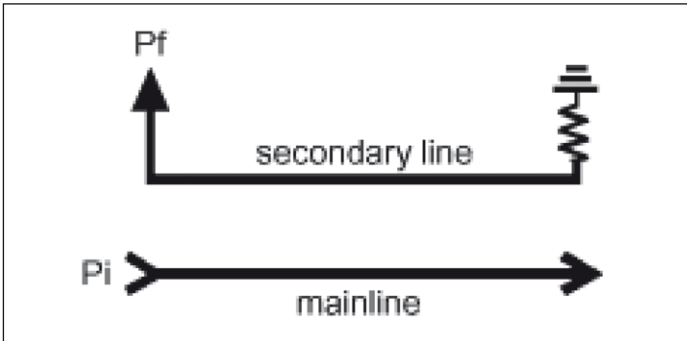


# Wie man den geeignetsten Richtkoppler für eine kritische Anwendung spezifiziert



**Bild 1: Einfacher Richtkoppler:  $P_i$  = einlaufende Leistung,  $P_f$  = vorlaufende Leistung**

Über die Jahre hinweg wurden viele verschiedene Techniken für den Aufbau von Richtkopplern erprobt.

Dieser Artikel beschränkt sich auf die Diskussion der koaxialen Viertelwellenlängen-Richtkoppler, da diese Bauart einen ausgewogenen Kompromiss zwischen funktionellem Bereich, Leistung und Kosten für die meisten Breitbandanwendungen bis zu einer Oktavbandbreite repräsentiert.

## Einführung

Ein Richtkoppler ist prinzipiell eine Viertor-Komponente, die in einer Vielzahl von Mikrowellensystemen eingesetzt wird und praktisch jede Anforderung nach der Erfassung eingehender oder reflektierter Mikrowellenleistung bequem und genau, mit minimaler Störung auf der Übertragungsleitung, erfüllt.

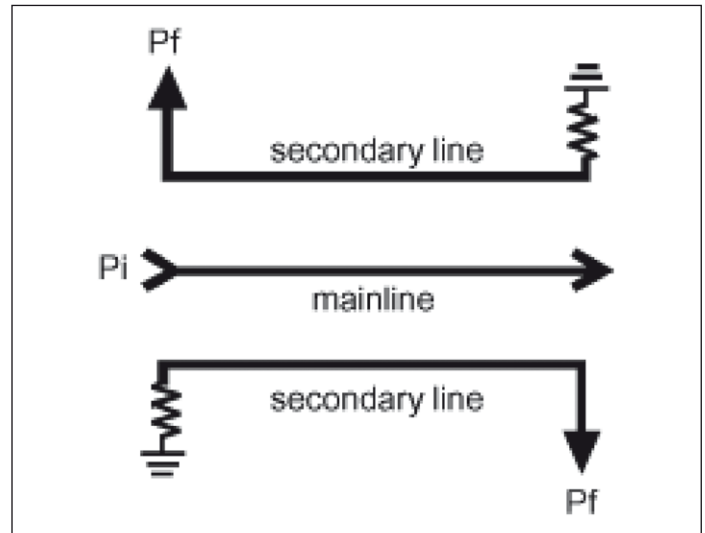
Die Grundkonfiguration eines einzelnen Richtkopplers zeigt Bild 1. Er besteht aus zwei parallelen Übertragungsleitungen mit einer der Mittenfrequenz des Betriebsbereichs entsprechenden Viertelwellenlänge. Die Haupt-

und Sekundärleitungen haben einen genau dimensionierten Abstand voneinander, der den Kopplungsfaktor der Komponente festlegt. Je geringer der Abstand der Leitungen ist, umso mehr Leistung wird in die sekundäre Leitung eingekoppelt. Der Begriff Kopplung gibt an, welcher Teil der Eingangsleistung zum Ausgangsport übertragen wird. Er wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$C = 10 \log_{10}(P_f/P_i)$$

Üblich in der Praxis sind die Werte 3, 6, 10, 20, 30, 40 und 50 dB, jedoch kann nahezu jeder Kopplungswert durch entsprechendes Design realisiert werden.

Ein zweifacher Richtkoppler (Bild 2) ist im Grunde genommen nur eine Rücken-an-Rücken-Anordnung von zwei einfachen Richtkopplern, die sich eine gemeinsame Hauptleitung teilen und zwei sehr gut entkoppelte Ausgänge aufweisen. Die hohe Entkopplung ist wichtig für die Genauigkeit von Reflektometer-Anordnungen, die simultan auch die zu einem Gerät



**Bild 2: Prinzip eines zweifachen Richtkopplers**

oder einer Last hinlaufende Leistung messen und ein Verhältnis der Signale liefert, aus dem man die Rückflussdämpfung in dB ermitteln kann.

## Richtkoppler-Theorie und Definitionen

Wenn Leistung in den Eingangsport eingespeist wird, erscheint sie, abzüglich des zur Messung ausgekoppelten Anteils, wieder am Ausgabeanschluss. Wird Leistung an der Ausgangslast reflektiert, würde sie – bei einem idealen Richtkoppler – nicht auf der sekundären Leitung erscheinen. Bedauerlicherweise gibt es keine idealen Richtkoppler, so dass ein kleiner Teil der Rücklaufleistung doch in die gekoppelte Leitung übertragen wird, und zwar um 180° gegenüber der eingespeisten Leistung verschoben. Dadurch wird Leistung auf der Sekundärleitung teilweise ausgelöscht, und es kommt zu Messungenauigkeiten. Der Begriff

„Richtwirkung“ (Directivity, siehe Bild 3) bezeichnet das Verhältnis der Vorwärts- zu Rückwärts-Kopplung und wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$D_s = 10 \log_{10}(P_f/P_b)$$

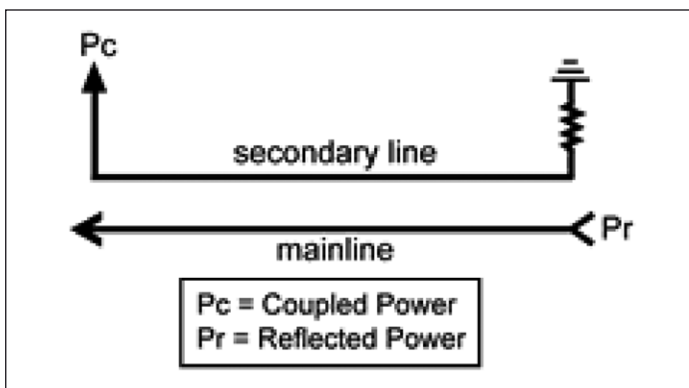
Je größer die Richtwirkung ist, umso weniger rücklaufende Leistung wird erfasst, so dass sich die Messgenauigkeit signifikant verbessert. Die Richtwirkung ist der entscheidende qualitative Wert zum Vergleich von Kopplern.

Zum Thema Messfehler gehört auch das Spannungs-Stehwellenverhältnis (VSWR), da sich Reflektionen zum eingespeisten Signal addieren oder von ihm abgezogen werden, und dadurch eine Unsicherheit im Kopplungsfaktor verursachen. Der Begriff VSWR kennzeichnet das Verhältnis der vor- zur rücklaufenden Leistung und hat idealerweise die Größe 1.00:1, was bedeutet, dass diese

Theoretischer Einfügungsverlust auf der Hauptleitung aufgrund des Koppelfaktors (dB)							
Koppelfaktor	3 dB	6 dB	10 dB	20 dB	30 dB	40 dB	50 dB
Einzelner Richtkoppler	3,01	1,2560	0,4560	0,0436	0,0043	0,0004	0,00004
Zweifacher Richtkoppler	6,02	2,5120	0,9120	0,0872	0,0086	0,0008	0,00000

**Tabelle 1**

Unter Verwendung der Application Note MAP-701 „How to specify the best directional Coupler for your Critical Application“ MECA Electronics Inc. <http://e-meca.com>



**Bild 3**

Signale in Phase sind und sich nicht auslöschen. Je besser die Rückflussdämpfung ist, umso weniger Rücklaufverluste treten auf. Eine ungenügende Koppler-Rückflussdämpfung verringert die Messgenauigkeit und ist normalerweise auf Anschlussstecker geringerer Qualität oder unzulängliche Designtechniken zurückzuführen.

Der Frequenzgang eines Kopplers ist ein Maß dafür, wie sich die Kopplung über einen gegebenen Frequenzbereich ändert. Das optimale Koppel-Frequenzverhalten wird durch Auslegung des Kopplers für die Mittenfrequenz des Betriebsbereichs erzielt. Die typische Kopplungswelligkeit eines Viertelwellenkopplers, der über ein Oktavband hinweg arbeitet, liegt innerhalb von  $\pm 0,75$  dB des Nennwertes. Bei sonst gleichem Design haben Richtkoppler mit stärkerem Koppelfaktor einen flacheren Kopplungsverlauf über der Frequenz (3, 6 & 10 dB), während er bei schwächeren Koppelfaktoren eine höhere Welligkeit aufweist (20 bis 50 dB).

Eine andere wichtige Überlegung beim Spezifizieren eines Kopplers soll sicherstellen, dass er einen möglichst minimalen Einfügungsverlust in der Hauptleitung hat. Aufgrund ihres Entwurfs bieten koaxiale Luftleitungskoppler den niedrigstmöglichen Verlust, wenn sie in einen Übertragungspfad eingefügt werden. Im Allgemeinen wird der Einfügungsverlust eines Kopplers bei höheren Frequenzen signifikanter, weil der

Verlust mit steigender Frequenz immer größer wird.

Wenn man einen Richtkoppler mit einem Koppelfaktor stärker als 20 dB (3, 6 oder 10 dB) spezifiziert, sollte auch der theoretische Einfügungsverlust durch Leistungskopplung von der durchgehenden Leitung des Kopplers auf die zweite Leitung berücksichtigt werden. Tabelle 1 verdeutlicht die Höhe des zusätzlichen Verlusts, der sich auf Grund der Nähe der beiden Übertragungsleitungen ergibt.

### Richtkopplerlösungen von MECA

MECA entwickelt und produziert sowohl koaxiale Luftleitungs- als auch Striplinekoppler. Aufgrund ihrer Konstruktion haben Luftleitungskoppler die höchste Belastbarkeit und den niedrigst möglichen Einfügungsverlust. Die bei ihrer Konstruktion verwendeten besonderen Anpassverfahren sorgen auch für außerordentlich hohe Richtfaktoren und das bestmögliche VSWR. Stripline-Koppler haben den Vorteil eines mehrere Oktaven breiten Arbeitsbereichs in Miniaturgehäusen für erhöhte Packungsdichte. Die Richtkoppler sind für einen großen Bereich an Koppelfaktoren von 3 bis 50 dB und mit zahlreichen Kundenoptionen lieferbar, wie z.B. Doppel- und Dreifachkoppler, spezielle Koppelwerte, Übertragungsbereiche bis 18 GHz, externe Hochleistungsabschlüsse und alternative Steckverbindern und Oberflächen-Beschichtungen sowie Ausführungen mit niedrigen PIM-Werten.