

Vertikale, horizontale, zirkulare Polarisation



Allgemeines

Bei der Funkübertragung findet in zunehmendem Maße neben der linearen (horizontal/vertikal) die zirkulare Polarisation (linksdrehend/rechtsdrehend) Anwendung.

Wegen der Rundstrahleigenschaft wird der Mobilfunk fast ausschließlich in vertikaler Polarisation betrieben. Feste Stationen arbeiten dagegen vorzugsweise mit horizontaler Polarisation. Im Funkverkehr mit oder über Satelliten dominiert heute die zirkulare Polarisation.

Will man wahlweise mit einer dieser Polarisationsarten arbeiten, bietet sich als Antenne ganz hervorragend der Kreuz-Yagi an.

Mit dem ferngesteuerten Polarisationschalter **HO 7000** (Unterdachmontage) und dem **HO 7011** (Außenmontage) besteht die Möglichkeit, einen Kreuz-Yagi in Sekundenschnelle auf vertikale, horizontale oder zirkulare Polarisation umzuschalten. Hervorragende mechanische und elektrische Eigenschaften sind gewährleistet:

- Direkter Anschluß des Impedanztrafos am **HF-Schalter**. Dadurch werden zusätzliche Fehler durch Verbindungskabel ausgeschlossen.

- Nur ein Koaxialkabel beliebiger Länge verbindet die Antennenanlage mit dem Funkgerät.

- Durch Hinzufügen zwei weiterer Impedanztrafos an den vertikalen und horizontalen Antennenanschluß des **HF-Schalters**, können gestockte Kreuz-Yagi-Antennen umgeschaltet werden. Werden z. B. Impedanztrafos mit 4 Eingängen benutzt, können insgesamt 4 Kreuz-Yagi-Antennen phasenrichtig angesteuert werden.

- 3 dB (100%) Leistungsgewinn durch Wahl der richtigen Polarisationsart zwischen Sender und Empfänger.

Polarisation

Unter Polarisation versteht man die Ebene, auf der der elektrische Vektor einer Welle schwingt. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen linearer und zirkularer Polarisation.

Linear polarisierte Wellen

Ein Dipol, der vertikal zur Erdoberfläche aufgestellt ist, erzeugt vertikal polarisierte Wellen, ein horizontal zur Erdoberfläche aufgestellter Dipol horizontal polarisierte Wellen.

Vertikal polarisierte Wellen können **theoretisch** mit horizontal polarisierten Antennen - wie auch umgekehrt - nicht empfangen werden. Die empfangene Leistung hängt von dem Winkel zwischen Antenne und elektrischem Vektor der elektromagnetischen Welle ab.

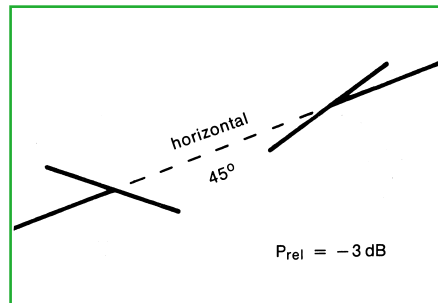
Es gilt die Beziehung:

$$\bar{E}_2 = \bar{E}_1 \cdot \cos \alpha$$

\bar{E}_1 = Feldstärke des elektrischen Feldes
 \bar{E}_2 = empfangene Feldstärke
 α = Winkel zwischen Antenne und \bar{E}_1

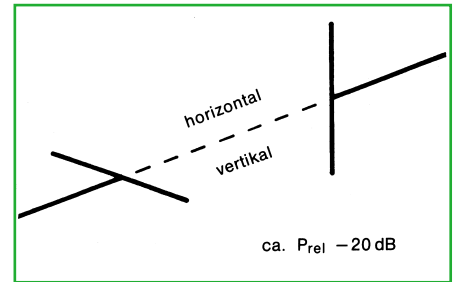
Bei einem Winkel $\alpha = 45^\circ$ ist $\bar{E}_2 = 0,7 \cdot \bar{E}_1$

Dies entspricht einem Leistungsverlust von 3 dB oder 50%



Ist der Winkel $\alpha = 90^\circ$ wird der $\cos = 0$ und somit auch \bar{E}_2 .

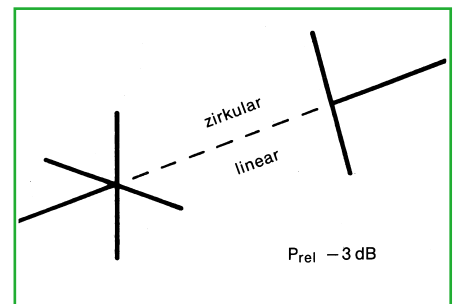
In der Praxis liegt der Wert von \bar{E}_2 infolge Reflexionen und ungünstig dimensionierten Antennen etwa bei -10 dB von \bar{E}_1 (20 dB Leistungsverlust).



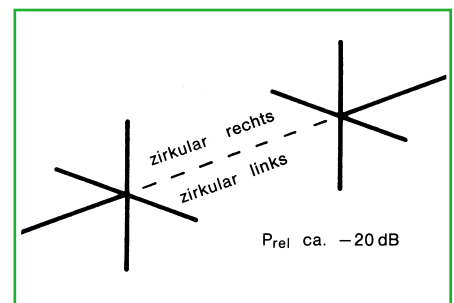
Zirkular polarisierte Wellen

Zwei linear polarisierte Wellen, deren elektrische Vektoren senkrecht aufeinander stehen und um 90° gegeneinander phasenverschoben sind, setzen sich zu einer zirkular polarisierten Welle zusammen. Die Drehrichtung (links oder rechts) ist von der relativen Phase abhängig.

Wird eine zirkular polarisierte Welle mit einer linear polarisierten Antenne empfangen - oder umgekehrt - entsteht ein Leistungsverlust von 3 dB (50%), da sich die Leistung von zirkular polarisierten Antennen zu je 50% auf den vertikalen und den horizontalen Vektor verteilt.



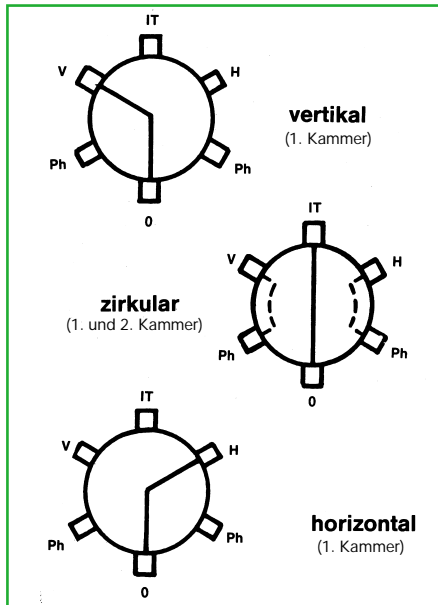
Bei der Funkübertragung mit zirkularer Polarisation und gegensinniger Drehrichtung (links/rechts) muß in der Praxis ebenfalls mit einer Dämpfung von ca. 10 dB des elektrischen Feldes (20 dB Leistungsverlust) gerechnet werden.



Funktion:

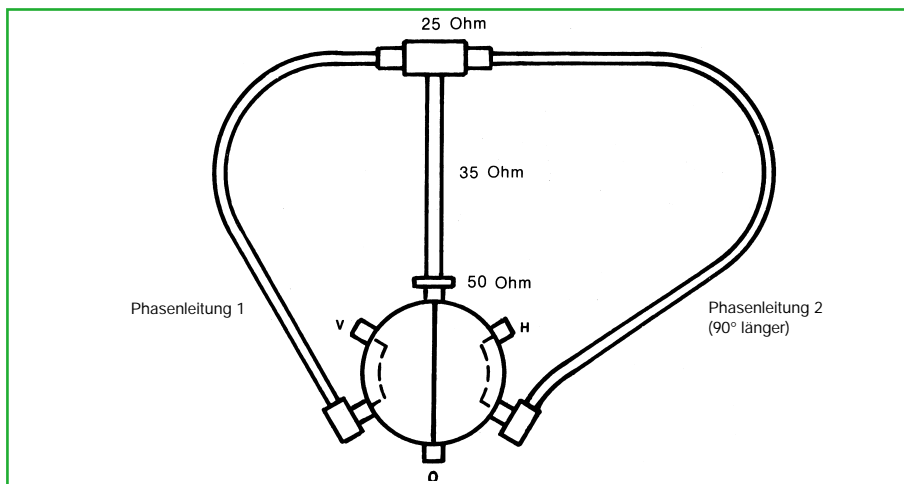
Das HF-Teil des Polarisations-schalters besteht aus zwei Schaltkammern, die gegeneinander um ca. 40 dB entkoppelt sind.

In der ersten Kammer wird die Umschaltung auf die Polarisations-ebenen des Kreuz-Yagi vorgenommen. Die zweite Kammer schaltet bei zirkularer Polarisation die beiden Ebenen über die Phasenleitungen zusammen.



O = Anschluß Koaxkabel H = horizontale Ebene
 Ph = Phasenleitung IT = Impedanztrafo
 V = vertikale Ebene

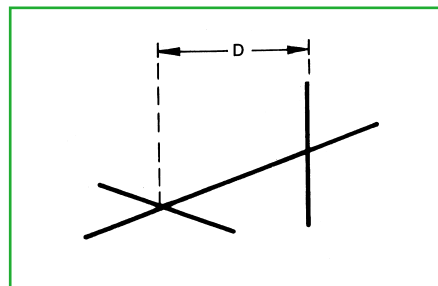
Werden die beiden 50 Ohm Ebenen des Kreuz-Yagi zusammengeschaltet, ergibt sich ein Parallelwiderstand von 25 Ohm. Der Impedanztrafo transformiert diesen Widerstand wieder auf 50 Ohm.



Verbindungskabel Antenne - HF-Schalter

Mit den Polarisationschaltern **HO 7000** und **HO 7011** können alle auf dem Markt erhältlichen Kreuz-Yagi-Antennen angesteuert werden.

Zu beachten ist jedoch, daß der mechanische Versatz zwischen vertikalem und horizontalem Dipol der Kreuz-Yagi-Antenne bei den Verbindungskabeln zwischen Antenne und **HF-Schalter** kompensiert werden muß.



Vom Reflektor in Strahlrichtung gesehen, muß das Kabel zum vorderen Dipol um den Versatz **D** elektrisch länger sein. Dadurch wird erreicht, daß die Abstrahlung der Welle im vorderen Dipol solange verzögert wird, bis die Welle des hinteren Dipols diesen Ort erreicht hat.

Elektrisch gesehen sind dadurch beide Dipole am selben Ort und können phasengleich erregt werden.

Die erforderliche Phasenverschiebung von 90° für zirkuläre Polarisation wird hochgenau durch die relativ kurzen Phasenleitungen am **HF-Schalter** erreicht.

Bei der Anfertigung der Verbindungskabel muß der Verkürzungsfaktor des verwendeten Koaxialkabels berücksichtigt werden. Ist z. B. **D** = 100 mm muß das vordere Verbindungskabel mechanisch 66 mm länger sein, wenn ein Kabel mit Polyäthylen-Massivdielektrikum verwendet wird (RG 213 u.ä.).

Die Verbindungskabel beeinflussen die Phasengenauigkeit des Gesamtsystems in gleicher Weise wie die Phasenleitungen selber!

1° Phasenverschiebung beträgt:

bei 145 MHz = 5,75 mm elektr. Länge
 bei $V_k = 0,66$ = 3,70 mm mech. Länge

bei 435 MHz = 1,92 mm elektr. Länge
 bei $V_k = 0,66$ = 1,26 mm mech. Länge

Die Eigenfertigung dieser Verbindungskabel ist abhängig von entsprechenden Messmöglichkeiten zur Bestimmung der elektrischen Länge.

Mit einem schnellansteigenden Impulsreflektometer und einer entsprechenden Luftleitung (elektr. Länge = Dipolversatz **D**) können die Verbindungskabel über einen Umschalter hochgenau verglichen werden.

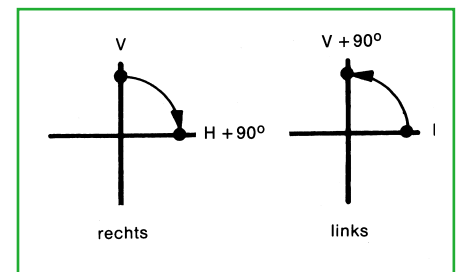
Das bloße mechanische Vermessen von längeren Verbindungskabeln ist bei 435 MHz völlig unzureichend.

Drehsinn

Bei der Definition des Drehsinns wird der Kreuz-Yagi wieder vom Reflektor in Strahlrichtung betrachtet.

Wird im nachfolgenden Beispiel der horizontale Dipol über die längere Phasenleitung (+ 90°) erregt, entsteht Rechtsdrehung (Uhrzeigersinn).

Wird der vertikale Dipol über die längere Phasenleitung erregt, entsteht Linksdrehung (Gegen-Uhrzeigersinn).





Impedanz-Trafo



Phasenleitungen



Steuergerät



HO 7011 für zwei Kreuz-Yagi

Technische Daten

Anschluß	N-Norm
Impedanz	50 Ohm
Rückflußdämpfung	≥ 30 dB
SWR	$\leq 1,06$
Dämpfung	$\leq 0,05$ dB
Frequenz max.	440 MHz
Belastung:	
145 MHz	1200 W _{PEP}
435 MHz	750 W _{PEP}
Isolation:	
145 MHz	44 dB
435 MHz	33 dB
Betriebsspannung	8 - 25 V =
Steuerstrom	200 mA/20° C
Umschaltdauer	250 ms/Pos.
Arbeitsbereich	- 30 / + 60° C
Schaltart	unterbrechend
Ursprungsland:	Germany

Technische Änderungen vorbehalten.

Bestellbeispiel:

(siehe Foto oben)

Polarisationsschalter für Außenmontage
 Frequenzbereich 430 - 440 MHz
 Länge der Verbindungskabel 320 cm, gerade N-Stecker
 Zwei Antennen der Marke „yx“, D = 100 mm

Bestellung:	1 Stück	HF-Schalter	HO 7011
	1 Stück	Steuergerät	PS 2627
	1 Paar	Phasenleitungen	PH 435
	3 Stück	Impedanztrafo	IT 435 (für 1 Antenne wird nur 1 Stück benötigt)
	2 Paar	Verbindungskabel 320 cm für Antenne der Marke „yx“, D = 100 mm beidseitig gerade N-Stecker	(für 1 Antenne wird nur ein Paar benötigt)