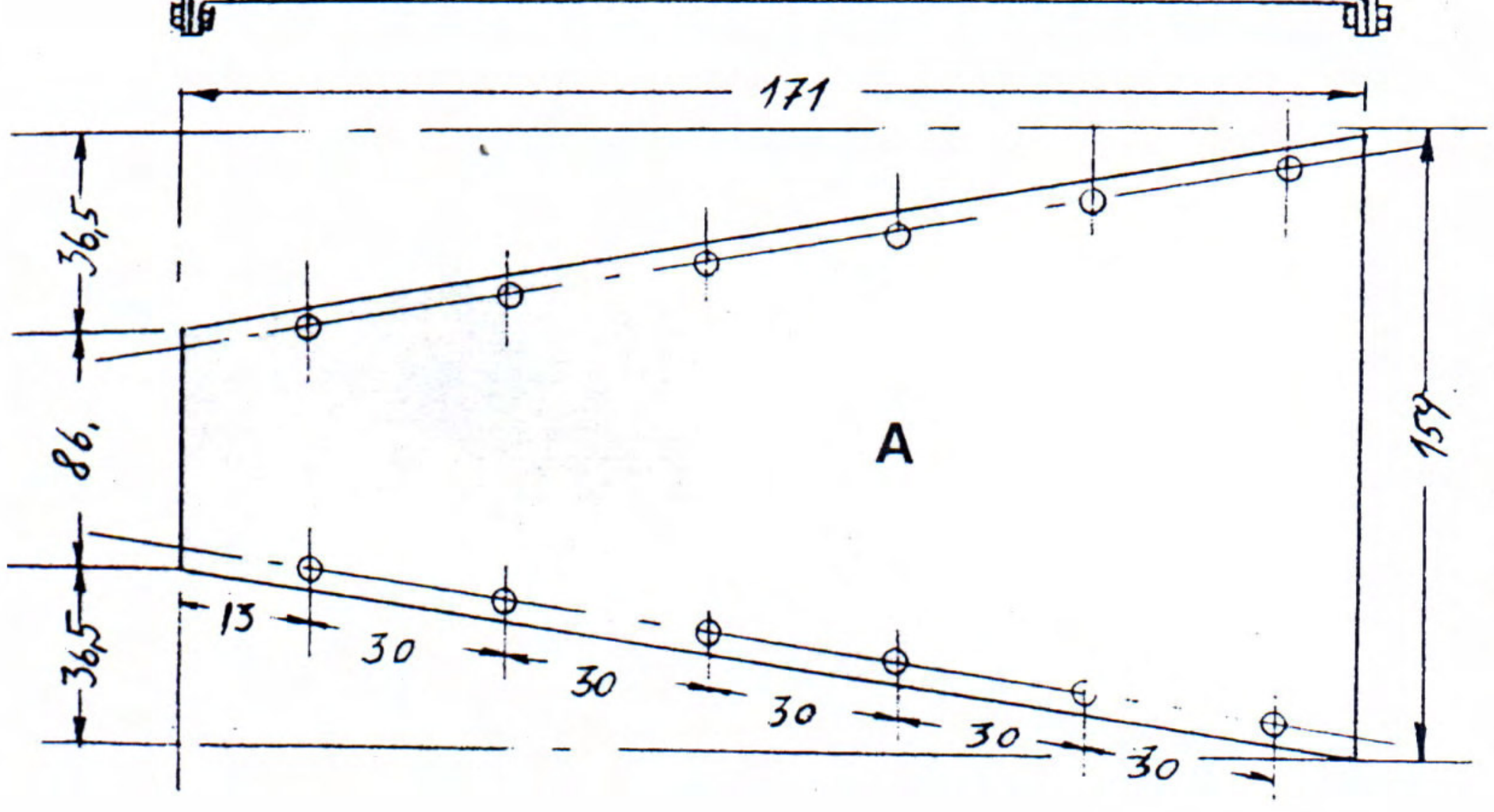

90°
258
16
Ø5
40
B
Ø5
40
Ø5
40
Ø3
Ø5
29
Ø5
Ø3
Ø3
Ø3
30
30
30
30
30
155
13
1
11,5
167°
2
97

Fig.8

N-type socket, flange size 17.5 x 17.5 mm^2.

N- Buchse Flanschgröße 17.5 x17.5 mm
erhältlich bei: Fa. Telemeter, D-8850 Donauwörth, P.Ob





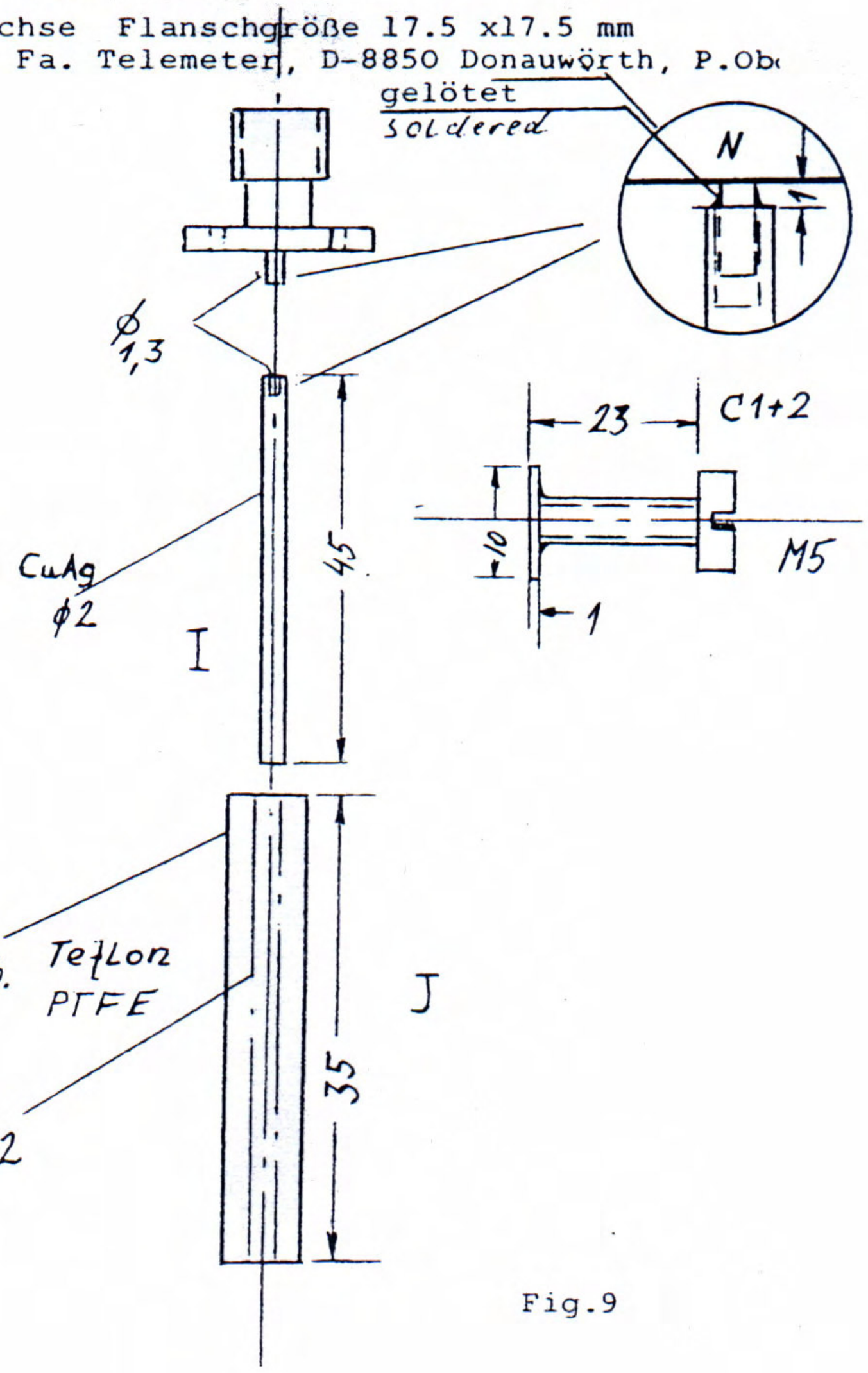
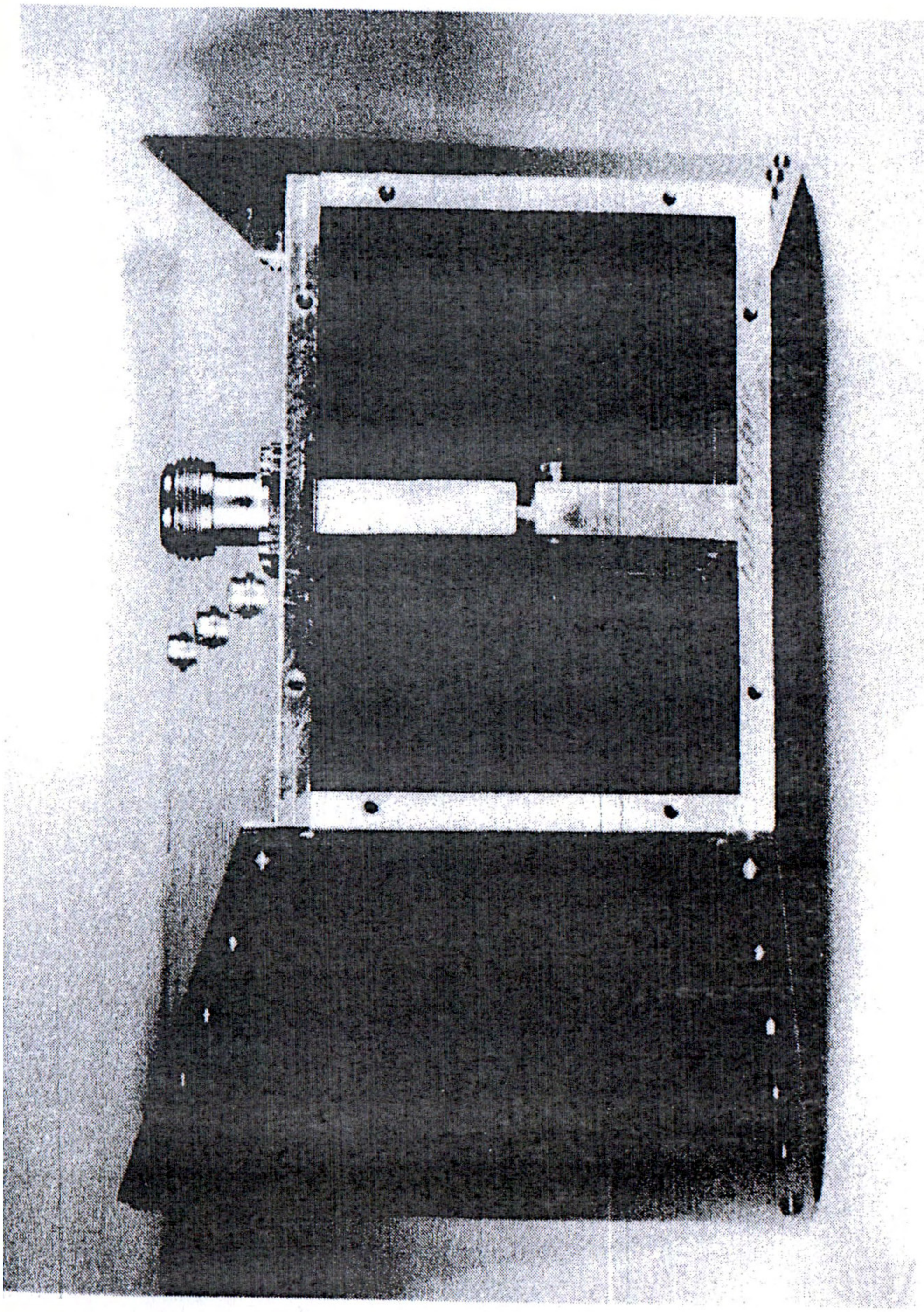


Fig.9



Rückansicht des Multi-Band-Strahlers, mit abgenommener Rückwand "E"

Rear view of the radiator, rear wall E removed.