

# Selbstgebauter Richtkoppler

Helmut Stadelmeyer – OE5GPL

***In den UKW-Berichten 1/2002 hat DG4RBF einen Selbstbau-Richtkoppler für den Frequenzbereich von 120 MHz bis 1500 MHz beschrieben [1]. Der vorgeschlagene Aufbau zeichnet sich durch außergewöhnlich hohe Richtschärfe (Directivity) aus, was den Koppler für Anpassungsmessungen vorzüglich geeignet macht. Betreffend den grundsätzlichen Aufbau und die Eckdaten wird auf den Originalartikel verwiesen.***

Dieser Beitrag beschreibt eine bei der Anfertigung zweckmäßige Reihenfolge der Arbeiten, einige Details, die die Herstellung von Einzelteilen erleichtern sollen, Erfahrungen, die beim Aufbau der Musterexemplare gemacht wurden, sowie geringfügige Änderungen. Den Abschluß bilden Meßwerte, die das fertige Gerät erreicht. Es sind 3 gleiche Stücke angefertigt worden, die sich in den Meßergebnissen kaum unterscheiden. Somit darf angenommen werden, daß auch weitere Nachbauten vergleichbar gute Ergebnisse zeigen. Für den erfolgreichen Nachbau ist unbedingt die Kenntnis des Originalartikels erforderlich.

## Verwendete Materialien

Anstatt Messing wurde für den Grundkörper ein quadratisches Stück Aluminium mit 20\* 20 mm Querschnitt und 10 cm Länge verwendet. Dieses Material ist handelsüblich. Die Deckplatte und die Stirnteile bestehen aus halbhartem Aluminium mit 5 mm Dicke. Der Grund für die Änderung ist einfach: Dieses Material war vorhanden, es läßt es sich leichter bearbeiten als Messing und es ist auch billiger. Auf Amateurfunk-Flohmärkten hat sich gezeigt, daß auch kommerzielle Hersteller Aluminium für solche Produkte einsetzen.

So wie im Originalartikel angeraten wurden gute SMA-Einlochbuchsen verwendet. Haupt- und Nebenleitung bestehen aus 3 mm dickem Rundmessing, das als Schweißstab in der Eisenhandlung erhältlich ist. Die Befestigungsschrauben für Deckel und Stirnteile sind in M2,5 ausgeführt und versenkt angeordnet, damit die Kontermuttern von Nebenleiterbuchsen und Abgleichschrauben ungehindert zugänglich sind. Diese Madenschrauben sind so wie beim Original in M3 ausgeführt. Die Buchsen erhielten noch aufsteckbare Kappen aus Zellamid zum Schutz gegen mechanische Beschädigung.

## Werkzeuge

Gleich vorweg: Um die angegebenen Daten auch zu erreichen, ist bei diesem Richtkoppler mechanische Präzisionsarbeit erforderlich, die ohne Fräsmaschine mit Koordinatentisch kaum zu bewerkstelligen ist. Es ist keine große Maschine notwendig, wenn man sich für die Bearbeitung ein wenig Zeit nimmt und nur kleine Späne abhebt: Die beschriebenen 3 Musterstücke sind auf einer FB2 von EMCO angefertigt worden.

Der Schafffräser zur Herstellung der Nut im Grundkörper muß unbedingt scharf sein, weil sonst die Seitenflächen nicht eben und nicht maßhaltig werden. Einige weitere Fräswerkzeuge wie ein Walzenstirnfräser und ein paar weitere Schafffräser unterschiedlichen Durchmessers braucht man zur Bearbeitung von Oberflächen und Ausnehmungen für Schraubenköpfe und Buchsen.

Außer einem Kantentaster, einigen Spiralbohrern (1,3 mm, 2 mm, 2,5 mm, 5,8 mm, 6,4 mm), Maschinengewindebohrern M2,5 und M3, einem Gewindebohrer ¼ Zoll-36 UNS-2A oder ersatzweise ¼ Zoll-32 NEF, mit dem auch die Musterstücke angefertigt worden sind (dieser Gewindebohrer ist bei [2] erhältlich) und dem üblichen Handwerkzeug wie

- Tapetenmesser zum Kürzen des Teflon-Kragens der SMA-Buchsen,
- Schlichtfeile zum Brechen der Kanten an den Alu-Teilen,
- Laubsäge mit Metallsägeblatt für die Schraubendreherschlitz in den Abstimmerschrauben,
- kleine Metallsäge zum Ablängen der Teile,
- 8-mm-Schraubenschlüssel zum Einsetzen der SMA-Buchsen,
- Dreischneider zum Ansenken und Entgraten von Bohrlöchern,
- Zentrierbohrer mit 4 mm Außendurchmesser zum Vorbohren der Löcher auf der Fräsmaschine sowie eines genauen Meßschiebers ist noch Spiritus als Kühl- und Schmiermittel bei der Bearbeitung von Aluminium und LOCTITE zum Sichern der Hauptleiter-SMA-Buchsen erforderlich.

## Selbstgebauter Richtkoppler

Eine kleine Drehmaschine ist bei der Anfertigung von Hauptleitung und Abgleichschrauben samt der zugehörigen Kontermuttern sehr hilfreich.

### Bearbeitung der Einzelteile

Die folgende, sehr detaillierte Beschreibung der Arbeitsgänge und deren Reihenfolge ist der Versuch, die beim Aufbau gesammelten Erfahrungen auch anderen Nachbauwilligen zugänglich zu machen. Für jene, die Erfahrung im Umgang mit Werkzeugmaschinen haben, mag das meiste selbstverständlich sein, jenen, die eine solche Arbeit vielleicht zum ersten Mal durchführen, kann es aber helfen, den einen oder anderen Fehler zu vermeiden.

#### Grundkörper:

Vor Beginn der Arbeiten ist eine Kontrolle und Reinigung des Maschinenschraubstockes sehr anzuraten: Er muß exakt im rechten Winkel montiert sein, was anhand eines eingespannten, geraden Stückes mit der Meßuhr zu kontrollieren ist, und zwischen den Backen muß er frei sein von jeglichen Spänen. Das erspart spätere Mehr- und Nacharbeit.

Bei jedem Einspannen eines Werkstückes ist immer peinlich genau auf eine exakt senkrechte oder parallele Lage in Bezug auf die Oberfläche des Koordinatentisches zu achten. Es ist keine schlechte Idee, nach jedem Arbeitsgang die Späne mit Werkstatt-Staubsauger und Bürste zu entfernen.

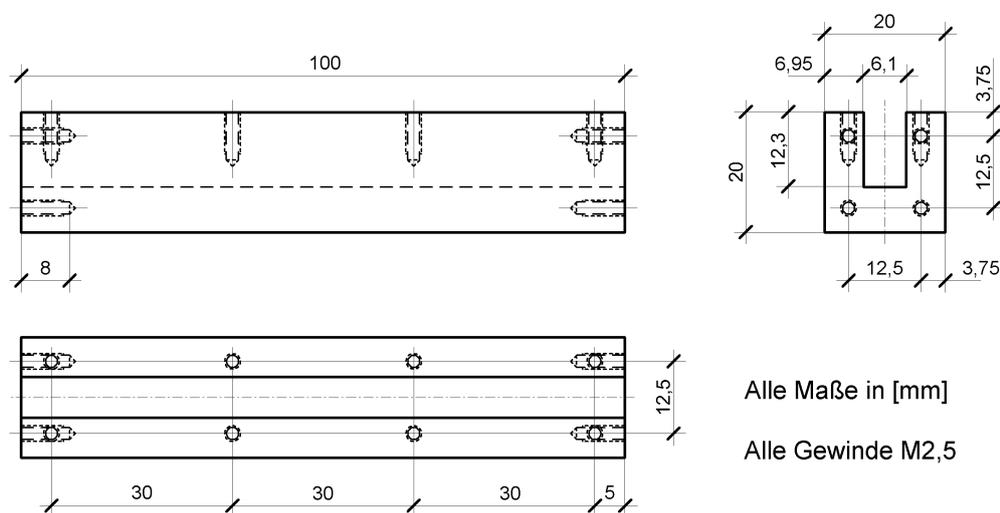


Abb. 1: Maßzeichnung des Grundkörpers

Auch wenn es anfangs so scheint, als ob es mehr Arbeit wäre, ist man gut beraten, wenn die Nut genau in der Mitte des Werkstückes liegt. Zur Herstellung der vorerst nur 6 mm breiten Nut ist die Verwendung eines Schafffräasers mit 5 oder 5,5 mm Durchmesser empfehlenswert. Bei einem 6-mm-Schafffräser besteht die Gefahr, daß wegen des fehlenden Spaltes auf der gerade nicht bearbeiteten Seite die abfließenden Späne eingequetscht werden und so von der senkrechten Fläche übermäßig viel Material abtragen. Die Nut könnte dann unter Umständen zu breit werden.

Ist eine endgültige Tiefe von 12,3 mm erreicht, werden die senkrechten Flächen auf eine Nutbreite von 6,1 mm fertig bearbeitet. Das Werkstück wird aber noch nicht ausgespannt, denn auch die Löcher für die Deckelschrauben kann man jetzt schon bohren. Dazu verwendet man zuerst den Zentrierbohrer (ca. 2 mm tief) und dann erst den 2-mm-Bohrer für den Kerndurchmesser des Gewindes. So kann man sicher sein, daß die Löcher auch dort sind, wo sie hingehören. Die Position aller Bohrungen ist gemäß Zeichnung mit den Spindeln des Koordinatentisches unter Ablesen der Skalenräder anzufahren (Koordinatenbohren).

Anschließend wird der Grundkörper senkrecht eingespannt, die Position mit dem Kantentaster vermessen und die Stirnseite des Grundkörpers plan gefräst. Die Befestigungslöcher für die Stirnteile werden symmetrisch zur Nut wiederum zuerst mit dem Zentrierbohrer und erst dann mit dem Spiralbohrer angebracht. Das andere Ende bearbeitet man in gleicher Weise.

#### Gewindebohren:

## Selbstgebauter Richtkoppler

Die 2,5-mm und 3-mm-Gewinde lassen sich mit einiger Vorsicht recht gut auf dem Bohrständler schneiden, wenn man eine in der Drehzahl regelbare Handbohrmaschine mit Sanftanlauf besitzt:

Den Regler stellt man auf kleinste Drehzahl, die Maschine wird in den Bohrständler gespannt und die vertikale Führung so weit gelockert, daß die Maschine durch ihr Eigengewicht schon ein wenig nach unten rutscht. Den Gewindebohrer spannt man in das Bohrfutter, das Werkstück in den Bohrschraubstock. Nun kann man mit der einen Hand den Schalter der Bohrmaschine im Tipbetrieb betätigen und mit der anderen Hand beim Vertikalvorschub mithelfen. Den Schraubstock sichert man dabei mit dem Ellenbogen an der Spindel gegen Verdrehen, wobei das Drehmoment wegen des kleinen Bohrerdurchmessers recht gering bleibt.

Man darf auf keinen Fall vergessen, vor dem Anbohren einen oder zwei Tropfen Spiritus zuzugeben. Tut man das nicht, so riskiert man, daß der Gewindebohrer bricht! Ist das Gewinde tief genug, dann löst man das Bohrfutter und dreht den Bohrer vorsichtig und senkrecht von Hand heraus. Dazu ist ein zweites, kleines Bohrfutter recht praktisch. Diese Art des Gewindebohrens ist bei weitem schneller und präziser als das Schneiden von Hand.

Ein Tipp: Das Futter der Bohrmaschine nicht zu fest anziehen, damit der teure Gewindebohrer sich bei Überlastung darin drehen kann. Mit ein wenig Probieren findet man rasch die richtige Spannkraft. Ich stelle alle Gewinde auf diese Art her, habe dabei schon jahrelang keinen Bohrer mehr abgerissen und hoffe, daß das auch noch lange so bleibt.

Anschließend wird die Oberseite des Grundkörpers plan gefräst, auf die später der Deckel aufgesetzt wird. Dabei ist nur 0,1 mm wegzunehmen, sodaß die Fläche eben wird. Die Tiefe der Nut hat damit das gewünschte Maß von 12,2 mm. Die anderen 3 Seiten werden erst zum Schluß bearbeitet. Der Grundkörper ist damit vorerst fertig.

Stirnteile:

Nachstehende Beschreibung gilt für die Verwendung eines ¼ Zoll-32 NEF-Gewindebohrers für die SMA-Buchsen. Hat man den schrecklich teuren, aber genau passenden ¼ Zoll-36 UNS-2A-Bohrer, dann braucht man das Loch für die Buchse selbstverständlich nicht anzusenken.

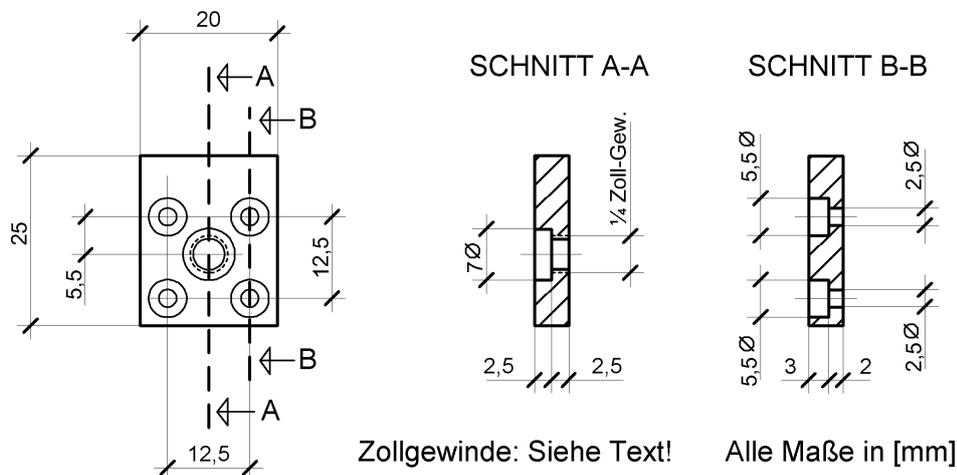


Abb. 2: Maßzeichnung der Stirnteile

Die beiden Rohlinge schneidet man mit etwas Übermaß zu, macht die beiden Längsseiten durch Fräsen parallel und spannt dann den ersten Rohling waagrecht ein. Nun fräst man auf der Oberseite 0,05 mm ab, um eine plane Fläche zu erhalten und zeichnet anschließend auf der anderen Seite die Mittellinie der Länge nach an. Anschließend spannt man das Stück mit der planen Fläche nach unten ein und bohrt von der Mittellinie ausgehend wiederum alle Löcher mittels Koordinatenbohren zuerst mit dem Zentrierbohrer vor und erst dann mit dem 2,5-mm-Bohrer. Die 4 Schraubenlöcher werden anschließend mit einem 5,5-mm-Schafffräser 3 mm tief angesenkt.

Das Loch für die SMA-Buchse bohrt man schließlich mit 5,8 mm durch und senkt es auf der Außenseite mit einem 6,5- oder 7-mm-Schafffräser 2,5 mm tief an. Für das Gewinde, das wieder auf dem Bohrständler geschnitten wird, verbleiben dann noch 2,5 mm. Das ist jene Länge, bei der sich später die

## Selbstgebauter Richtkoppler

Buchsen wegen des nicht genau passenden Gewindes gerade noch bis zum Anschlag eindrehen lassen.

Ist das erste Stirnteil soweit fertig, dann schraubt man es auf den Grundkörper und prüft, ob die Position des Loches für die SMA-Buchse stimmt: Der Abstand zu Boden und Wand der Nut muß an allen 3 Seiten exakt gleich sein. Ist er es nicht, dann hat sich beim Bohren ein Fehler eingeschlichen und es ist ratsam, das Teil nochmals anzufertigen, wenn man auf bestmögliche Richtschärfe Wert legt.

Das Stirnteil ist nun noch so weit auf Maß zu bringen, daß es im montierten Zustand beim Einspannen des Grundkörpers nicht stört. Dazu spannt man den Grundkörper so in den Maschinenschraubstock, daß das Stirnteil außerhalb der Backen zu liegen kommt. Das Stirnteil wird an der Unterseite und an den Seiten so weit abgefräst, daß es nicht mehr über den Grundkörper vorsteht. Vor dem Fräsen nicht vergessen, die 4 Befestigungsschrauben festzuziehen!

Die andere Seite wird in gleicher Weise zugerichtet. Zum Schluß fräst man auf der Stirnseite gerade so viel weg, daß die Oberfläche sauber ist (0,05 mm).

### SMA-Buchsen:

Der auf der Seite des Lötstiftes vorstehende Teflonkragen ist auf 0,7 mm zu kürzen. Dabei hat sich herausgestellt, daß dies bei manchen Buchsen auf der Drehmaschine gemacht werden kann, weil das Teflonstück fest im Buchsenkörper sitzt. Bei einem anderen Fabrikat muß man mit dem Tapetenmesser kürzen, weil sich dort der Isolierkörper bei der Bearbeitung auf der Drehmaschine im Außenteil der Buchse dreht.

Auf die so zugerichteten SMA-Buchsen der Hauptleitung trägt man ein wenig LOCTITE auf und dreht sie unter Anwendung mäßiger Kraft bis zum Anschlag ein. Das lötstiftseitige Ende des Buchsenkörpers schließt nun genau mit der Innenseite des Stirnteiles ab. Wegen des nicht genau passenden Gewindes ist trotz LOCTITE ein guter metallischer Kontakt zwischen Buchse und Endstück sichergestellt.

### Nebenleitung:

Das Material ist durch die bei der Herstellung notwendige Kaltverformung sehr hart geworden. Versucht man, den Leiter um einen kleinen Radius zu biegen, wie das bei der Nebenleitung notwendig ist, dann braucht das viel Kraft und letztendlich bricht der Leiter. Wenn man aber mit einer Heißluftpistole oder einem Gasbrenner den Stab an der Biegestelle auf etwa 600 Grad erwärmt, wird das Gefüge dort in einer Weise verändert, daß das Material leichter verformbar ist und dabei auch nicht mehr bricht.

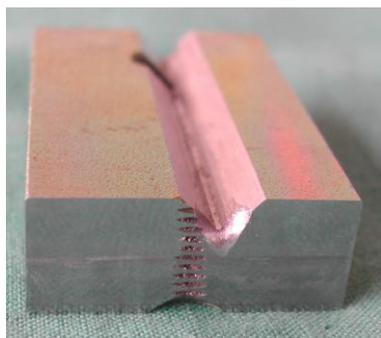


Abb. 3: Biegehilfe



Abb. 4: Eingespannter Nebenleiter fertig zum Biegen

Zum Biegen hat sich die kleine Vorrichtung gemäß Abb. 3 gut bewährt. Sie ist aus einem Stück Flachstahl von ca. 25\*10\*40 mm angefertigt, in dem längsseitig eine V-förmige Nut mit einer Tiefe von etwa 3 mm eingefräst ist. Die Nut wird am Ende mit einer 3-mm-Schlüsselrundfeile entsprechend dem gewünschten Biegeradius abgerundet.

Der Biegevorgang läßt sich am besten mit einer passenden Biegevorrichtung durchführen, er sollte aber auch im Schraubstock zu machen sein, wenn die Biegehilfe bündig mit der Oberkante der Backen eingespannt wird. Die Verwendung glatter Backen ist hier Pflicht, um Leiter und Biegehilfe nicht

## Selbstgebauter Richtkoppler

zu beschädigen. Ein oder zwei Biegeversuche klären, ob und wie sich die Längenverhältnisse beim Biegen ändern.



Abb. 5: Fertige Haupt- und Nebenleiter

Die abgebogenen Enden sind auf 90 Grad auszurichten und auf das erforderliche Maß zu kürzen. Nach dem Ankörnen bohrt man die Löcher für Buchsenstifte und Lötzinn. Wiederrum gilt es die Mitte so genau wie möglich zu treffen. Damit ist auch der Abstand der Buchsen für die Nebenleitung bekannt.

### Abgleichschrauben:

Damit der Abstimmvorgang beim Drehen der Schrauben gleichförmig verläuft, ist zumindest die Seite der Schrauben, die der Nebenleitung zugewandt ist, plan zu drehen.



Abb. 6: Einspannhilfe zum Bearbeiten der Madenschrauben auf der Drehmaschine

Um beim Einspannen das Gewinde nicht zu beschädigen, ist eine weitere Vorrichtung hilfreich, die lediglich aus einem ca. 7 mm langem Abfallstück einer stählernen Potentiometerachse besteht, das mit einem M3 Innengewinde versehen wurde. Darin wird die Schraube mit einer Kontermutter fixiert und läßt sich so bequem bearbeiten.

Bei dieser Gelegenheit wird auch der Zylinderkopf entfernt, die Schnittfläche plan gedreht und mit der Laubsäge ein Schlitz für den Schraubendreher angebracht. Auch die Kontermutter zum Fixieren der Abstimmsschrauben auf dem Deckel des Richtkopplers kann man ein wenig nacharbeiten, indem die Dicke auf etwa die Hälfte reduziert wird. Zugegebenermaßen eine Fleißaufgabe, aber es schaut gut aus.

### Schutzkappen:

Die sind aus ca. 8 mm starkem Zellamid-Rundmaterial angefertigt, das es in der Eisenhandlung und vielleicht auch im Baumarkt zu kaufen gibt; grundsätzlich eignet sich jeder nicht zu spröde Kunststoff. Vor der Bearbeitung auf der Drehmaschine ist der Drehmeißel nachzuschärfen, weil sich das Material sonst nicht ordentlich bearbeiten läßt und die Oberfläche häßlich wird. Das Loch für die Buchse bohrt man ebenfalls auf der Drehmaschine bei kleinster Drehzahl mit einem frisch geschärften Spiralbohrer mit 6,3 oder 6,4 mm Durchmesser. Weil der Buchsen-Außendurchmesser nicht bei allen Herstellern ganz genau gleich ist, muß man hier probieren. Die Kappen sollen ein wenig streng auf das Gewinde der Buchsen passen, damit sie nicht verloren gehen.

### Deckel:

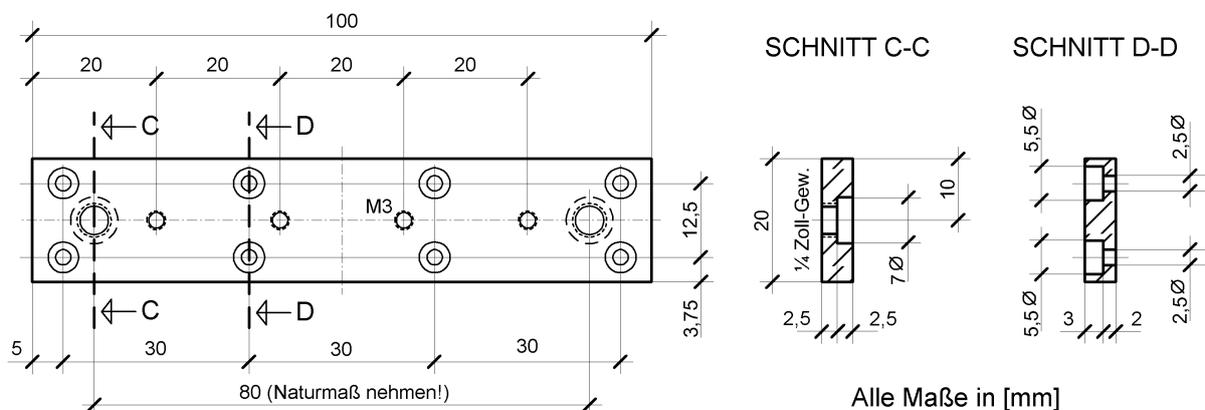


Abb. 7: Maßzeichnung des Deckels

## Selbstgebafter Richtkoppler

Das mit Übermaß zugeschnittene Teil wird ebenfalls an den Längsseiten parallel gefräst und anschließend flach horizontal eingespannt. Man bringt in bekannter Weise alle Bohrungen an, auch jene für die Buchsen mit 5,8 mm, wobei unbedingt das Naturmaß des Nebenleiters zu berücksichtigen ist. Das Sollmaß für die Länge des Nebenleiters beträgt 80 mm. Die Lage der Buchsen muß längssymmetrisch sein, damit beide Seiten des Richtkopplers auch einigermaßen elektrisch gleichwertig sind und man die beiden Seiten beim Anschluß an ein Meßobjekt versuchsweise vertauschen kann. Die Löcher für die Befestigungsschrauben werden wieder 3 mm tief angesenkt.

Nach dem Schneiden der Gewinde sind die Löcher für die Buchsen auf der Unterseite mit dem 7-mm-Schafffräser 2,5 mm tief anzusenken. Nach Demontage der Stirnteile kann der Deckel provisorisch montiert werden; wurde die Arbeit sorgfältig ausgeführt, dann wird auch diesmal alles genau passen.

Nun ist der Deckel noch auf die richtige Länge zu bringen. Dazu werden die Schrauben festgezogen und das Teil vertikal eingespannt. Der Deckel wird so weit gekürzt, daß er mit dem Grundkörper bündig ist. Dann fräst man nochmals mit einer Spantiefe von 0,1 mm über beide Teile, damit die Fläche wirklich eben wird. Die andere Seite ist gleichermaßen zu bearbeiten. Nach neuerlicher Montage der Stirnteile hat man nun das Maß für die Länge der Hauptleitung.

Jetzt kann man den Richtkoppler auch außen bearbeiten: Alle 4 Längsflächen werden mit einer Spantiefe von 0,1 mm fertig gefräst, wobei durch Zugabe von Spiritus die Oberfläche schöner wird. Zuletzt bricht man alle scharfen Kanten mit der Schlichtfeile und entgratet nach Demontage der Aluteile die Bohr- und Gewindelöcher.

### Endgültiger Zusammenbau

Die oberen Schrauben für die Befestigung der Stirnteile dürfen nicht zu lang sein, weil sie sonst mit den Schrauben kollidieren, die den Deckel halten.

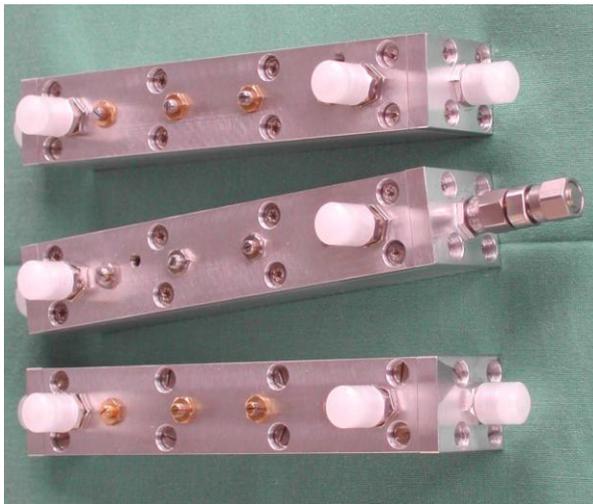


Abb. 8: Fertige Richtkoppler

Das Festlöten von Haupt- und Nebenleitung an den Stiften der Buchsen erfordert ein wenig Geduld und Lötzinn mit 0,5 oder 0,8 mm. Es dauert wegen des ungünstigen Wärmeüberganges selbst bei einer 80-W-Lötstation ein Weilchen, bis die Temperatur im 1-mm-Loch der Leitung zum Schmelzen des Lotes ausreicht.

Bei den ausgeführten Exemplaren weichen die für die Funktion wichtigen Maße in keinem Fall mehr als 0,1 mm vom Sollwert ab, zumeist ist die Abweichung geringer.

### Abgleich

Ganz wichtig ist die Verwendung von hochwertigen Abschlußwiderständen – es lohnt sich, aus einer größeren Anzahl die beiden besten herauszusuchen. Im gegenständlichen Fall sind für die Bestimmung der Richtschärfe die Abschlüsse von Haupt- und Nebenleitung mit einem Reflektometer der Type ZUP von R&S bei 500 MHz selektiert worden. Auch hat sich gezeigt, daß ein nur lose festgeschraubter Abschluß am Meßtor oder an der Hauptleitung durchaus zu einem Ansteigen des Rücklaufes um 10 bis 15 dB führen kann.

Für einen vernünftigen Abgleich ist ein Spektrumanalysator mit Trackinggenerator oder zumindest ein zusätzlicher Wobbelgenerator vonnöten, so daß die Auswirkung von geänderten Einstellungen an den Abgleichsschrauben am Schirmbild unmittelbar zu sehen ist. Ein punktwise Abgleich mit Hilfe eines Meßsenders wird wegen der Wechselwirkung zwischen den Abgleichselementen viel zu zeitaufwendig.

## Selbstgebauter Richtkoppler

Die Koppeldämpfung läßt sich durch vorsichtiges Annähern oder Entfernen des Nebenleiters von der Hauptleitung recht gut auf den gewünschten Wert von 20 dB einstellen.

Es ist bei den angefertigten 3 Mustern nicht gelungen, den Abgleich der Richtschärfe so durchzuführen, daß sie optimal bleibt, wenn der Koppler verkehrt herum angeschlossen wird. Also sollte man durch Versuch jene Seite ermitteln, die bei Reflexionsmessungen die besseren Eigenschaften hat und dafür die Leistung immer von dieser Seite zuführen. Die Richtschärfe ist dann für diese Seite bestmöglich zu justieren.

Bei Vorlaufmessungen sind beide Seiten ebenbürtig, sodaß in diesem Fall dem Koppler die Leistung von der anderen Seite zugeführt werden kann. Auf diese Weise kann der ausgesuchte Abschlußwiderstand des Nebenleiters immer an derselben Buchse verbleiben, was der Messgenauigkeit zugute kommt. Die SMA-Abschlußwiderstände sind nicht für oftmaliges Verschrauben ausgelegt, manche gehen schon nach einigen –zig Wechseln kaputt!

Der Abgleich auf beste Richtschärfe ist selbst an einem Spektrumanalysator ein wenig umständlich und nur durch vorsichtiges, wechselweises Verstellen der Abgleichschrauben zu erzielen. Sobald eine der Schrauben zu weit eingedreht wird und den Nebenleiter berührt, äußert sich das in einer sprunghaften Änderung des Schirmbildes. Hat man die Möglichkeit, die Abgleichschrauben mit Feingewinde auszustatten, erleichtert das den Abgleich. Notwendig ist das jedoch nicht. Ist bei allen Schrauben die optimale Position erreicht, sind sie mit den Kontermuttern zu sichern. Aus Zeitmangel wurde nicht überprüft, ob sich durch eine Änderung der Koppeldämpfung die Richtschärfe noch verbessern ließe.

Nach erfolgtem Abgleich werden Kontermuttern und Abgleichschrauben mit Sicherungslack fixiert (Nagellack tut es ebenso).

Beim Abgleich hat sich auch herausgestellt, daß wegen der mitunter sehr geringen Abstände zwischen Abgleichschrauben und Nebenleiter die Richtkoppler stoßempfindlich sind. Sollte der Koppler einmal zu Boden fallen, dann wird zwar kaum die Koppeldämpfung, aber sehr wahrscheinlich die Richtschärfe in Mitleidenschaft gezogen. Ein anschließender Neuabgleich ist dann zu empfehlen.

## Meßergebnisse

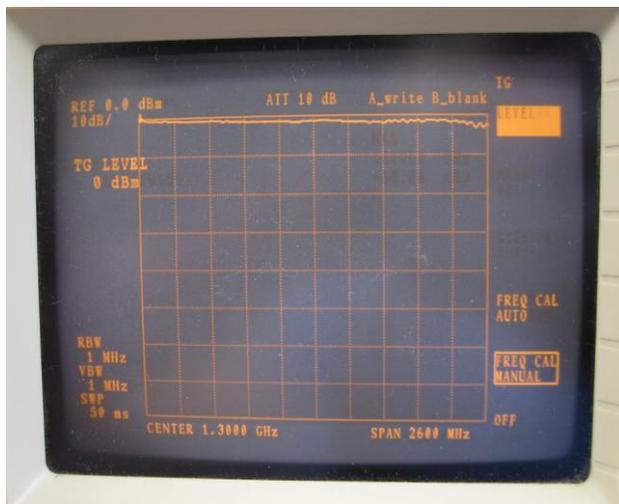


Abb. 9: Dämpfungsverlauf des Messkabels

Für die Gelegenheit, die 3 Exemplare auf dem ADVANTEST R3361A Spektrumanalysator von OE5MKL vermessen zu können, bedanke ich mich herzlich. Bei der Erstellung des Diagrammes Abb. 12 sind für die Rückflußdämpfung die Mittelwerte des Signalverlaufes in Abb. 11 genommen worden.

Der Richtkoppler hat im Bereich von 500 bis 1300 MHz die besten Eigenschaften. Mit Hilfe des Diagrammes lassen sich aber auch für 145 MHz oder 1600 MHz aussagekräftige Meßergebnisse gewinnen. Mit einem entsprechend verkürzten Nebenleiter müßte sich ein solcher Koppler auch für 2,4 GHz verwenden lassen.

# Selbstgebauter Richtkoppler

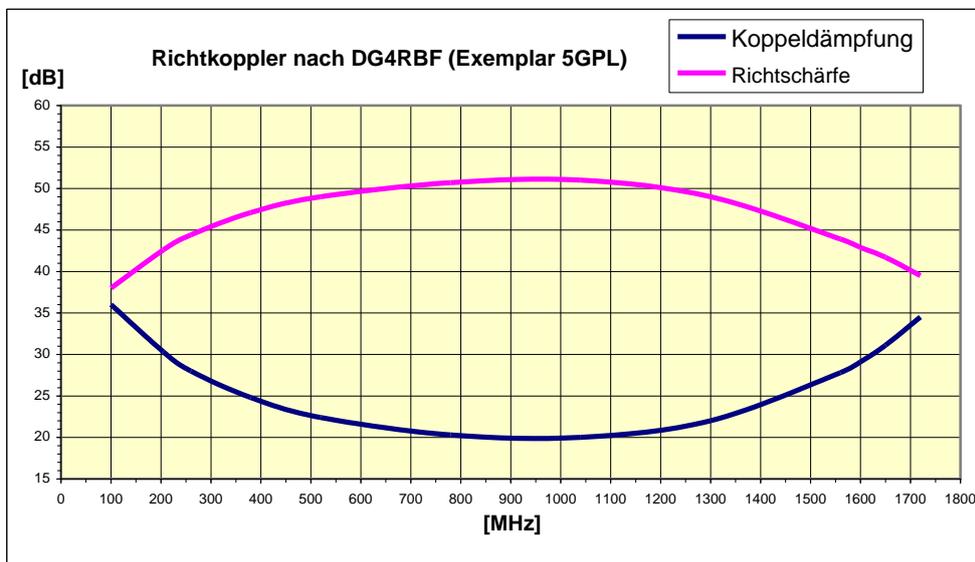
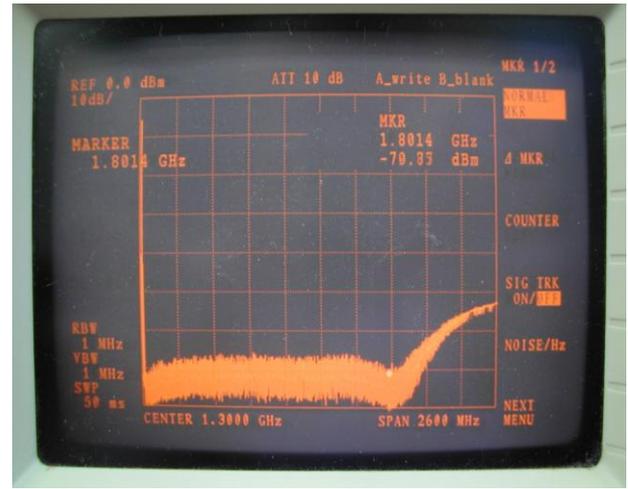
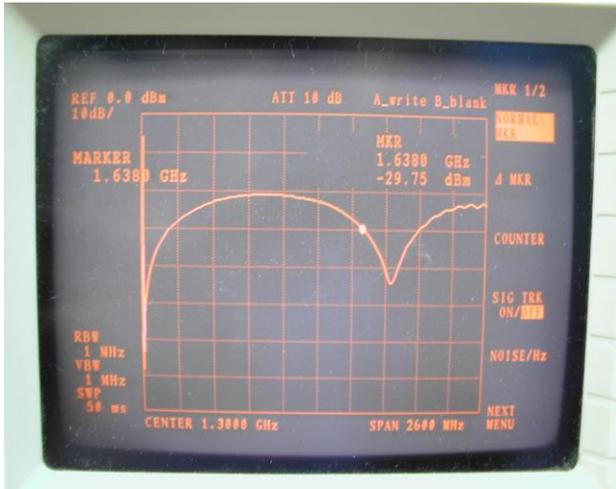
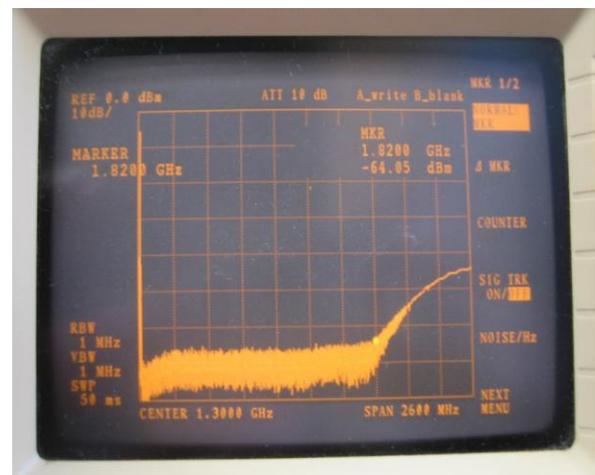
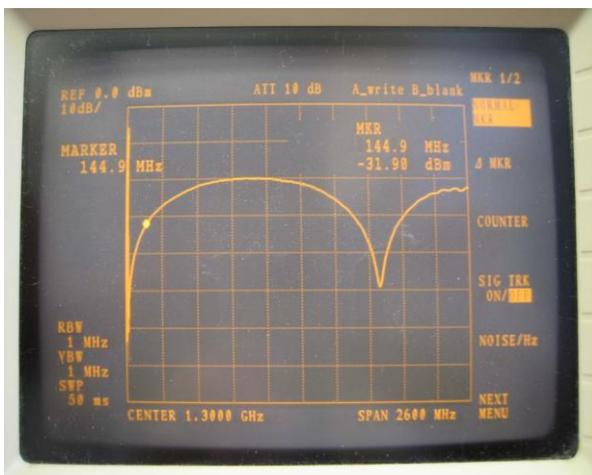


Abb. 12: Koppeldämpfung und Richtschärfe im Bereich von 100 bis 1700 MHz beim Exemplar 5GPL



## Zusammenfassung

Der Richtkoppler ist, wie im Originalartikel angegeben, sehr gut für Anpassungsmessungen geeignet. Die Verwendung von Aluminium erleichtert die Herstellung und hat bisher keinen negativen Einfluß auf die Funktion gezeigt. Soll die optimale Richtschärfe in einem anderen Frequenzbereich liegen, so könnte man mit der Länge des Nebenleiters experimentieren.

Viel Erfolg!

Helmut, OE5GPL

Literatur, Verweise, Bezugsquellen:

- [1] UKW-Berichte 1/2002, Seiten 35 bis 44: Bernd Kaa, DG4RBF, Präzisions-Richtkoppler für Anpassungsmessungen
- [2] Modellbau LINDINGER, A-4591 MOLLN: <http://www.lindinger.at>

## 1. Nachtrag

In der Zwischenzeit können Vorlaufdämpfung und Richtschärfe auch auf dem eigenen Meßplatz überprüft werden. Also habe ich mich hingesezt und in aller Ruhe versucht, die Abgleichschrauben so gut wie möglich zu justieren. Der Zeitaufwand für das Herumprobieren betrug dabei etwa eine gute Stunde.

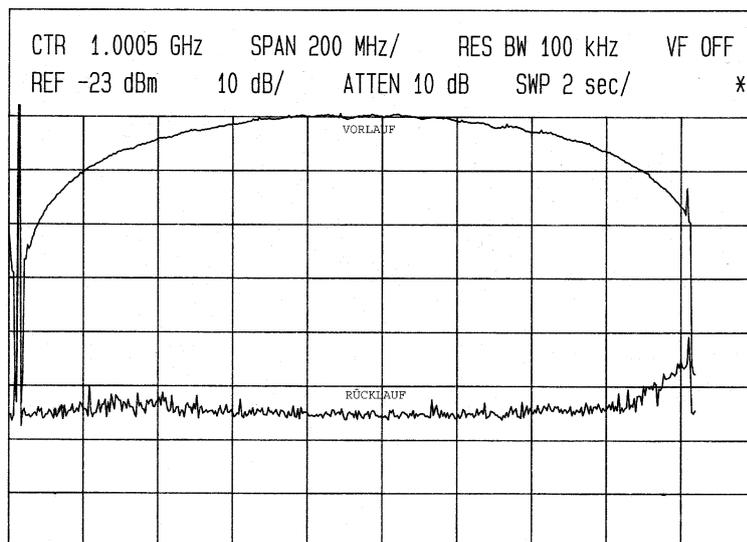


Abb. 13: Nachjustiertes Exemplar OE5GPL

Das Ergebnis der Bemühungen zeigt nebenstehendes Bild.

Man sieht, daß sich mit ein wenig Zeitaufwand die Rücklaufdämpfung noch steigern hat lassen, was nunmehr im Bereich von ca. 450 bis 1450 MHz einer Richtschärfe von 50 dB oder mehr entspricht – ein sehr schönes Ergebnis!

Bei aller Freude darf man nicht vergessen, daß der Abgleich auf den gerade angeschlossenen Widerstand erfolgt ist, der, obwohl ausgesucht, nicht unbedingt der allerbeste sein wird. Mit einem anderen „sehr guten“ Widerstand kann deswegen die Rücklaufkurve ohne weiteres ein wenig anders aussehen.