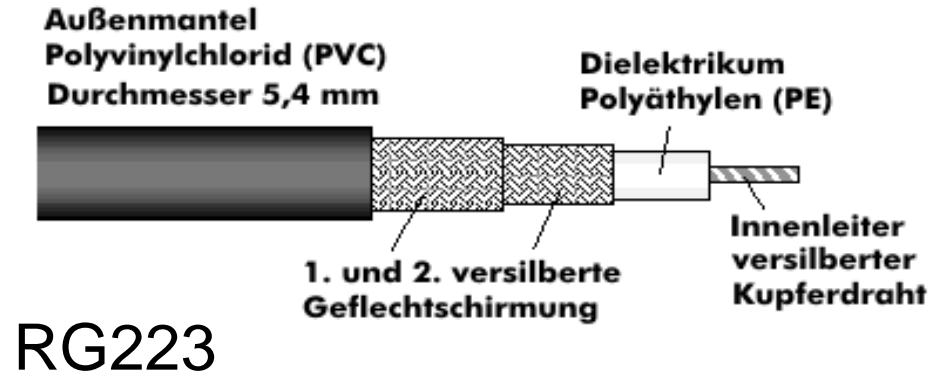


# Wichtige HF-Leitungen: Koaxialleitung

$$Z_w = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d} \Omega$$



Dämpfung: 0.1dB bis 1dB /m bei 1GHz

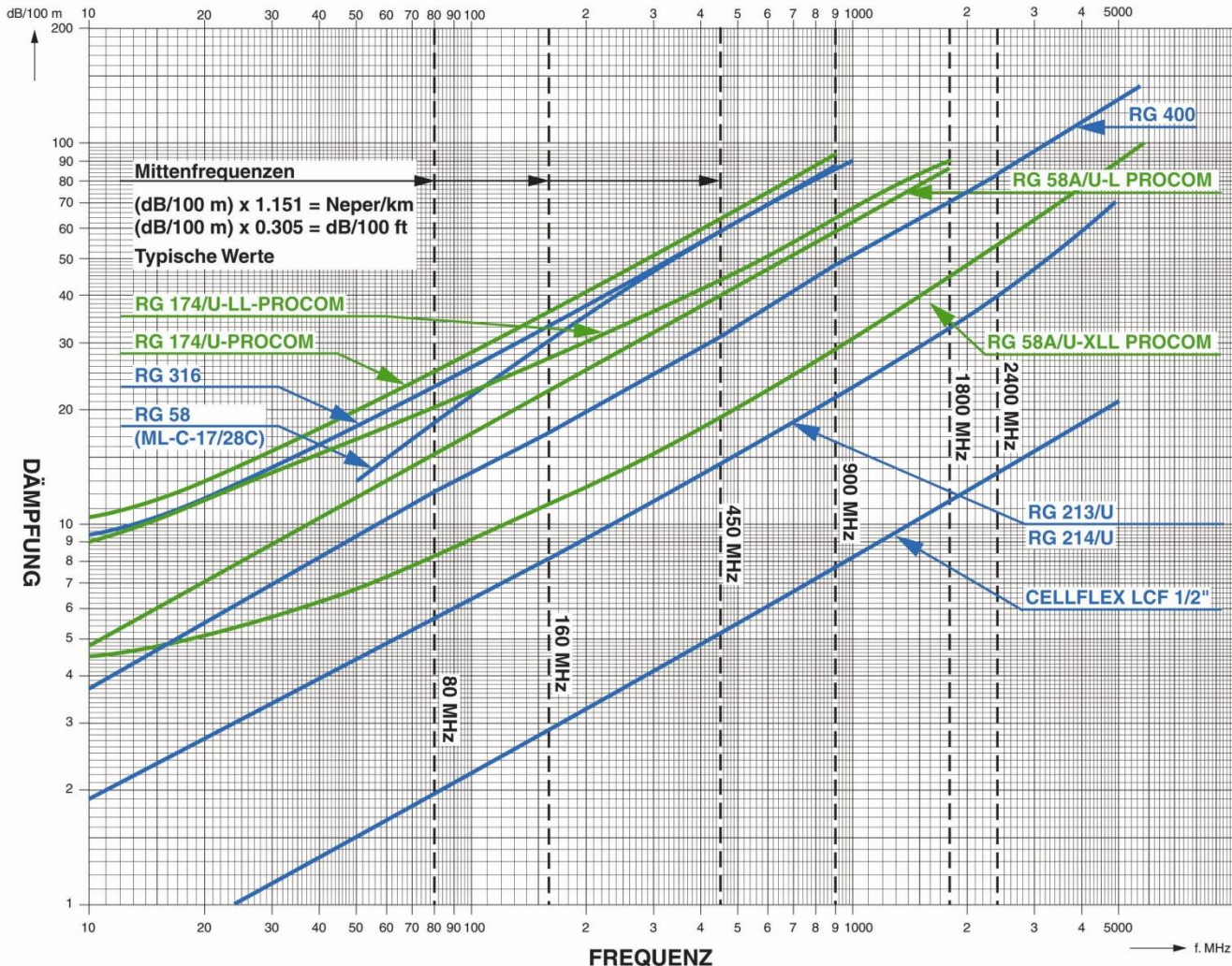
$$a|_{dB} = kf^n \quad n \text{ ca. } 0.5$$



# Koaxialleitung: Dämpfung

01.2007

PROCOM A/S behält sich das Recht vor, Änderungen ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen.

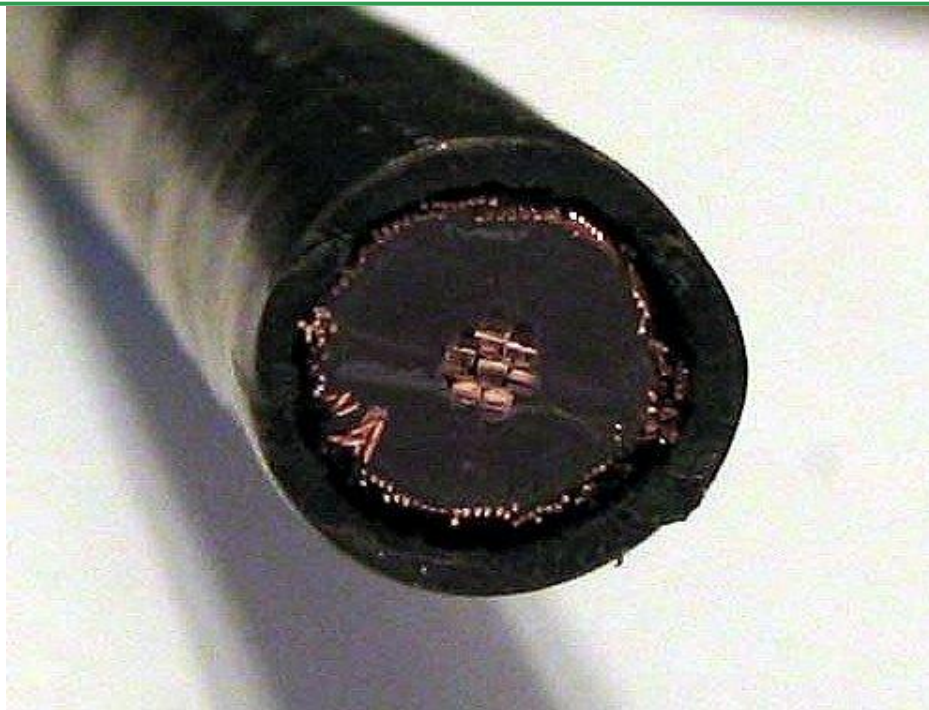


**Dämpfung je nach Frequenz**  
für einige Koaxialkabel





# Koaxialleitung: verschiedene Typen



Querschnitt des RG-213  
Aussendurchmesser 10,3mm

Semirigid-Koaxialkabel  
mit einem Durchmesser  
des Außenleiters von  
1,5 Zoll



Koaxialkabel zur Datenübertragung von Digitalfernsehen und analogem Fernsehen





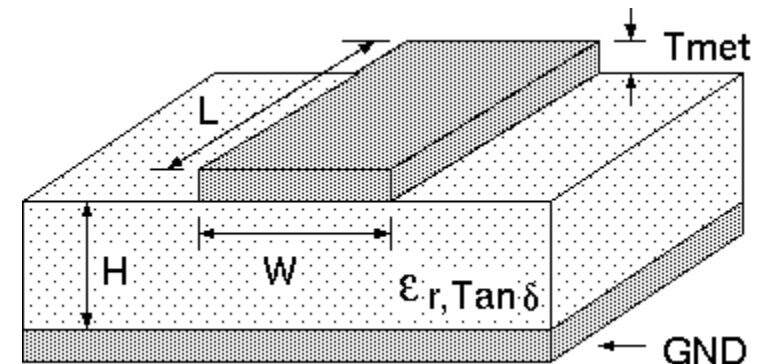
# Doppelader Hauptkabel



# Wichtige HF-Leitungen: Microstrip

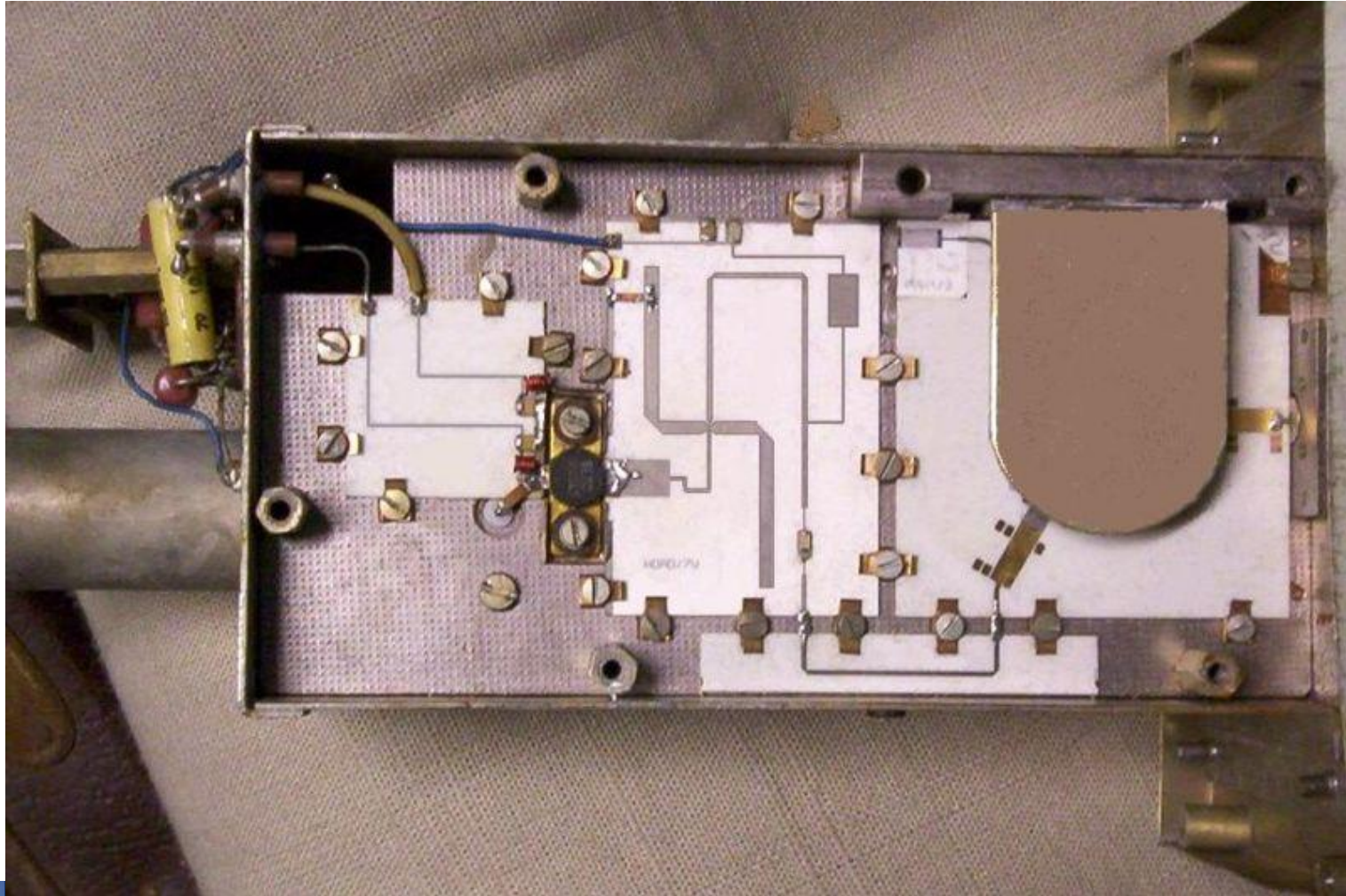
$$Z_0 = \frac{\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}}{2\pi\sqrt{2(1+\epsilon_r)}} \ln \left( 1 + \frac{4h}{w_{eff}} \left( \frac{14 + \frac{8}{\epsilon_r}}{11} \frac{4h}{w_{eff}} + \sqrt{\left( \frac{14 + \frac{8}{\epsilon_r}}{11} \frac{4h}{w_{eff}} \right)^2 + \pi^2 \frac{1 + \frac{1}{\epsilon_r}}{2}} \right) \right)$$

$$w_{eff} = w + t \frac{1 + \frac{1}{\epsilon_r}}{2\pi} \ln \left( \frac{4e}{\sqrt{\left( \frac{t}{h} \right)^2 + \left( \frac{1}{\pi} \frac{1}{\frac{w}{t} + \frac{11}{10}} \right)^2}} \right)$$

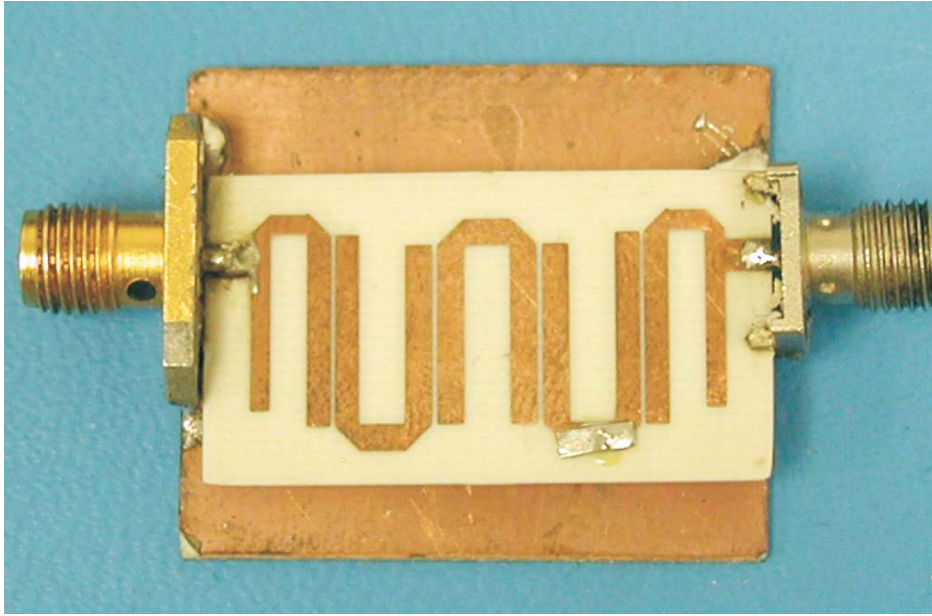




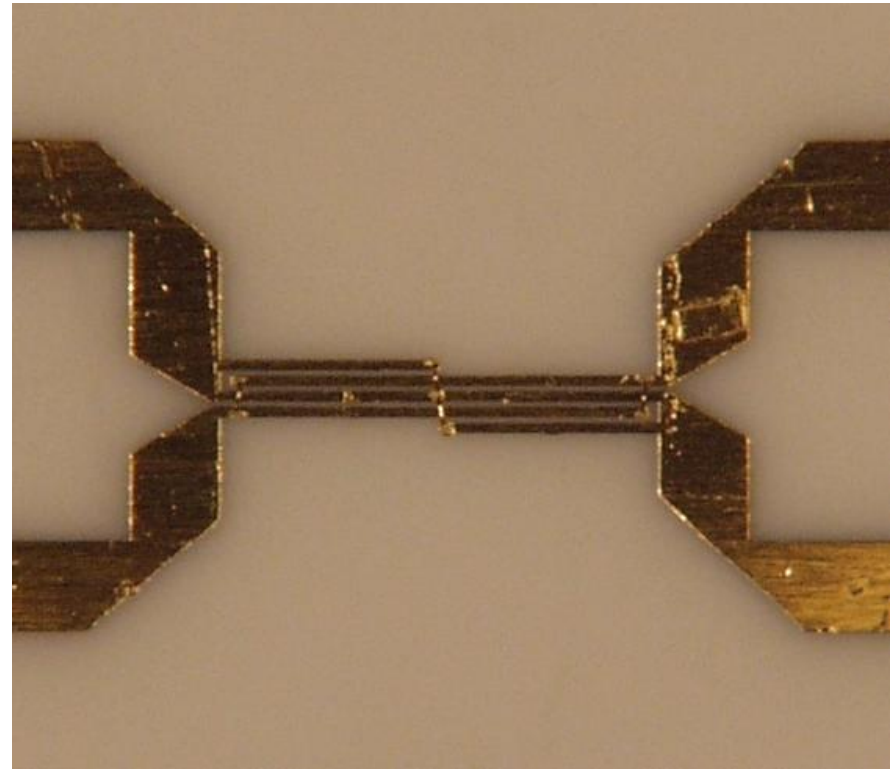
# Microstrip = Streifenleitung



## 4.2GHz Hairpin filter



## Lange Coupler





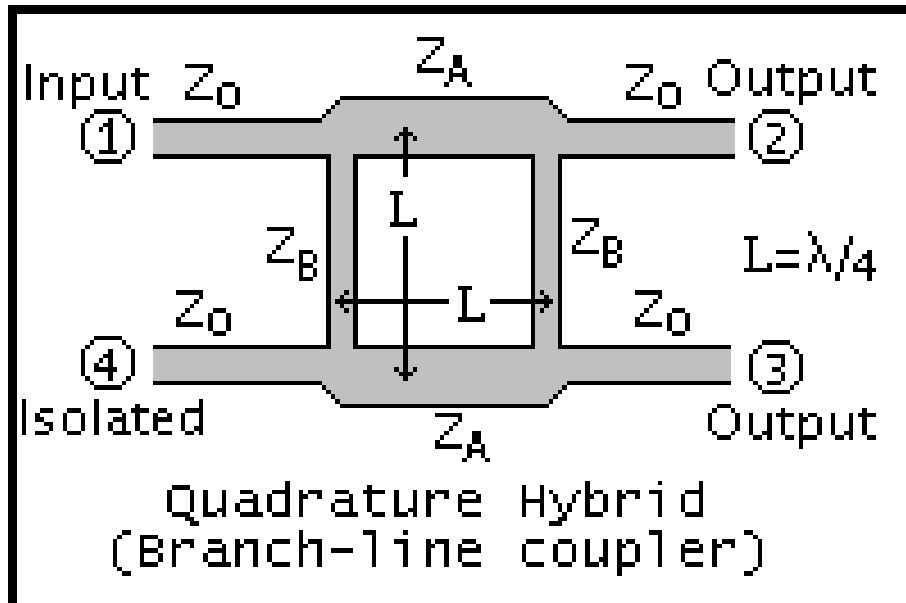


Figure 1

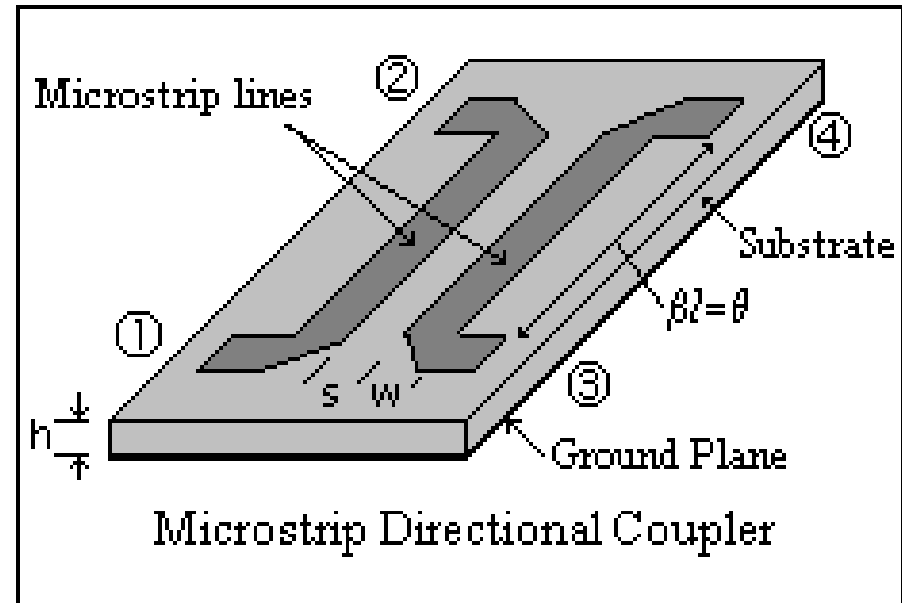
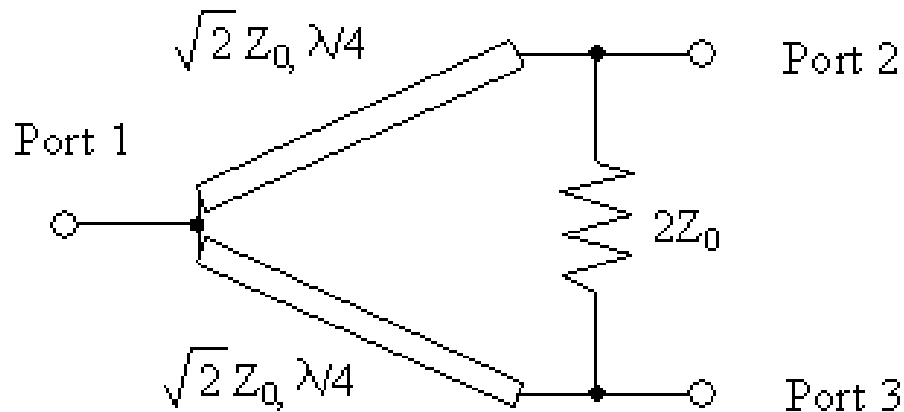


Figure 1





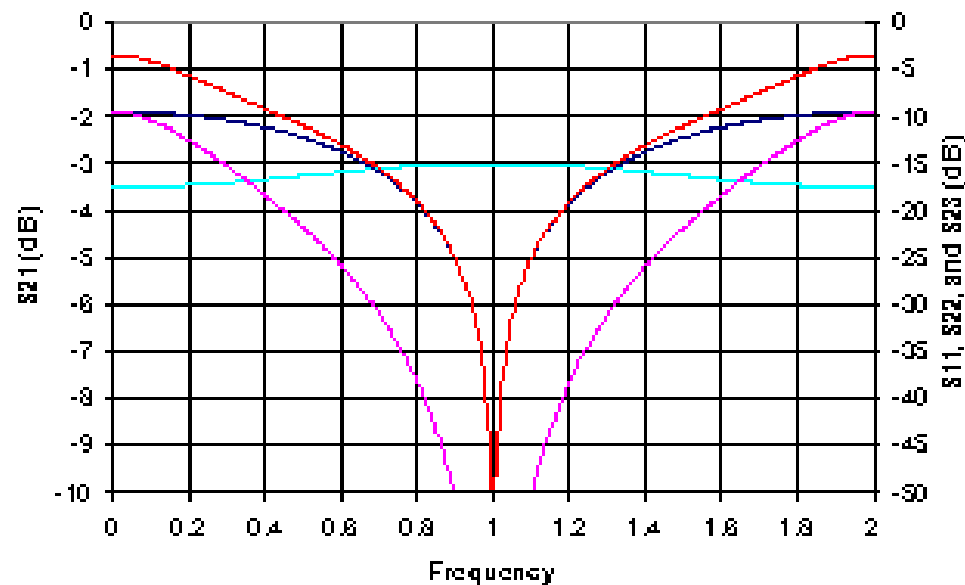
Bei allseitiger Anpassung verlustfrei.

$\lambda/4$ -Trafo:

$$2Z_0 = \frac{(\sqrt{2}Z_0)^2}{Z_0}$$

Port 1:

$$Z_{in} = 2Z_0 // 2Z_0 = Z_0$$





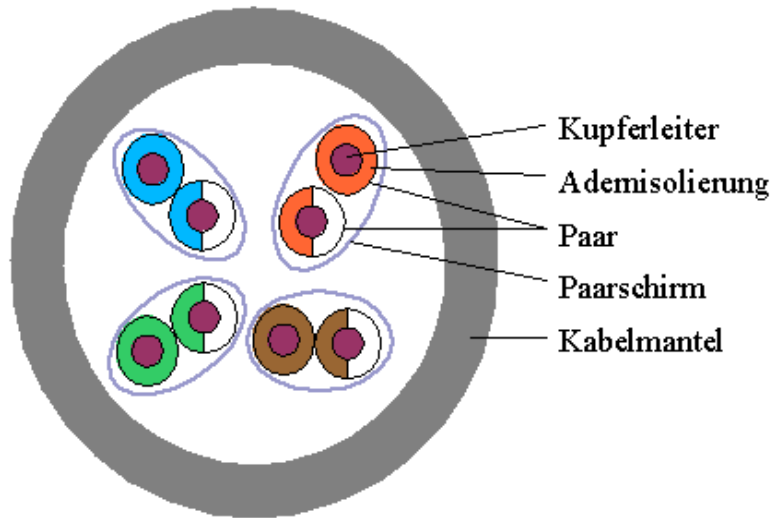
*z.B.: Cat-7-Kabel*

- (Screened/Shielded Twisted Pair S/STP)
- vier einzeln abgeschirmte Adernpaare innerhalb eines gesamten Schirms.
- Betriebsfrequenzen bis 600 MHz
- $Z_0 = 100\Omega$

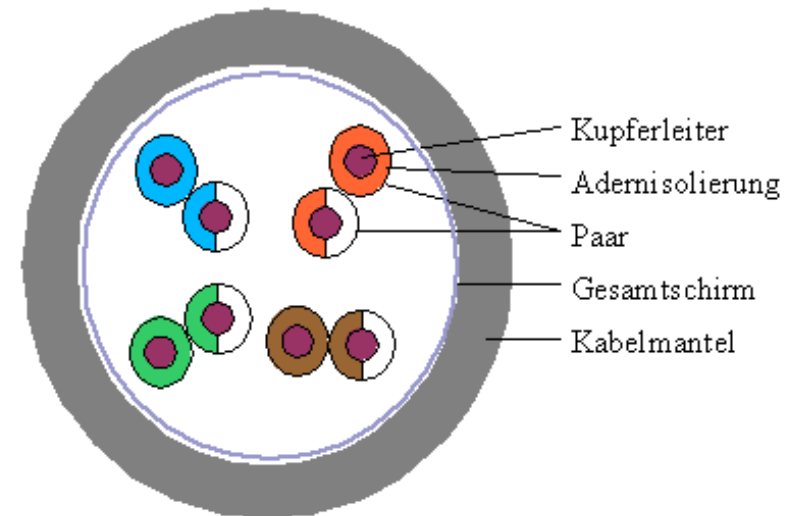


# Wichtige HF-Leitungen: Twisted Pair

STP

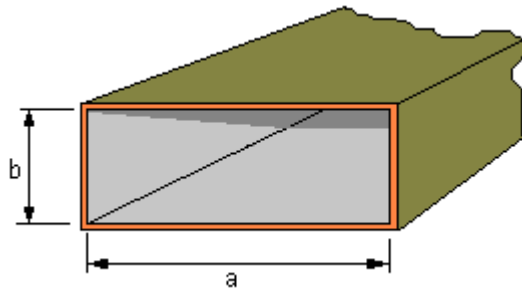


S/UTP

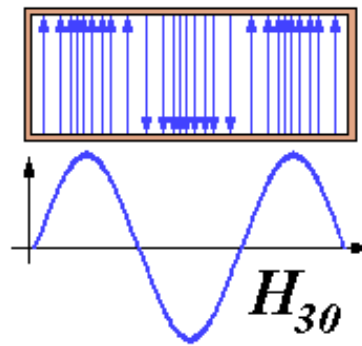
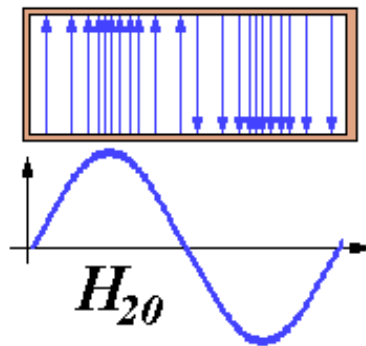
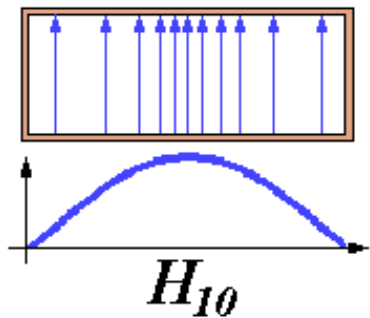




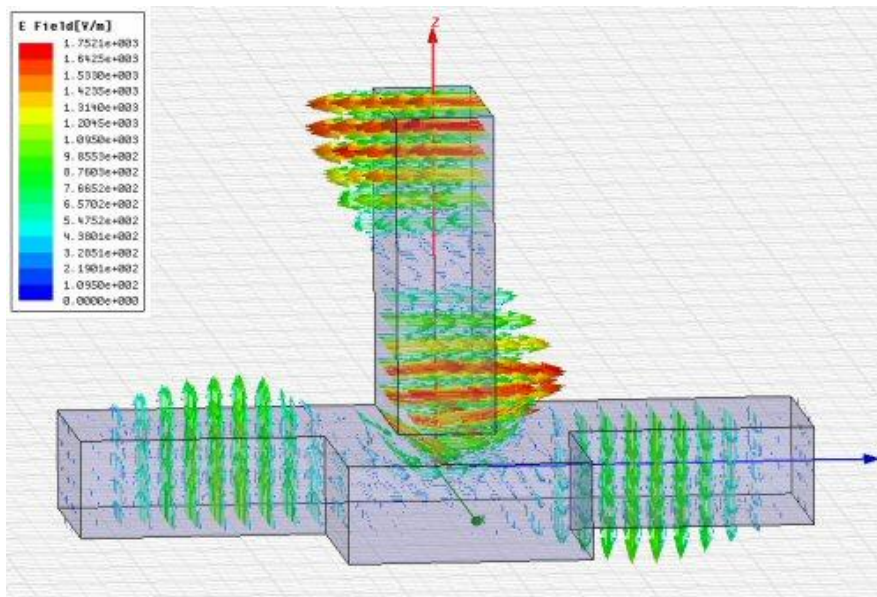
# Wichtige HF-Leitungen: Hohlleiter = Waveguide



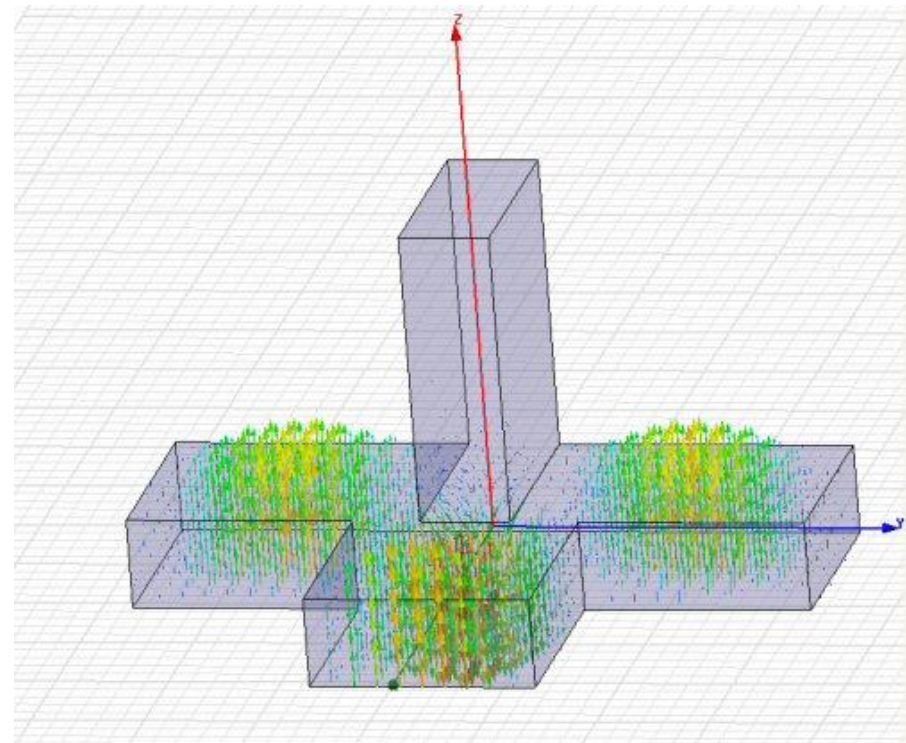
- Für sehr große Leistungen (kW)
- Untere Grenzfrequenz:  $\lambda/2 < a$
- typ.:  $f > 3\text{GHz}$



Leistungsteiler mit  
 $180^\circ$  Phasenverschiebung

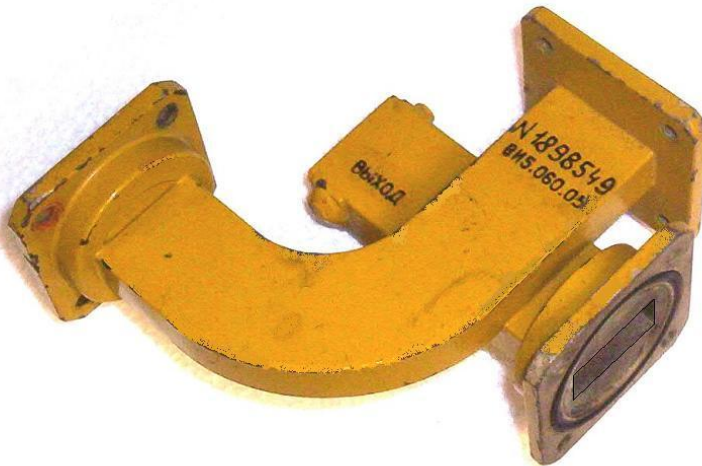


Leistungsteiler  
keine Phasenverschiebung





## 9GHz Richtkoppler



## Magic Tee





früher gebräuchliche  
Antennenleitung  
 $Z_w$  ca.  $240\Omega$



Kreuzwickelspule aus HF-Litze  
HF-Litze: Viele dünne  
gegeneinander isolierte Drähte;  
Maßnahme gegen den Skineffekt





## **BNC**

bis ca. 3GHz

bis ca. 50 Watt

1 bis 5 €



## **N**

bis ca. 20GHz

bis ca. 1kW

5 bis 50 €







## SMA

bis ca. 20GHz  
bis ca. 50 Watt  
5 bis 50 €



## SMB

bis ca. 3GHz  
bis ca. 20 Watt  
1 bis 5 €



- Vergleiche Hohlleiter und Koaxialeiter hinsichtlich Frequenzverhalten, Dämpfung, und übertragbare Leistung.
- Wie breit ist ca. eine  $50\Omega$  Streifenleitung auf einem Epoxy-Substrat mit der Dicke 1,5mm / 0,8mm / 0,5mm ?
- Für welchen Frequenzbereich und Leistungsbereich sind BNC-Konnektoren typisch geeignet?
- Wie nimmt bei einer Koaxialleitung die Dämpfung mit der Frequenz zu?
- Was sind Maßnahmen gegen den Skineffekt?



Geg: Microstrip-Leitung,  $l = \lambda/4$ ,  $Z_0 = 50\Omega$   
 $\epsilon_r = 3,9 \div 4,2$

Ges: Wie groß ist der maximale Phasenfehler zufolge der Schwankungen von  $\epsilon_r$  ?

Welcher Leitungslänge entspricht dieser Phasenfehler?

Hinweis: Verwende die Software „txline“

