



Referat : Radio Workshop 2004 – 26. August 2004 (Textversion)

Referent : Karl Strassmann, Dipl. El.-Ing. HTL

Inhalt

- 1. Signalfluss vom Sender zur Antenne**
- 2. Antennen, Antennenformen**
- 3. Antennensysteme, Berechnung von Strahlungsdiagrammen**
- 4. Erzeugung verschiedener Strahlungsdiagramme**
- 5. Frequenzweichen**
- 6. Anhang**

1. Signalfluss vom Sender zur Antenne

Wir betrachten die Antennenanlage einfach als Interface zwischen TX/RX und dem freien Raum. Das System beginnt am Senderausgang (oder endet am Empfängereingang). Bei den meisten Beispielen ist es verständlicher, von einer Quelle aus (Sender) aus die Antennen zu betrachten. Die Schnittstelle heisst einfach 50-Ω-Anschluss. Was dort bezüglich Informationsinhalt ansteht, ist in der Regel gleichgültig. Die hochfrequenten Faktoren wie Frequenz, bzw. Frequenzbereich und die Anzahl Kanäle sind wesentlich. Wenn beispielsweise ein System mit 7.2 kW belastbar ist und diese 7.2 kW drei Kanäle (z.B. UKW-Programme) à 2.4 kW sind, muss die Anzahl Kanäle berücksichtigt werden.

Die Belastbarkeit bei technischen Angaben wird zwar in Leistung angegeben. Begrenzend ist aber in der Regel die Spannung an kritischen Stellen im mechanischen Aufbau der Antenne:

Beispiel: U an 50 Ω bei P = 7200 W ----> 600 V
 U an 50 Ω bei P = 2400 W ----> 350 V

Das bedeutet, dass bei Phasengleichheit eine Gesamtspannung von $3 \times 350 = 1050 \text{ V}$ anliegt.

In solchen Fällen müssen diese Rechnung gemacht werden um sicher zu gehen, dass die Elemente den Leistungen (Spannungen) gewachsen sind.

1.1 HF-Stecker

Den HF-Stecker brauchen wir um die einzelnen Elemente einer Antennenanlage miteinander zu verbinden. Die Verbinder sind weltweit genormt, da Verbindungsstellen meist auch Trennstellen zwischen Einrichtungen verschiedener Hersteller sind. Bei metrischen Systemen werden die Stecker durch Angabe der gerundeten Innen- und Aussenleiterdurchmesser angegeben (7/16), bei US-Normen entsprechend dem Aussendurchmesser des Aussenrohres in Zoll (1 5/8" - Flansch). Bei kleinen Anlagen werden in der Regel N-Stecker oder 7/16-Stecker verwendet.

1.2 HF-Kabel

HF-Kabel dienen dem Transport der Leistung zwischen TX und Antennen bzw. Antenne und RX. Heute verwendet man in der Funktechnik in der Regel Koaxialkabel. Das sind achsialsymmetrisch aufgebaute Kabel. Erstmals vorgeschlagen von W. Siemens 1884. Sie bestehen aus einem Innenleiter, der zentrisch in ein Dielektrikum eingebettet ist, einem Aussenleiter und einem Aussenmantel zum Schutz. Die Dielektrika sind unterschiedlich aufgebaut. Volldielektrika haben

gute mechanische Eigenschaften. Kabel mit Luftdielektrikum hingegen sind besonders dämpfungsarm, müssen aber sorgfältiger behandelt werden. Koaxialkabel haben eine frequenzabhängige Dämpfung. Dünne Kabel haben höhere Dämpfung, dickere Kabel eine kleinere.

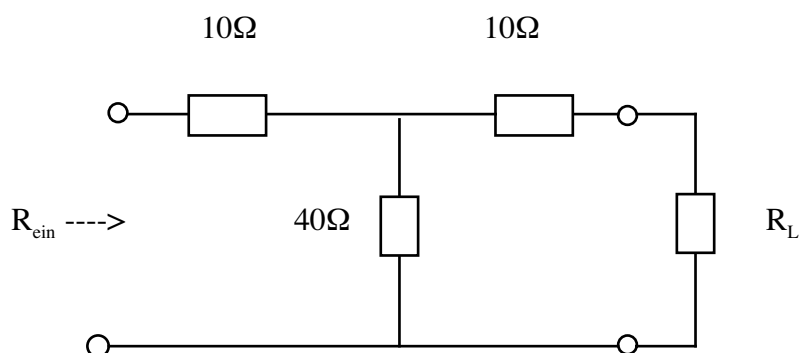
Beispiel für Dämpfungen pro 100 m:

		160 MHz	450 MHz	900 MHz
RG 214	Ø 11 mm	9 dB	16 dB	24 dB
7/8"	Ø 32	1.5 dB	2.6 dB	3.7 dB
3 1/8"	Ø 90 mm	0.45 dB	0.8 dB	1.25 dB

Die Kabeldämpfung ist ein zu berücksichtigender Wert bei der Planung von Antennenanlagen. Es soll bei der Dimensionierung einer Anlage berechnet werden, wie hoch die notwendige Senderleistung sein muss, um die bewilligte Strahlungsleistung abzustrahlen, bzw. wie hoch sie sein darf um den bewilligten Wert nicht zu überschreiten.

1.3. Wellenwiderstand, Impedanz

Der Wellenwiderstand ist derjenige Widerstandswert, der als Last an einen Vierpol angeschlossen werden muss, damit als Eingangswiderstand der gleich grosse Wert erscheint. Sie können im Beispiel rechnen oder mit einem Potentiometer und Ohm-Meter messen und feststellen, dass bei einem R_L von 30Ω am Eingang ebenfalls 30Ω gemessen werden.



Vierpole dürfen nebst Widerständen auch Spulen und Kondensatoren enthalten. Deshalb spricht man in der Leitungstheorie und in der HF-Technik von (Wellen) - Impedanz.

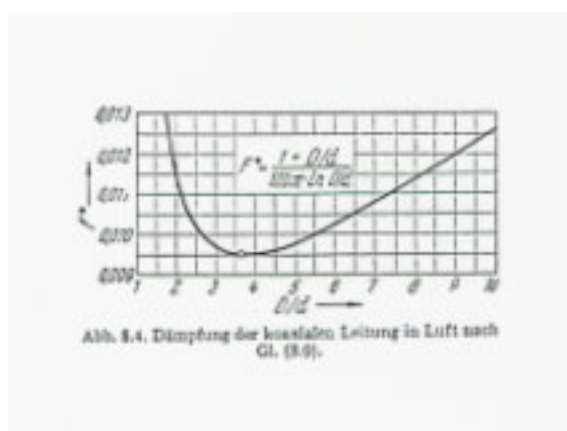
Für runde Koaxialkabel gilt:

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

z.B. für einen Stecker 7/16 mit $\epsilon_r = 1$ ergeben sich mit obiger Formel 49.6Ω

Durch die Wahl einer bestimmten Impedanz können Eigenschaften einer Leitung optimiert werden. Aufwendige Berechnungen ergeben für unterschiedliche Anwendungen optimale Werte, bzw. Kompromisse. So wurden folgende Impedanzen für HF-Kabel genormt:

$Z = 75 \Omega$	A_{\min}	Minimum der Dämpfung ($D/d = 3.6$) Die Dämpfung der koaxialen Leitung ist eine logarithmische Funktion und hat bei $D/d = 3.6$ ein Minimum
$Z = 30 \Omega$	P_{\max}	Maximum der mittleren Leistung
$Z = 150 \Omega$	C_{\min}	Minimum des Kapazitätsbelages
$Z = 50 \Omega$		Kompromiss zwischen A_{\min} und P_{\max}
$Z = 93 \Omega$		Kompromiss zwischen A_{\min} und C_{\min}

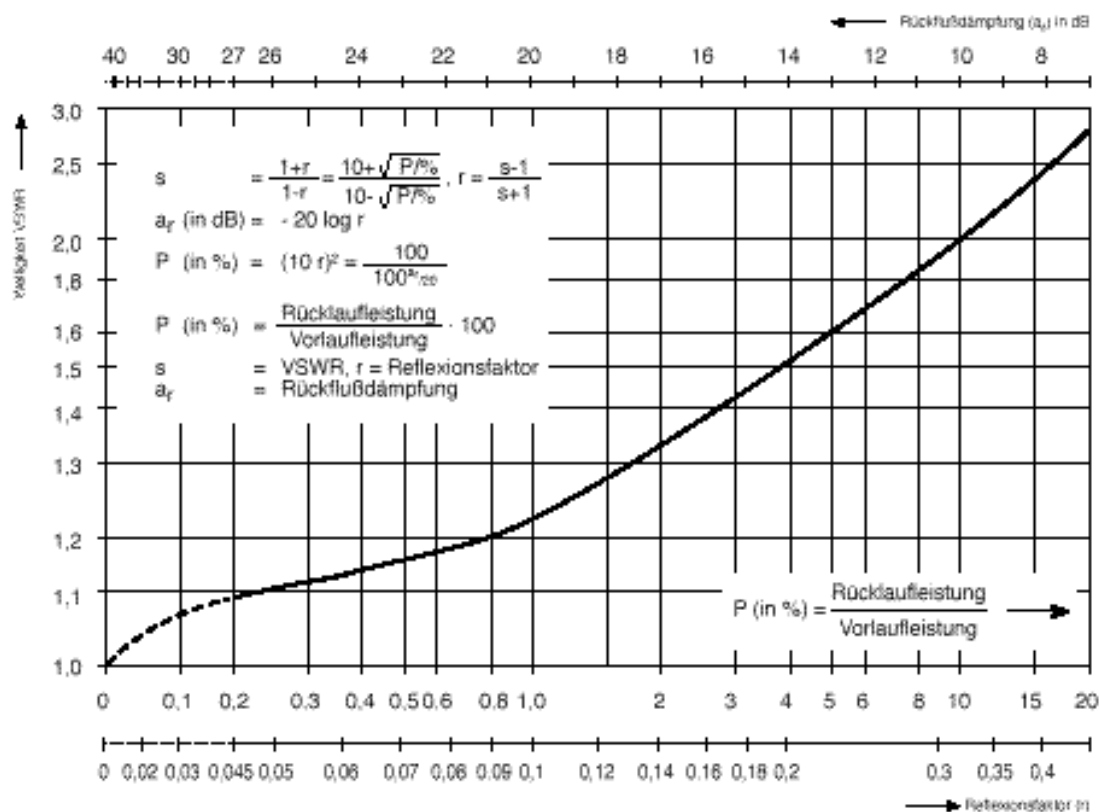


1.4. Anpassung

Das Anpassungsverhalten einer Leitung wird durch die Welligkeit beschrieben. Der Reflexionsfaktor ist das Spannungsverhältnis der rücklaufenden Welle zur hinlaufenden Welle im eingeschwungenen Zustand. Dieser Wert wird auch als VSWR (Stehwellenverhältnis) bezeichnet. Das VSWR ist zugleich auch das Verhältnis des Wellenwiderstandes zur Fehlanpassung. In den Datenblätter von HF-Komponenten findet man in der Regel die Angabe VSWR. Gerechnet und kalkuliert wird aber in der professionellen Antennentechnik in der Regel mit der Rückflussdämpfung.

Welligkeit VSWR, reflektierte Leistung (%), Reflexionsfaktor und Rückflußdämpfung

KATHREIN
Antennen · Electronic



1.5. Ausbreitungsgeschwindigkeit

Dieser Wert ist in der Regel belanglos, muss aber berücksichtigt werden, wenn die Phasenlage eine Rolle spielt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit liegt bei unseren gängigen Kabel zwischen etwa 66 - 94 % der Lichtgeschwindigkeit. Da $v < v_c$, ist die mechanische Länge eines Kabels nicht identisch mit der elektrischen Länge. Bei professionellen UKW und TV-Sendeanlagen, werden in der Regel zwei Leitungen zur Antenne geführt. Die elektrische Länge muss dabei definiert sein. Der Längenabgleich erfolgt messtechnisch an den fertig verlegten Kabeln.

Stecker und Kabel haben lediglich verbindende Funktion. Bei UKW-Sendeantennen sind in der Regel noch zwei wesentliche Komponenten zwischen Sender und Antenne, nämlich die Frequenzweiche und das Umschaltfeld. Wir widmen uns nun zuerst den Antennen und kommen später auf diese Komponenten zurück.

2. Antennen, Antennenformen

2.1. Was ist eine Antenne

Die Antenne wird im täglichen Gebrauch als Strahler bezeichnet (Rundstrahler, Richtstrahler, $\lambda/4$ -Strahler) etc.

Die Antenne strahlt aber nicht, sondern bewirkt lediglich die Umlenkung der von der Speiseleitung transportierten Welle in den freien Raum und die Anpassung an den Wellenwiderstand des freien Raumes, den sog. Feldwellenwiderstand Z_{F0} . Dieser ist eine Naturkonstante und beträgt $120 \cdot \pi$ und die Einheit ist Ohm. Es gilt:

$$\frac{E}{H} = Z_{F0} = 120 \cdot \pi = 377 \Omega$$

Diese Gleichung besagt, dass im freien Raum bei Erzeugung einer E-Feldstärke von 1 V/m eine H-Feldstärke von 1/377 A/m entsteht. Umgekehrt entsteht eine E-Feldstärke von 377 V/m, wenn an der Sendeantenne H-Feldstärken von 1 A/m erzeugt werden und zu einer Wellenablösung führen.

2.2. Gewinn / ERP

Die Sendeleistung hat nun den Weg durch die verschiedenen Teilstrecken hinter sich und ist bereit zur Abstrahlung. Aber wohin ? Die Antennenform bestimmt den Weg. Wenn nun diese Leistung in einem unendlich kleinen Punkt kugelförmig abgestrahlt würde und man die Leistung an einer viel grösseren Kugeloberfläche messen könnte, so wäre messbar, dass die Bestrahlung dieser Oberfläche gleichmässig ist. Diese theoretische Antenne nennt man isotroper Strahler oder Kugelstrahler.

Die Strahlungsdichte auf der Kugeloberfläche beträgt:

$$S = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad \text{W pro Flächeneinheit}$$

Konstruiert man nun eine Antenne so, dass nur ein Teil dieser Kugeloberfläche bestrahlt wird, so trifft auf dieses Segment die ganze Leistung konzentriert. Die Strahlungsleistung ist demnach in diesem Segment höher als bei gleichmässiger Rundumabstrahlung. Man spricht in diesem Fall von Gewinn. Vorsichtiger ausgedrückt spricht man von Bündelung oder Richtfaktor, den zwischen Gewinn und Richtfaktor steht noch der Wirkungsgrad der Antenne:

$$G = \mu \cdot D$$

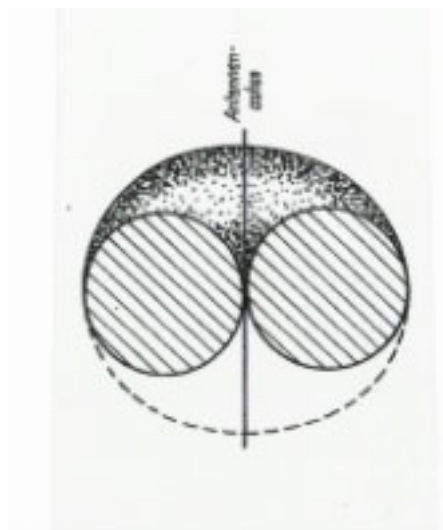
G = Gain

D = Directiviy

μ = Wirkungsgrad

Auf diese Eigenschaft, nämlich die kugelförmige, gleichmässige Abstrahlung bezieht sich die Gewinnangabe dBi.

Der Halbwellendipol besitzt bereits gegenüber dem Kugelstrahler ein Richtwirkung. Der Richtfaktor beträgt bedingt durch seine Ringform 1,64 (2,14 dB).



Der Gewinn oder eben die Bündelung erhöht die Strahlungsleistung in die Hauptstrahlrichtung. Das Produkt aus Eingangsleistung und Gewinn wird als Effective Radiated Power (ERP) bezeichnet.

2.3. Grafische Darstellung der Richtcharakteristik

Die Richtdiagramme von Antennen werden in einem Polarkoordinatensystem oder in einem kartesischen X/Y System dargestellt. Polarkoordinaten bestehen aus einer Anordnung von Kreisen, wobei das Zentrum der Spannung oder Leistung 0 entspricht und der äusserste Kreis dem Maximalwert oder 100 %.

Nicht so anschaulich ist die Darstellung im kartesischen System. Dieses hat aber den grossen Vorteil einer wesentlich besseren Winkelauflösung. Für die Beurteilung von Nebenkeulen und Nullstellen ist diese Darstellung vorteilhafter.

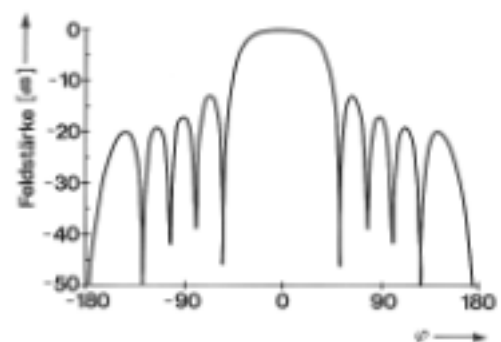
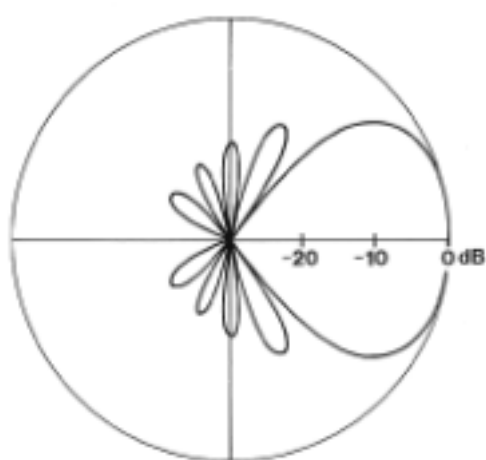
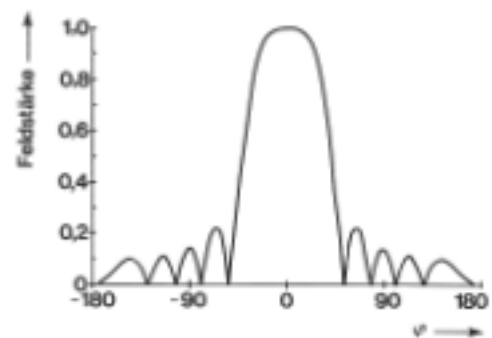
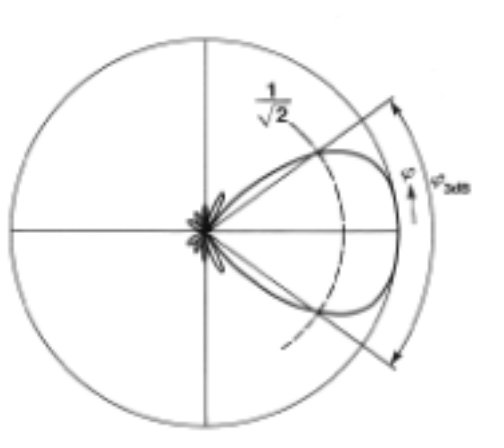
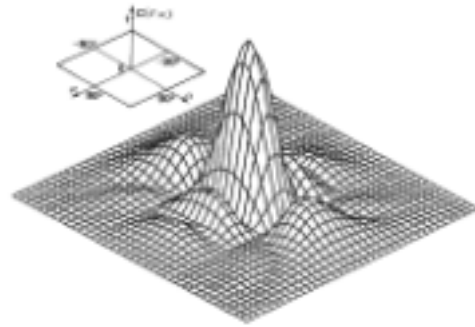
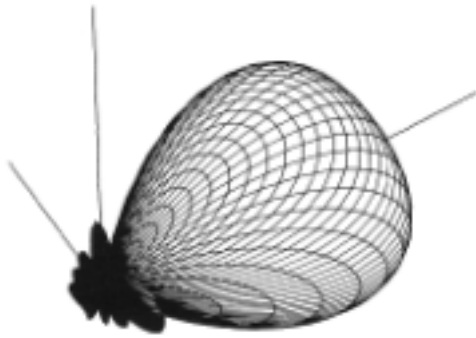


Bild 1.18: Richtdiagramm in kartesischen Darstellung



Ein vielgenannter Wert im Antennendiagramm ist der Halbwertswinkel oder die Halbwertsbreite. Der Halbwertswinkel ist der Winkel zwischen dem Maximum des Diagramms und dem Punkt wo die Feldstärke $1/\sqrt{2}$ (70%) oder die Leistung $1/2$ (50%) beträgt. Die Punkte sind die Schnittpunkte auf dem 3 dB-Kreis. Die Halbwertsbreite oder auch 3dB-Breite genannt, sind die Summe der beiden Halbwertswinkel (Dipol z.B. $\pm 39^\circ$, bzw. 78°).

Näherungsweise kann der Gewinn aus dem Richtdiagramm einer Antenne bestimmt werden:

$$10 * \text{LOG} (41253 / \text{HwH} / \text{HwV}) \quad [\text{dBi}]$$

$$10 * \text{LOG} (25154 / \text{HwH} / \text{HwV}) \quad [\text{dBd}]$$

Machen Sie den Test mit den Werten der Antenne K 72 22 41.

Richtantenne logarithmisch-periodisch

67° Halbwertsbreite

K 72 22 4 1, K 72 22 4 7

LogPer 420/450 67° 10,5dBi

Typ Nr.	K 72 22 4 1	K 72 22 4 7
Eingang	N Buchse	7-16 Buchse
Frequenzbereich	406 – 512 MHz	
VSWR	< 1,4	
Gewinn	10,5 dBi	
Impedanz	50 Ω	
Nebenkeulendämpfung	> 25 dB bei 440 – 512 MHz > 20 dB bei 406 – 440 MHz	
Polarisation	Wahlweise horizontal oder vertikal durch Umsetzen zweier Befestigungschellen	
Halbwertsbreite	H-Ebene: 67°/ E-Ebene: 53°	
Max. Belastung	300 Watt (bei 50 °C Umgebungstemperatur)	
Gewicht	9 kg	
Windlast	Horizontal: Von vorne 55 N, seitlich 90 N Vertikal: Von vorne 55 N, seitlich 440 N (bei 150 km/h)	
Max. Windgeschwindigkeit	180 km/h	
Verpackungsgröße	1172 x 372 x 225 mm	
Breite/Höhe/Tiefe	1153 / 353 / 180 mm	



Horizontale Polarisation



Vertikale Polarisation

Kombination: Zur Erhöhung des Gewinns und für Strahlungsdiagramme mit sehr hoher Winkeldämpfung können mehrere Antennen zusammengeschaltet werden.

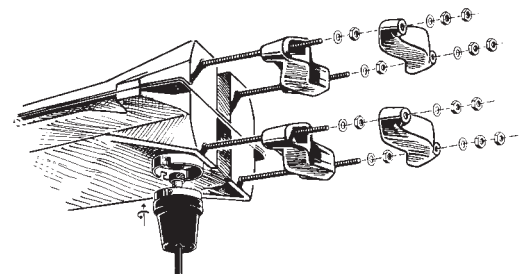
Lieferumfang: Antenne mit Wetterschutz für gerade Stecker.

Material: Strahler und Schellen: Aluminium.
Schutzhaube: Fiberglas, Farbe: Grau.
Alle Schrauben und Muttern: Rostfreier Stahl.

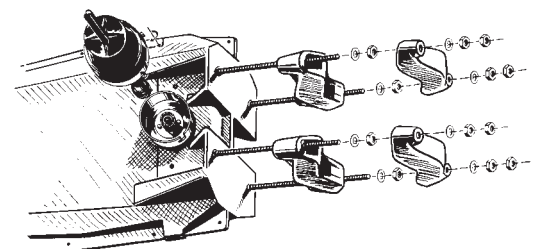
Befestigung: An Rohrmaste von 48 – 115 mm Ø über mitgelieferte Schellen.

Eisschutz: Durch die vollständige Fiberglasverkleidung der Strahler und durch die besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei starker Vereisung funktionstüchtig.

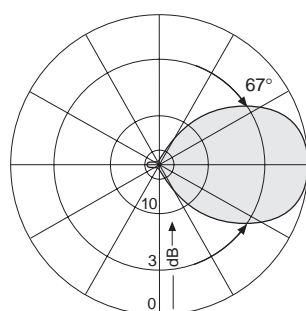
Erdung: Alle Metallteile der Antenne einschließlich der Befestigungslaschen und der Innenleiter liegen an Masse.



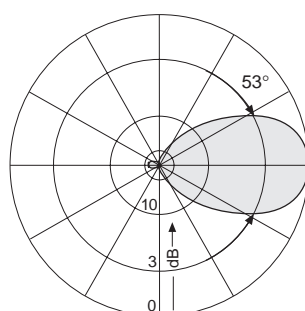
Horizontale Polarisation



Vertikale Polarisation



Strahlungsdiagramm senkrecht zur Polarisationsebene



Strahlungsdiagramm in Polarisationsebene

Einen weiteren Begriff sind Nebenkeulendämpfung und Vor/Rück-Verhältnis. Sie werden in dB ausgedrückt und beschreiben die Differenzen zwischen 100 % (Hauptstrahlrichtung) und den entsprechenden Richtungen.

2.4 Antennenformen

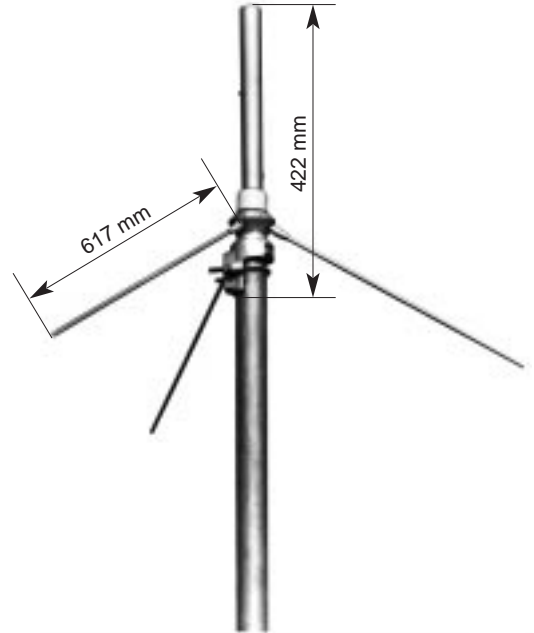
2.4.1 Groundplane und Sperrtopf

Die klassischen Rundstrahler sind die Groundplane und die Sperrtopfantenne. Die Bezeichnungen deuten an, wie die Antennen vom Mast oder eben vom Gegengewicht oder der Erde entkoppelt werden. Bei der Groundplane wird dies durch Gegengewichtsstäbe erreicht, indem eine leitende Ebene nachgebildet wird. Beim Sperrtopf erreicht man die Entkopplung mit einem $\lambda/4$ - Sperrtopf. Dieser funktioniert aber nur schmalbandig, sodass im 2m-Band beispielsweise drei Typen verwendet werden müssen, um das Band abzudecken.

Rundstrahler 146 – 174 MHz K 51 26 2, 711 530

Breitband „Groundplane“-Antenne mit Kabelklemmung oder N-Buchse.

Typ Nr.	Antenne Ersatzstab	K 51 26 2 K 51 26 20 2	711 530 K 51 26 20 2
Eingang		Über Kabel RG-213/U an einer Klemmvorrich- tung in der Antenne	N-Buchse
Frequenzbereich		146 – 174 MHz	
VSWR		< 1,5	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)		0 dB	
Impedanz		50 Ω	
Polarisation		Vertikal	
Max. Belastung		170 Watt	700 Watt (bei 50 °C Umgebungstemperatur)
Gewicht		1,2 kg	
Windlast		25 N (bei v = 150 km/h)	
Max. Windgeschwindigkeit		200 km/h	
Verpackungsmaße		654 x 112 x 97 mm	
Strahlerlänge		422 mm	
Länge Gegengewichtsstäbe		617 mm	

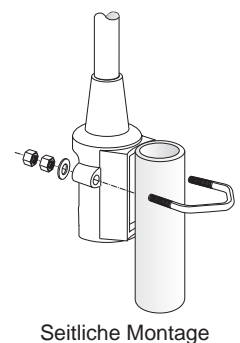
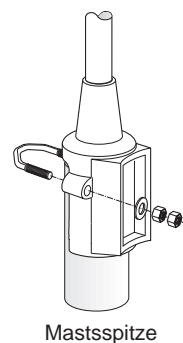
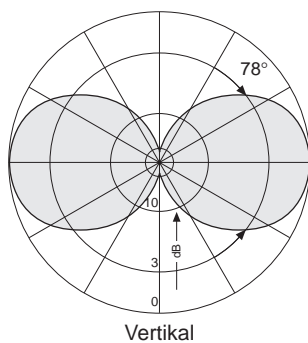
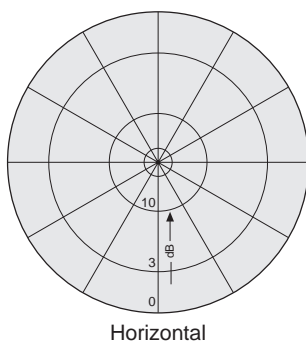


Material: Strahler und Gegengewichtsstäbe: Wetterbeständiges Leichtmetall.
Befestigungsbügel, alle Schrauben und Muttern: Rostfreier Stahl.

Befestigung: Universelle Montage über mitgelieferte Klemmvorrichtung:
1. Auf die Mastspitze von Rohrmasten mit von 40 – 54 mm \varnothing . Das Anschlußkabel wird innerhalb des Mastes geführt.
2. Seitlich an die Mastspitze von Rohrmasten mit 20 – 54 mm \varnothing . Das Anschlußkabel wird außerhalb des Mastes geführt.

Blitzschutz: Atmosphärische Entladungen werden abgeleitet, da alle Metallteile der Antenne und der mitgelieferten Befestigungsvorrichtung an Masse liegen. Der Innenleiter ist kapazitiv angekoppelt.

936.048/b Änderungen vorbehalten.



Rundstrahler 146 ... 174 MHz K 55 26 2..

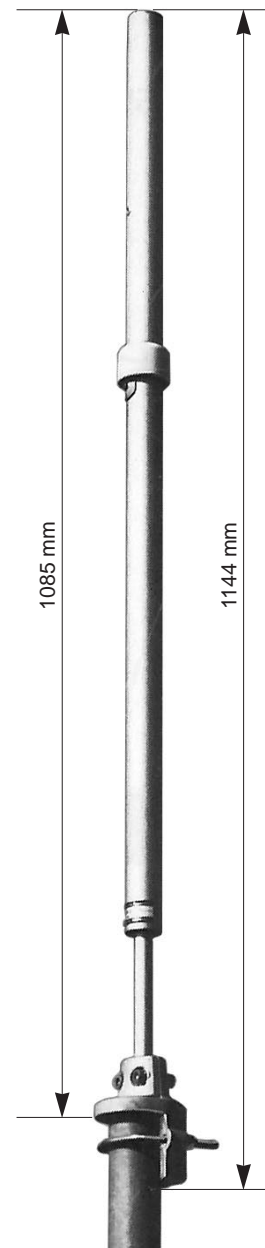
Leichtmetall-Rundstrahler mit Kabelklemmung.

Typ Nr.	K 55 26 26	K 55 26 27	K 55 26 28
Eingang	Kabelklemmung im Inneren der Antenne		
Erforderliches Kabel	RG-213/U		
Frequenzbereich	146 – 156 MHz	155 – 165 MHz	164 – 174 MHz
VSWR	< 1,4		
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	0 dB		
Impedanz	50 Ω		
Polarisation	Vertikal		
Max. Belastung	130 Watt (bei 50 °C Umgebungstemperatur)		
Gewicht	1,3 kg		
Windlast	50 N (bei v = 150 km/h)		
Max. Windgeschwindigkeit	200 km/h		
Verpackungsmaße	1254 x 112 x 97 mm		
Höhe	1085 mm	1042 mm	993 mm

Material: Strahler und Fuß: Wetterbeständiges Leichtmetall.
Befestigungsbügel, alle Schrauben und Muttern: Rostfreier Stahl.

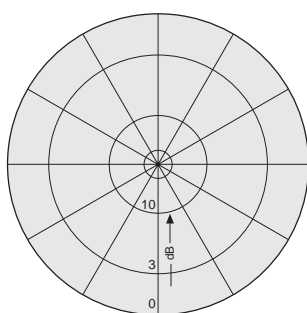
Befestigung: Universelle Montage über mitgelieferte Klemmvorrichtung:
1. Auf die Mastspitze von Rohrmasten mit von 40 – 54 mm \varnothing . Das Anschlusskabel wird innerhalb des Mastes geführt.
2. Seitlich an die Mastspitze von Rohrmasten mit 20 – 54 mm \varnothing . Das Anschlusskabel wird außerhalb des Mastes geführt.

Blitzschutz: Atmosphärische Entladungen werden abgeleitet, da alle Metallteile der Antenne und der mitgelieferten Befestigungsvorrichtung an Masse liegen. Der Innenleiter ist kapazitiv angekoppelt.

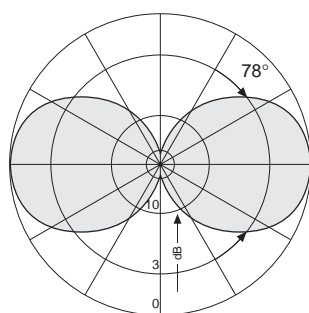


K 55 26 26

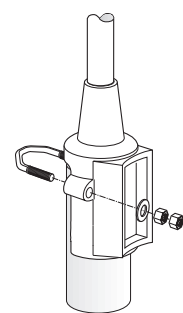
936.001/a Änderungen vorbehalten.



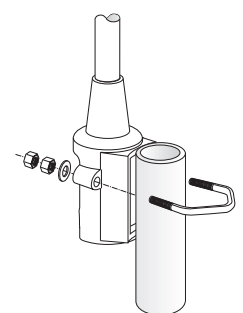
Horizontal



Vertikal



Mastspitze



Seitliche Montage

2.4.2. Dipol vor Mast

Vertikal polarisierte Rundstrahler sind Antennen, welche im Fernfeld ($r > \text{ca. } 5 \lambda$) auf einer waagrechten Kreislinie um das Strahlungszentrum eine konstante Feldstärke erzeugen. Voraussetzung ist, dass sich im Strahlungsbereich keine Hindernisse befinden, welche durch die bekannten Effekte wie Reflexion und Beugung, die Strahlungseigenschaften beeinflussen. Befindet sich das Hindernis im Nahfeld ($r < \text{ca. } 5 \lambda$) der Antenne, so wird es in die Bildung des Strahlungsdiagrammes einbezogen; das Horizontaldiagramm wird nicht kreisförmig. Im Fernfeld hingegen kann ein Hindernis als Störer betrachtet werden, der die Rundumausbreitung behindert.

Damit ein Rundstrahler ein kreisrundes Horizontaldiagramm erzeugen kann, muss die Antenne auf der Mastspitze montiert werden. Ein Antennenmast hat jedoch nur eine Mastspitze, die einen solchen Rundstrahler aufnehmen kann. Weitere Rundstrahler am gleichen Mast werden durch Zusammenschaltung mehrerer Antennen realisiert, siehe Kapitel 3.

In vielen Fällen befindet sich jedoch die Antenne nicht im Zentrum des Versorgungsgebietes, sodass ein Rundstrahler keineswegs die optimale Lösung ist. Es bietet sich eine Anordnung an, die durch den Begriff "Rundstrahler mit Vorzugsrichtung" geprägt ist.

Es handelt sich dabei nicht um eine spezielle Antenne, sondern um einen Rundstrahler, welcher seitlich am Mast montiert wird, siehe folgende Abbildung

Strahler für Mastbefestigung

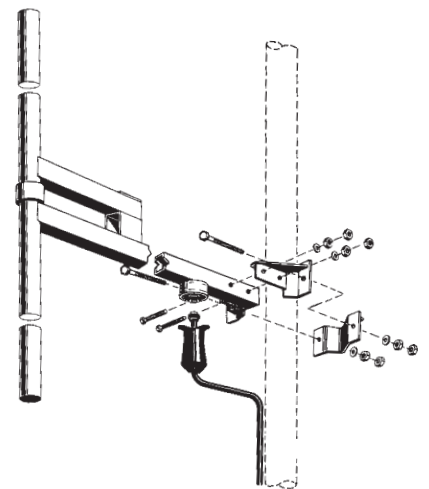
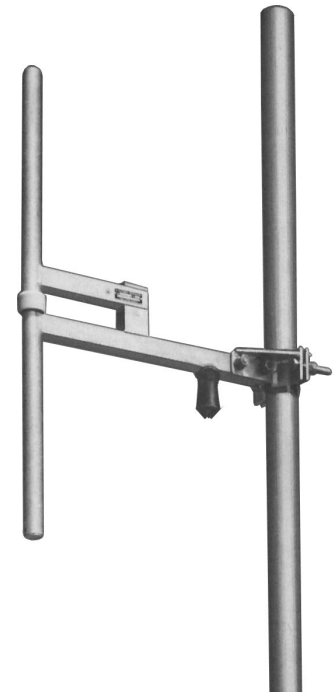
146 – 174 MHz

K 55 29 2..

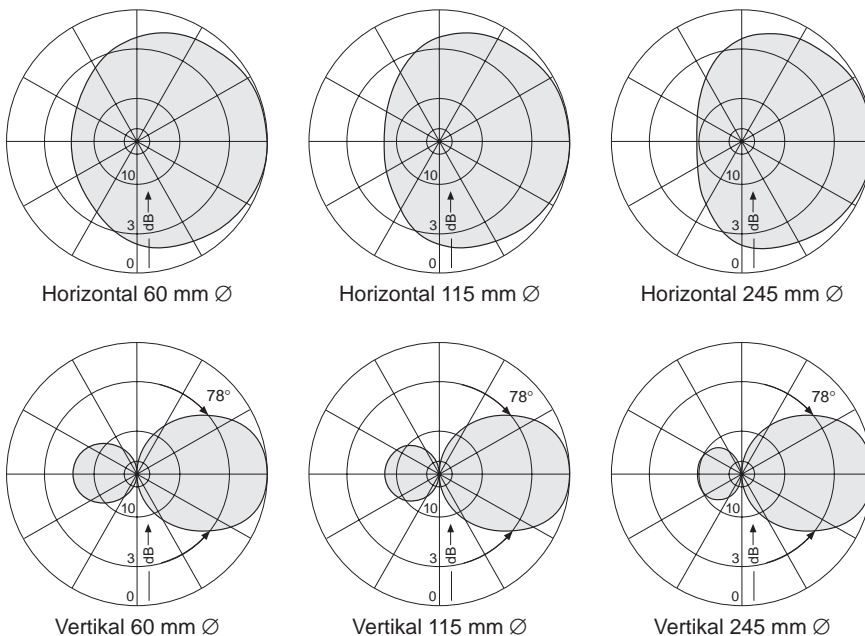
Rundstrahler mit bevorzugter Abstrahlung in eine Richtung.

Typ Nr. 60 – 115 mm Mast Ø 115 – 245 mm Mast Ø	K 55 29 2 K 55 29 29	K 55 29 21 K 55 29 21 9
Eingang	7-16-Buchse	N-Buchse
Frequenzbereich	146 – 174 MHz	
VSWR	< 1,4	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	2 dB	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Vertikal	
Max. Belastung	440 Watt (bei 50 °C Umgebungstemperatur)	
Strahlungsdiagramme	Die Antenne strahlt bevorzugt in Richtung Mast-Strahler.	
Gewicht	4,5 kg	
Windlast	80 N (bei v = 150 km/h)	
Max. Windgeschwindigkeit	200 km/h	
Verpackungsmaße	864 x 598 x 87 mm	
Dipollänge	840 mm	
Abstand Dipol / Mast	500 mm	

- Material:** Feuerverzinktes Stahlrohr.
Alle Schrauben und Muttern: Rostfreier Stahl.
- Befestigung:** An Rohrmasten von 60 – 125 mm Ø bzw. 115 – 245 mm Ø über mitgelieferte Schelle.
- Blitzschutz:** Atmosphärische Entladungen werden abgeleitet, da alle Metallteile der Antenne und der mitgelieferten Befestigungsvorrichtung an Masse liegen.



Strahlungsdiagramme bei verschiedenen Mastdurchmessern:



Bei Antennen mit N-Buchse empfehlen wir, Kabelstecker mit „gefesseltem“ Innenleiter zu verwenden, um Beschädigungen des Buchsen-Innenleiters zu vermeiden.

Der vertikal polarisierte Dipol im freien Raum ist bekanntlich ein Rundstrahler, mit andern Worten: Sein Horizontaldiagramm ist kreisförmig. Wenn der Dipol nun wie abgebildet montiert wird, befindet sich der Mast im Nahfeld der Antenne und beeinflusst somit die Bildung des Diagrammes.

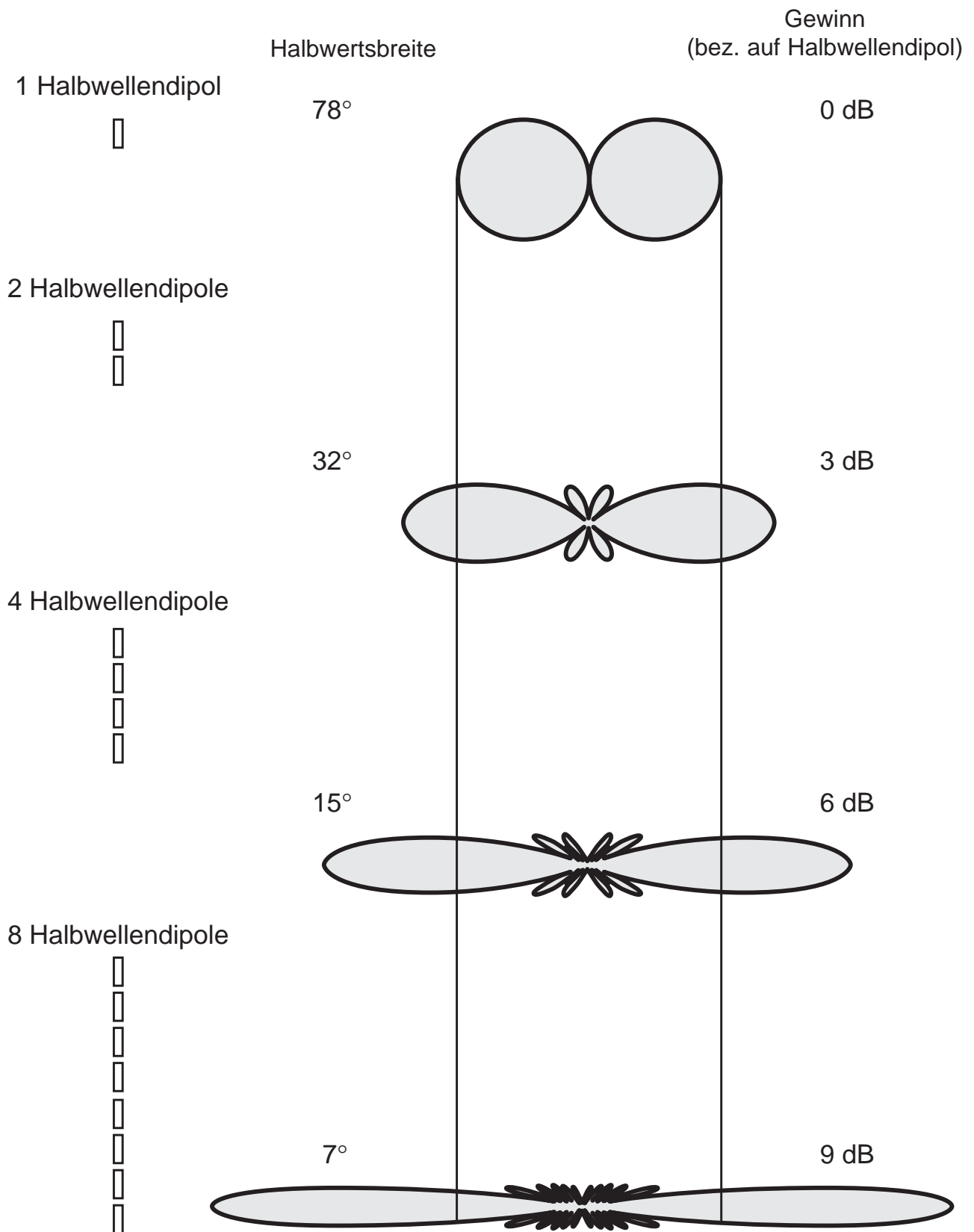
Mit einem einfachen Dipol lassen sich einige interessante Varianten von Strahlungsdiagrammen verwirklichen. Zur Anwendung kommt der Dipol vor Mast hauptsächlich bei Funkanlagen oder kleinen Füllsendern.

2.4.3 Gestockte Dipolssysteme

Die bisher erwähnten Antennen an der Mastspitze haben definitionsgemäss einen Gewinn von 0 dBd, (kreisförmiges Horizontaldiagramm, 78° Öffnungswinkel im Vertikaldiagramm). Benötigt man einen Antennengewinn bei einem Rundstrahler, so kann dieser nur durch Verringerung der Halbwertsbreite (Öffnungswinkel) im Vertikaldiagramm erreicht werden. Zu diesem Zweck schaltet man Dipole zusammen und montiert sie beispielsweise in einem gemeinsamen Fiberglasrohr. Bei Dipolen seitlich am Mast kann man die Antennen auch einzeln zusammenschalten. Dies gibt einen Freiheitsgrad mehr bei der Planung von Diagrammen. Darauf komme ich später zurück.

Bei der Zusammenschaltung in einem Rohr unterscheidet man zwischen Mittenspeisung und Endspeisung. Die Mittenspeisung ist mechanisch aufwendiger, garantiert aber ein symmetrisches System. Endgespeiste Antennen haben die Eigenschaft, dass mit einer frequenzabhängigen Absenkung des Diagrammes zu rechnen ist, weil sich die Phasen im Verteilssystem frequenzabhängig ändern.

Bild 10: Gewinn durch vertikale Bündelung



Omnidirectional Antennas – Vertical Polarization

870 – 960 MHz

736 347, 736 348

- High gain

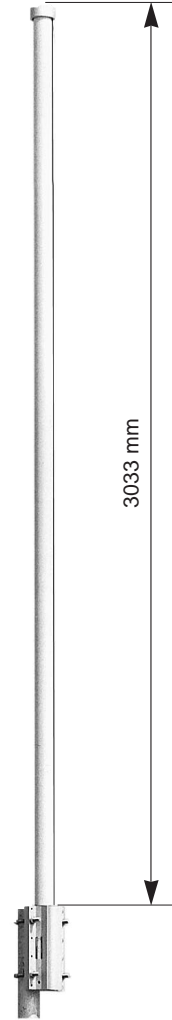
Omni 900 360° 11dBi

Type No.	736 347	736 348
Input	7-16 female	7-16 female
Connector position	Bottom	Top
Frequency range	870 – 960 MHz	
VSWR	< 1.5	
Gain	11 dBi	
Impedance	50 Ω	
Polarization	Vertical	
Max. power	500 Watt (at 50 °C ambient temperature)	
Weight	8 kg	
Radome diameter	51 mm	
Wind load	210 N (at 150 km/h)	
Max. wind velocity	200 km/h	
Packing size	3316 x 148 x 112 mm	
Height	3033 mm	3022 mm

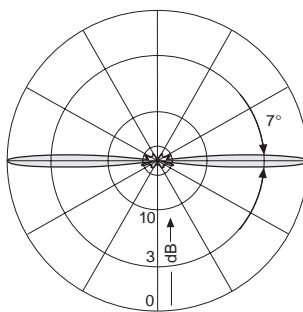
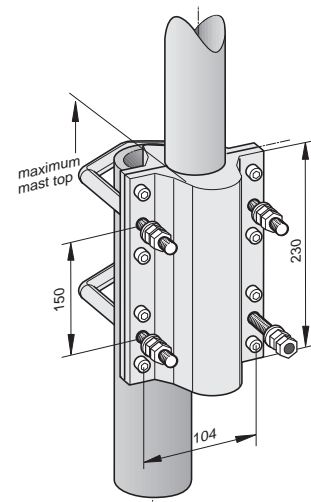
Material:
 Radiator: Copper and brass.
 Radome: Fiberglass, colour: Grey.
 Base: Weather-proof aluminum.
 Mounting kit, screws and nuts: Stainless steel.

Mounting:
 The antenna can be attached laterally at the tip of a tubular mast of 50 – 94 mm diameter (connecting cable runs outside the mast).

Grounding:
 The antenna is DC grounded via a copper tube having a cross-sectional area of 22mm².
 The inner conductor is coupled capacitively.



736 347



Vertical Pattern

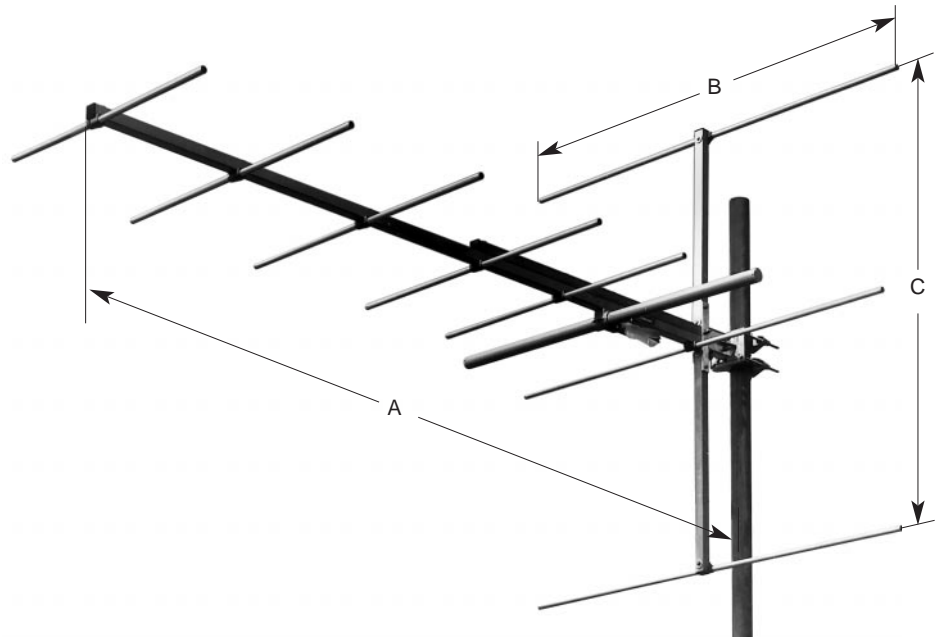
2.4.4 Längsstrahler

Als Längsstrahler bezeichnet man Antennen, deren Ausdehnung in der Richtung der Hauptkeule liegen. Typische Bauformen sind die Yagi-Uda und die Logarithmisch-periodische Antenne. Die Yagi-Antenne war vor der Zeit des Kabelfernsehens und des SAT-Empfang wegen Ihrer einfachen Bauweise sehr verbreitet als Hausempfangsantenne. Für den professionellen Einsatz sprechen einige markante Nachteile gegen den Einsatz dieser Antenne.

Die Yagi-Antenne besteht aus einem Anregersystem und einem Wellenleitersystem. Das Anregersystem bilden der gespeiste Dipol und der Reflektor. Das Wellenleitersystem besteht aus mehreren Direktoren. Das mechanische und elektrische Konzept ist für den Einsatz in rauen Witterungsbedingungen (Eis, Schnee) ungeeignet, da sich das Strahlungsdiagramm total verändern kann. Die Richtwirkung ist vor allem abhängig von der elektrischen Beziehung zwischen diesen Elementen. Durch Eis- oder Schneeanatz verändern sich die elektrischen Abstände und Längen der Elemente, sodass im Extremfall Direktoren zu Reflektoren werden.

Richtantenne 87,5 – 108 MHz K 52 14 1.

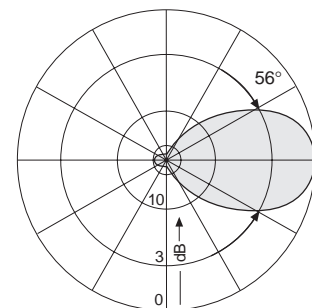
- 9-Element-Breitband-Yagi-Antenne aus wetterbeständigem Leichtmetall.



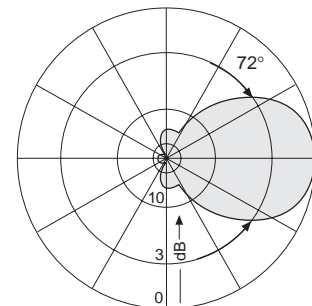
A: 3160 mm
B: 1840 mm
C: 1750 mm

Typ Nr.	K 52 14 17	K 52 14 11
Eingang	7-16 Kuppler	N Kuppler
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz	
Welligkeit	s < 1,4	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	7,5 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Horizontal	
Max. Belastbarkeit	100 Watt (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)	
Gewicht	16 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 515 N seitlich: 465 N	
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	
Verpackung	3100 x 220 x 220 mm	

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der E-Ebene
Horizontaldiagramm



in der H-Ebene
Vertikaldiagramm

Material:	Wetterbeständiges Leichtmetall. Strahler in Fiberglas-Schutzrohr.
Befestigung:	Mit Schellen an Rohrmaste von 60 – 115 mm \varnothing (im Lieferumfang enthalten).
Erdung:	Über die Befestigungsteile.
Kombinationen:	Zur schärferen Bündelung und Erhöhung des Gewinns können zwei oder mehrere Antennen zusammenschaltet werden.
Besonderheiten:	Die Antenne ist beim Transport demontiert.

Richtantenne

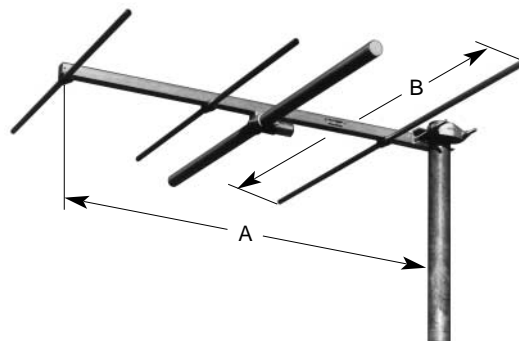
87,5 – 108 MHz

K 52 40 17, K 52 40 11

KATHREIN
Antennen · Electronic

- 4-Element-Breitband-Yagi-Antenne.
- Baustein für Sendeantennen kleiner Leistung.

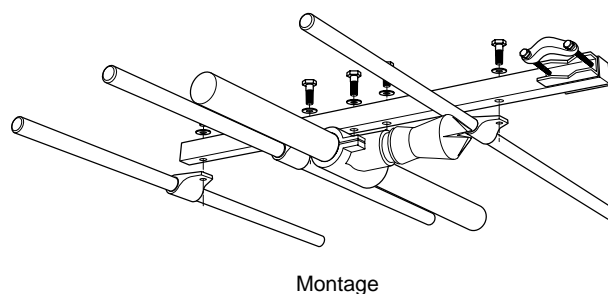
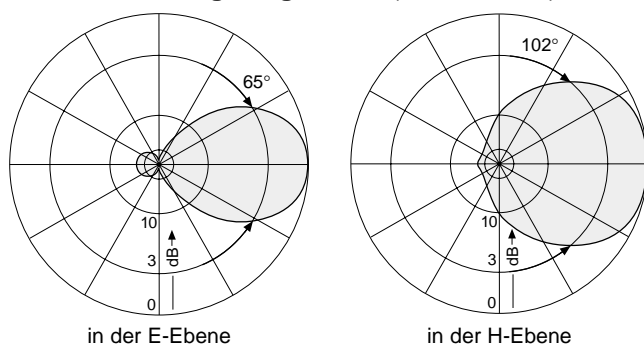
Typ Nr.	K 52 40 17	K 52 40 11
Eingang	7-16 Kuppler	N Kuppler
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz	
Welligkeit	s < 1,3	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	5,5 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Horizontal oder vertikal	
Max. Belastbarkeit	500 Watt (bei 40 °C Umgebungstemperatur)	
Gewicht	13,5 kg	
Windlast (bei 150 km/h)		
Horizontal polarisiert	frontal / seitlich: 190 N / 135 N	
Vertikal polarisiert	frontal / seitlich: 190 N / 300 N	
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	
Verpackung	160 x 160 x 1900 mm	



A = 1400 mm
B = 1700 mm

- Material:** Tragrohr: Feuerverzinkter Stahl.
Strahlerelemente: Wetterbeständiges Leichtmetall. Strahler in Fiberglas-Schutzrohr.
- Befestigung:** Mit Schelle an Rohrmaste von 60 – 115 mm \varnothing (im Lieferumfang enthalten).
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedene Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
- Besonderheiten:** Die Antenne ist beim Transport demontiert.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



Directional Antenna

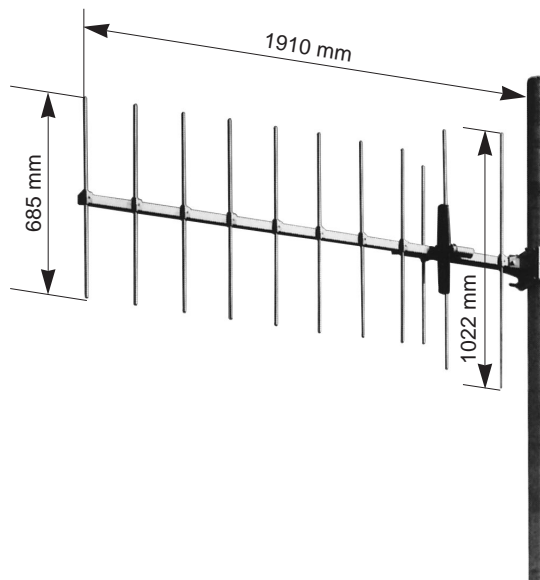
146 – 174 MHz

K 52 07 21

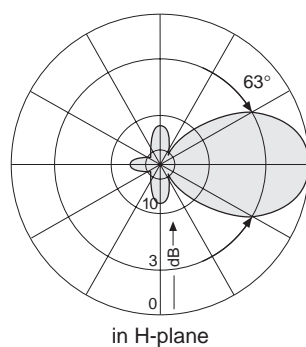
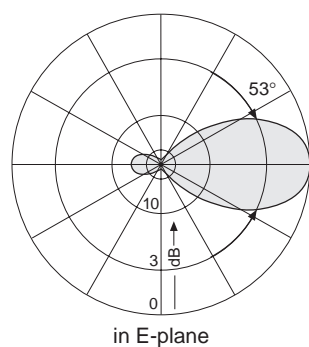
KATHREIN
Antennen · Electronic

Broadband aluminum Yagi antenna (11 elements).
Gain 8.5 dB

Type No.	K 52 07 21	
Input	N female	
Frequency range	146 – 174 MHz	
Gain (ref. $\lambda/2$ dipole)	8.5 dB	
VSWR	< 1.5	
Impedance	50 Ω	
Polarization	Usable for horizontal or vertical polarization.	
Max. power	250 Watt (at 50 °C ambient temperature)	
Weight	10 kg	
Wind load (at 150 km/h)	Horizontal:	Vertical:
lateral:	235 N	210 N
frontal:	140 N	140 N
Max. wind velocity	210 km/h	220 km/h
Packing size	1954 x 186 x 162 mm	
Height	appr. 1022 mm	
Yagi length	appr. 1910 mm	



- Material:** Antenna: Weather-resistant aluminum.
All screws and nuts: Stainless steel.
- Mounting:** On masts from 60 – 105 mm diameter,
by means of supplied mounting kit.
- Grounding:** All metal parts of the antenna including the
mounting kit are DC grounded.
The inner conductor is coupled capacitively.
- Shipping:** The antenna will be shipped dismantled.



Mit der Log.-per.-Antenne wurde eine Antenne geschaffen, die ein sehr definiertes Strahlungsdiagramm besitzt. Sie zeichnet sich speziell durch grosse Bandbreite und eine hohe Nebenkeulendämpfung aus. Das Vor-Rückverhältnis liegt bei bis zu 30 dB. Die LPA ist so aufgebaut, dass jedes Dipolpaar gespeist ist. Die Welle sucht und findet dort die Resonanz, wo die Bedingungen stimmen. Dadurch ergibt sich eine nutzbare Bandbreite, deren Grenzen die Halbwellenresonanzen der äussersten Dipole bestimmen.

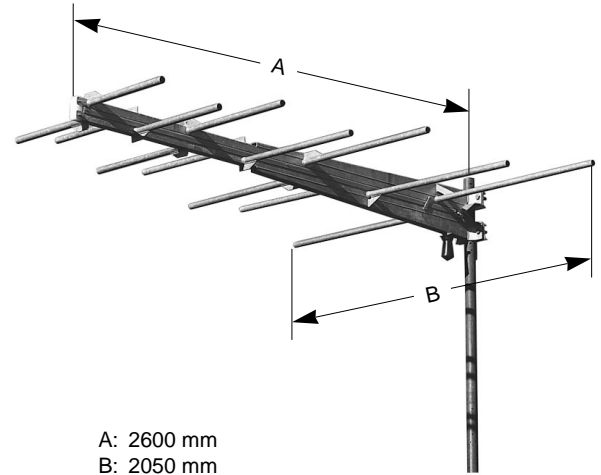
Richtantenne

87,5 – 108 MHz

K 52 22 17, K 52 22 11

- Logarithmisch-periodische Breitband-Richtantenne mit großer Nebenkeulendämpfung.
- Besonders stabile Ausführung aus feuerverzinktem Stahl.

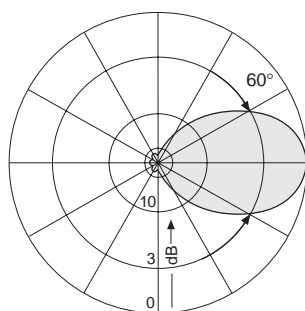
Typ Nr.	K 52 22 17	K 52 22 11
Eingang	7-16 Kuppler	N Kuppler
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	6 dB	
Welligkeit	< 1,3	
Impedanz	50 Ω	
Nebenkeulendämpfung	> 25 dB	
Polarisation	Horizontal	
Max. Belastbarkeit	1 kW	
	(Höhere Belastbarkeit auf Anfrage)	
Gewicht	46 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 440 N	
	seitlich: 770 N	
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	
Verpackungsmaße	2650 x 2100 x 370 mm	



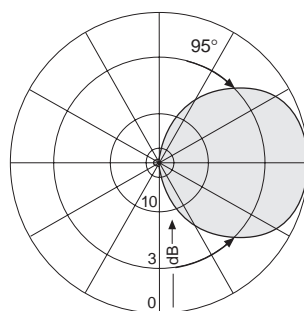
A: 2600 mm
B: 2050 mm

Material:	Feuerverzinkter Stahl.
Befestigung:	Mit mitgelieferten Schellen an Rohrmaste von 60 – 115 mm \varnothing .
Erdung:	Über die Befestigungsteile.
Kombinationen:	Zur Erhöhung des Gewinns und für Strahlungsdiagramme mit sehr hoher Nebenkeulendämpfung können zwei oder mehr Antennen zusammengeschaltet werden.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der E-Ebene



in der H-Ebene

Horizontales Strahlungsdiagramm

Vertikales Strahlungsdiagramm

Richtantenne 470 – 860 MHz K 72 23 47, K 72 23 41

- Logarithmisch-periodische Breitband-Richtantenne in Fiberglashaube.
- Hohe Nebenkeulendämpfung.

Typ-Nr.	K 72 23 47	K 72 23 41
Eingang	7-16 Kuppler	N-Kuppler
Frequenzbereich	470 – 860 MHz	
Welligkeit	< 1,25	
Gewinn	9 dB (bez. $\lambda/2$ Dipol)	
Impedanz	50 Ω	
Nebenkeulendämpfung	> 23 dB (470 – 500 MHz) > 25 dB (500 – 860 MHz)	
Polarisation	Wahlweise horizontal oder vertikal durch Umsetzen der Befestigungsschellen	
Max. Belastung	30 Watt (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)	
Gewicht	9 kg	
Windlast (v = 150 km/h)	Horizontale Pol.: von vorne/seitlich: 55 / 90 N Vertikale Pol.: von vorne/seitlich: 55 / 440 N	
Max. Windgeschwindigkeit	Horizontale Pol.: 225 km/h Vertikale Pol.: 180 km/h	
Verpackung	1172 x 372 x 224 mm	

Material: Wetterbeständiges Leichtmetall.
Schutzhaube: Fiberglas, Farbe: Grau.
Alle Schrauben und Muttern: Rostfreier Stahl.

Montage: An Rohrmaste von 48 – 115 mm \varnothing über mitgelieferte Schellen.

Eisschutz: Durch die vollständige Fiberglasverkleidung der Strahler und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei schwerer Vereisung funktionsfähig.

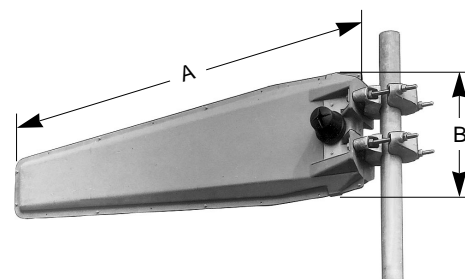
Erdung: Über die Befestigungsteile.

Kombinationen: Zur Erhöhung des Gewinns und für Strahlungsdiagramme mit sehr hoher Nebenkeulendämpfung können zwei oder mehr Antennen zusammengeschaltet werden.

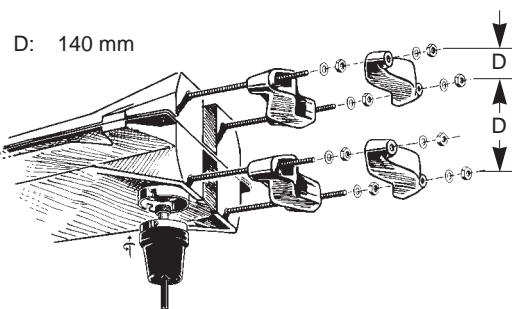


Horizontale Polarisation

A: 1153 mm
B: 353 mm
C: 180 mm

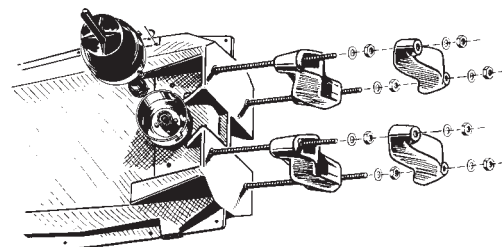


Vertikale Polarisation



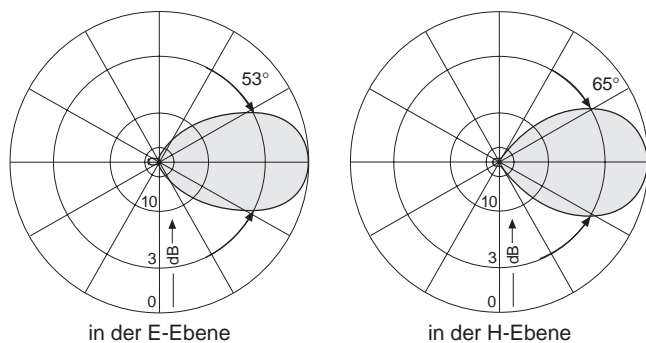
D: 140 mm

Horizontale Polarisation



Vertikale Polarisation

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



2.4.5 Querstrahler

Querstrahler werden Antennen genannt, deren mechanische Ausbreitung quer zur Hauptstrahlrichtung liegt. Der markante Vertreter dieser Antennengruppe ist das Feld, auch Panel oder Array genannt. Bei Feldern werden Dipole vor einer Reflektorwand angeordnet, übereinander, nebeneinander, je nach Spezifikationen. Sind es 2 Dipole übereinander und 2 Dipole nebeneinander, bezeichnet man die Anordnung als Achterfeld. Diese Diskrepanz zwischen Bezeichnung und tatsächlicher Anzahl der Dipole ist durch die Theorie der Reflektorwand begründet. Die Reflektorwand kann auch als dicker zweiter Dipole beschrieben werden, der im Abstand von $\lambda/2$ mit 180° Phasenunterschied betrieben wird (wie auch das System Dipol vor Mast). Durch die offene Bauweise ist aber auch mit dieser Antenne mit Einflüssen bei rauher Witterung zu rechnen. Aus diesem Grund werden Felder mit kleinen Abmessungen unter ein Radom gebaut.

2.5. Gewinn durch horizontale Bündelung

Auch in der horizontalen Ebene lässt sich durch Bündelung Gewinn erzeugen, indem die Abstrahlung nicht kreisrund erfolgt.. Bei Abstrahlung der vorhandenen Energie in einen Halbraum (180 Grad) erhält man 3dB Gewinn, bei Abstrahlung in einen Viertelraum (90 Grad) 6dB Gewinn. Die dargestellten Diagramme sind rein theoretisch, da solche steilen Flanken bei realen Richtantennen nicht möglich sind.

Richtantenne

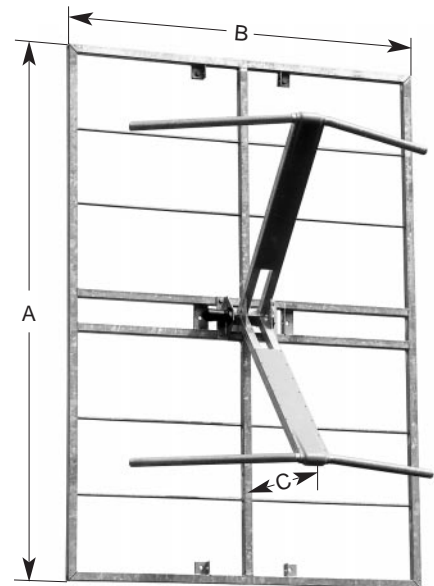
87,5 – 108 MHz

K 52 34 17

- Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für dreieckige und runde Maste.

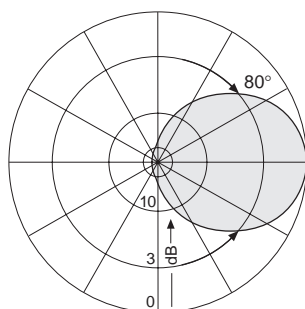
Typ Nr.	K 52 34 17
Eingang	7-16 Kuppler (druckdicht)
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	7 dB in Bandmitte
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal
Max. Belastbarkeit	2,5 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Gewicht	66 kg
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 1485 N seitlich: 770 N
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Befestigungsteile und genaue Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können. Speziell geeignet für dreieckige und runde Maste.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.
- Besonderheiten:** Die Antenne ist beim Transport demontiert.

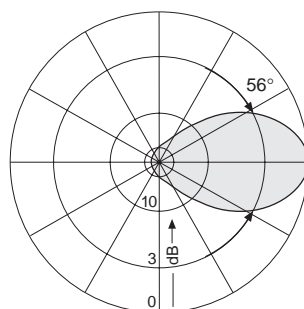


A: 2490 mm
B: 1740 mm
C: 760 mm

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der E-Ebene
Horizontaldiagramm



in der H-Ebene
Vertikaldiagramm

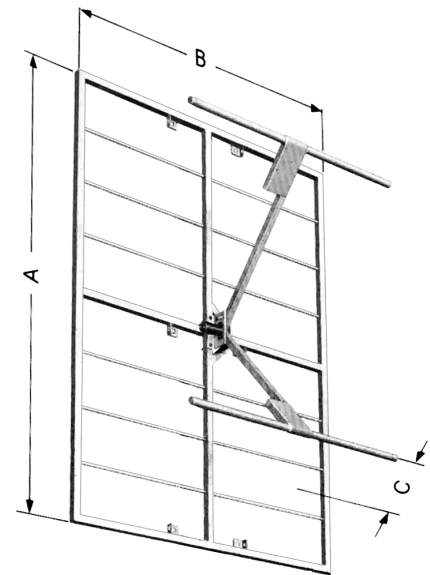
Richtantenne

87,5 – 108 MHz

K 52 31 187, K 52 31 188, 715 849

- Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für quadratische Maste.

Typ Nr.	K 52 31 187	K 52 31 188	715 849
Eingang (druckdicht)	7-16 Kuppler	7/8" EIA Flansch	13-30 Kuppler
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz		
Welligkeit	s < 1,15		
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	7,5 dB in Bandmitte		
Impedanz	50 Ω		
Polarisation	Horizontal oder Vertikal		
Max. Belastbarkeit	2,5 kW	4 kW	6 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Gewicht	64 kg		
Windlast (bei 150 km/h)	frontal / seitlich: 1320 N / 715 N		
Horizontal polarisiert	frontal / seitlich: 1320 N / 726 N		
Vertikal polarisiert			
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h		



A: 2490 mm
B: 1740 mm
C: 730 mm

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Befestigungsteile und genaue Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können. Speziell geeignet für quadratische Maste.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.
- Besonderheiten:** Die Antenne ist beim Transport demontiert.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)

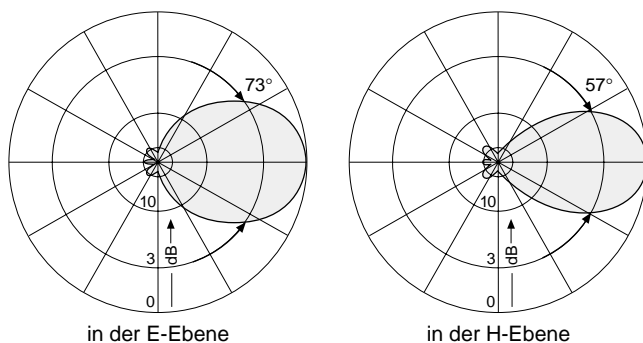
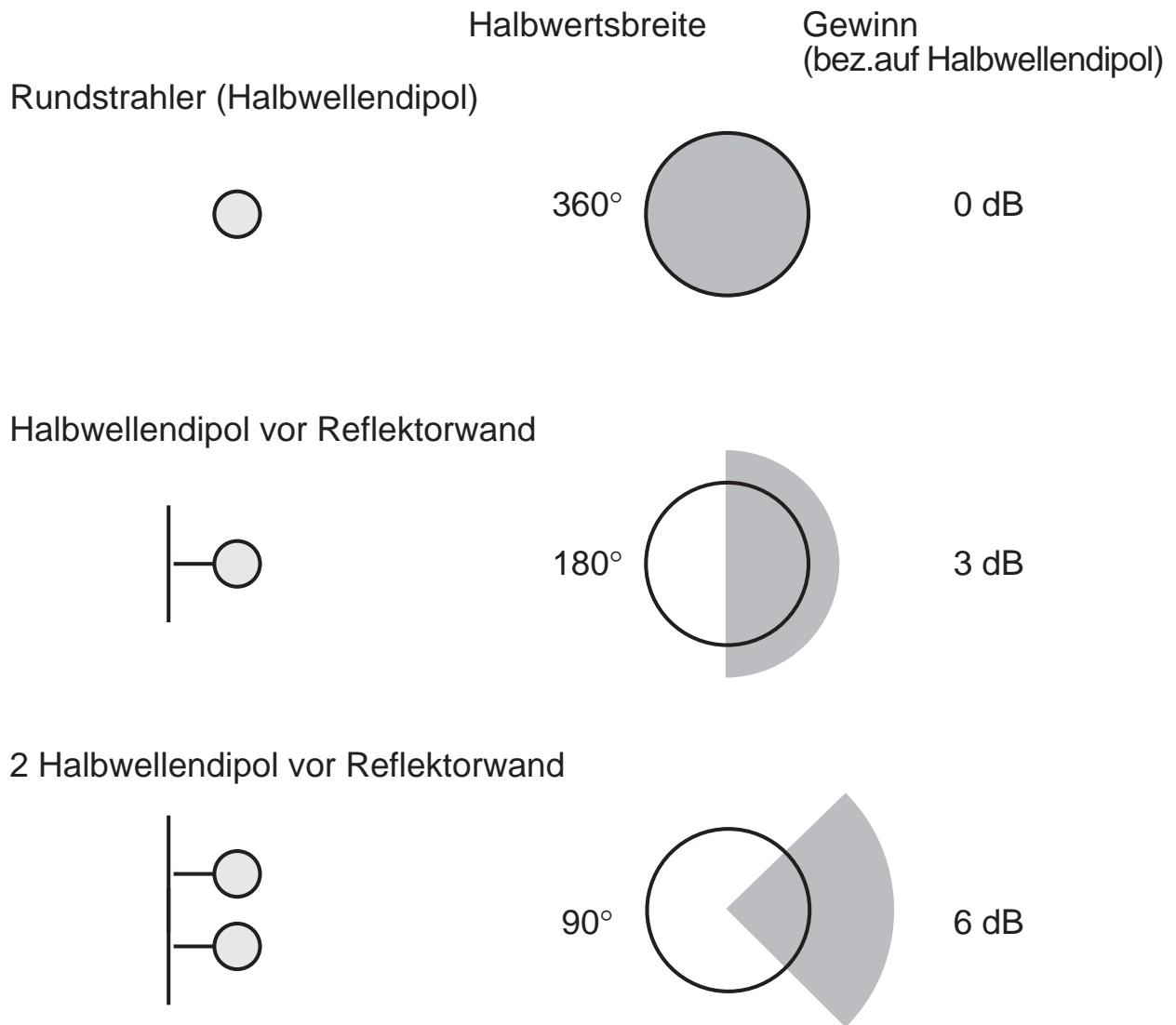


Bild 12: Gewinn durch horizontale Bündelung



(Strahlungsdiagramme nur theoretisch)

Die Verdoppelung der Anzahl Antennen

erwirkt eine Gewinnzunahme von 3dB

bzw. eine Halbierung der Halbwertsbreite

Pizzo Groppera: 32 Antennen K 53 32 187

Gewinn 24dB (Faktor 250)

14 MW EIRP



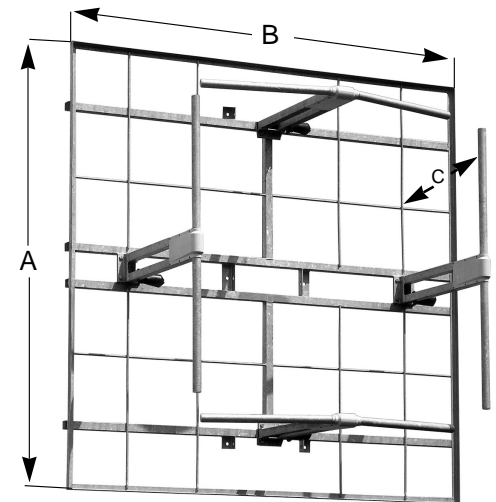
Richtantenne

87,5 – 108 MHz

K 53 32 18 7

- Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für quadratische Maste.
- Wahlweise zirkular, horizontal, vertikal und schräg polarisiert.

4 Dipole sind vor einer Reflektorwand symmetrisch angeordnet. Bei entsprechender Speisung wird eine zirkular polarisierte Welle abgestrahlt. Besondere Maßnahmen ergeben eine Entkopplung zwischen den horizontalen und vertikalen Strahlerpaaren von 40 – 50 dB. Dadurch ist es möglich, zwei Programme – horizontal und vertikal polarisiert – unabhängig voneinander abzustrahlen.



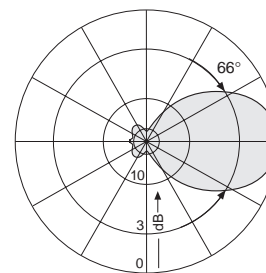
A = B: 2200 mm
C = 830 mm

Typ Nr.	K 53 32 18 7
Eingang	4 x 7-16-Kuppler
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
VSWR	< 1,25 (linear polarisiert) < 1,1 (zirkular polarisiert)
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	7,5 dB bei linearer Polarisation 4,5 dB bei zirkularer Polarisation
Impedanz	50 Ω
Belastbarkeit	2,5 kW pro Anschluß (Höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Windlast (bei 150 km/h)	Frontal: 1,70 kN Seitlich: 1,00 kN
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h
Gewicht	85 kg

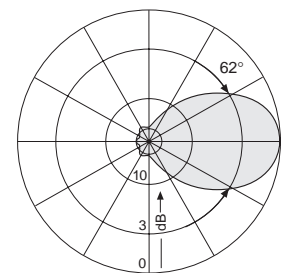
- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Montage:** Die Antenne muß so montiert werden, daß die geknickten Strahler horizontal liegen. Befestigungsteile auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Erdung über die Befestigungsteile.
- Polarisation:** Durch geeignete Speisung der horizontalen und vertikalen Strahlerpaare wahlweise zirkular oder elliptisch bzw. linear vertikale, horizontale oder schräge Polarisation oder horizontale und vertikale Polarisation.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.
- Besonderheiten:** Die Antenne ist beim Transport demontiert.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)

Horizontale Polarisation (geknickte Strahler)

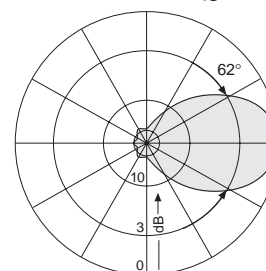


in der E-Ebene
Horizontaldiagramm

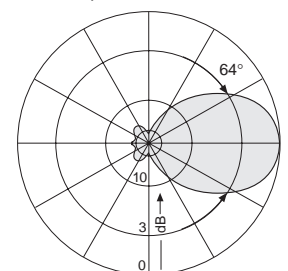


in der H-Ebene
Vertikaldiagramm

Vertikale Polarisation (gerade Strahler)



in der H-Ebene
Horizontaldiagramm



in der E-Ebene
Vertikaldiagramm

Querstrahler

Weitere Beispiele Bd III / DAB

Richtantenne

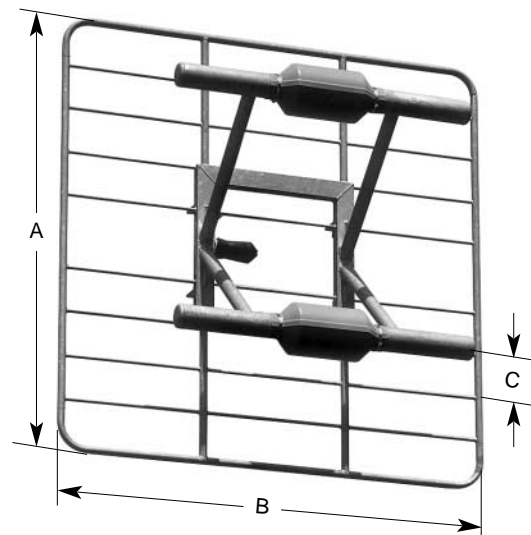
174 – 230 MHz

K 52 30 57, K 52 30 51

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für quadratische und runde Maste.

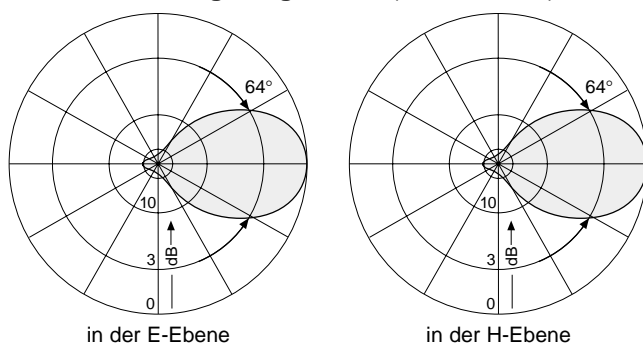
Typ Nr.	K 52 30 57	K 52 30 51
Eingang	7-16 Kuppler (druckdicht)	N Kuppler
Frequenzbereich	174 – 230 MHz	
Welligkeit	s < 1,08	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	8 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Wahlweise horizontal oder vertikal	
Max. Belastbarkeit	2 kW	1 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Gewicht	23 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal / seitlich: 660 N / 277 N	
Horizontal polarisiert	frontal / seitlich: 660 N / 330 N	
Vertikal polarisiert	225 km/h	
Max. Windgeschwindigkeit	1350 x 1350 x 550 mm	
Verpackung		



A: 1300 mm
B: 1300 mm
C: 490 mm

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Mit Schellenpaar K 61 12 0 an Rohrmaste von 60 – 115 mm \varnothing oder mit Schellenpaar K 61 13 0 an Rohrmaste von 115 – 210 mm \varnothing (bitte getrennt bestellen).
Genauere Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
Speziell geeignet für quadratische und runde Maste.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



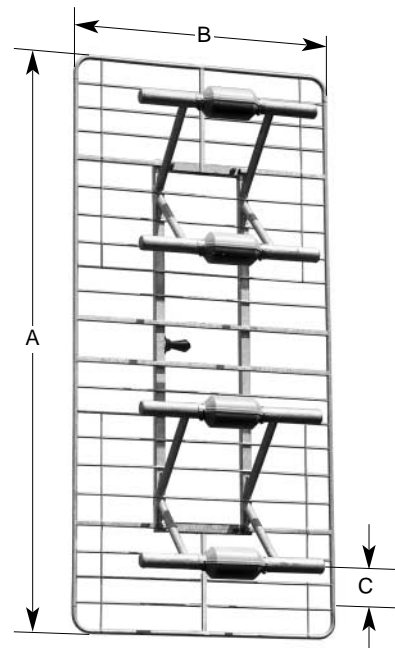
Richtantenne 174 – 230 MHz K 52 33 5.

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Horizontal polarisierte Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für quadratische Maste.

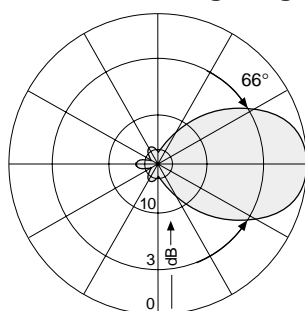
Typ Nr.	K 52 33 57	K 52 33 51
Eingang	7-16 Kuppler (druckdicht)	N Kuppler
Frequenzbereich	174 – 230 MHz	
Welligkeit	s < 1,1	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -dipole)	11 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Horizontal	
Max. Belastbarkeit	2 kW	1 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Gewicht	60 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 1430 N seitlich: 770 N	
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	
Verpackung	2850 x 1350 x 500 mm	

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Mit Schellenpaar K 61 16 01 an Rohrmaste von 77 mm \varnothing oder mit Schellenpaar K 61 16 02 an Rohrmaste von 60 – 125 mm \varnothing (bitte getrennt bestellen).
Weitere Befestigungsteile und genaue Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
Speziell geeignet für quadratische Maste.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.

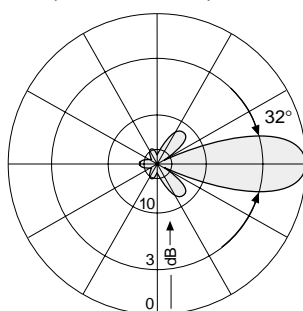


A: 2800 mm
B: 1300 mm
C: 415 mm

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der E-Ebene
Horizontaldiagramm



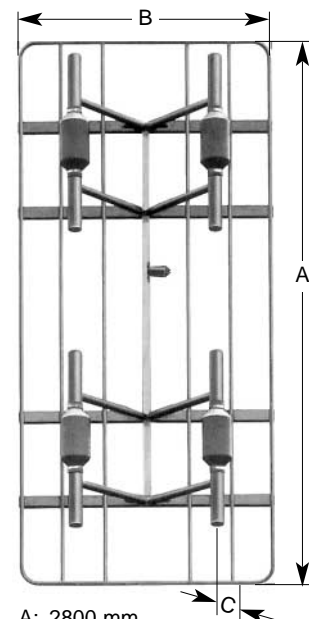
in der H-Ebene
Vertikaldiagramm

Richtantenne 174 – 254 MHz K 53 33 5.

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Vertikal polarisierte Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.

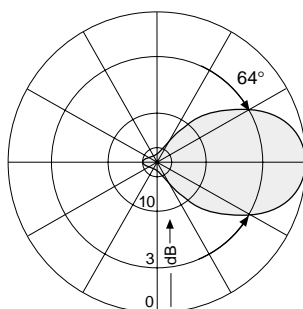
Typ Nr.	K 53 33 57	K 53 33 51
Eingang	7-16 Kuppler (druckdicht)	N Kuppler
Frequenzbereich	174 – 254 MHz	
Welligkeit	s < 1,1	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	11 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Vertikal	
Max. Belastbarkeit	2 kW	1 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)
Gewicht	55 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 1,87 kN seitlich: 1,27 kN	
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	
Verpackung	2850 x 1350 x 500 mm	



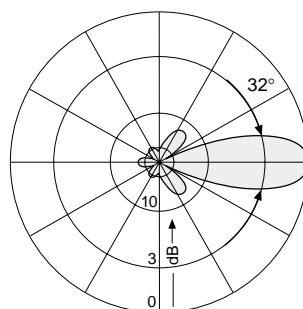
A: 2800 mm
B: 1300 mm
C: 400 mm

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Mit 8 Schrauben M 16 x 80 an geeignete Befestigungskonstruktion.
Befestigungsteile und genaue Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
- Lieferumfang:** Antenne mit 8 Befestigungsschrauben M 16 x 80.

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der H-Ebene
Horizontaldiagramm



in der E-Ebene
Vertikaldiagramm

Richtantenne

174 ... 230 MHz

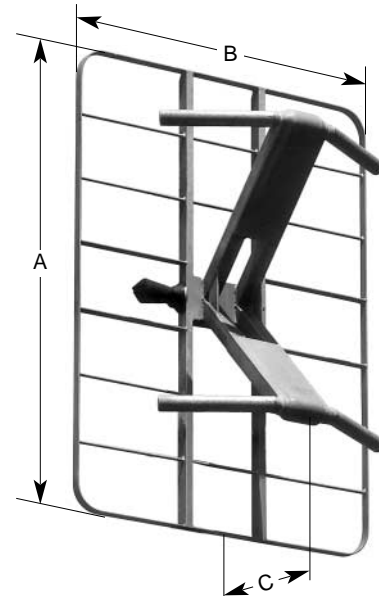
K 52 34 5..

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Breitband-Richtantenne aus feuerverzinktem Stahl.
- Speziell geeignet für dreieckige und runde Maste.

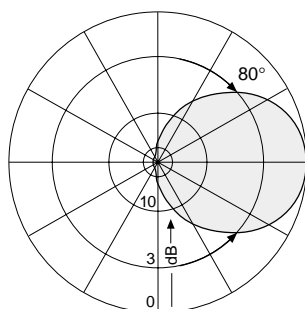
Typ Nr.	K 52 34 517	K 52 34 527
Eingang	7-16 Kuppler (druckdicht)	
Frequenzbereich	174 – 202 MHz	202 – 230 MHz
Welligkeit	s < 1,15	
Gewinn (bez. $\lambda/2$ -Dipol)	7 dB	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Horizontal	
Max. Belastbarkeit	2 kW (höhere Belastbarkeit auf Anfrage)	
Gewicht	20 kg	
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 330 N	seitlich: 330 N
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	

- Material:** Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.
- Befestigung:** Mit Schellenpaar K 61 12 0 an Rohrmaste von 60 – 115 mm \varnothing oder mit Schellenpaar K 61 13 0 an Rohrmaste von 115 – 210 mm \varnothing (bitte getrennt bestellen).
Weitere Befestigungsteile und genaue Befestigungsmaße auf Anfrage.
- Eisschutz:** Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
- Erdung:** Über die Befestigungsteile.
- Kombinationen:** Die Antenne ist besonders geeignet als Baustein für Kombinationen, mit denen verschiedenartige Strahlungsdiagramme erzielt werden können.
Speziell geeignet für dreieckige und runde Maste.
- Lieferumfang:** Antenne ohne Befestigungsschellen.

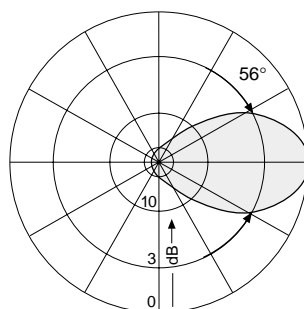


A: 1200 mm
B: 860 mm
C: 405 mm

Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



in der E-Ebene
Horizontaldiagramm



in der H-Ebene
Vertikaldiagramm

Richtantenne für TV und DAB

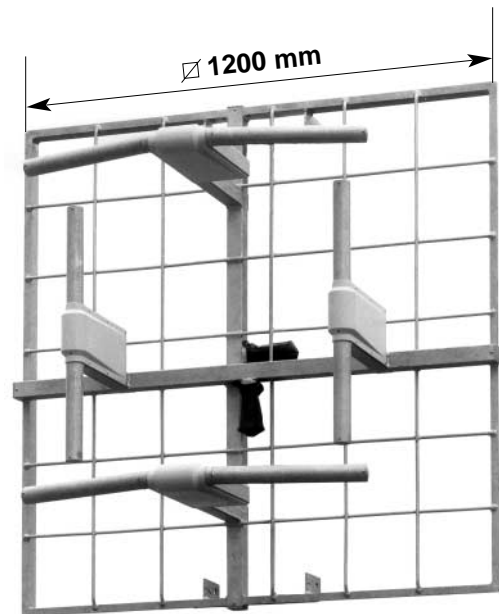
TV: 174 – 223 MHz / DAB: 202 – 240 MHz

773 823

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Dual polarisierte Antenne.
- Speziell für Simultanbetrieb von TV im Band III und DAB.

Typ Nr.	773 823
Eingang	TV: 1 x 7-16 Kuppler / horizontal (druckdicht) DAB: 1 x 7-16 Kuppler / vertikal (druckdicht)
Frequenzbereich für horizontale Polarisation	TV: 174 – 223 MHz
vertikale Polarisation	DAB: 202 – 240 MHz
Welligkeit	$s < 1,15$
Gewinn (bez. $\lambda/2$ Dipol)	7,5 dB
Impedanz	50 Ω
Polarisation	TV: horizontal / DAB: vertikal
Max. Belastbarkeit	2 kW pro Eingang (bei 40 °C Umgebungstemperatur)
Gewicht	35 kg
Windlast (bei 150 km/h)	frontal: 600 N seitlich: 550 N
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



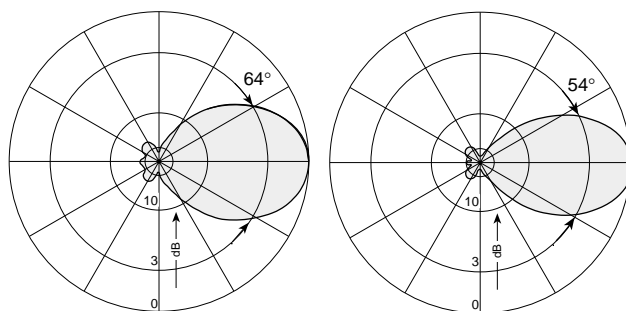
Material: Feuerverzinkter Stahl.
Wetterschutzschalen: Fiberglas.

Befestigung: Über Schrauben M16 (im Lieferumfang enthalten) an geeignete Befestigungsstruktur.
Genauere Befestigungsmaße auf Anfrage.

Lieferumfang: Antenne ohne Befestigungsschellen.

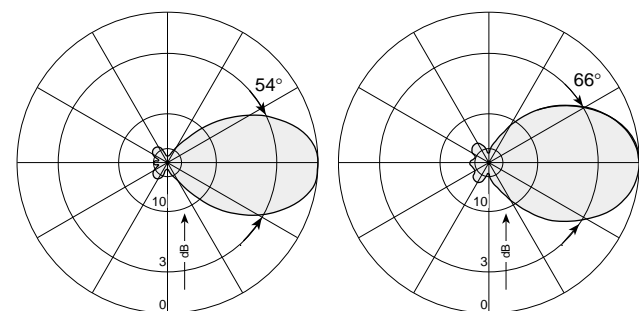
Erdung: Über die Befestigungsteile.

Strahlungsdiagramme für TV
(in Bandmitte)



in der E-Ebene in der H-Ebene
Horizontales Strahlungsdiagramm Vertikales Strahlungsdiagramm

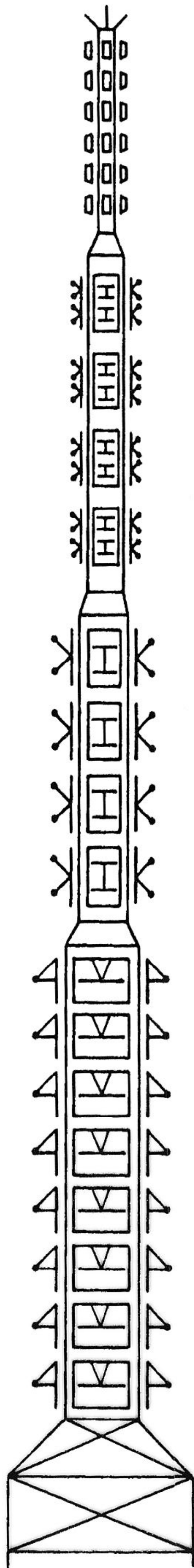
Strahlungsdiagramme für DAB
(in Bandmitte)



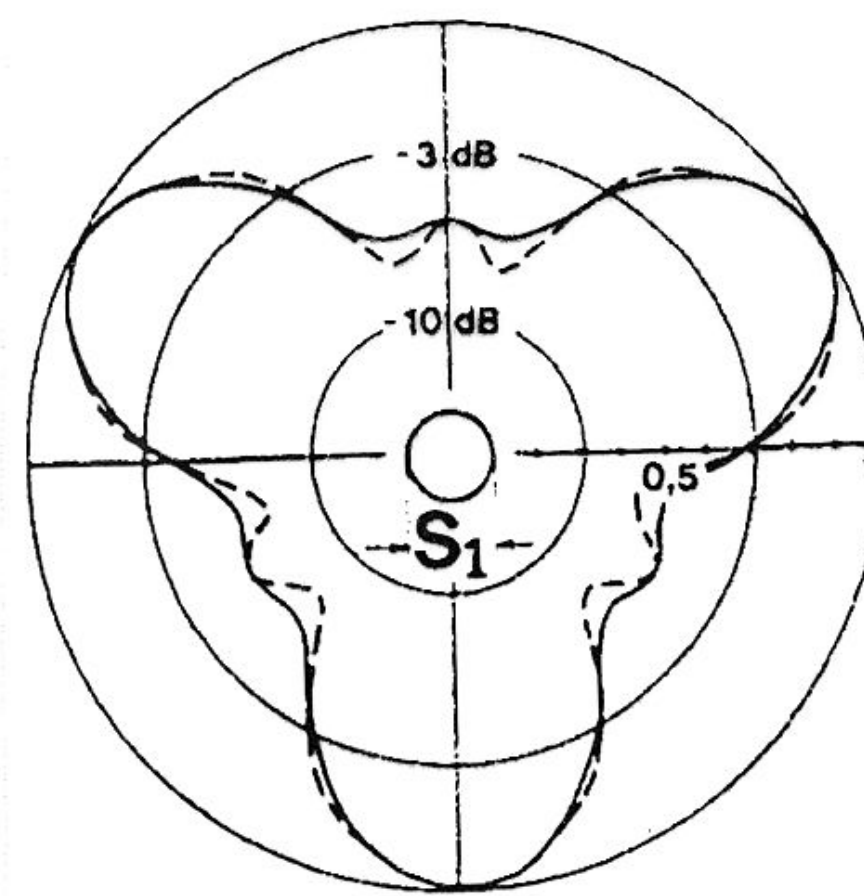
in der H-Ebene in der E-Ebene
Horizontales Strahlungsdiagramm Vertikales Strahlungsdiagramm

3. Antennensysteme, Berechnung von Strahlungsdiagrammen

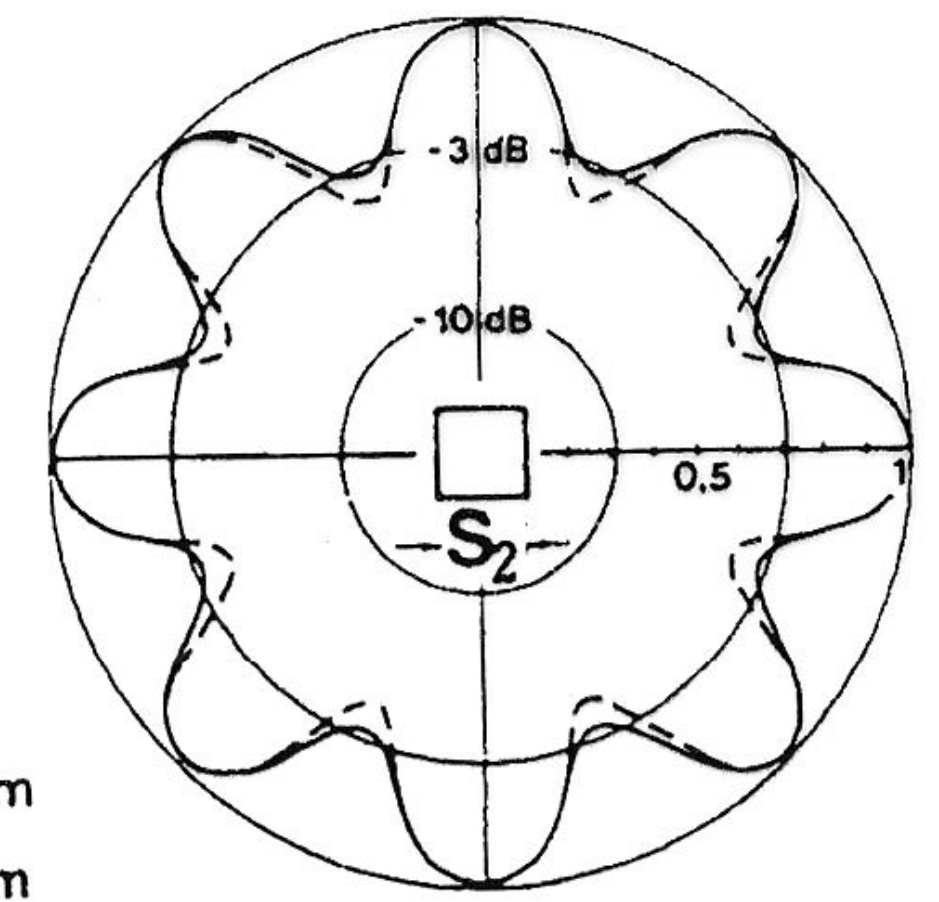
Oft sind Diagramme mit Vorzugsrichtung oder mit spezieller Richtcharakteristik gefragt. Damit sollen z.B. Ueberschneidungen von Versorgungsgebieten bzw. Abstrahlung über Ländergrenzen vermieden werden. Oder es muss, weil pro Mastspitze nur ein Rundstrahler Platz hat, eine Rundstrahlanordnung um den Mast entwickelt werden. Auch scharfe Bündelung ist eine Argument für Zusammenschaltung von Antennen.



TV UHF Antenne
470 - 860 MHz

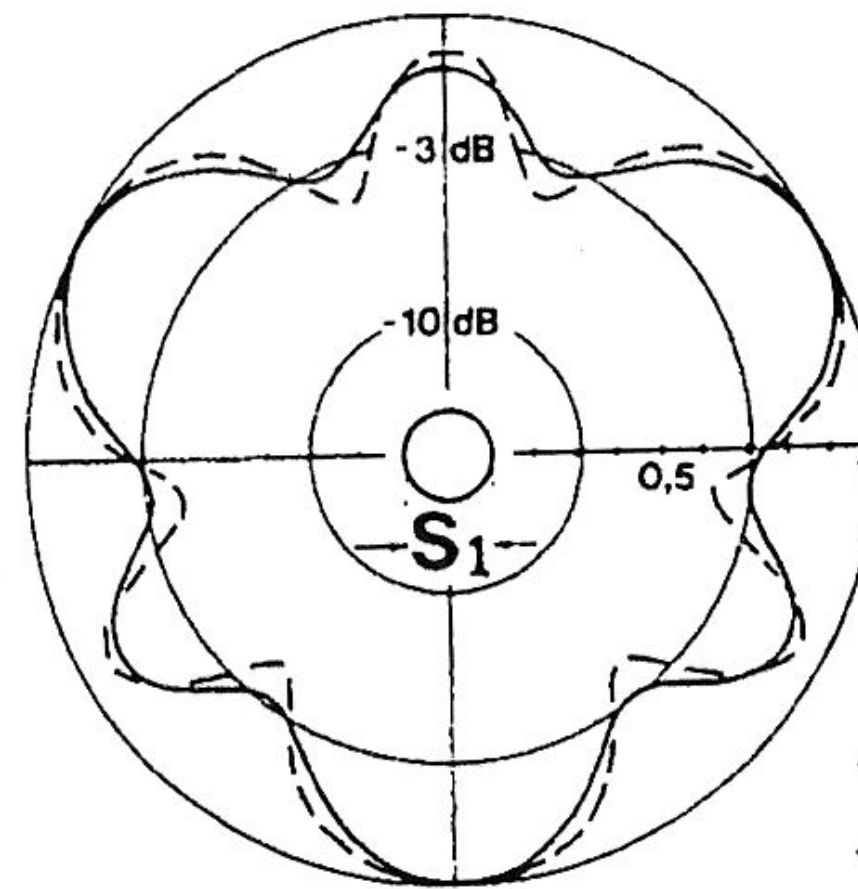


$f = 650 \text{ MHz}$

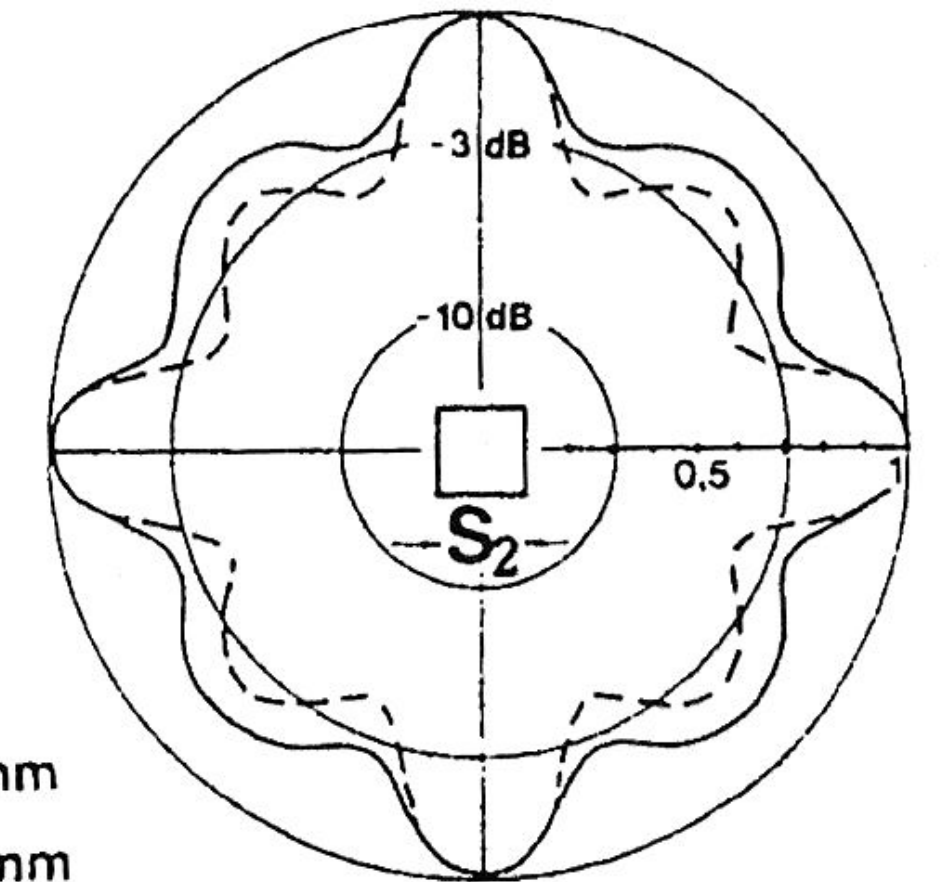


— $S_1 = 200 \text{ mm}$ — $S_2 = 560 \text{ mm}$
 --- $S_1 = 350 \text{ mm}$ --- $S_2 = 600 \text{ mm}$

TV - F III Antenne
174 - 230 MHz

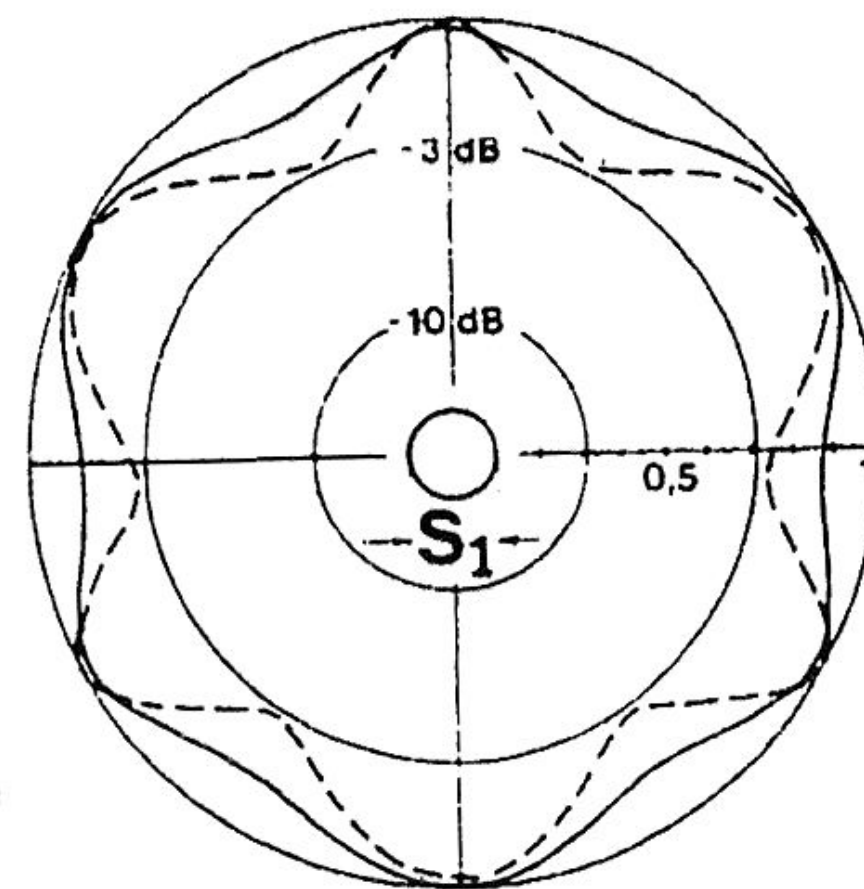


$f = 202 \text{ MHz}$

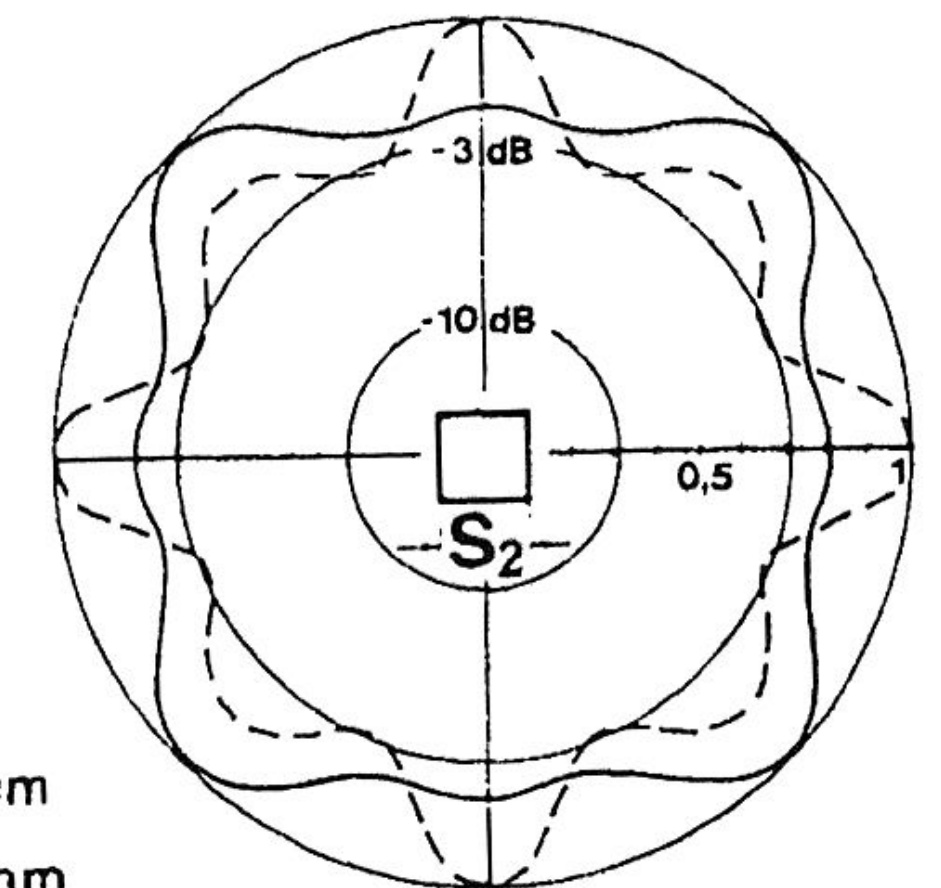


— $S_1 = 1000 \text{ mm}$ — $S_2 = 1100 \text{ mm}$
 --- $S_1 = 1500 \text{ mm}$ --- $S_2 = 1300 \text{ mm}$

FM - Antenne
87,5 - 108 MHz

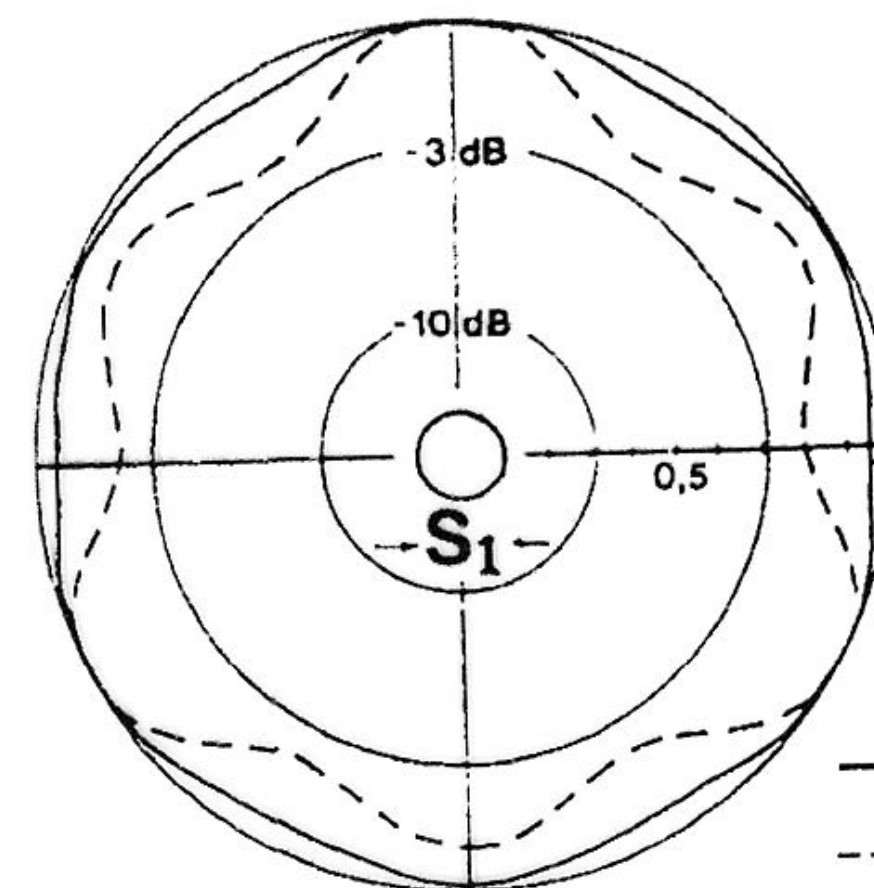


$f = 97,5 \text{ MHz}$

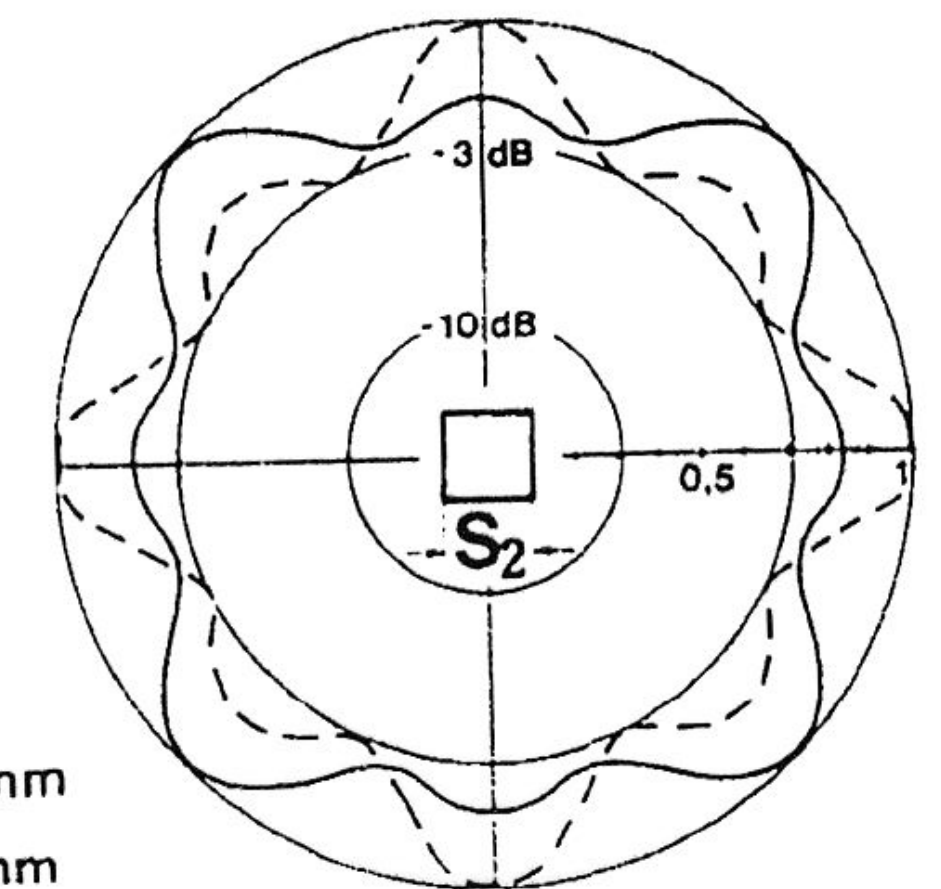


— $S_1 = 1700 \text{ mm}$ — $S_2 = 1700 \text{ mm}$
 --- $S_1 = 2400 \text{ mm}$ --- $S_2 = 3000 \text{ mm}$

TV - FI - Antenne
47 - 68 MHz



$f = 57,5 \text{ MHz}$



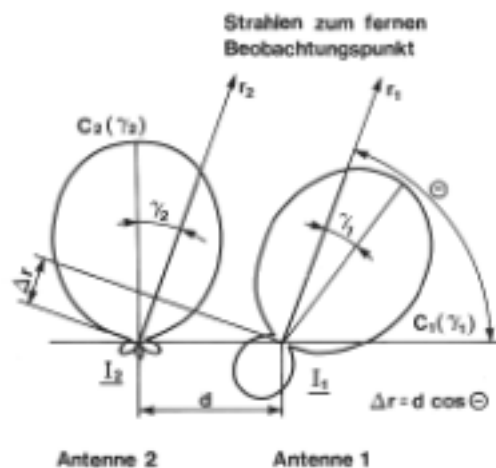
— $S_1 = 1800 \text{ mm}$ — $S_2 = 3000 \text{ mm}$
 --- $S_1 = 3000 \text{ mm}$ --- $S_2 = 5500 \text{ mm}$

In den meisten Fällen kann der Kunde diese Anordnungen nicht berechnen, da spezielle Antennendaten fehlen. Die Feldstärke einer Antennenkombination in einem beliebigen Raumpunkt, erhält man durch Vektoraddition der Einzelantennen in Betrag und Phase.

Die Richtcharakteristik ist eine Fernfeldgrösse und wird aus einem „weit“ entfernten Beobachtungspunkt betrachtet. Die Verbindungslinien zwischen ihm und den beiden Antennen sind deshalb parallel.

Die Feldstärke $\underline{E}_{\text{ges}}$ am Beobachtungspunkt ergibt sich aus der Summe der vom Strom \underline{I}_1 in der Antenne 1 erzeugten Feldstärke \underline{E}_1 und der vom Strom \underline{I}_2 in der Antenne 2 erzeugten Feldstärke \underline{E}_2 .

Wenn man nun den Beobachtungspunkt rund um die Antennengruppe dreht, erhält man die Richtcharakteristik bzw., die Feldstärkeverteilung der Antennengruppe abhängig vom Azimut.



Die zur Berechnung notwendigen Daten werden messtechnisch bestimmt. In einem reflexionsfreien Messfeld wird von der Antenne Betrag und Phase ermittelt.

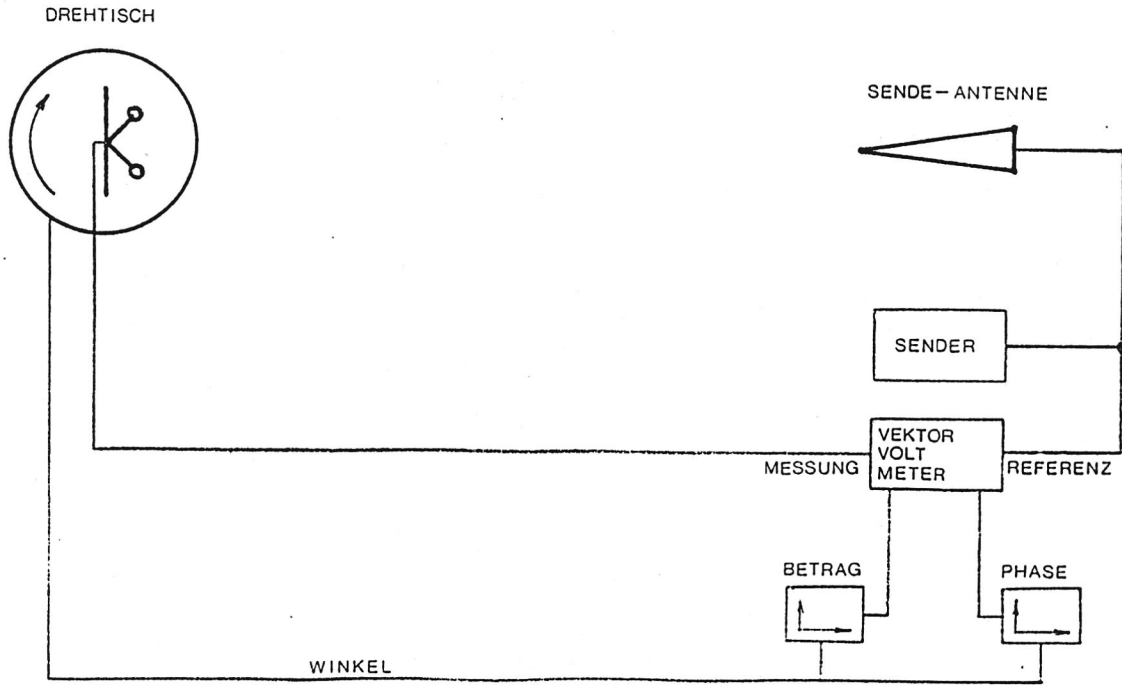


Bild 1

Betrag

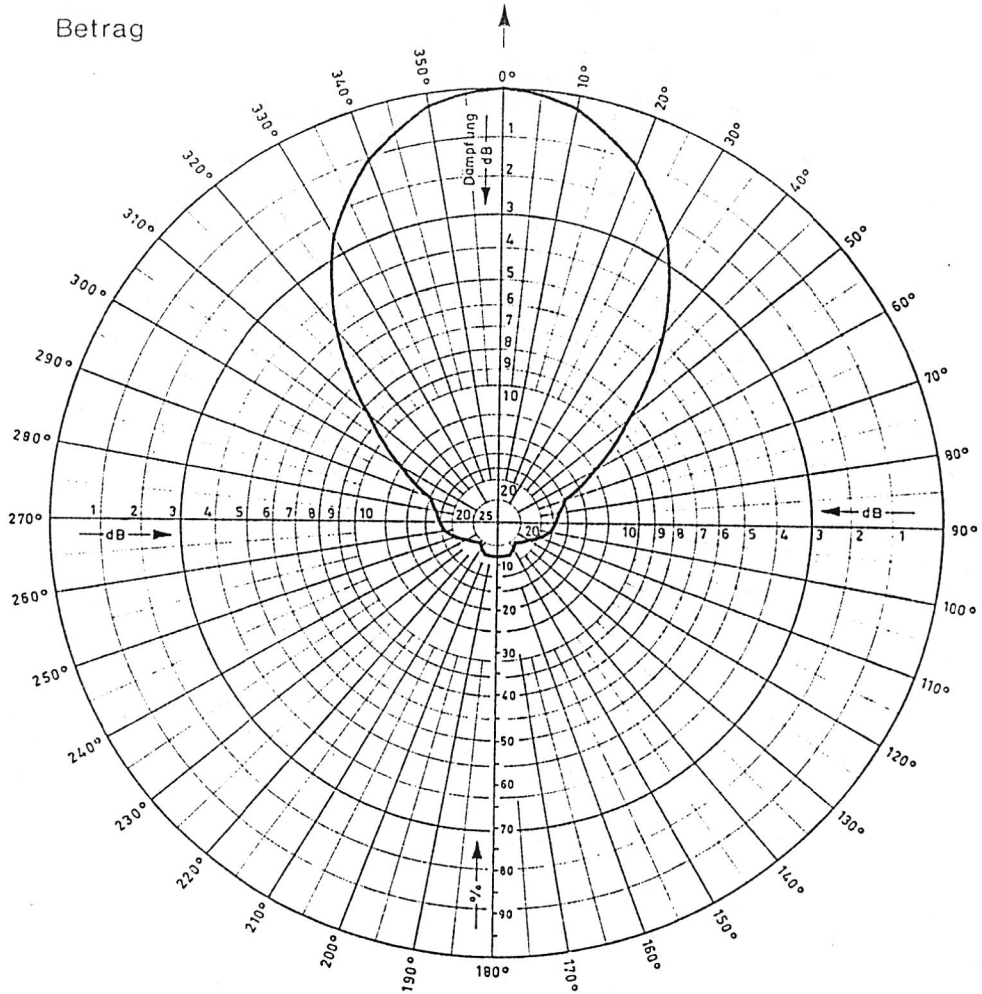
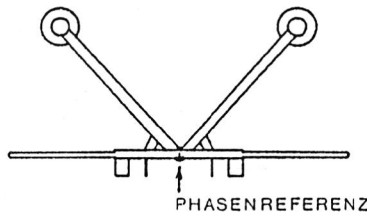
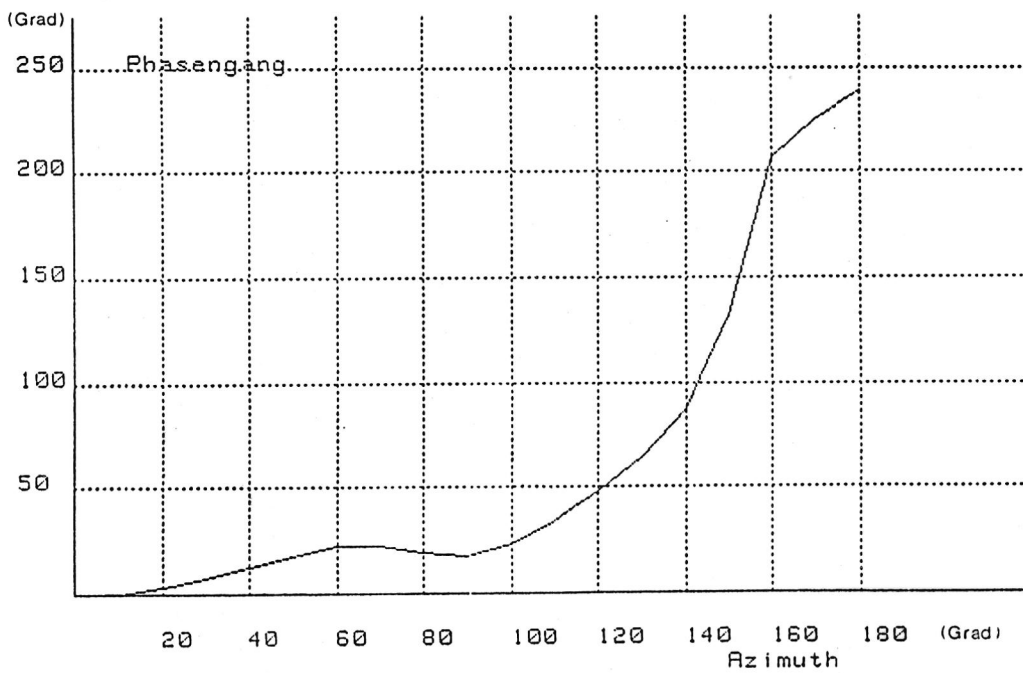


Bild 2



K 52 32 2
160 MHz



Mit diesen Einzeldaten kann man nun Summendiagramme berechnen. Das Resultat der Vektoraddition wird bestimmt durch:

- die Position der einzelnen Antennen
- die Richtung der einzelnen Antennen
- die Richtcharakteristik der einzelnen Antennen (Amplitude UND Phase)
- die Amplituden und Phasen der Speisung.

Im folgenden nun einige Standard-Konfigurationen:

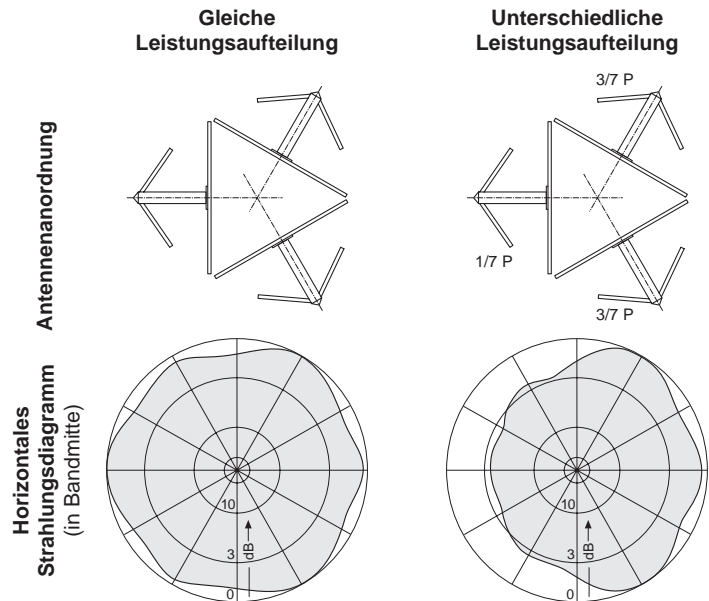
Kathrein bietet eine Vielzahl von Antennentypen an, die es den Kunden erlauben für jede Station ein optimales Antennensystem auszuwählen. Die typischen Eigenschaften und Vorteile der verschiedenen Gruppenanordnungen sind:

Antennengruppe aus 3 Dipolfeldern

Die Einzelfelder sind so konstruiert, dass sie einen Azimutsektor von 120° versorgen und die gleichphasige Zusammenschaltung von 3 Dipolfeldern ein Rundstrahlendiagramm ergibt.

Azimutale Richtdiagramme können durch eine unregelmäßige Anordnung der Dipolfelder und/oder ungleichmäßige Speisung erzeugt werden.

Die 3er-Anordnung ist besonders vorteilhaft für dreieckige oder runde Antennenträger. Derartige Antennensysteme können breitbandig für horizontale oder zirkuläre Polarisation aufgebaut werden.

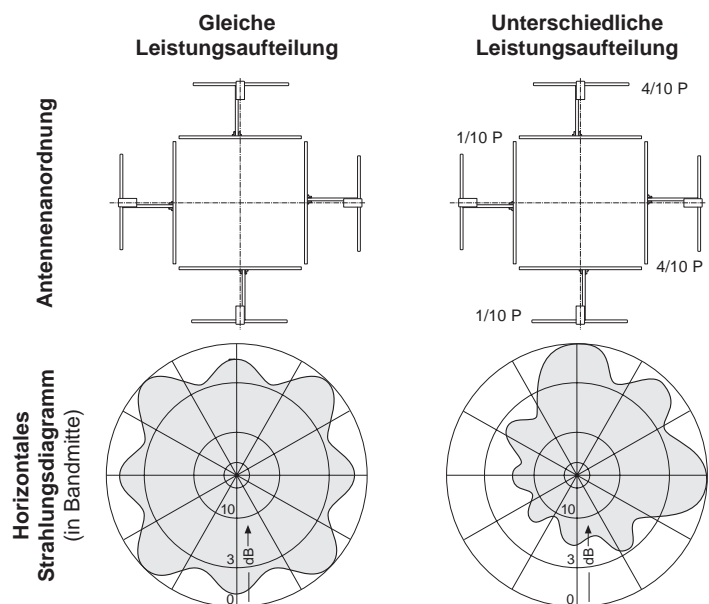


Antennengruppen aus 4 Dipolfeldern

Die Einzelfelder sind so konstruiert, dass sie einen Azimutsektor von 90° versorgen und die gleichphasige Zusammenschaltung von 4 Dipolfeldern ein Rundstrahlendiagramm ergibt.

Azimutale Richtdiagramme können durch eine unregelmäßige Anordnung der Dipolfelder und/oder ungleichmäßige Speisung erzeugt werden.

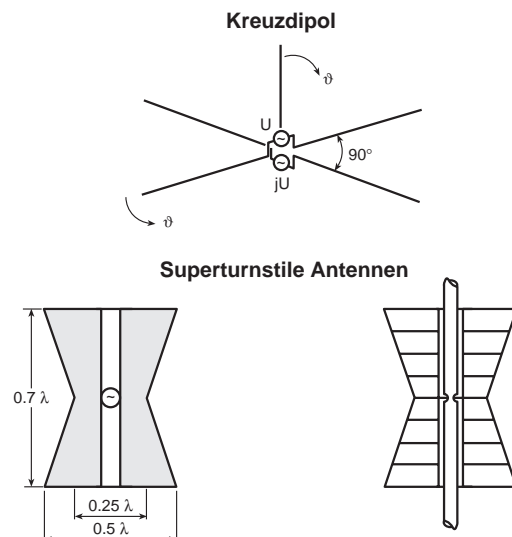
Die 4er-Anordnung ist besonders vorteilhaft für viereckige oder runde Antennenträger. Derartige Antennensysteme können breitbandig für alle Polarisationen aufgebaut werden.



Kreuzdipol und Superturnstile Antennen

Dieser Antennentyp (auch als Schmetterlingsantenne bekannt) erzeugt ein sehr gutes horizontales Rundstrahlendiagramm.

Es ist möglich, im Zentrum der Schmetterlingsstrahler ein Tragrohr zu integrieren, wenn dieses klein gegen die Wellenlänge ist.

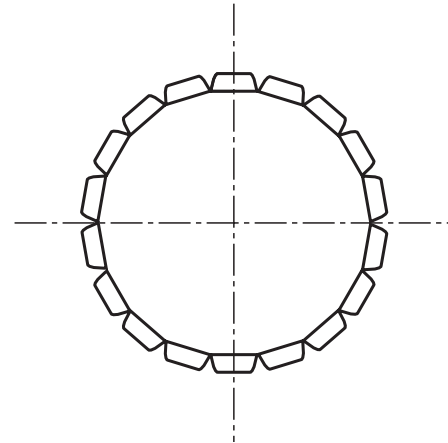


Vielfelderantennen

Wenn der Durchmesser des Antennenträgers größer als eine Wellenlänge ist, kann mit 3 oder 4 Dipolfeldern pro Ebene kein akzeptables Rundstrahlendiagramm erzeugt werden.

Es ist jedoch möglich für eine begrenzte Bandbreite ein sehr gleichmäßiges Rundstrahlendiagramm zu erzeugen, wenn die Zahl der Dipolfelder pro Ebene erhöht wird.

Die Azimutdiagramme derartiger „Vielfelderantennen“ sind jedoch stark frequenzabhängig. Vielfelderantennen können für horizontale und vertikale Polarisation aufgebaut werden.



Antennensysteme im Inneren von selbsttragenden GFK-Masten

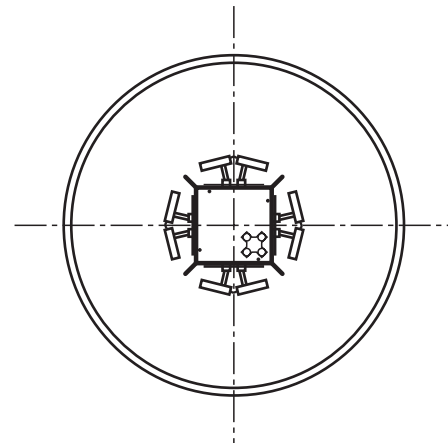
Ein GFK-Zylinder kann gleichzeitig den üblichen zentralen, metallischen Antennenträger ersetzen und das Antennensystem wie ein geschlossenes Radom umschließen.

Der GFK-Zylinder ist für die HF-Energie durchlässig und ermöglicht es dem Antenneningenieur eine optimale kleine Strahleranordnung im Zentrum des GFK-Zylinders zu installieren.

Als Strahler können Dipolfelder, Einzeldipole oder Schmetterlingstrahler verwendet werden.

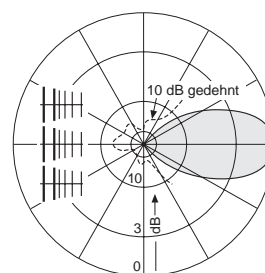
Der GFK-Zylinder bietet einen sehr guten Schutz gegen schädliche Umwelteinflüsse wie Regen, Eis, Schnee, Wind und aggressive Luftinhaltsstoffe. Zudem ist die Antenne jederzeit für Inspektion und Wartung zugänglich.

Es können horizontal und vertikal polarisierte Antennensysteme geliefert werden.



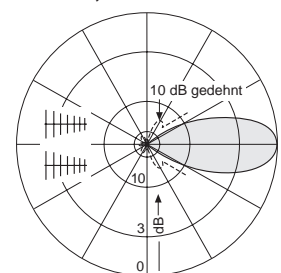
Beispiele für Strahlungsdiagramme

47 ... 88 MHz



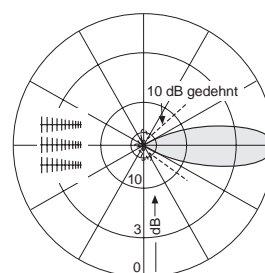
3 Einheiten K 52 16 8..

87,5 – 108 MHz



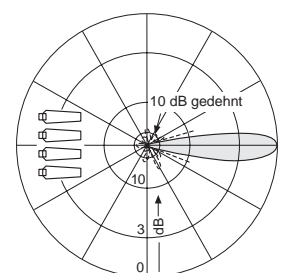
2 Einheiten K 52 22 1..

174 – 230 MHz



3 Einheiten K 52 22 5..

470 – 860 MHz



4 Einheiten K 72 23 4..

Ballempfangsantennen

Für professionelle Empfangsanlagen, z. B. zur Speisung von Umsetzeranlagen, bietet Kathrein ein komplettes Programm von Antennen, insbesondere Yagi- und logarithmisch-periodische Antennen.

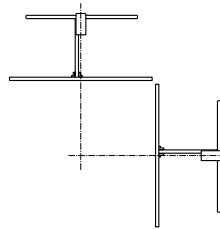
Die UHF-Antennen sind mit Vollradomen ausgestattet, um die Funktion auch bei Vereisung sicherzustellen und um Schäden durch äußere Einflüsse zu vermeiden.

Es können Antennengruppen aufgebaut werden, um sehr hohen Gewinn und extrem schmale Keulen zu erzeugen oder um Gleichkanal- oder sonstige Störsignale aus anderen Azimutrichtungen auszublenden.

Empfangsantennen und Gruppenanordnungen können für horizontale oder vertikale Polarisation geliefert werden.

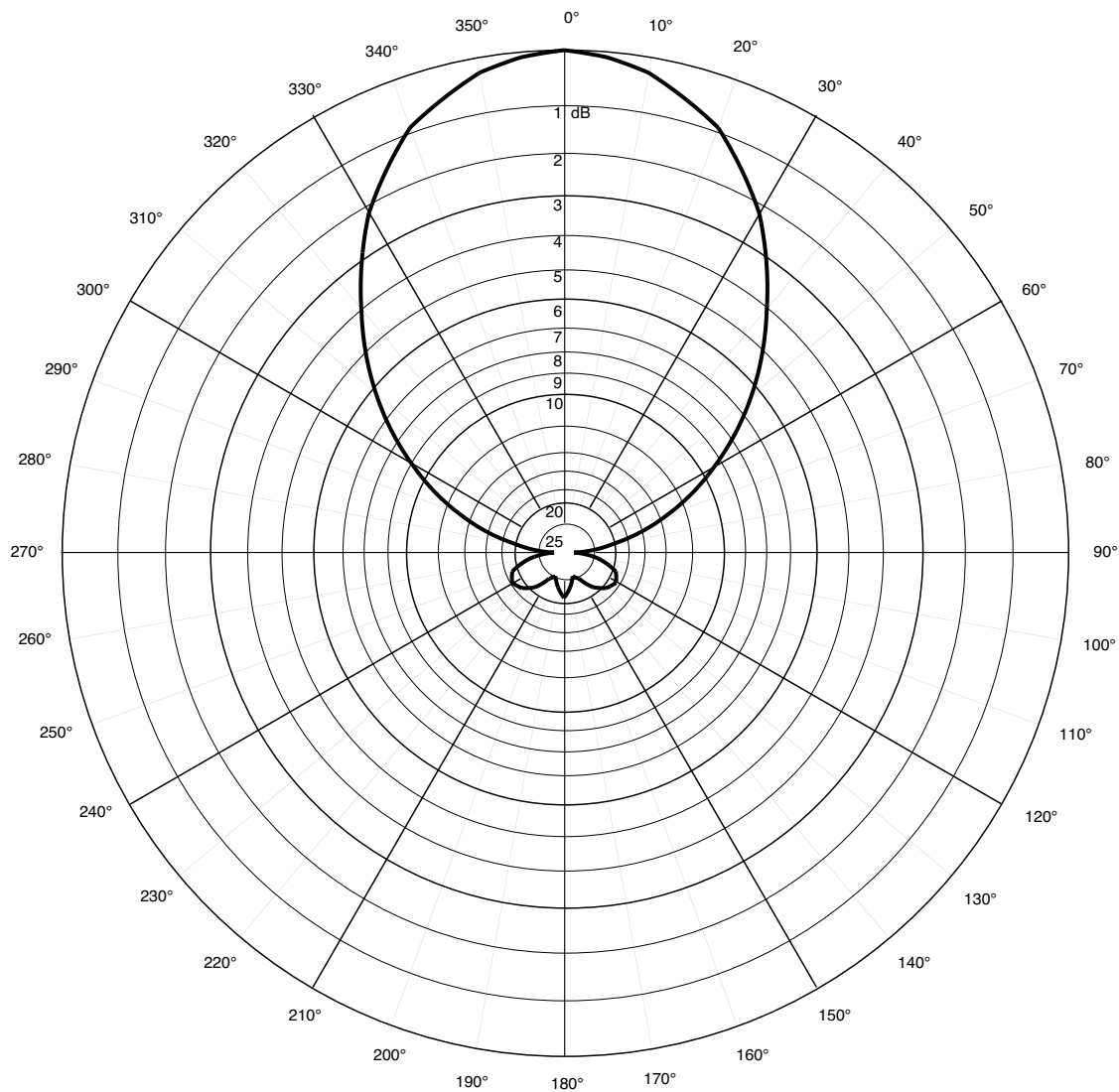
4. Erzeugung verschiedener Strahlungsdiagramme

Das Wunschdiagramm wird aufgrund der Versorgungsaufgabe vom Betreiber bestimmt. Hier ist (fast) alles möglich: Vom einfachen Rundstrahler (siehe auch Anhang „Konfigurationen“) bis zum standortspezifischen Sonderfall. Es werden nun unter Berücksichtigung aller Wünsche virtuell Antennen angeordnet und jeweils das Summendiagramm am Bildschirm berechnet. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Antennen natürlich nicht berühren oder überschneiden.



Antenne	Azimut	Abstand	Versatz	Phase	Leistung
A	0	900	0	0.0	1.0
B	90	900	0	0.0	0.0

Frequenz : 98.0 MHz



Berechnetes Horizontaldiagramm für K 52 31 1 87

Antenne : UKW - Sendeantenne

17.08.2004

Blatt

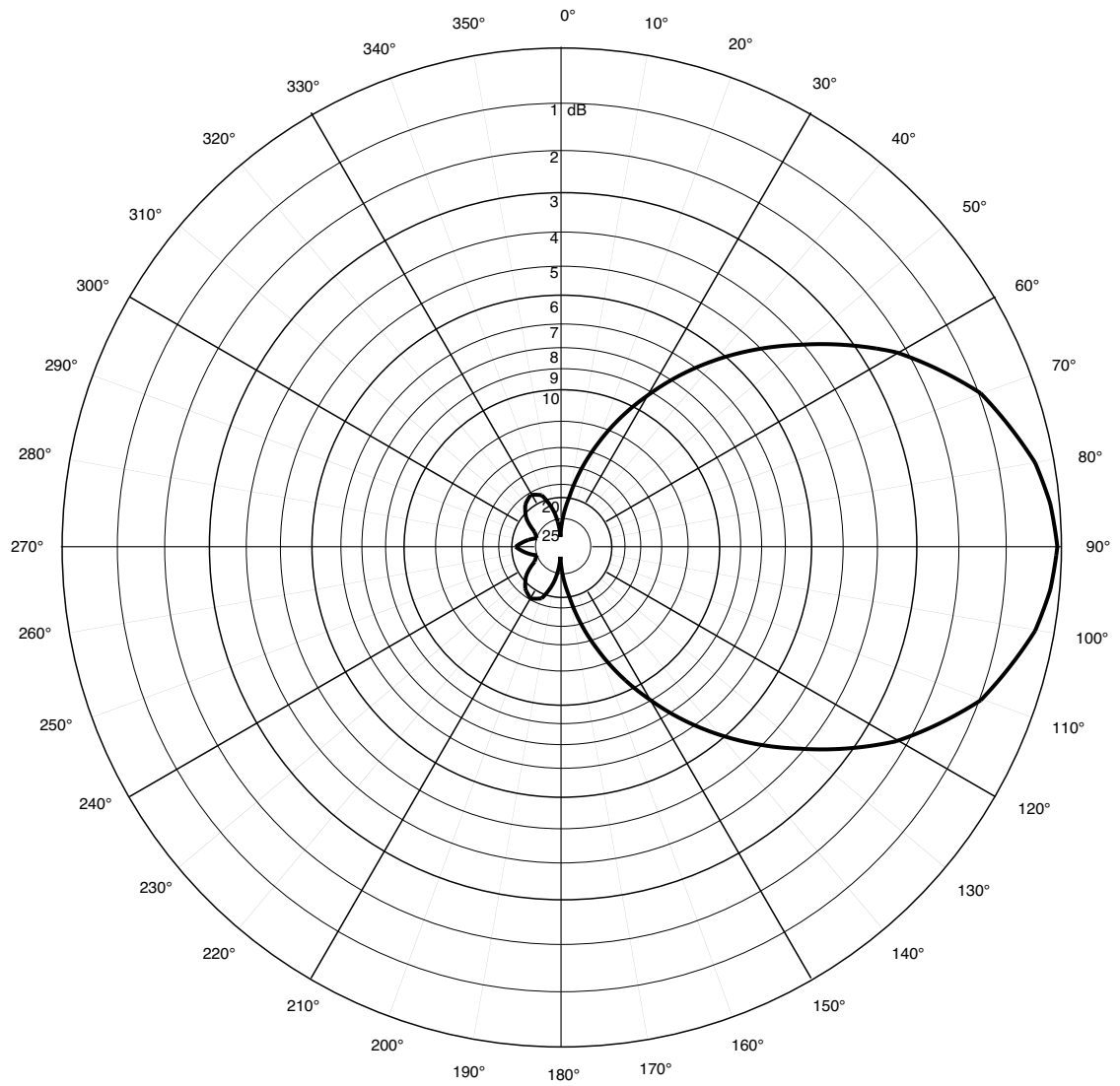


BONANOMI AG

Motorenstrasse 23 · CH-8623 Wetzikon · TEL 01/931 01 80 · FAX 01/931 01 82

Antenne	Azimut	Abstand	Versatz	Phase	Leistung
A	0	900	0	0.0	0.0
B	90	900	0	0.0	1.0

Frequenz : 98.0 MHz



Berechnetes Horizontaldiagramm für K 52 31 1 87

Antenne : UKW - Sendeantenne

17.08.2004

Blatt

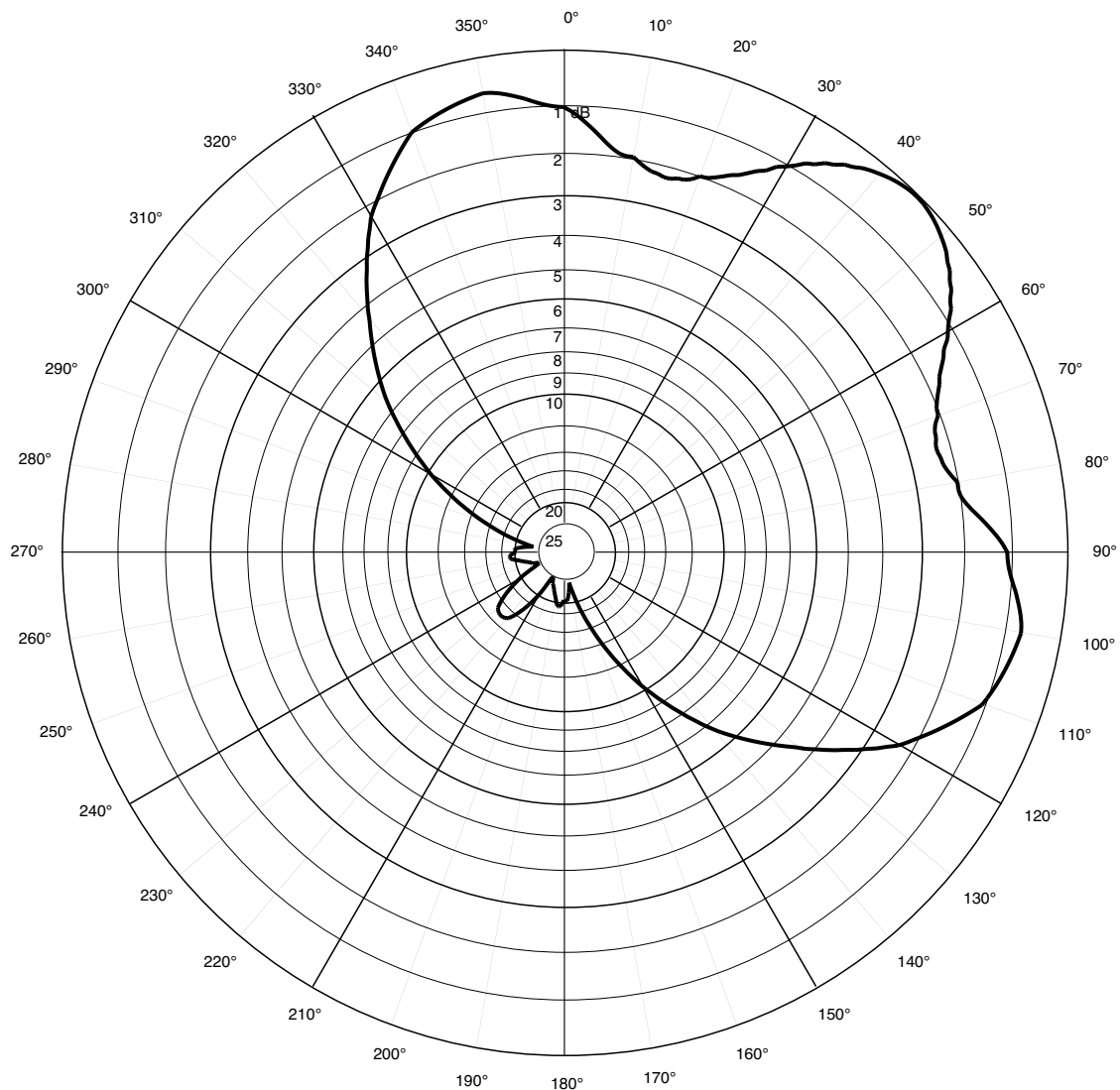


BONANOMI AG

Motorenstrasse 23 · CH-8623 Wetzikon · TEL 01/931 01 80 · FAX 01/931 01 82

Antenne	Azimut	Abstand	Versatz	Phase	Leistung
A	0	900	0	0.0	1.0
B	90	900	0	0.0	1.0

Frequenz : 98.0 MHz



Berechnetes Horizontaldiagramm für K 52 31 1 87

Antenne : UKW - Sendeantenne

17.08.2004

Blatt

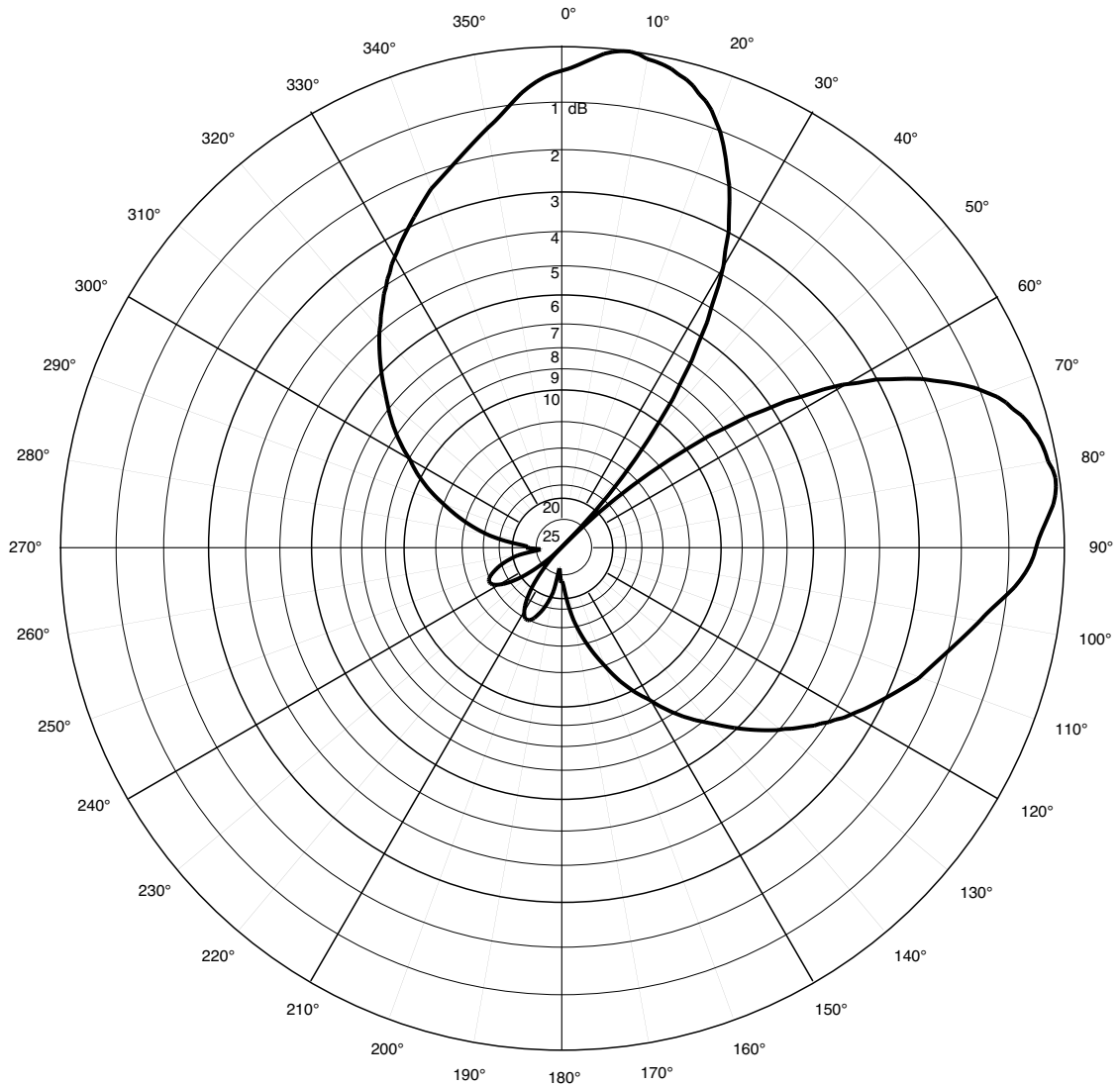


BONANOMI AG

Motorenstrasse 23 · CH-8623 Wetzikon · TEL 01/931 01 80 · FAX 01/931 01 82

Antenne	Azimut	Abstand	Versatz	Phase	Leistung
A	0	900	0	0.0	1.0
B	90	900	0	180.0	1.0

Frequenz : 98.0 MHz



Berechnetes Horizontaldiagramm für K 52 31 1 87

Antenne : UKW - Sendeantenne

17.08.2004

Blatt

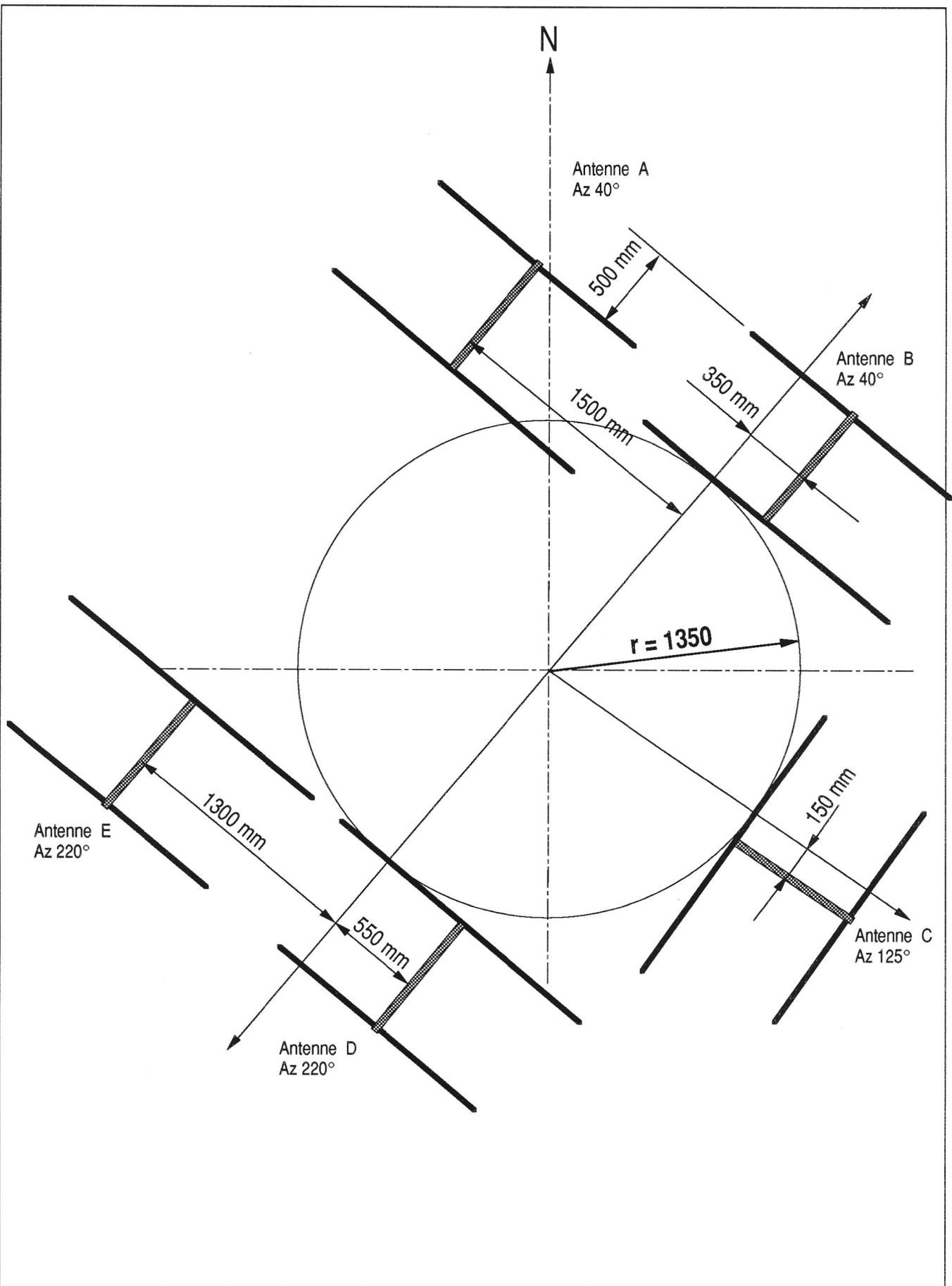


BONANOMI AG

Motorenstrasse 23 · CH-8623 Wetzikon · TEL 01/931 01 80 · FAX 01/931 01 82

Planung eines Diagrammes am Beispiel

Celerina CELR



Station : Celerina (CELR)

21. Januar 1993

Dienst : UKW

Blatt 3

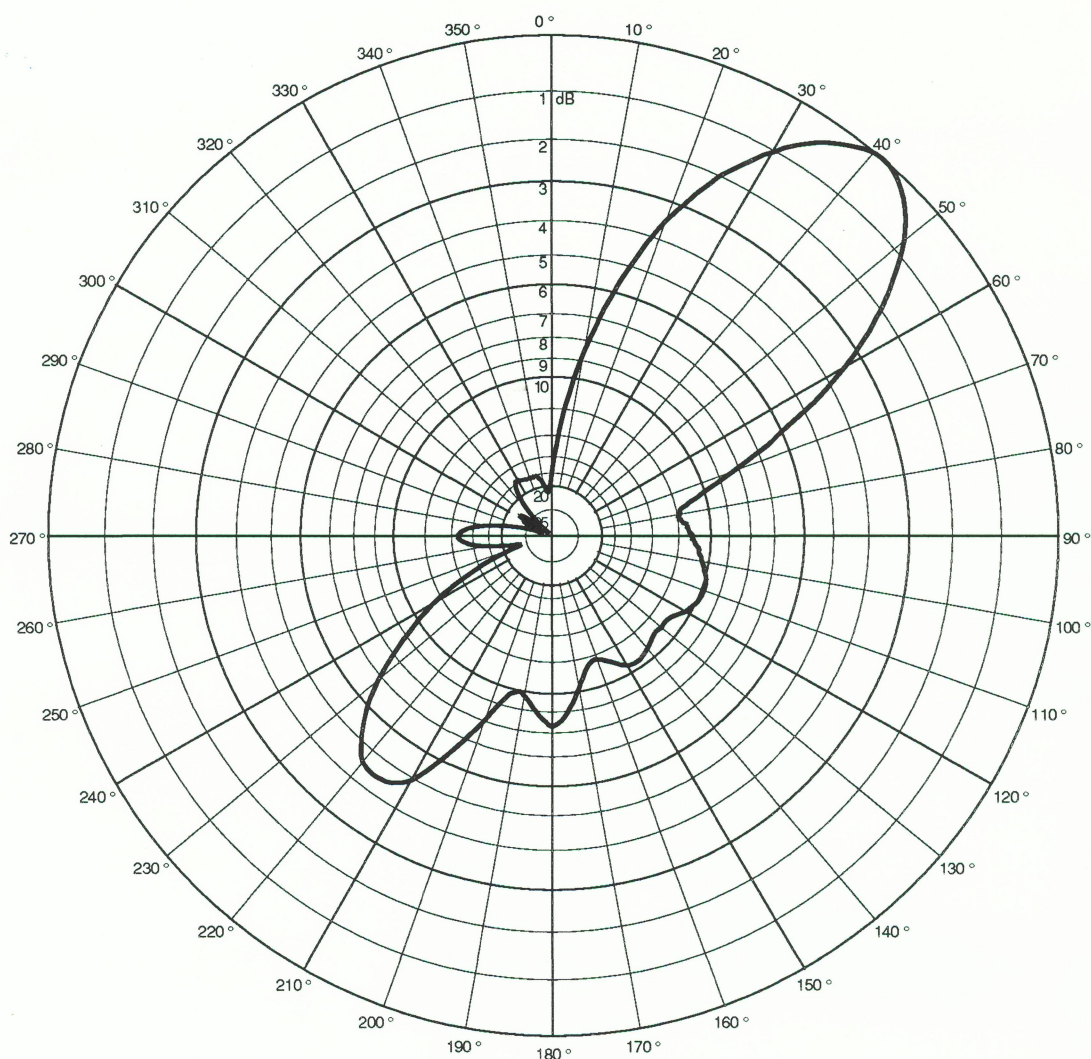


BONANOMI AG

Schwellistrasse 6 Postfach 175 CH-8052 Zürich Tel. 01/301 18 91 Fax 01/301 18 92

Antenne	Azimut	Abstand	Versatz	Phase	Leistung
A	40	850	1500	130.2	2.0
B	40	1350	-350	65.1	4.0
C	125	1350	-150	-32.5	1.0
D	220	1350	550	-32.5	1.0
E	220	1350	-1300	0.0	1.0

Frequenz : 106.3 MHz



Berechnetes Horizontaldiagramm für 5 x K 52 31 1 87 (Toleranz $\pm 8\%$)

$G_{\max} / G_{\text{mittel}} : 7.67 \text{ dB}$

Station : Celerina (CELR)

13.09.1993

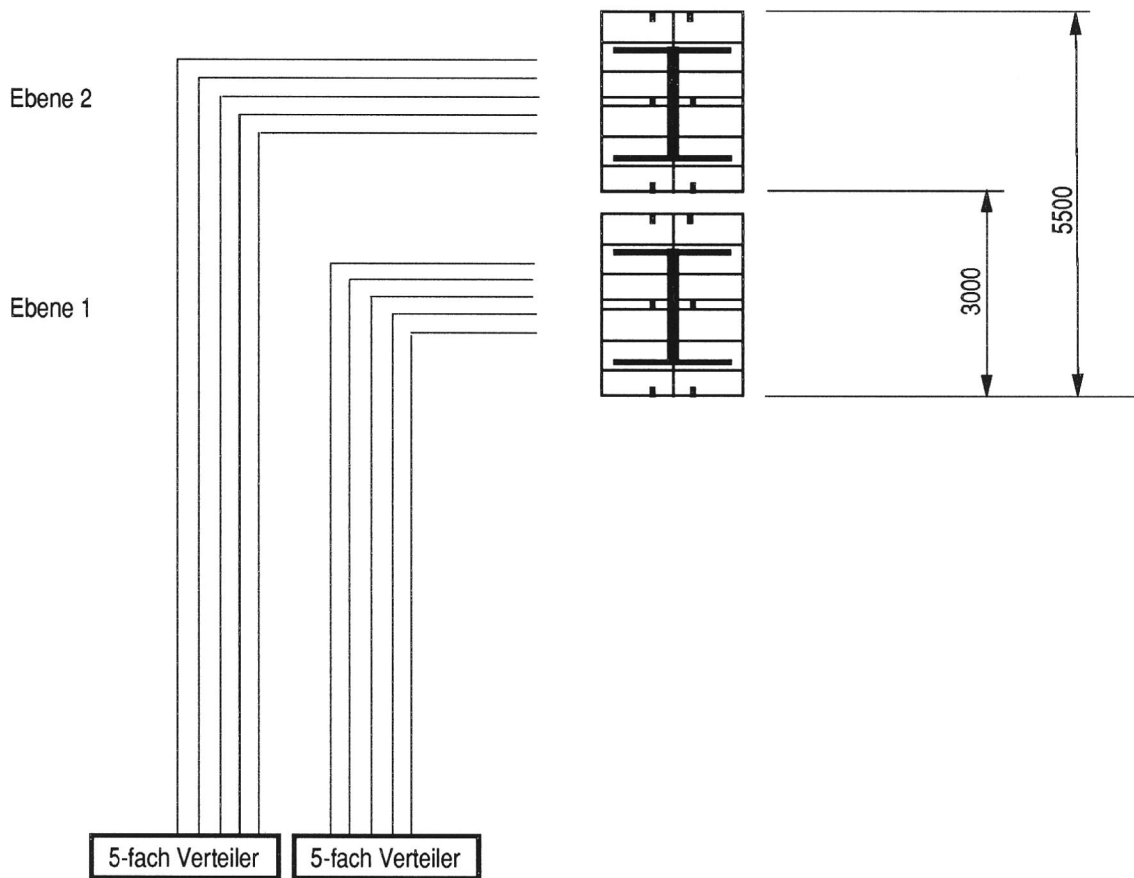
Dienst : UKW DRS3 (f = 106.3 MHz)

 Blatt 10



BONANOMI AG

Schwellistrasse 6 Postfach 175 CH-8052 Zürich Tel. 01/301 18 91 Fax 01/301 18 92



2-fach Hauptverteiler 1:1

Hauptverteiler und Speisekabel nicht im Lieferumfang enthalten.

- Verteilereingänge : 1 5/8"-EIA
- Verteilerausgänge : 13/30
- Antenneneingänge : 13/30
- Verbindungskabel : Flexwell HF 7/8" Cu2Y

Station : Celerina (CELR)

21. Januar 1993

Dienst : UKW

Blatt 4

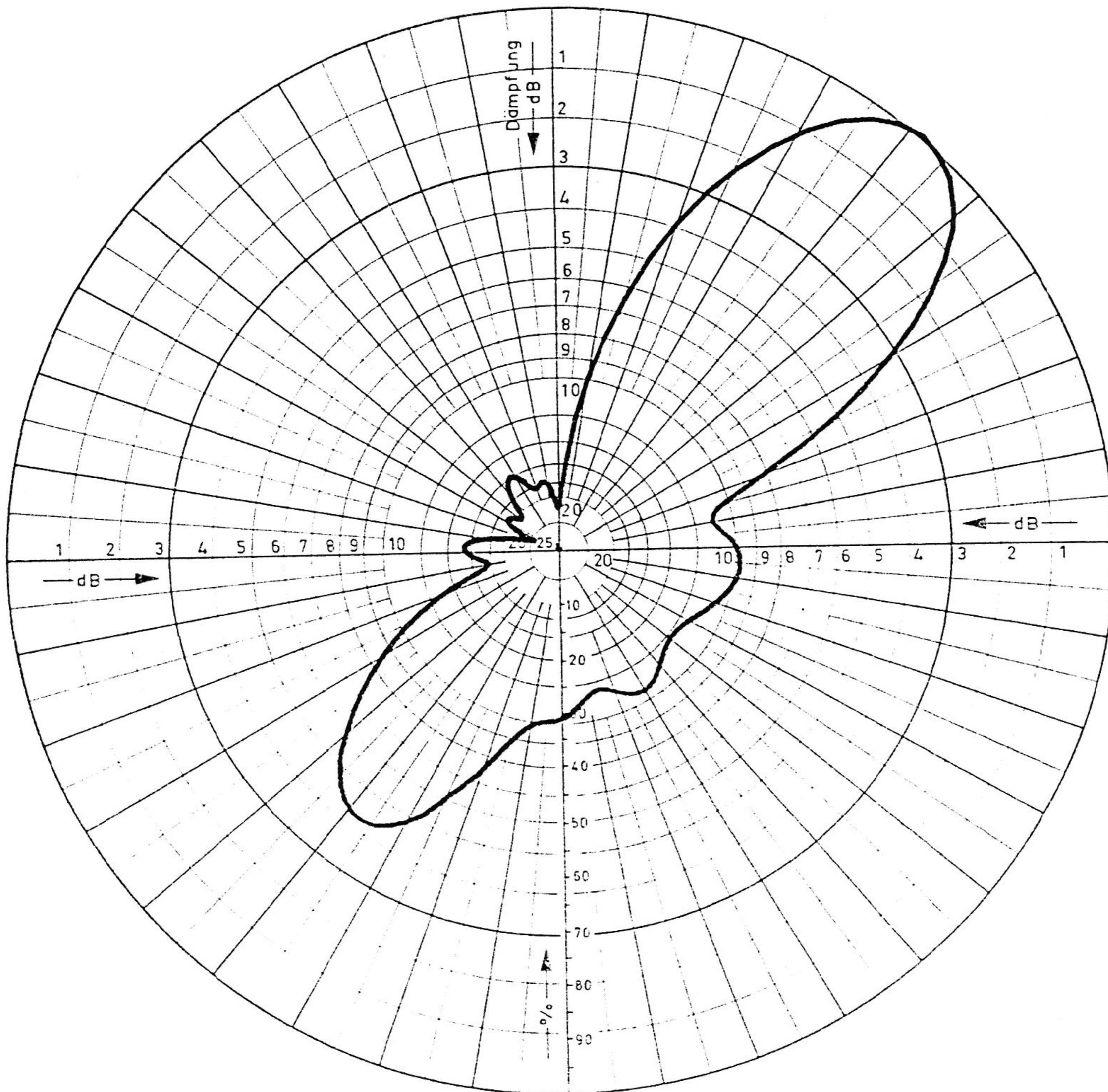


BONANOMI AG

Schwellistrasse 6 Postfach 175 CH-8052 Zürich Tel. 01/301 18 91 Fax 01/301 18 92

4.1. Messung der Strahlungsdiagramme

Antennensysteme werden nach der Berechnungen, wenn der Kunde dies verlangt, auf einem Messplatz aufgebaut und vermessen. Diese Dienstleistung ist teuer und wird in der Regel nur von Rundfunkanstalten verlangt.



CELERINA

10:01

KATHREIN	Tag	horizontales	Type Nr.
	13-05-93		767422
	Name	Strahlungsdiagramm	Blatt: 5
	<i>K</i>	106.3 MHz	

Nach Abnahme der Anlage wird das System zum Standort gebracht und montiert. Anschliessend werden im Versorgungsgebiet Messungen durchgeführt, in der Regel mit Fahrzeugen. Sollte bei diesen Messungen festgestellt werden, dass das Diagramm starke Abweichungen aufweist, so ist es notwendig mit dem Heli das Diagramm nachzumessen. Folgende Vorbehalte sind angebracht:

- Die Computerberechnung erfassen Umgebungseinflüsse nicht.
- Toleranzen oder gar Fehler bei der Montage.

Die Messung erfolgt je nach Gelände auf einem Kreisradius. Im Beispiel 1 km.

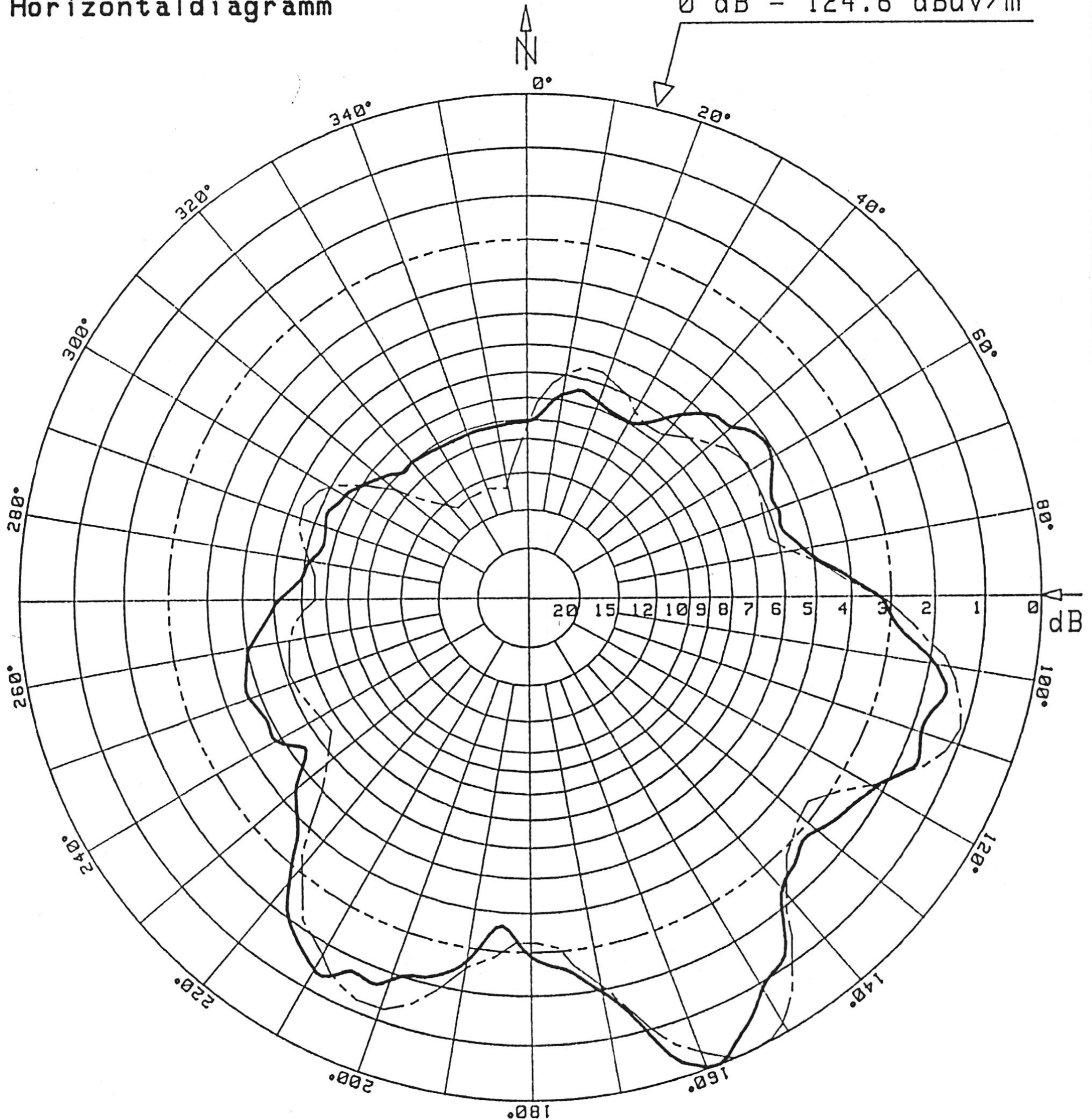
Geflogen wird das Horizontaldiagramm im Maximum des Vertikaldiagramms, das Vertikaldiagramm wird durch vertikale Steigflüge gemessen. Mit den aufgezeichneten Werten können die Diagramme verglichen werden und die ERP berechnet werden. Die Führung der Maschine erfolgt mittels Navigationssystem.

SENDER : ST. CHRISCHONA

ANTENNE : Betriebsantenne UKW / horizontal polarisiert
 Mit Helikopter ermitteltes Antennendiagramm

Horizontaldiagramm

Feldstärke E_0 :
 $0 \text{ dB} = 124.6 \text{ dBuV/m}$



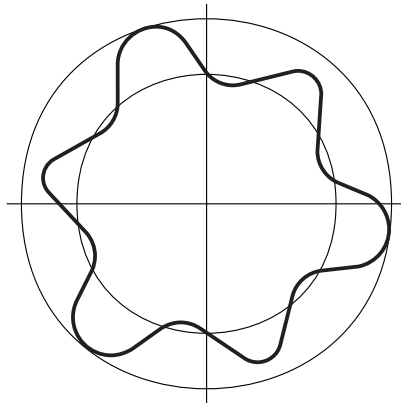
— — — — — Solldiagramm * Diese Werte gelten in HAUPTSTRAHLRICHTUNG CHR00

Frequenz : 103.60 MHz	Distanz Sendeantenne - Empfangsantenne : 1000 m
UKW-Rundspruch	Leistung am Ausgang des Senders : 8 kW
Elevation (Flug) : -1 °	Verluste sendeseitig : 2.0 dB
GD PTT/VD12 E. Mülhauser	ERP (Soll = 47.1 kW) * : 58.4 kW
Datum 15/11/91-15:03:50	Gewinn der Sendeantenne (Soll = 9.7 dBd) * : 10.6 dBd

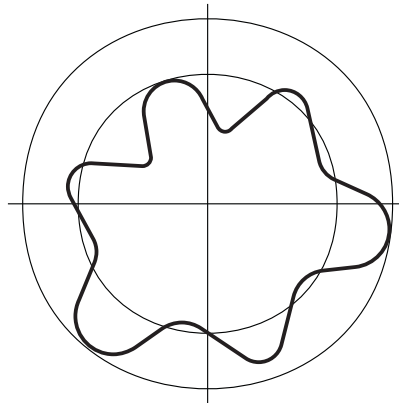
5. Frequenzweichen

Der folgende Aufsatz gibt einen kurzen Überblick über die Anwendung von Filtern und Weichen in Rundfunksendeanlagen. Im Katalog von KATHREIN sind viele Standardversionen dargestellt. Für grosse Sendeanlagen werden immer standortbezogene Systeme entworfen.

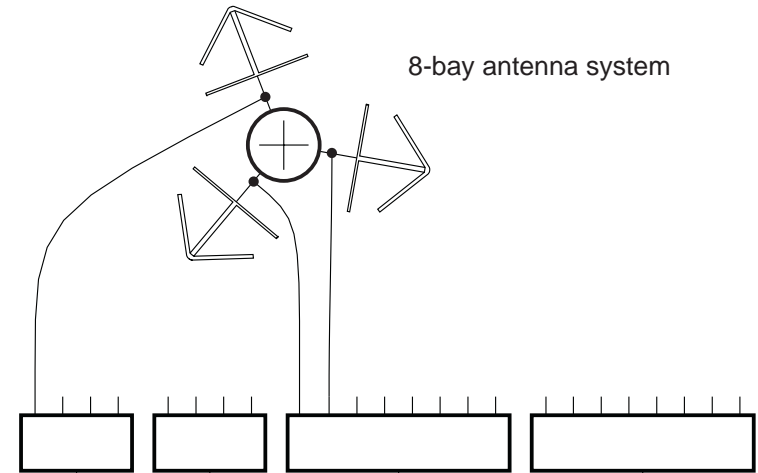
Man kann sogar, wie das folgende Beispiel zeigt, durch Auswahl eines geeigneten Netzwerkes, bestehend aus der Antennenzusammenschaltung und der Weichenanlage, kanalspezifische Diagramme erzeugen.



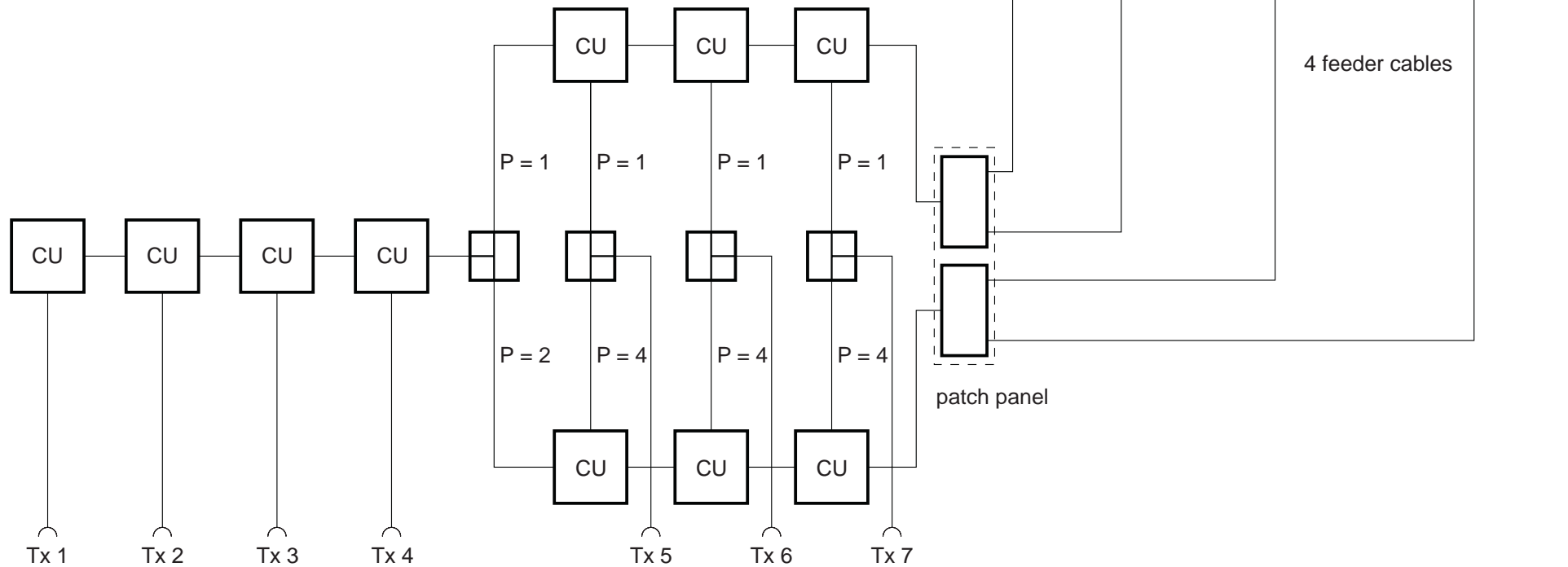
pattern 1



pattern 2



8-bay antenna system



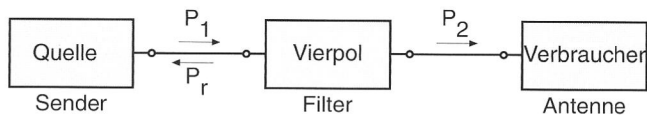
CU = combiner unit

Einführung

Filter und Weichen sind wesentliche Bestandteile vieler Rundfunkantennenanlagen. Sie dienen zur Frequenzselektion, Unterdrückung von Störsignalen, Rauscherdrückung, Verhinderung von Mischprodukten, verlustarmen Zusammenschaltung von mehreren Sendekanälen auf eine gemeinsame Antennenanlage und zur Kanaltrennung. In Sonderfällen ist auch die Erzeugung kanalspezifischer unterschiedlicher Antennendiagramme möglich.

Kenngrößen

Filter sind Vierpolschaltungen und werden entsprechend ihrer Verwendung als Systembausteine ein- und ausgangseitig an die Impedanz der übrigen Bauteile (Sender, Empfänger, Antennen bzw. Verbindungsleitungen) angepaßt.



$$P_2 = P_1 - P_r - P_v$$

P_1 = Eingangsleistung

P_r = reflektierte Leistung

P_v = Verlustleistung im Filter

P_2 = übertragene Leistung

Bild 1: Filter mit Beschaltung

Dämpfungsverlauf

Die Dämpfung wird üblicherweise in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Damit ergibt sich die für ein Filter charakteristische Dämpfungskurve.

Die Dämpfung ist das Verhältnis von Ein- zu Ausgangsleistung:

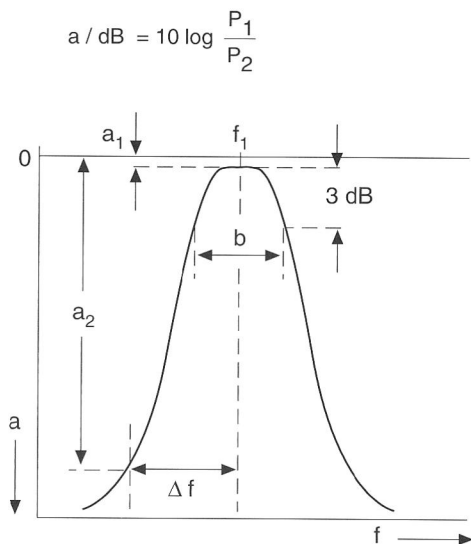


Bild 2: Dämpfungsverlauf eines auf die Frequenz f_1 abgestimmten Filters mit der Durchlaßdämpfung a_1 , mit der Sperrdämpfung a_2 bei der Frequenz $f_1 - \Delta f$ und der 3-dB-Bandbreite b .

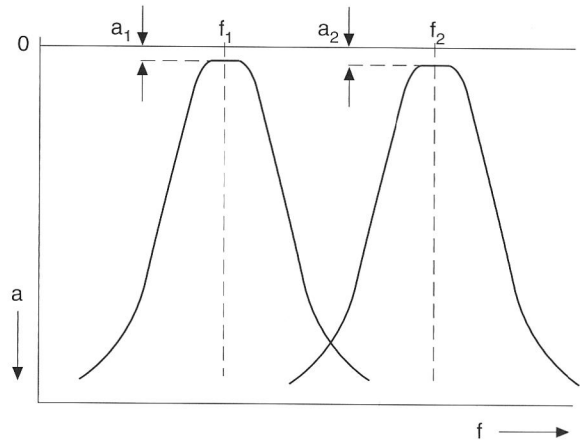


Bild 3: Dämpfungsverlauf einer 2-fach-Weiche mit den Durchlaßdämpfungen a_1 und a_2 bei den Betriebsfrequenzen f_1 und f_2 .

Anpassung

Als Maß für die Filteranpassung wird üblicherweise die Rückflußdämpfung dargestellt. Sie ist das logarithmische Verhältnis von Eingangsleistung zu reflektierter Leistung:

$$a_r / \text{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_r}$$

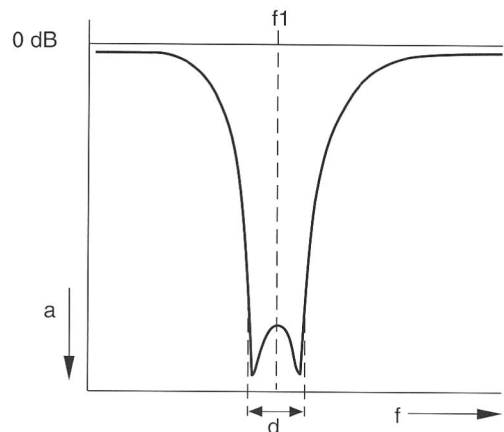


Bild 4: Verlauf der Rückflußdämpfung eines auf die Frequenz f_1 abgestimmten 2-Kreis-Bandpaßfilters mit der Durchlaß-Bandbreite d .

Die Größen Rückflußdämpfung a_r , Reflexionsfaktor r und Welligkeit (VSWR) s sind über folgende Formeln verknüpft:

$$a_r = -20 \log |r|$$

$$s = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

Filter

Für die Anwendung in Rundfunk-Sendeanlagen werden Filter üblicherweise aus mehreren, verkoppelten $\lambda/4$ -Leitungsresonatoren aufgebaut. Wichtig für die elektrischen Daten ist die Güte der Resonatoren, die durch die Bauform, die Leitfähigkeit des verwendeten Materials und das Volumen bestimmt wird.

Bei Weichen, die aus Filtern aufgebaut sind, bestimmt deren Selektion den min. Frequenzabstand zwischen den Sendern, die auf eine gemeinsame Antenne geschaltet werden sollen. Sind die Frequenzabstände klein, dann müssen die Filter sehr schmal abgestimmt werden. Damit steigt aber die Durchlaßdämpfung an (siehe Bild 5) und die Filter erwärmen sich stärker. Dies läßt sich durch den Einsatz von Filtern größeren Volumens und der damit verbundenen geringeren Durchlaßdämpfung vermeiden.

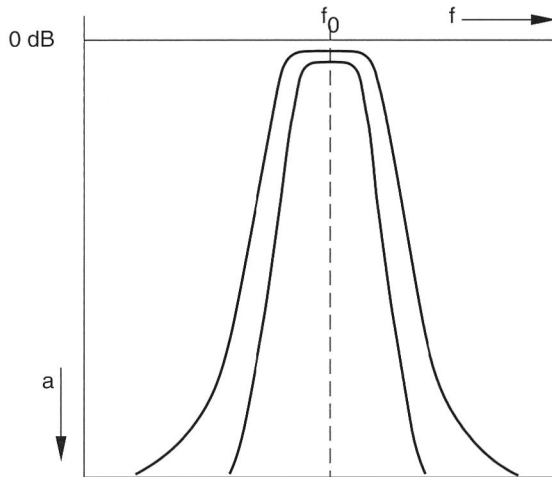


Bild 5: Beispiele für zwei verschiedene Abstimmzustände eines Bandpaßfilters. Schmalere Abstimmung hat höhere Durchlaßdämpfung zur Folge.

Richtkoppler

Ein Richtkoppler ist ein reziprokes, verlustfreies Viertorgebilde mit zwei voneinander entkoppelten Toren. Eine z.B. in Tor 1 des im Bild 6 skizzierten Leitungskopplers eintretende Wirkleistung teilt sich auf die Tore 2 und 3 auf, Tor 4 ist entkoppelt. Analoges gilt bei Einspeisung an den übrigen Toren.

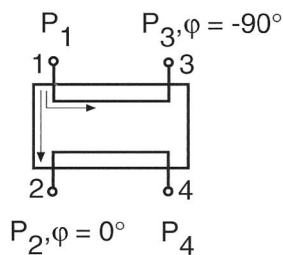


Bild 6: Richtkoppler mit 2 gekoppelten Leitungen

Definitionen bei reflexionsfreiem Abschluß aller Tore:

$$\text{Koppeldämpfung} \\ a_k = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{Richtdämpfung} \\ a_d = 10 \log \frac{P_2}{P_4}$$

Ist der Koppelbereich eines Leitungskopplers bei der Mittelfrequenz f_m $\lambda_m/4$ lang, so ist die Koppeldämpfung über einen Frequenzbereich $f_1/f_2 = 2$ nahezu frequenzunabhängig, z. B. bei einem 3-dB-Richtkoppler mit einer Abweichung von $\pm 0,4$ dB. Zwischen den Signalen an den Toren 2 und 3 liegt eine Phasendifferenz von 90° vor, die ebenfalls weitgehend frequenzunabhängig ist.

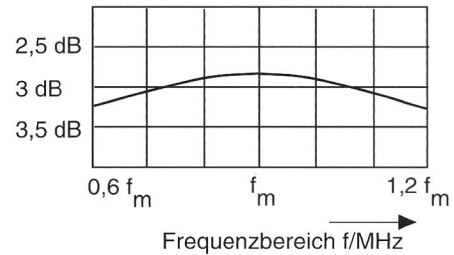


Bild 7: Koppeldämpfung eines $\lambda_m/4$ langen 3-dB-Leitungskopplers

Weichen

Weichen sind eine Kombination von frequenzselektiven Komponenten (Filter, Umwegleitung) mit Verzweigungs- bzw. Zusammenschaltgliedern (Richtkoppler, Sternpunkt). Für hochwertige Weichen werden Bandpässe gegenüber Bandsperrern als Filter bevorzugt.

Sternpunktweichen

Sternpunktweichen für n Kanäle bestehen aus n Bandpässen, deren Ausgänge mit einem gemeinsamen Verzweigungspunkt (Sternpunkt) verbunden sind. Die einzelnen Bandpässe werden auf die jeweilige Sendefrequenz abgestimmt. Da die Bandpässe außerhalb ihres Durchlaßbereichs stark fehlangepaßt sind – bei induktiver Ankoppelung nähert sich die Impedanz dem Kurzschluß – kann durch geeignete Wahl der Länge der Verbindungsleitungen zwischen Filtern und Sternpunkt die Impedanz auf sehr hochohmige Werte transformiert werden. Das bedeutet, daß für jeden Eingang die transformierten Impedanzen der Filter aller anderen Eingänge am Sternpunkt sehr hochohmig sind und damit nur eine sehr geringe Parallelbelastung zum Antennenausgang darstellen.

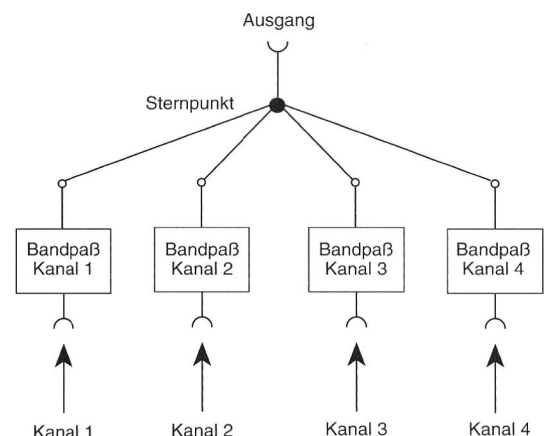


Bild 8: Sternpunktweiche für 4 Kanäle

Richtkopplerweichen

Richtkopplerweichen sind eine Kombination von Filtern und 3-dB-Kopplern. Eine Einheit (Modul) besteht aus zwei Bandpaßfiltern, zwei 3-dB-Kopplern und einem Absorber (Bild 9). Ein Eingang (SB) ist schmalbandig, entsprechend der Durchlaßkurve der Bandpaßfilter. Der andere Eingang (BB) ist breitbandig, entsprechend dem Betriebsbereich der 3-dB-Koppler.

Gegenüber anderen Weichentypen, die mit geringerem Aufwand realisierbar sind, haben Richtkopplerweichen eine Reihe von Vorteilen:

- einfacher Aufbau von Mehrfachweichen durch Kaskadierung mehrerer Module,
- sehr hohe Koppeldämpfung zwischen den Schmalbandeingängen einer Kaskade,
- breitbandige Anpassung an allen Eingängen,
- leichtes Erweitern vorhandener Weichen durch Hinzufügen neuer Module.

Funktionsweise eines Moduls

Das am Schmalbandeingang (SB) eingespeiste Signal wird durch den 3-dB-Koppler (1) in zwei Hälften geteilt. Diese gelangen über die beiden Bandpässe zum 3-dB-Koppler (2) und addieren sich an dessen Ausgang aufgrund der Funktionsweise der 3-dB-Koppler phasengleich. Am Breitbandeingang (BB) sind die beiden Teilsignale gegenphasig, er bleibt praktisch leistungsfrei. Die Entkopplung des Breitband-Einganges vom Schmalband-Eingang wird durch die Richtkoppler bestimmt, hängt aber auch von einer möglichst gleichen Abstimmung der Bandpässe ab.

Die Frequenz eines am Breitbandeingang (BB) eingespeisten Signals liegt im Sperrbereich der Bandpässe. Das Signal wird durch den 3-dB-Koppler (2) in zwei Hälften geteilt, an den Bandpässen total reflektiert und gelangt nach phasengleicher Addition zum Ausgang. Die Entkopplung des Schmalband-Einganges vom Breitband-Eingang wird wie oben durch die Richtkoppler bestimmt, hinzu kommt aber hier die Sperrdämpfung der Bandpässe.

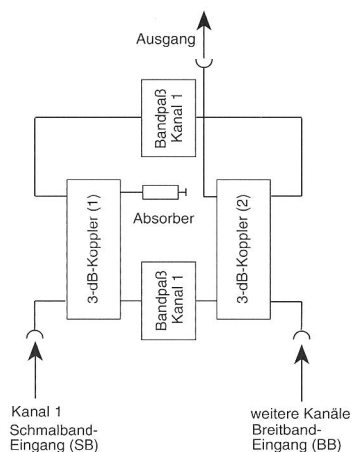


Bild 9: Blockschaubild einer Richtkopplerweiche

Kaskadierung von Modulen

Mehrfachweichen lassen sich leicht durch Zusammenschalten mehrerer Module aufbauen, wobei der Ausgang jedes Moduls mit dem Breitbandeingang des nächsten Moduls verbunden wird. Die Zahl der in einem gegebenen Frequenzband möglichen Kanäle ist lediglich durch den minimal möglichen Frequenzabstand zwischen den Signalen begrenzt. Praktische Beschränkungen können aber auch dadurch entstehen, daß die Durchlaßdämpfung, die für jedes zusätzliche Modul um 0,05 – 0,1 dB zunimmt, nicht mehr tolerierbare Werte annimmt. Auch die Belastbarkeit des 3-dB-Kopplers am Ausgang, über den die Summe der Leistungen aller Sender läuft, kann in der Praxis die Zahl der Kanäle beschränken.

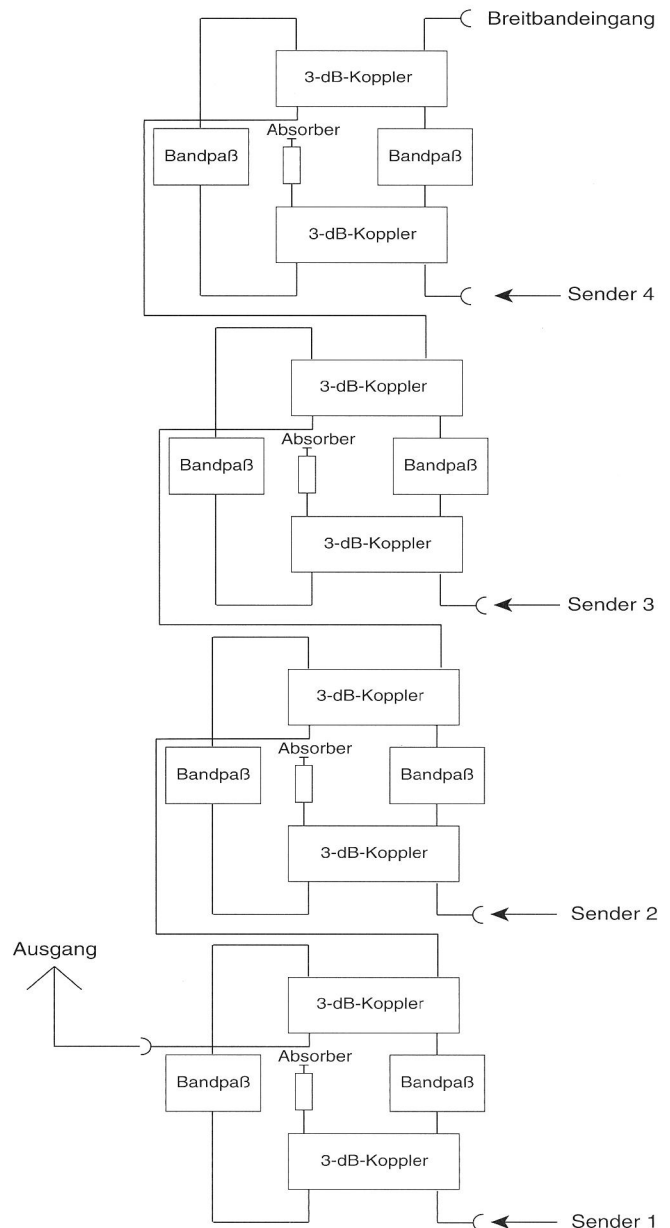
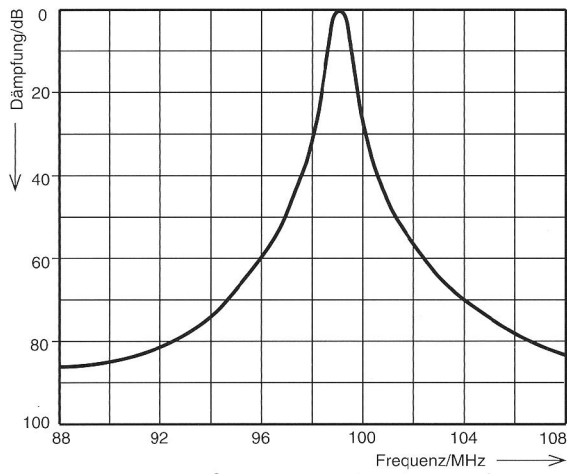


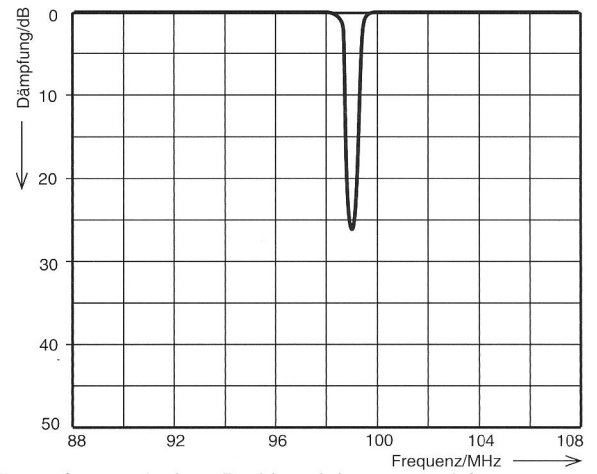
Bild 10: Blockschaubild einer Richtkopplerweiche mit 4 Modulen

Bild 10:

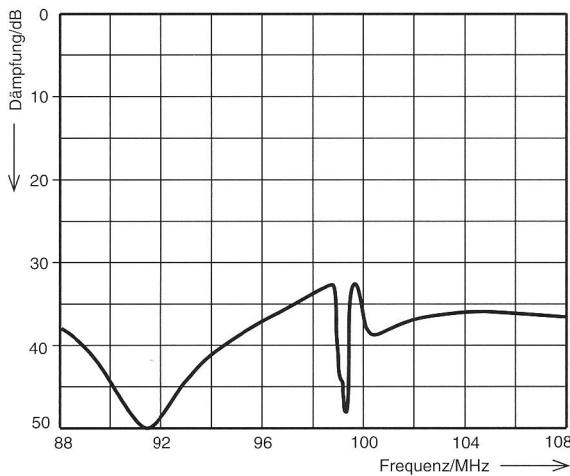
Beispiele für Meßkurven eines Richtkopplerweichen-Moduls
(abgestimmt am Schmalbandeingang auf 99 MHz)



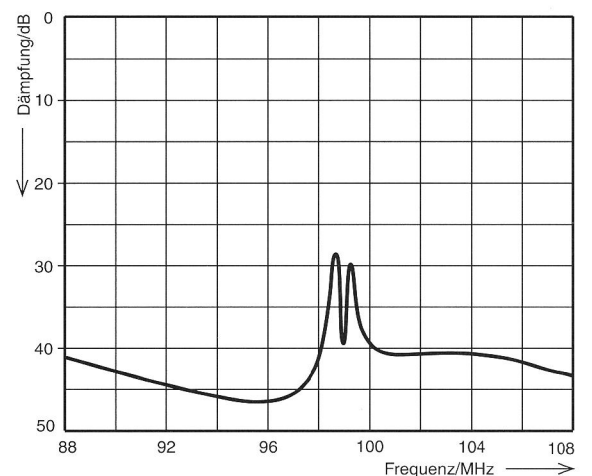
Dämpfung zwischen Schmalbandeingang und Ausgang



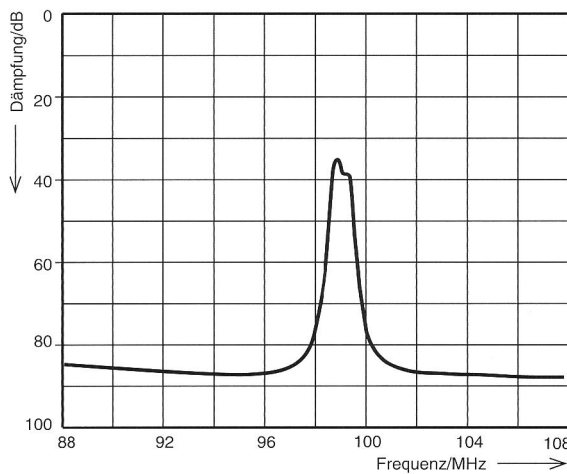
Dämpfung zwischen Breitbandeingang und Ausgang



Rückflußdämpfung am Schmalbandeingang



Rückflußdämpfung am Breitbandeingang



Koppeldämpfung zwischen Schmalbandeingang und Breitbandeingang

Kombinationsweichen

Kombinationsweichen bestehen aus einem oder mehreren Richtkopplerweichen-Modulen und einer Sternpunktweiche. Der Ausgang der Sternpunktweiche wird an den Breitband-Eingang der Richtkopplerweiche angeschlossen. Es ist vorteilhaft, die Frequenzen mit dem größten Abstand an die Sternpunktweiche zu legen, weil so eine maximale Entkopplung erreicht wird. Bild 12 zeigt als Beispiel eine Dreifachweiche mit günstiger Verteilung der Kanäle auf die Eingänge, wenn $f_1 < f_2 < f_3$ ist.

Die Entkopplung des Schmalband-Eingangs von den Eingängen der Sternpunktweiche wird durch die Richtkoppler bestimmt, hinzu kommt die Sperrdämpfung der Bandpässe.

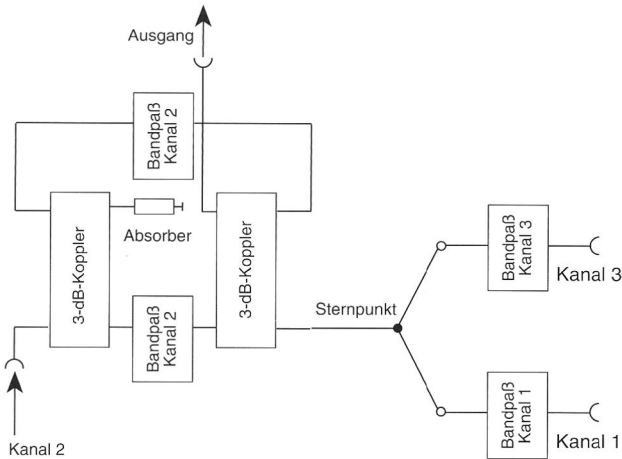


Bild 12: Kombinationsweiche mit drei Eingängen

Umwegleitungsweichen

Bei größeren Frequenzabständen zwischen den Sendekanälen ist eine besonders einfache Form der Richtkopplerweiche verwendbar: die filterlose Richtkopplerweiche, meist auch Umwegleitungsweiche genannt. Sie besteht aus zwei 3-dB-Kopplern, einer Umwegleitung und einem Absorber. Die Entkopplung wird von den Richtkopplern bestimmt. Die Weiche ist nicht abstimmbare, kann aber durch Austausch der Umwegleitung auf andere Kanäle umgerüstet werden.

Zur Funktionsweise: Die am 3-dB-Koppler (1) eingespeisten Signale werden in je zwei Hälften geteilt, wobei jeweils eine Hälfte die Umwegleitung durchläuft. Deren Länge muß so gewählt werden, daß die Teilleistungen sich am Ausgang addieren und der Absorber weitgehend leistungsfrei bleibt. Diese Bedingungen werden erfüllt, wenn die Umwegleitung eine Länge von $n\lambda_2$ bei f_2 und $(n + 1/2)\lambda_1$ bei f_1 hat.

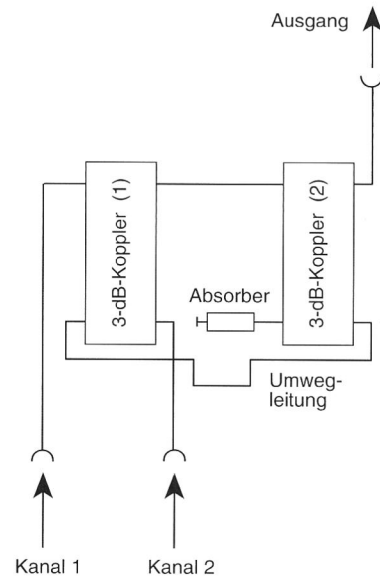


Bild 13: Umwegleitungsweiche für zwei Kanäle

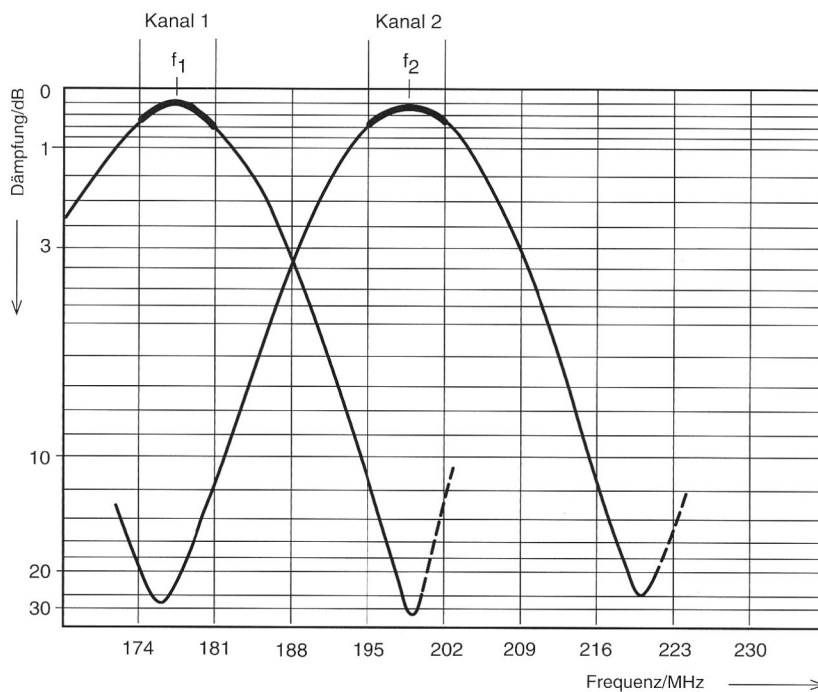


Bild 14: Dämpfungskurven einer Umwegleitungsweiche für zwei Kanäle im Band III

Gegenüberstellung

Weichenart	Sternpunkt-Weiche	Richtkoppler-Weiche	Kombinations-Weiche	Umwegleitungs-Weiche
Aufbau	Bandpaß-Filter + Sternpunkt	Bandpaß-Filter + 3-dB-Koppler	Kombination aus Sternpunktweiche und Richtkopplerweiche	3-dB-Koppler + Umwegleitung
Min. Frequenzabstand UKW 30 W – 1 kW 3 kW – 20 kW UHF 10 W – 200 W	2,5 MHz 2,0 MHz 3 Kanäle (Sonderausführung: 2 Kanäle)	2 MHz 0,8 – 1 MHz 3 Kanäle (Sonderausführung: 2 Kanäle)	2 MHz 0,8 – 1 MHz 3 Kanäle (Sonderausführung: 2 Kanäle)	3 Kanäle (Sonderausführung: 2 Kanäle)
Anpassung (VSWR)	Alle Eingänge angepaßt im jeweiligen Durchlaßbereich. Außerhalb fehlangepaßt.	Alle Eingänge breitbandig angepaßt	<i>Sternpunkteingänge:</i> wie bei Sternpunktweiche <i>Richtkopplereingänge:</i> Breitbandig angepaßt	Alle Eingänge breitbandig angepaßt
Dämpfungskurven	Alle Eingänge sind schmalbandig, entsprechend der Dämpfungskurven der Bandpaß-Filter	<i>Schmalbandeingänge:</i> Durchlaßcharakteristik der Bandpaß-Filter <i>Breitbandeingang:</i> nicht selektiv	Alle Eingänge sind schmalbandig, entsprechend der Durchlaßkurven der Bandpaß-Filter	abhängig von der Kanal-kombination
Koppeldämpfung	Wie Sperrdämpfung eines Filters	<i>Von SB zu BB:</i> Dämpfung durch Richtkoppler <i>Von BB zu SB</i> <i>und von SB zu SB:</i> Dämpfung durch Richtkoppler + Filtersperrdämpfung. Sehr hohe Werte erreichbar	Zwischen den Sternpunkteingängen wie Sperrdämpfung eines Filters, alle übrigen Eingänge wie Dämpfung durch Richtkoppler + Sperrdämpfung eines Filters	Dämpfung durch Richtkoppler
Erweiterung	neue Sternpunktverkabelung erforderlich	sehr einfach durch Hinzuschalten eines Richtkopplermoduls. Bestehende Verkabelung braucht nicht geändert zu werden	Einschaltung einer Richtkopplerweiche zwischen Sternpunkt- und Richtkopplerweiche. Änderung der bestehenden Verkabelung notwendig.	
Kostenaufwand	kostengünstige Lösung für größere Frequenzabstände	aufwendigere Lösung, jedoch mehrere techn. Vorteile	liegt zwischen Sternpunkt- und Richtkopplerweiche. Vorteil: kleinerer Frequenzabstand als bei einer Sternpunktweiche	kostengünstige Lösung für größere Frequenzabstände

Starpoint Combiner, 5 kW with 2, 3 or 4 Inputs 87.5 ... 108 MHz

This starpoint combiner enables several transmitters to be connected into one common antenna.

Characteristics:

This starpoint combiner consists of one temperature-stabilized three-pole band-pass filter per channel. Any heat produced is dissipated into the surroundings via heat sinks so no ventilations are required. The combiner is maintenance-free and especially safe to operate.

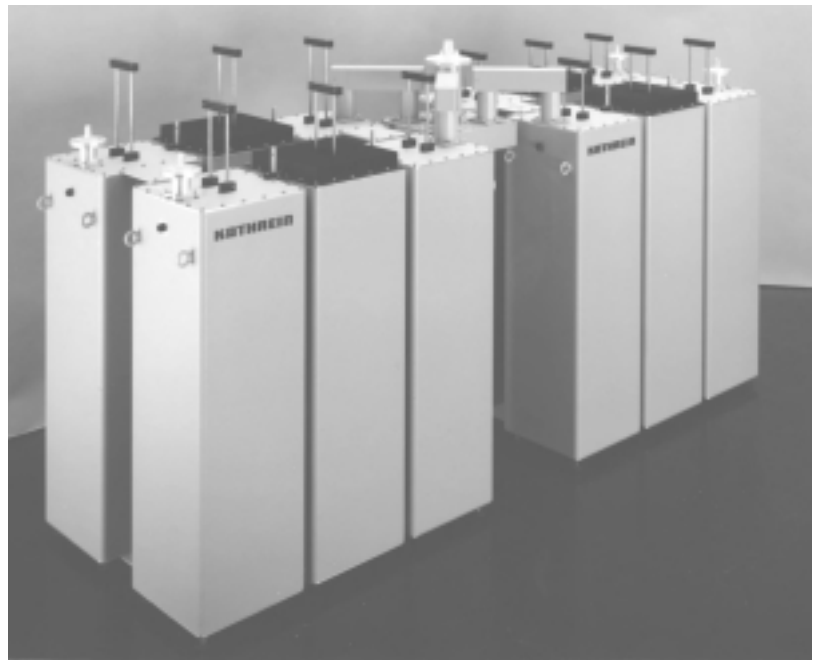
The inputs of the band-passes are narrow-band. The outputs are connected via pre-defined cable length onto a common starpoint. This starpoint is then the output of the combiner.

The starpoint combiner may be extended by adding further band-passes and by exchanging the starpoint.

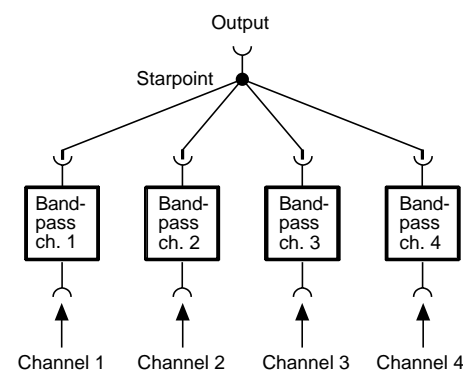
Tuning:

The band-pass filters must be tuned to the individual operating channels. Upon request this tuning may be performed at our factory (in this case please state the operating channels when ordering) or it may be undertaken on site.

Clear tuning instructions and also any special tools necessary are supplied along with the combiner.



790 719



Technical Data

The insertion loss and isolation values apply to the minimum frequency spacing.

Type No.	Inputs	Insertion loss	Max. Power	Connections female		Weight	Dimensions (mm x mm x mm) length, width, height	Packing size (mm x mm x mm) length, width, height
				Input	Output			
790 717	2	< 0.4 dB	2 x 5 kW	1 5/8" EIA	1 5/8" EIA	220 kg	975 x 695 x 1275	1080 x 870 x 1500
790 718	3	< 0.5 dB	3 x 5 kW	1 5/8" EIA	3 1/8" EIA	330 kg	2185 x 695 x 1260	1x 1080 x 460 x 1500 1x 1080 x 870 x 1500
790 719	4	< 0.6 dB	4 x 5 kW	1 5/8" EIA	3 1/8" EIA	440 kg	2185 x 695 x 1260	2x 1080 x 870 x 1500
Frequency range	87.5 ... 108 MHz							
Min. frequency spacing	1.5 MHz							
3-dB bandwidth	> 600 kHz							
Isolation	> 35 dB							
VSWR	< 1.1 (at operating frequency)							
Impedance	50 Ω							
Temperature range	-20 ... +50 °C							
Material	Outer conductor: Aluminium; Inner conductor: Brass, silver plated							
Colour	Grey (RAL 7032)							

Directional Filter Combiners, 10 kW with up to 7 Inputs 87.5 ... 108 MHz

The directional filter combiners enables several transmitters to be connected into one common antenna. Up to seven transmitters may be connected by cascading directional filter modules.

Cascaded combiners have a number of advantages:

- The impedance at all inputs is independent of the frequency.
- The frequency at the broadband input may be altered without having to retune the combiner.
- If only narrowband inputs are used one can achieve particularly high isolation values, even with very small frequency spacing. The broadband input is then available for any further extensions without alterations to the existing combiner being necessary.

Characteristics:

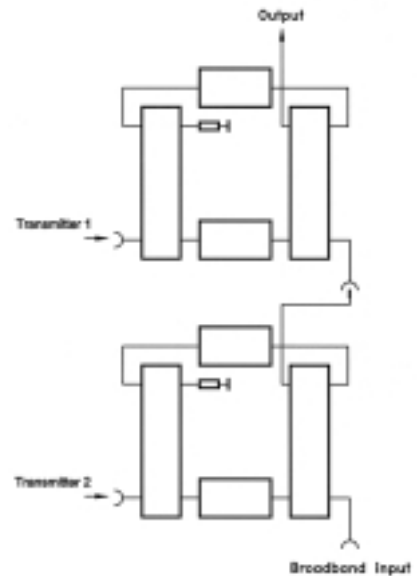
Each module consists of two temperature-stabilized three-pole band-passes, two 3-dB couplers and a load. The impedance at all inputs is 50 Ω, irrespective of the frequency. Any heat produced is dissipated into the surroundings via heat sinks - so no ventilators are required. Thus the combiner is maintenance-free and especially safe to operate.

Tuning:

The band-passes of a module must be tuned to the channel fed into the individual narrowband inputs. Upon request, this tuning may be performed at our factory (in this case please state the operating channels when ordering) or it may be undertaken on site. Clear tuning instructions and also any special tools necessary are supplied along with the combiner.



790 785



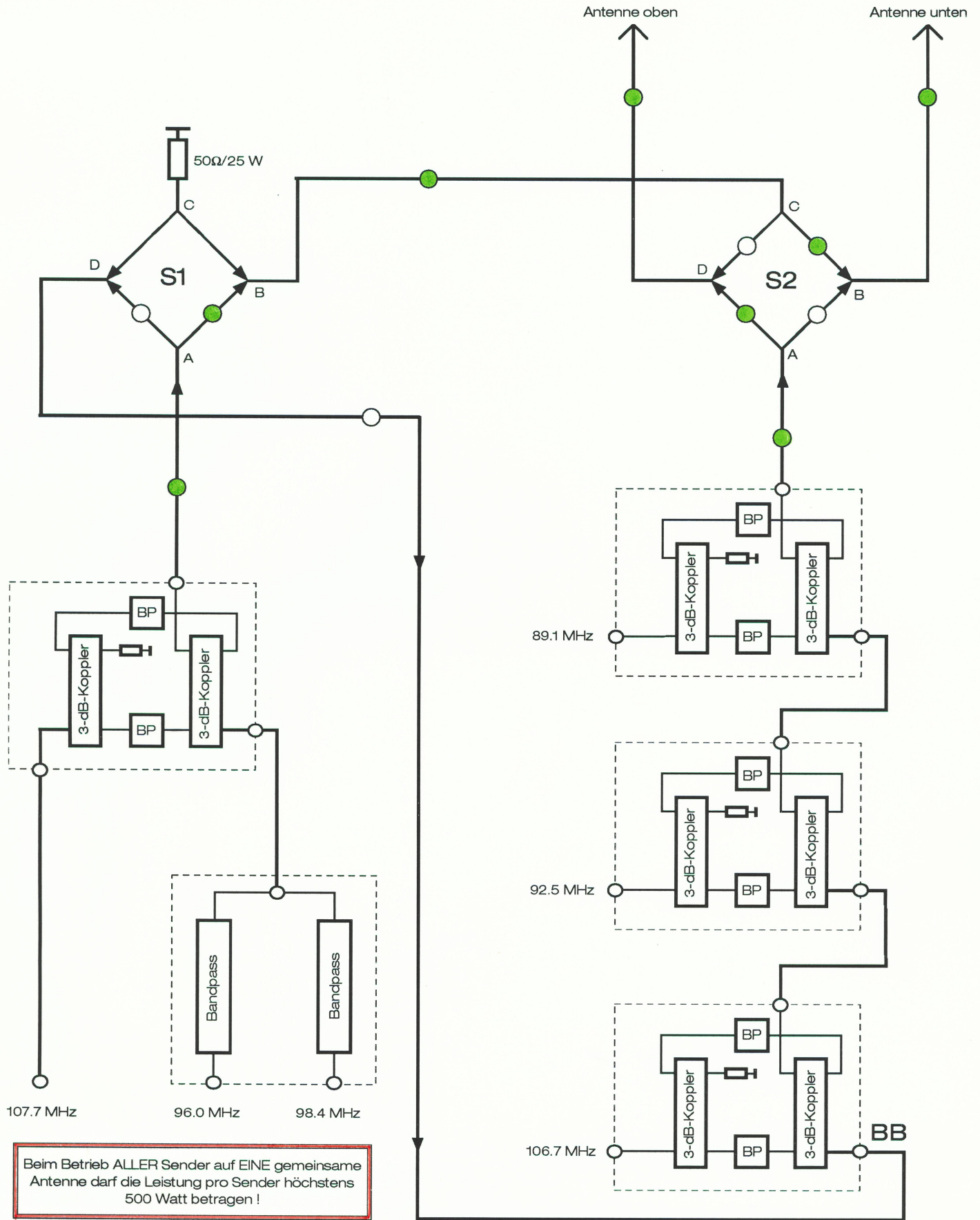
Technical Data

The insertion loss and isolation values apply to the minimum frequency spacing.

Type No.	Inputs		Insertion loss	Max. Power			Dimensions (length, width, height) mm x mm x mm	Packing size mm x mm x mm	Weight
	NB	BB		NB	BB	Output			
790 695	2	1	< 0.55 dB*	10 kW	40 kW	60 kW	2400 x 745 x 1435	2x 1350 x 870 x 1620	590 kg
790 709	3	1	< 0.65 dB*	10 kW	30 kW	60 kW	3600 x 745 x 1435	3x 1350 x 870 x 1620	890 kg
790 785	4	1	< 0.70 dB*	10 kW	20 kW	60 kW	4800 x 745 x 1435	4x 1350 x 870 x 1620	1190 kg
790 786	5	1	< 0.75 dB*	10 kW	10 kW	60 kW	6000 x 745 x 1435	5x 1350 x 870 x 1620	1490 kg
790 787	6	1	< 0.80 dB*	10 kW	10 kW	70 kW	7200 x 745 x 1435	6x 1350 x 870 x 1620	1790 kg

Inputs/output	Narrowband inputs (NB)	Broadband input (BB)	Output
Frequency range	87.5 ... 108 MHz Tuned to one channel	87.5 ... 108 MHz Free choice of channel	-
Connections	1 5/8" EIA	3 1/8" EIA	3 1/8" EIA (790 787: 4 1/2" EIA)
Min. frequency spacing		0.8 MHz	
3-dB bandwidth		> 600 kHz	
Isolation		> 35 dB (from NB to BB) > 55 dB (from BB to NB) > 55 dB (from NB to NB)	
VSWR		< 1.1 (at the pass band) < 1.25 (at the stop band)	
Impedance		50 Ω	
Temperature range		- 20 ... + 50 °C	
Colour		Grey (RAL 7032)	

* The figures quoted are maximum values. The insertion losses of the individual inputs vary. Minimum insertion loss: 0.3 dB.



Station: Homfluh (HRNF)

UKW Weichensystem 6 x 1 kW

4. April 1996

KS

Blatt



BONANOMI AG

Schwellstrasse 6 • Postfach 175 • CH-8052 Zürich • Tel. 01/301 18 91 • Fax 01/301 18 92

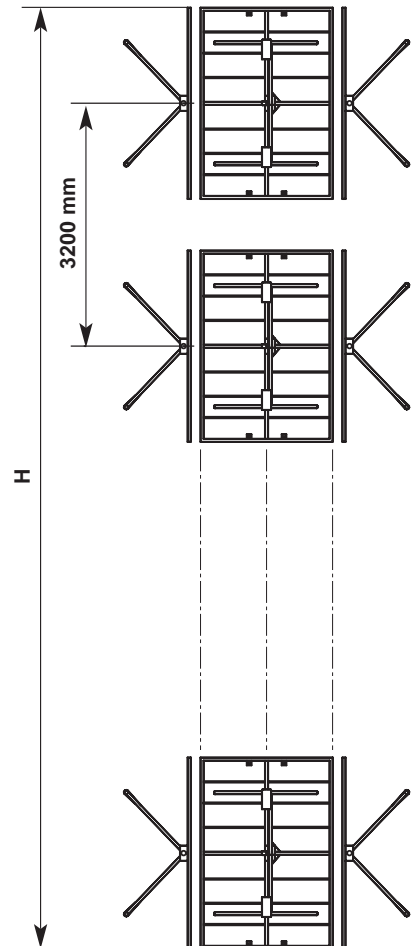
Anhang UKW - Antennensysteme
Anhang UHF - Antennensysteme
Anhang mit Begriffen aus der Antennentechnik

UKW-Sendeantenne mit K 52 31 187

87,5 – 108 MHz

- Antennenanlage aus Dipolfeldern K 52 31 187 für verschiedenartige Strahlungsdiagramme, besonders geeignet für quadratische Maste.
- Das Speisetzwerk wird mit koaxialen Leistungsteilern und flexiblen Verbindungskabeln entsprechend den Diagrammvorgaben und der Senderleistung aufgebaut.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$ im ganzen Bereich. Kein Abgleich erforderlich. Kleinere Welligkeit für einzelne Kanäle auf Anfrage.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal oder Vertikal.
Steckverbindungen	Einfache Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch.
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahl- oder Richtdiagramm nach Wunsch.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarben auf Wunsch.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn*		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
		(in Bandmitte) dB	fach			
1	2	5,0	3,2	140	2,5	2,42
	3	3,5	2,2	200		3,52
	4	2,0	1,6	260		4,18
2	2	8,0	6,3	260	5,7	4,83
	3	6,5	4,5	400		7,03
	4	5,0	3,2	530		8,35
4	2	11,0	12,6	530	12,1	9,67
	3	9,5	8,9	790		14,06
	4	8,0	6,3	1080		16,70
6	2	12,8	19,1	790	18,5	14,50
	3	11,3	13,0	1200		21,10
	4	9,7	9,3	1610		25,05
8	2	14,0	25,1	1080	24,9	19,34
	3	12,5	17,8	1610		28,13
	4	11,0	12,6	2150		33,40

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikalstrahlungsdiagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

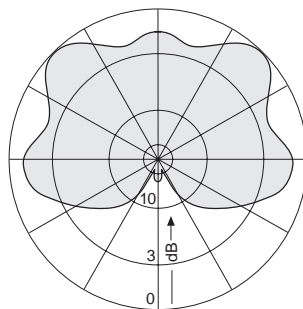
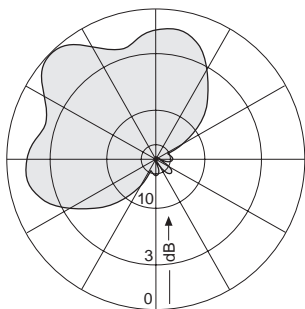
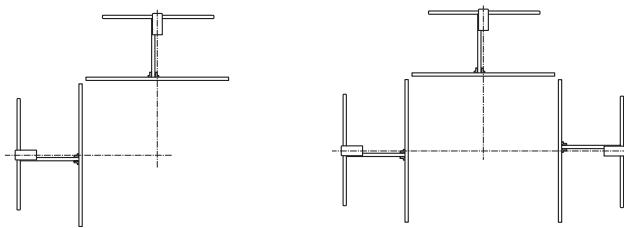
Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

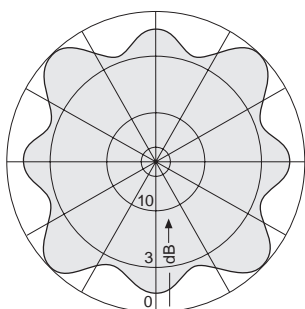
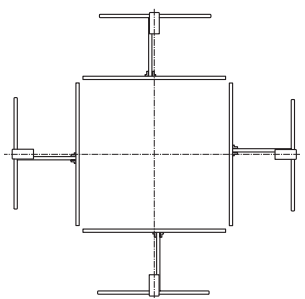
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

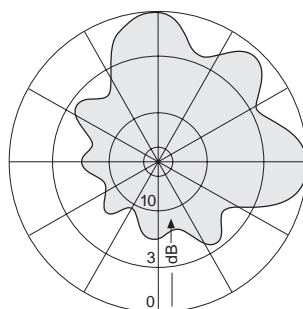
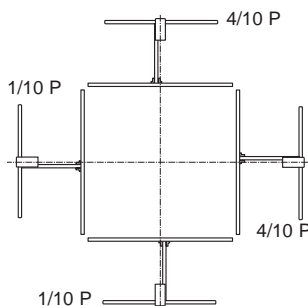
Gleiche Leistungsaufteilung



Gleiche Leistungsaufteilung



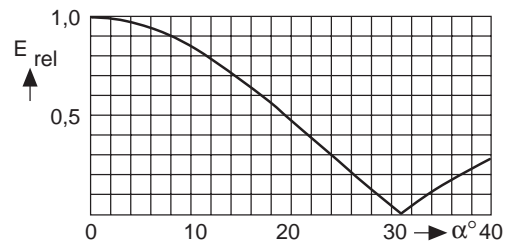
Unterschiedliche Leistungsaufteilung



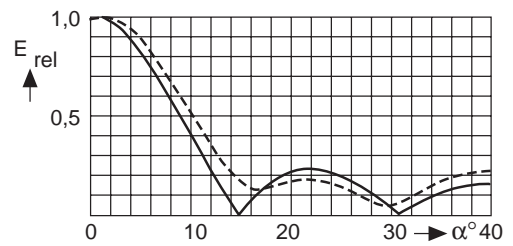
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

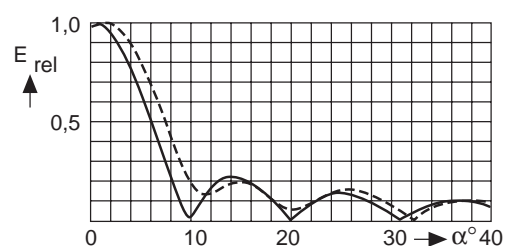
2 Ebenen



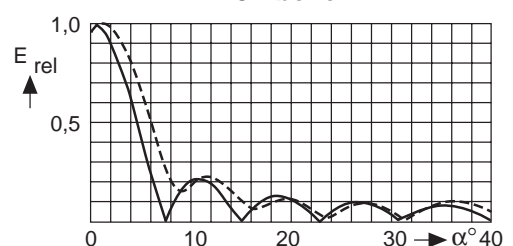
4 Ebenen



6 Ebenen



8 Ebenen



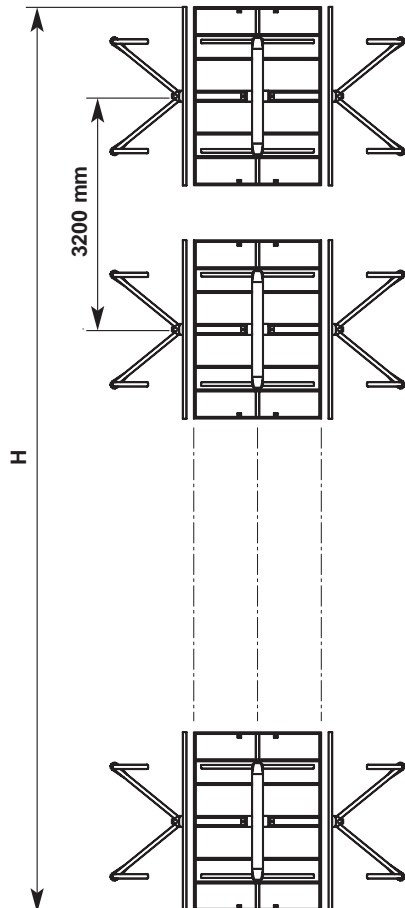
*) — ohne Nullstellenauffüllung
 - - - mit Nullstellenauffüllung

UKW-Sendeantenne mit K 52 34 17

87,5 – 108 MHz

- Antennenanlage aus Dipolfeldern K 52 34 17 für verschiedenartige Strahlungsdiagramme, besonders geeignet für dreieckige oder runde Maste.
- Das Speisetzwerk wird mit koaxialen Leistungsteilern und flexiblen Verbindungskabeln entsprechend den Diagrammvorgaben und der Senderleistung aufgebaut.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$ im ganzen Bereich. Kein Abgleich erforderlich. Kleinere Welligkeit für einzelne Kanäle auf Anfrage.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal
Steckverbindungen	Einfach Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch.
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahl- oder Richtdiagramm nach Wunsch.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarben auf Wunsch.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn* (in Bandmitte) dB		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
		3 fach	2 fach			
1	2	3,9	2,5	150	2,5	2,55
	3	1,7	1,5	220		3,56
2	2	6,9	4,9	290	5,7	5,10
	3	4,7	3,0	420		7,12
4	2	9,9	9,8	560	12,1	10,20
	3	7,7	5,9	850		14,24
6	2	11,7	14,8	850	18,5	15,29
	3	9,5	8,9	1290		21,36
8	2	12,9	19,5	1150	24,9	20,39
	3	10,7	11,7	1700		28,48

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikaldiagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

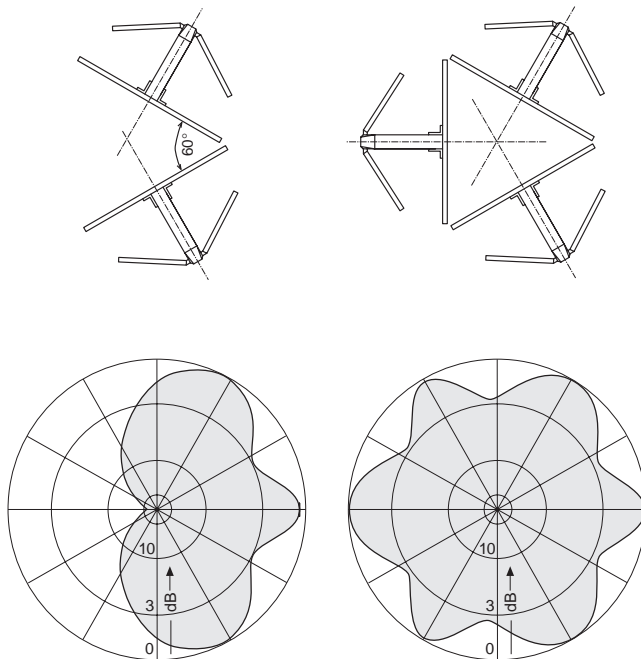
Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

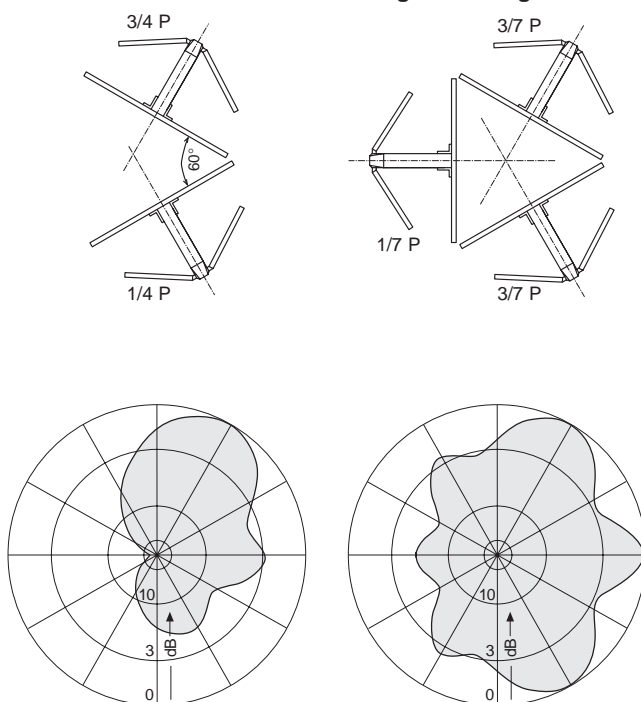
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

Gleiche Leistungsaufteilung



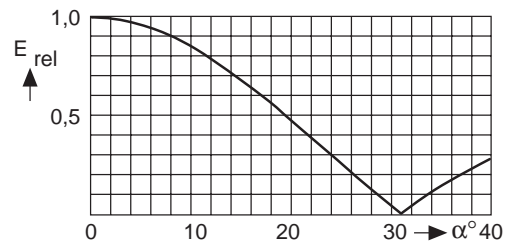
Unterschiedliche Leistungsaufteilung



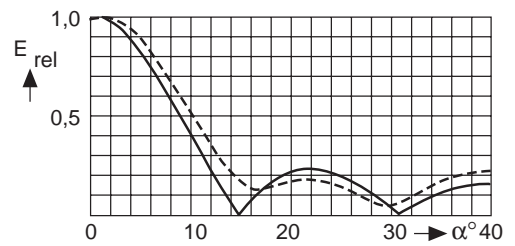
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

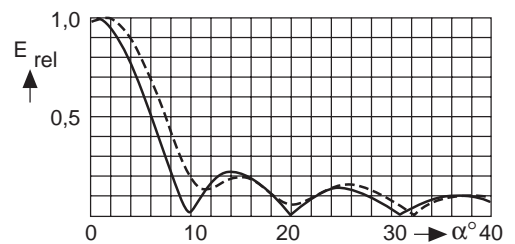
2 Ebenen



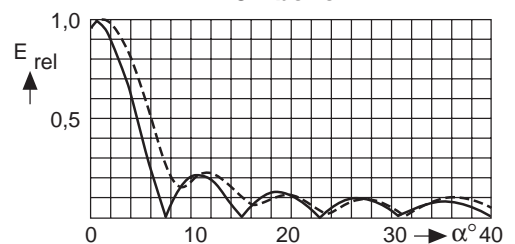
4 Ebenen



6 Ebenen



8 Ebenen

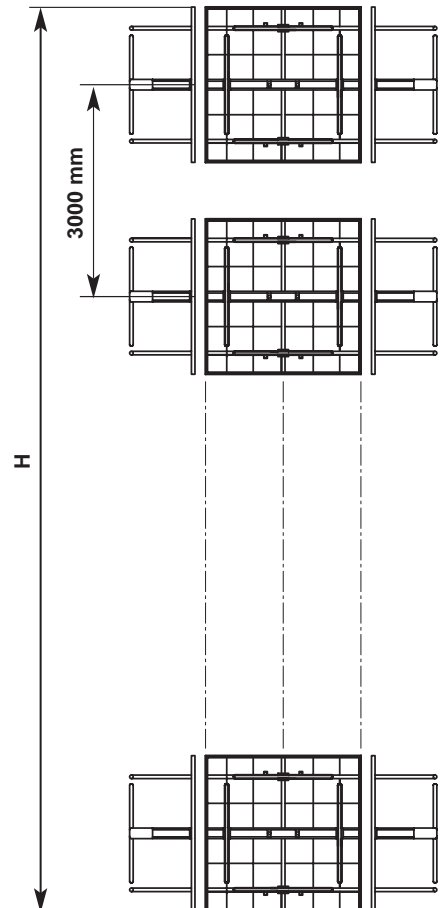


*) — ohne Nullstellenauffüllung
 - - - mit Nullstellenauffüllung

UKW-Sendeantenne mit K 53 32 187 87,5 – 108 MHz

- Antennenanlage aus zirkular polarisierten Dipolfeldern K 53 32 187 für verschiedenartige Strahlungsdiagramme, besonders geeignet für quadratische Maste.
- Das Speisetzwerk wird mit koaxialen Leistungsteilern und flexiblen Verbindungskabeln entsprechend den Diagrammvorgaben und der Senderleistung aufgebaut.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$ im ganzen Bereich. Kein Abgleich erforderlich. Kleinere Welligkeit für einzelne Kanäle auf Anfrage.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Linear, zirkular oder elliptisch
Steckverbindungen	Einfach Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch.
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahl- oder Richtdiagramm nach Wunsch.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarben auf Wunsch.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn*		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
		(in Bandmitte) dB	fach			
1	2	2,0	1,6	200	2,2	2,8
	3	0,5	1,1	320		3,8
	4	-1,0	0,8	420		5,3
2	2	5,0	3,2	420	5,2	5,6
	3	3,5	2,4	750		7,6
	4	2,0	1,6	850		10,6
4	2	8,0	6,3	850	11,2	11,3
	3	6,5	4,5	1530		15,1
	4	5,0	3,2	1660		21,1
6	2	9,8	9,6	1530	17,2	16,9
	3	8,3	6,8	1870		22,7
	4	6,7	4,7	2240		31,7
8	2	11,0	12,6	1660	23,2	22,5
	3	9,5	8,9	2240		30,3
	4	8,0	6,3	2970		42,2

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikalstrahlungsdiagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

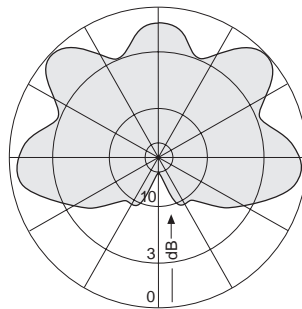
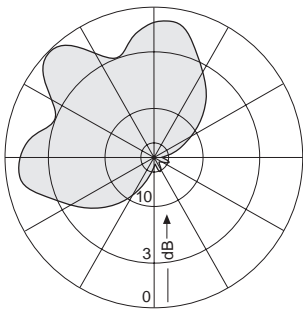
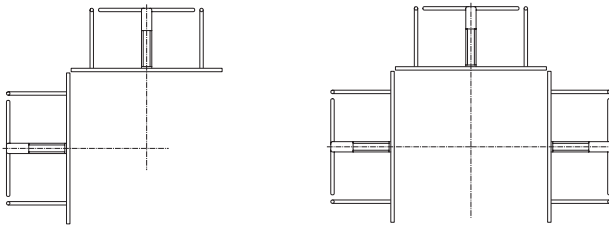
Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

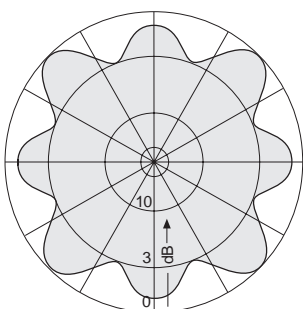
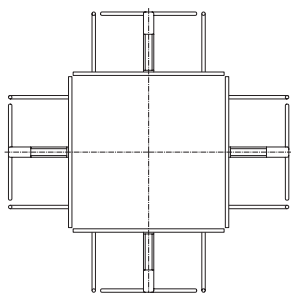
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

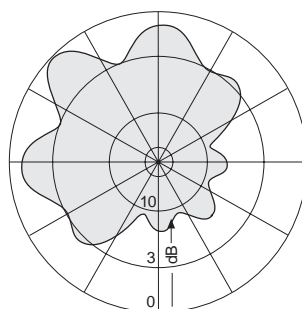
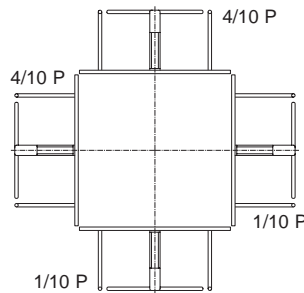
Gleiche Leistungsaufteilung



Gleiche Leistungsaufteilung



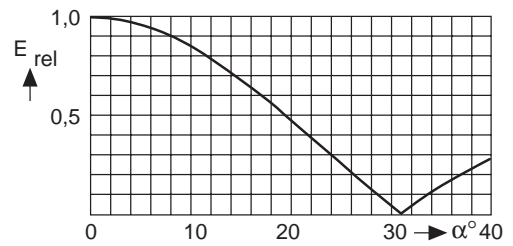
Unterschiedliche Leistungsaufteilung



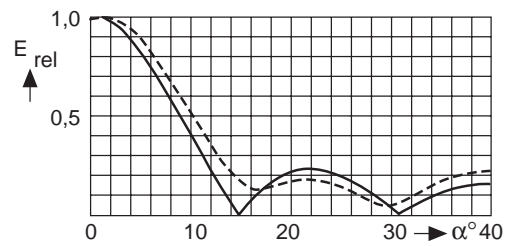
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

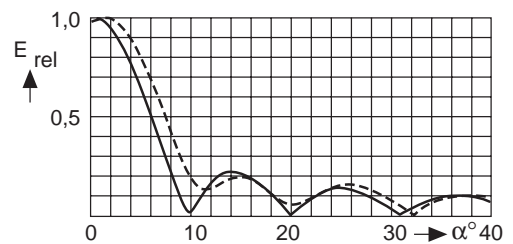
2 Ebenen



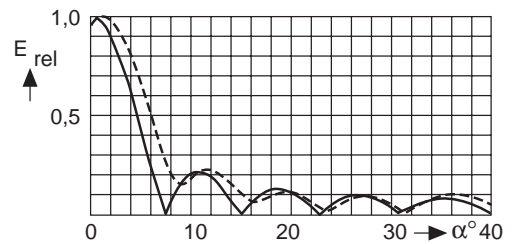
4 Ebenen



6 Ebenen



8 Ebenen



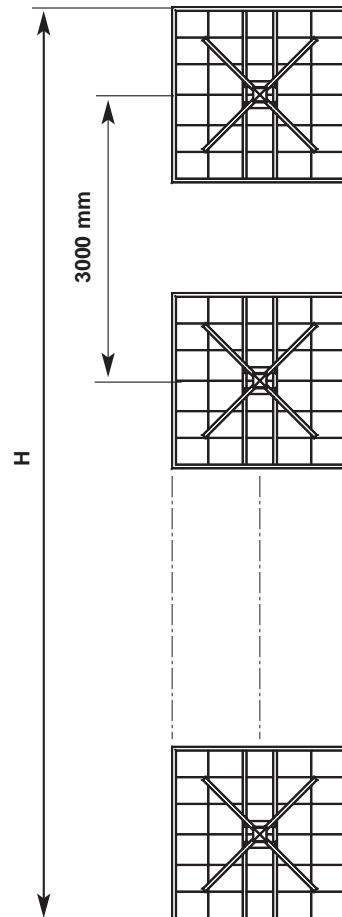
*) — ohne Nullstellenauffüllung
 - - - mit Nullstellenauffüllung

UKW-Sendeantenne mit 754 154

87,5 – 108 MHz

- Antennenanlage aus zirkular polarisierten Dipolfeldern 754 154 für verschiedenartige Strahlungsdiagramme, besonders geeignet für dreieckige oder runde Maste.
- Das Speisetzwerk wird mit koaxialen Leistungsteilern und flexiblen Verbindungskabeln entsprechend den Diagrammvorgaben und der Senderleistung aufgebaut.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$ im ganzen Bereich. Kein Abgleich erforderlich. Kleinere Welligkeit für einzelne Kanäle auf Anfrage.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Zirkular
Steckverbindungen	Einfach Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch.
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahl- oder Richtdiagramm nach Wunsch.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarben auf Wunsch.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn* (in Bandmitte) dB		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
			fach			
1	2	0,0	1,0	140	1,82	2,02
	3	-2,0	0,6	200		2,77
2	2	3,1	2,0	260	4,82	4,04
	3	1,1	1,3	430		5,54
4	2	6,2	4,2	580	10,82	8,09
	3	4,2	2,6	800		11,08
6	2	8,1	6,5	800	16,82	12,13
	3	6,1	4,1	1230		16,61
8	2	9,3	8,5	1100	22,82	16,17
	3	7,3	5,4	1590		22,15

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikalstrahlungsdiagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

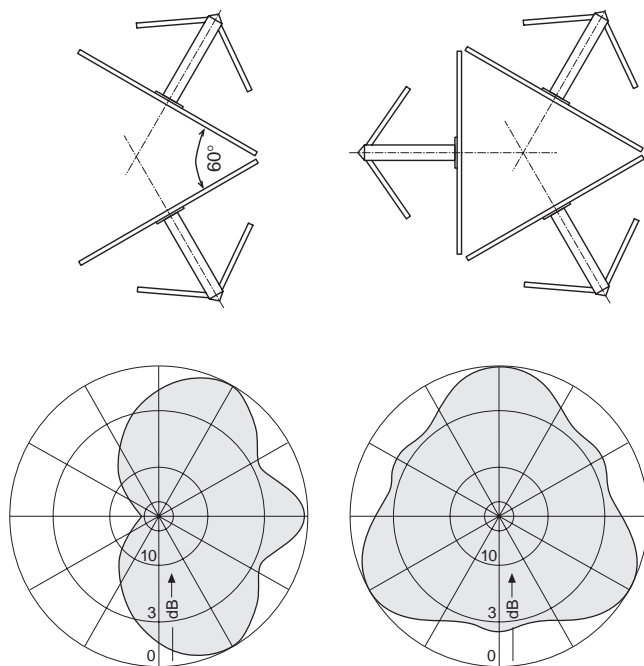
Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

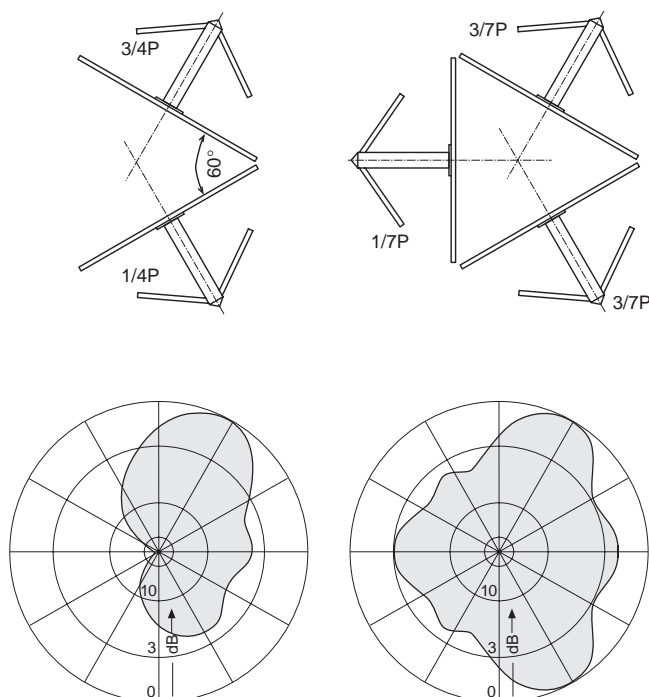
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

Gleiche Leistungsaufteilung



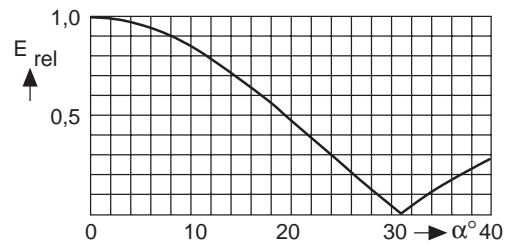
Unterschiedliche Leistungsaufteilung



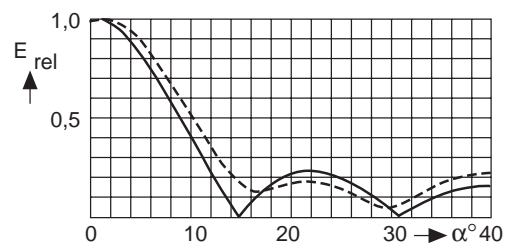
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

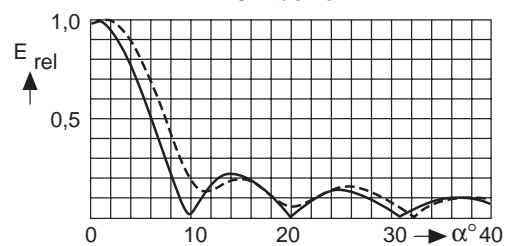
2 Ebenen



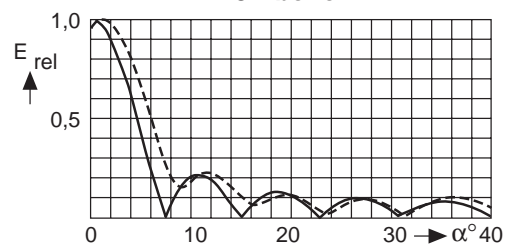
4 Ebenen



6 Ebenen



8 Ebenen



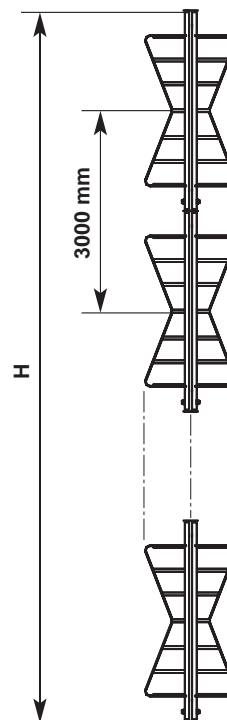
*) — ohne Nullstellenauffüllung
----- mit Nullstellenauffüllung

UKW-Sendeantenne (Superturnstile)

87,5 – 108 MHz

- Superturnstile-Antenne aus feuerverzinktem Stahl zur Montage in selbsttragenden Fiberglaszylinder oder freitragend auf vorhandene Stahlkonstruktionen.
- Bis zu 4 Ebenen können freitragend übereinander montiert werden, im Fiberglaszylinder bis zu 8 Ebenen.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz
Welligkeit	$s < 1,2$ im ganzen Bereich. Kein Abgleich erforderlich.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch; max. 10 kW pro Ebene
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahlendiagramm
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Zusammenschaltung	Die Speisung der Strahler-elemente erfolgt über koaxiale Verbindungsleitungen und Leistungskoppler. Einfache Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Aufbau	Superturnstile-Antenne in selbsttragender, feuerverzinkter Stahlkonstruktion. Bis zu 4 Ebenen können übereinander montiert werden.
Befestigung	Mit Flansch auf die Spitze vorhandener Maste.
Eisschutz	Durch Fiberglasverkleidung der Speisepunkte und besonders stabile Bauweise bleibt die Antenne auch bei Vereisung funktionsfähig.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	160 km/h



Anzahl der Ebenen	Typ Nr.	Gewinn*		Gewicht (ohne Zylinder) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (ohne Zylinder) (150 km/h) kN
		(in Bandmitte) dB	fach			
1	K 52 97 11	1	1,26	275	3	2,8
2	K 52 97 12	4	2,51	550	6	5,7
4	K 52 97 14	7	5,00	1450	12	13,2

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikalstrahlungsdiagramm sind nicht berücksichtigt.

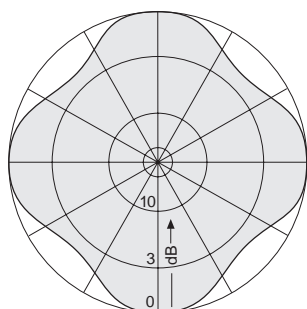
Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,4 dB

Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

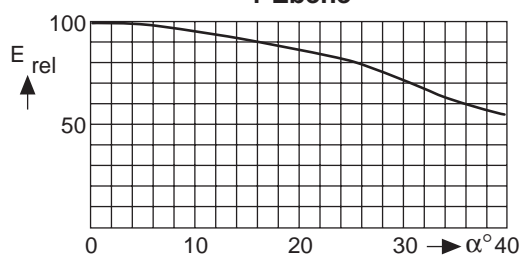
Typisches horizontales Strahlungsdiagramm (in Bandmitte)



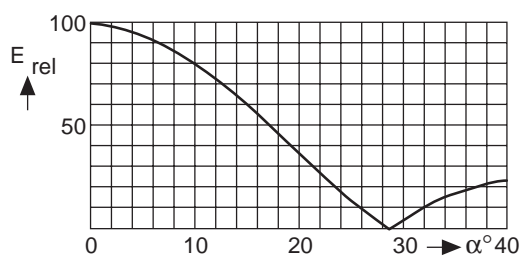
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

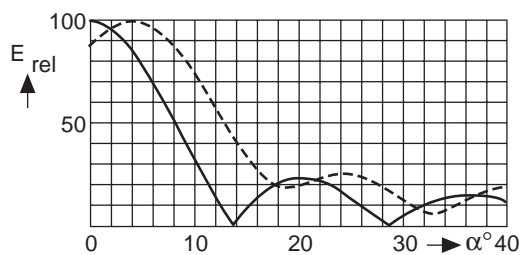
1 Ebene



2 Ebenen



4 Ebenen



*) — ohne Nullstellenauffüllung
 - - - mit Nullstellenauffüllung

UKW-Sendeantenne

769 182, 773 697 (mit Breitbanddipol 762 943)

87,5 – 108 MHz

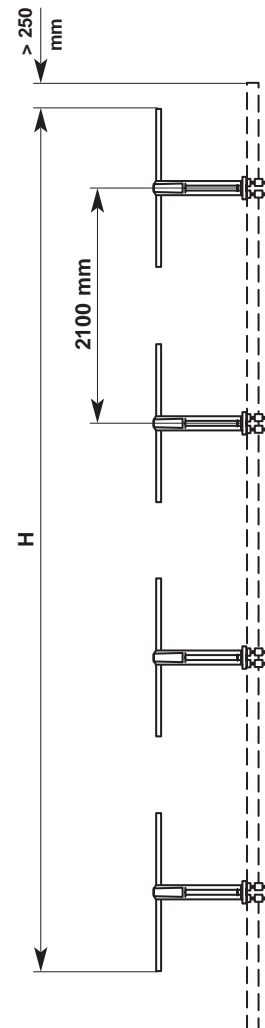
KATHREIN

Antennen · Electronic

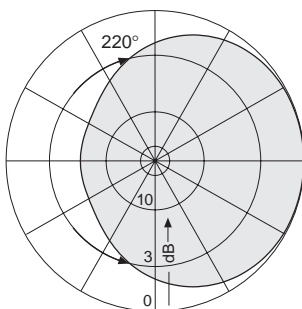
- Ein ökonomisches UKW-Sendeantennensystem kann durch Aufbau von 2 oder mehr Breitbanddipolen 762 943 an einem Rohrmast übereinander montiert werden.
- Diese Antennen ergeben eine Rundumversorgung mit Vorzugsrichtung, wie unten in dem horizontalen Strahlungsdiagramm gezeigt. (Das horizontale Strahlungsdiagramm wird gestört, falls ein wesentlich größerer Mast verwendet wird).

Typ Nr.	769 182	773 697
Eingang	7-16 Kuppler	1 5/8" EIA-Flansch
Anzahl der Ebenen	4	
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz	
Welligkeit	≤ 1,4	
Gewinn (bez. λ/2-Dipol)	8 dB in Bandmitte	
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Vertikal	
Max. Belastbarkeit (bis zu 20 kW auf Anfrage)	2 kW	10 kW
Weight	80 kg	90 kg
Windlast	900 N (bei v = 150 km/h)	
Höhe	7680 mm	

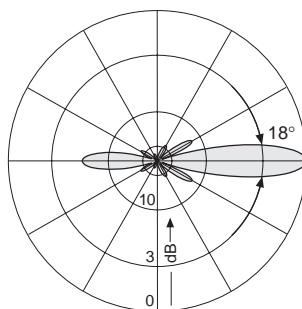
- Material: Feuerverzinkter Stahl.
- Montage: An Rohrmaste von 60 – 125 mm Ø über mitgelieferte Schellen.
- Lieferform: Die Antenne ist beim Transport demontiert.
- Lieferumfang: Antenne einschließlich Verteiler und Verbindungskabeln. Rohrmast bitte getrennt bestellen.
- Erdung: Über die Befestigungsteile.



Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



Horizontaldiagramm



Vertikaldiagramm

UKW-Sendeantenne (Kreuzdipol)

87,5 – 108 MHz

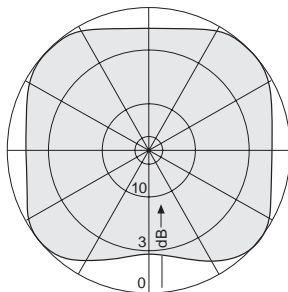
- Horizontal polarisierter Breitband-Rundstrahler (1, 2 oder 4 Ebenen Kreuzdipolantennen mit Entkopplungsstäben).

Typ Nr.	715 649	715 648	752 826
Anzahl der Ebenen	1	2	4
Gewinn (ref. $\lambda/2$ -Dipol)	- 1 dB	1 dB	4 dB
Max. Belastbarkeit	500 Watt	1000 Watt (Höhere Belastbarkeit auf Anfrage)	2000 Watt
Windlast (bei 150 km/h)	0,66 kN	1,27 kN	2,0 kN
Gewicht	40 kg	57 kg	180 kg
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h	150 km/h	160 km/h
Eingang	7-16 Kuppler		
Frequenzbereich	87,5 – 108 MHz		
Welligkeit	s < 1,2		
Impedanz	50 Ω		
Polarisation	Horizontal		
Material	Leichtmetall und Messing. Strahler-Schutzrohr: Fiberglas. Tragrohr und Flansch: Feuerverzinkter Stahl.		
Befestigung	Mit Normflansch 265 mm \varnothing .		
Besonderheiten	Die Antenne ist beim Transport demontiert.		
Lieferumfang	Antenne mit Antennenverteiler, Verbindungs-, kabeln und 3-dB-Koppler.		
Erdung	Über die Befestigungsteile.		

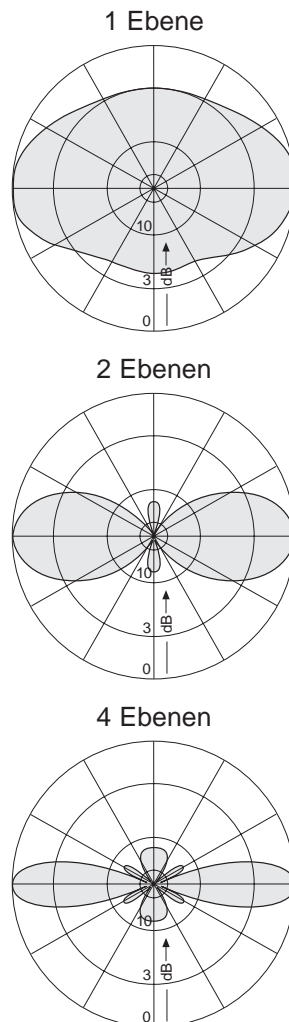


Beispiel einer 2-Ebenen Ausführung

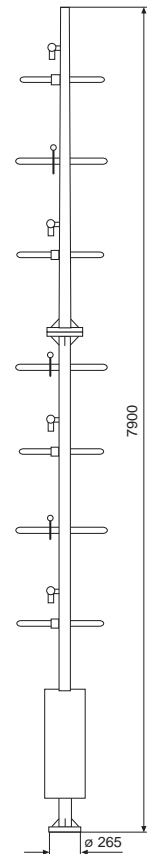
Typisches **horizontales** Strahlungsdiagramm (in Bandmitte)



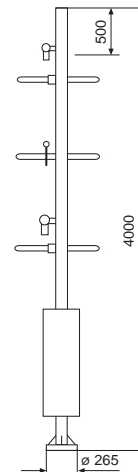
Typische **vertikale** Strahlungsdiagramme (in Bandmitte)



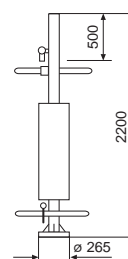
4 Ebenen 752 826



2 Ebenen 715 648



1 Ebene 715 649

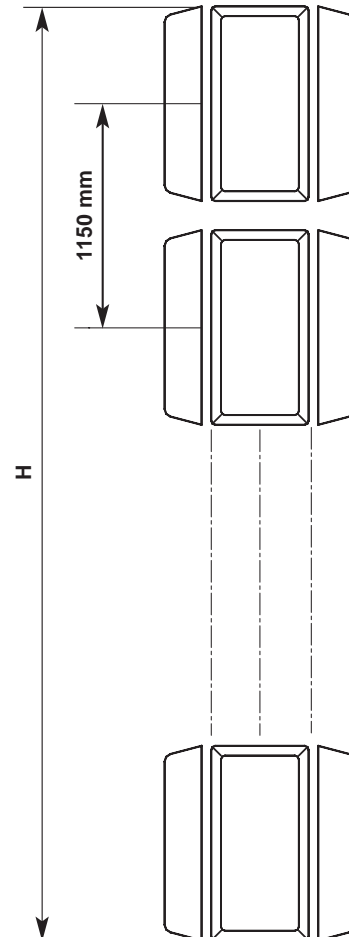


Alle Maße in mm.

TV-Sendeantenne mit K 72 31 47 oder K 73 31 47 470 – 860 MHz

- Antennenanlage aus Dipolfeldern K 72 31 47 oder K 73 31 47 für verschiedenartige Strahlungsdiagramme.
- Das Speisetzwerk wird mit koaxialen Leistungsteilern und flexiblen Verbindungskabeln entsprechend den Diagrammvorgaben und der Senderleistung aufgebaut.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	470 – 860 MHz
Welligkeit	$s < 1,05$ in den Betriebskanälen nach Abstimmung.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal mit Dipolfeldern K 72 31 47 oder vertikal mit Dipolfeldern K 73 31 47.
Steckverbindungen	Einfache Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch.
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahl- oder Richtdiagramm nach Wunsch.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarben auf Wunsch.
Aufbau	2 Ausführungen sind lieferbar. Befestigung der Felder auf Antennenträger aus feuerverzinktem Stahl oder Einbau der Antenne in einen freitragenden Fiberglaszylinder mit 1,6 m \varnothing .
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn* (in Bandmitte)		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast / kN (v = 150 km/h)	
		dB	fach			ohne Zylinder	mit Zylinder 1.6 m \varnothing
4	2	15,2	33,1	120	4,45	4,57	5,49
	3	13,6	22,9	160		5,63	
	4	12,3	17,0	210		5,45	
6	2	17,0	50,1	170	6,75	6,86	8,35
	3	15,4	34,7	240		8,44	
	4	14,1	25,7	330		8,17	
8	2	18,2	66,1	240	9,05	9,14	11,21
	3	16,6	45,7	320		11,25	
	4	15,3	33,9	420		10,90	
12	2	20,0	100,0	350	13,65	13,71	16,92
	3	18,4	69,2	490		16,88	
	4	17,1	51,3	670		16,35	
16	2	21,2	131,8	450	18,25	18,28	22,63
	3	19,6	91,2	690		22,50	
	4	18,3	67,6	890		21,80	

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikal diagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

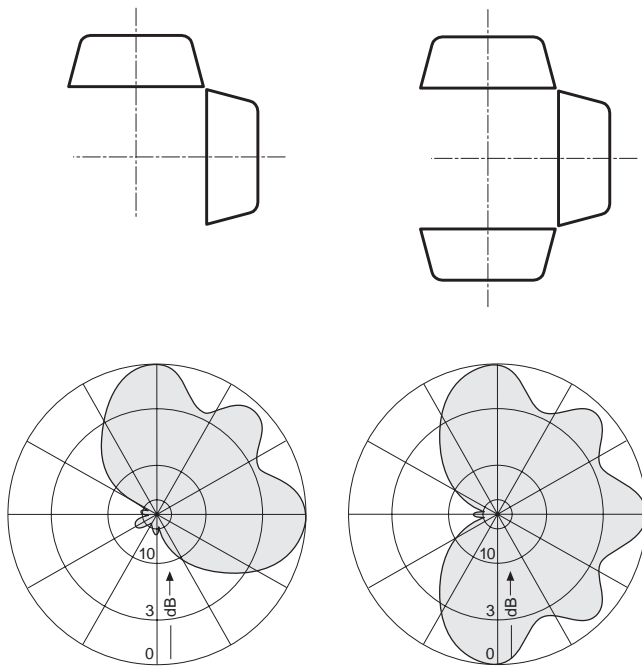
Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

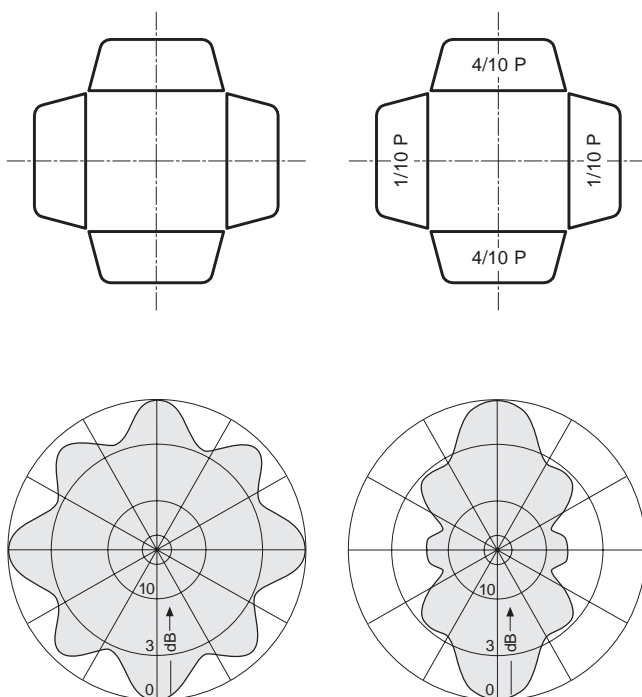
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

Gleiche Leistungsaufteilung



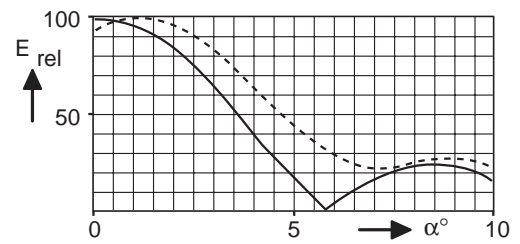
Gleiche Leistungsaufteilung



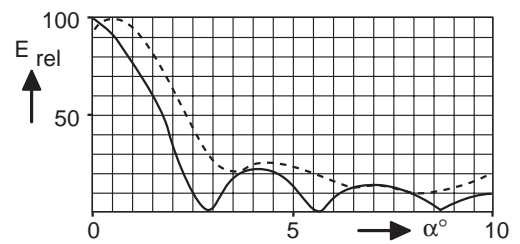
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

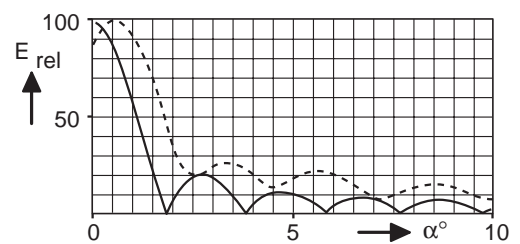
4 Ebenen



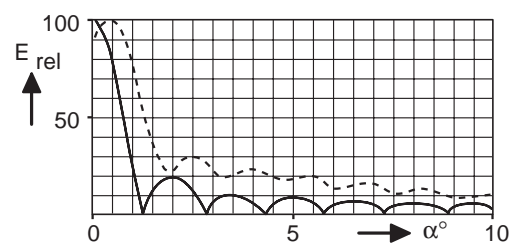
8 Ebenen



12 Ebenen



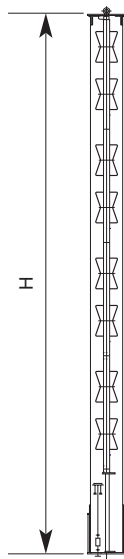
16 Ebenen



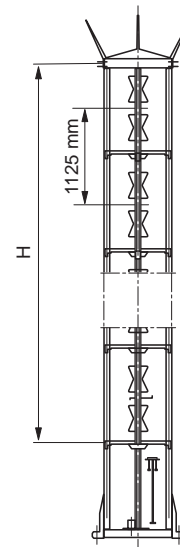
*) — ohne Nullstellenauffüllung
----- mit Nullstellenauffüllung

TV-Sendeantenne (Superturnstile)

470 – 860 MHz



Superturnstile-Antenne
im Fiberglaszylinder mit 0,30 m Ø



Superturnstile-Antenne
im Fiberglaszylinder mit 0,75 m Ø

Typ Nr.	Superturnstile-Antenne im Fiberglaszylinder mit 0,30 m Ø	Superturnstile-Antenne im Fiberglaszylinder mit 0,75 m Ø
Eingang	1 5/8" EIA Flansch	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	470 – 860 MHz	
Welligkeit	1,1 breitbandig Optimierung durch Abstimmung.	< 1,05 in den Betriebskanälen nach Abstimmung.
Impedanz	50 Ω	
Polarisation	Horizontal	
Max. Belastbarkeit	5 kW (für Typ Nr. 771 304)	5 kW pro Ebene
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahlungsdiagramm mit Einzügen bis 3 dB	
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammen- schaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler oder Umschaltfeld.	
Material	Superturnstile-Antenne in selbsttragendem Fiberglaszylinder mit 0,30 m Ø.	Superturnstile-Antenne in selbsttragendem Fiberglaszylinder mit 0,75 m Ø.
Befestigung	Mit Adapter auf die Spitze vorhandener Maste.	Mit Flansch auf die Spitze vorhandener Maste.
Eisschutz	Fiberglaszylinder (= Tragkonstruktion)	
Erdung	Über die Befestigungsteile.	Erdung der Zylinderabdeckung über 4 Erdungs- seile an der Außenseite des Zylinders.
Max. wind velocity	225 km/h	225 km/h

Aufbau Die Speisung der Strahlerelemente erfolgt über koaxiale Verbindungsleitungen und Leistungskoppler. Einfache Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.

Superturnstile-Antenne im Fiberglaszylinder mit 0,30 m Ø

Anzahl der Ebenen	Typ Nr.	Gewinn*		Gewicht kg	Antennen- höhe H m	Windlast (v = 150 km/h) N
		(in Bandmitte) dB	fach			
1	767 006	5,0	3,15	20	1,15	200
2	770 881	8,0	6,3	40	2,3	420
4	771 304	11,0	12,6	180	5,1	930
6	773 825	12,8	18,9	300	7,4	1330

Superturnstile-Antenne im Fiberglaszylinder mit 0,75 m Ø

Anzahl der Ebenen	Gewinn*	Gewicht kg	Antennen- höhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
2	7,0	200	2,25	1,93
4	10,0	350	4,50	3,23
6	11,8	550	6,75	4,53
8	13,0	850	9,0	5,83

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikaldiagramm sind nicht berücksichtigt.

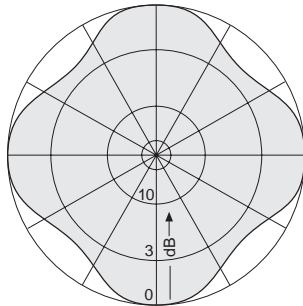
Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

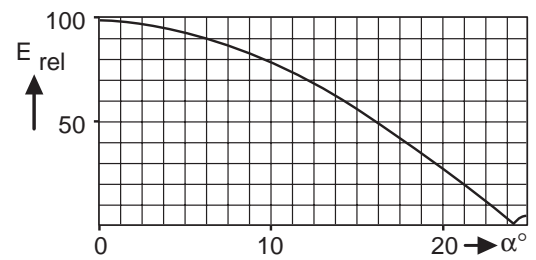
Typisches horizontales Strahlungsdiagramm (in Bandmitte)



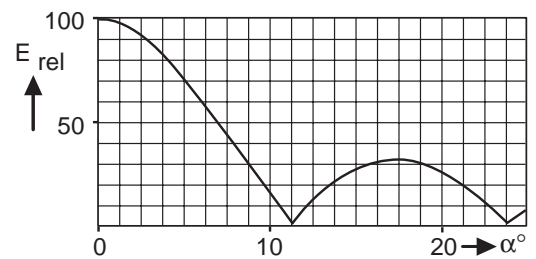
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

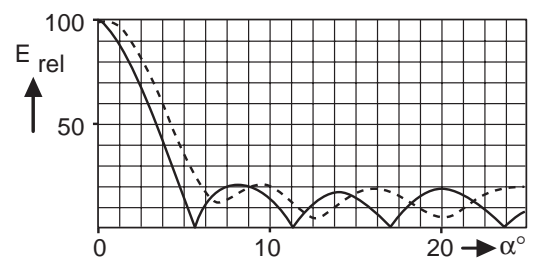
1 Ebene



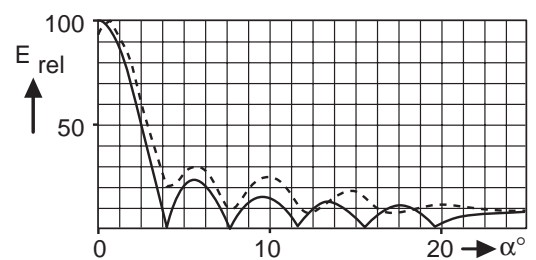
2 Ebenen



4 Ebenen



6 Ebenen

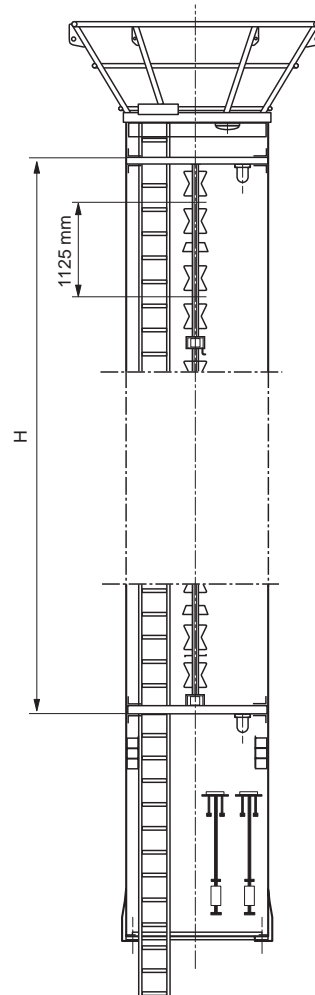


*) — ohne Nullstellenauffüllung
----- mit Nullstellenauffüllung

TV-Sendeantenne (Superturnstile) 470 – 860 MHz

- Superturnstile-Antenne in selbsttragendem Fiberglaszylinder mit 1,60 m Durchmesser.

Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	470 – 860 MHz
Welligkeit	$s < 1,05$ in den Betriebskanälen
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal
Belastbarkeit	Nach Kundenwunsch; max. 10 kW pro Ebene
Vertikales Strahlungsdiagramm	Auffüllung der Nullstellen und Absenkung der Hauptstrahlrichtung nach Wunsch.
Horizontales Strahlungsdiagramm	Rundstrahlendiagramm
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler und Umschaltfeld.
Zusammenschaltung	Die Speisung der Strahler-elemente erfolgt über koaxiale Verbindungsleitungen und Leistungskoppler. Einfache Montage und Wartung durch Verwendung von Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Aufbau	Superturnstile-Antenne in selbsttragendem Fiberglaszylinder. Bis zu 16 Ebenen können übereinander montiert werden.
Befestigung	Mit Flansch auf die Spitze vorhandener Maste.
Eisschutz	Fiberglaszylinder (= Tragkonstruktion)
Erdung	Erdung der Zylinderabdeckung über 4 Erdungsseile an der Außenseite des Zylinders.



Anzahl der Ebenen	Gewinn*		Gewicht (mit Zylinder) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
	(in Bandmitte) dB	fach			
2	7,0	5,0	400	2,25	2,8
4	10,0	10,0	800	4,5	5,5
8	13,0	20,0	1600	9,0	11,0
12	14,8	30,2	2600	13,5	16,7
16	16,0	39,8	3600	18,0	22,0

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikaldiagramm sind nicht berücksichtigt.

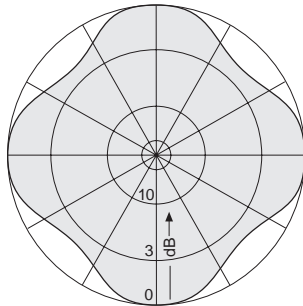
Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,5 dB

Nullstellenauffüllung: 0,3 – 1,0 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

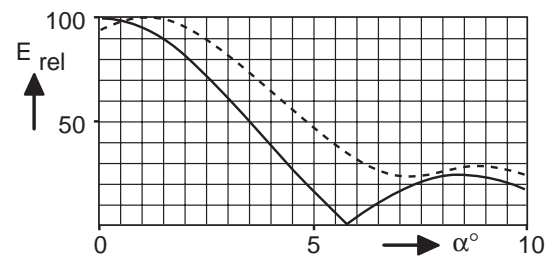
Typisches horizontales Strahlungsdiagramm (in Bandmitte)



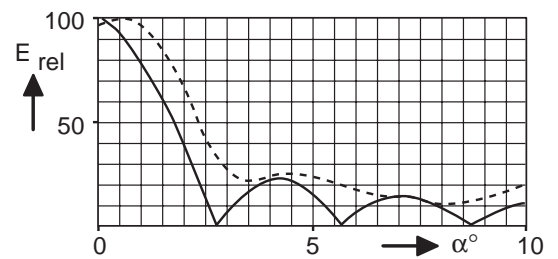
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme*) von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

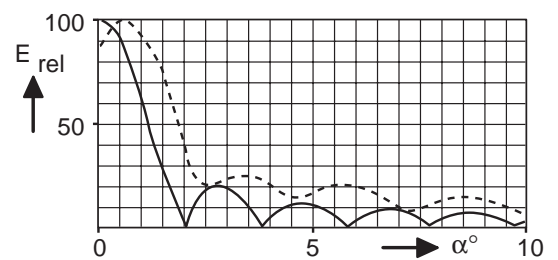
4 Ebenen



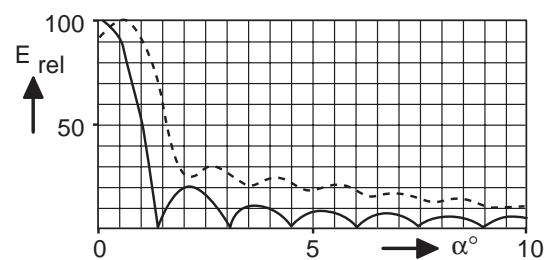
8 Ebenen



12 Ebenen



16 Ebenen

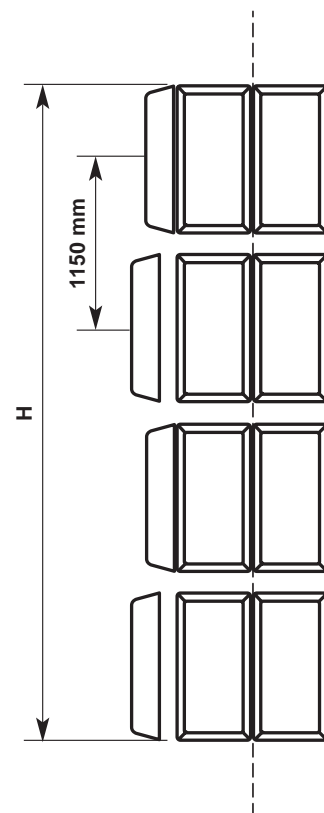


*) — ohne Nullstellenauffüllung
----- mit Nullstellenauffüllung

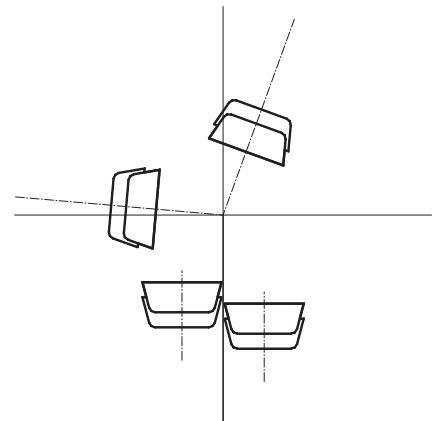
TV-Sendeantenne mit K 72 31 47 oder K 73 31 47 470 – 860 MHz

- Beispiel für Antennensystem mit Dipolfeldern K 72 31 47.

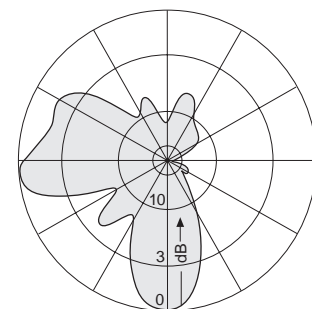
Eingang	Steckverbindungen nach IEC-, EIA- oder DIN-Norm.
Frequenzbereich	470 – 860 MHz
Welligkeit	$s < 1,05$ in einem Betriebskanal nach Abgleich oder $s < 1,1$ im ganzen Bereich.
Impedanz	50 Ω
Polarisation	Horizontal oder vertikal.
Belastbarkeit	1 kW, höhere Leistung auf Anfrage.
Strahlungsdiagramm	Die angegebenen Strahlungsdiagramme gelten für horizontale Polarisation. Bei vertikaler Polarisation treten geringfügige Abweichungen auf.
Halbantennenbetrieb	Teilung in 2 Halbantennen möglich (für Messung und Wartung). Zusammenschaltung der Halbantennen über Zweifachverteiler und Umschaltfeld.
Belüftung	Versorgung von Verteilern und Kabeln mit getrockneter Luft möglich (falls gewünscht, bei Bestellung bitte angeben).
Farbe	Lackierung der Antenne in Flugwarnfarbe auf Wunsch.
Erdung	Über die Befestigungsteile.
Max. Windgeschwindigkeit	225 km/h



Ansicht von oben



Anzahl der Ebenen	Felder pro Ebene	Gewinn*		Gewicht (ohne Befestigung) kg	Antennenhöhe H m	Windlast (v = 150 km/h) kN
		(in Bandmitte) dB	fach			
1	2	9,2	8,3	31	1,15	1,14
	3	7,6	5,8	45		1,23
	4	6,3	4,3	59		1,06
2	2	12,2	16,6	59	2,15	2,29
	3	10,6	11,5	86		2,46
	4	9,3	8,5	116		2,11
4	2	15,2	33,1	116	4,45	4,57
	3	13,6	22,9	172		5,63
	4	12,3	17,0	228		5,45



Horizontales Strahlungsdiagramm zu oben stehender Antennenanordnung

* Bezogen auf den $\lambda/2$ -Dipol. Dämpfungen der Internverkabelung und Gewinnrückgang durch Nullstellenauffüllung im Vertikalstrahlungsdiagramm sind nicht berücksichtigt.

Richtwerte für Gewinnrückgang durch

Kabeldämpfung: 0,2 – 0,4 dB

Nullstellenauffüllung: 0,2 – 0,5 dB

Die Angaben gelten jeweils für das Strahlungsmaximum entsprechend nebenstehender Abbildungen.

TV-Sendeantenne mit K 72 31 47 oder K 73 31 47 470 – 860 MHz

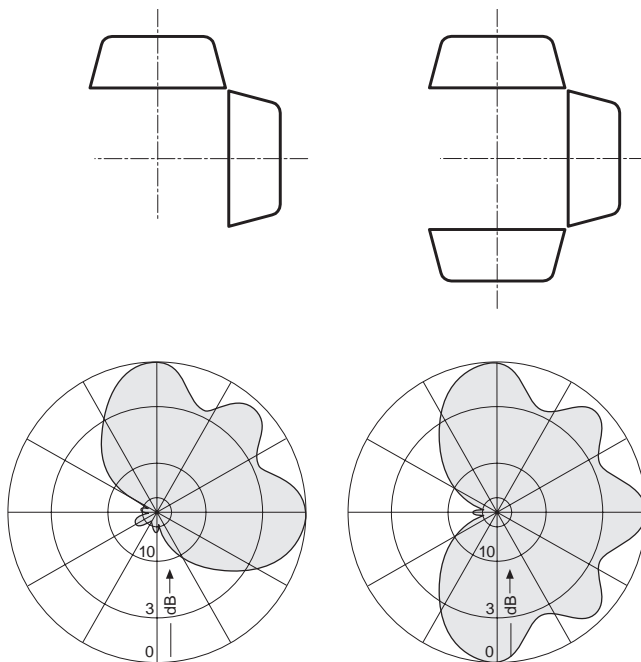
KATHREIN

Antennen · Electronic

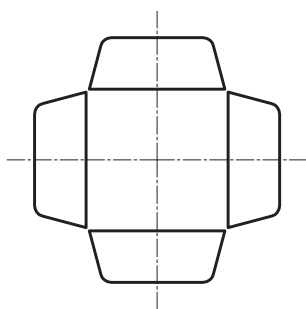
Horizontale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische horizontale Antennenanordnungen und ihre **horizontalen** Strahlungsdiagramme bei minimalen Mastabmessungen

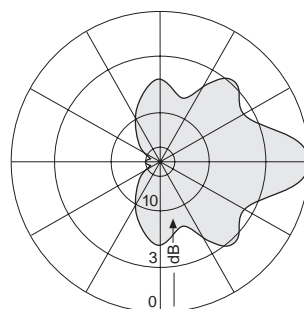
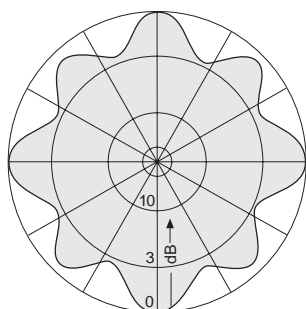
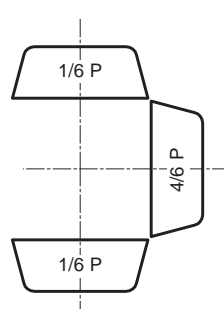
Gleiche Leistungsaufteilung



Gleiche Leistungsaufteilung



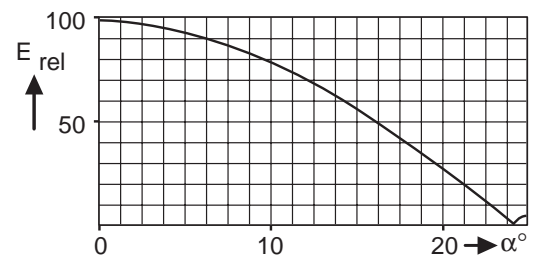
Unterschiedliche Leistungsaufteilung



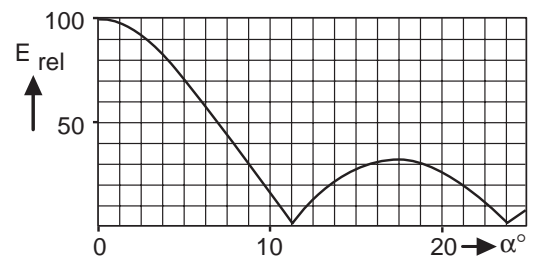
Vertikale Strahlungsdiagramme

Beispiele für typische **vertikale** Strahlungsdiagramme von mehreren Ebenen identischer Antennenanordnungen übereinander

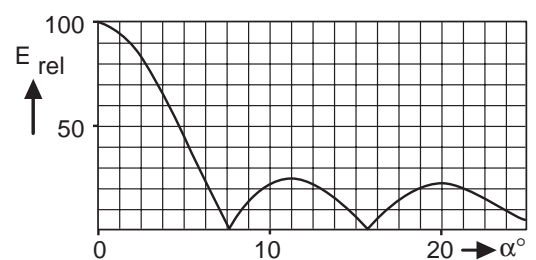
1 Ebene



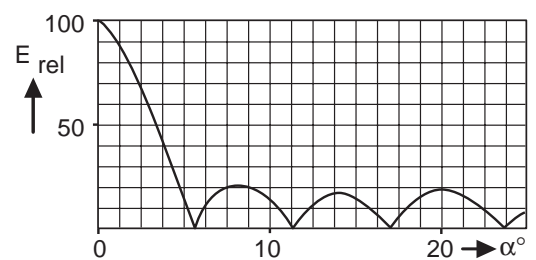
2 Ebenen



3 Ebenen



4 Ebenen



Antennengewinn

Der Gewinn einer Antennengruppe beschreibt die Erhöhung des Signalpegels in der Hauptstrahlrichtung, die durch Reduktion der Strahlungsdichte in anderen Raumrichtungen und Umschichtung zur Hauptkeule zustande kommt. Meist wird der Gewinn von Rundfunksendantennen durch Erhöhung der Ebenenzahl (durch Vergrößerung der Bauhöhe wird eine schmalere Hauptkeule im Vertikaldiagramm erzeugt) vergrößert.

Bei azimutalen Richtdiagrammen wird durch Reduktion oder Unterdrückung die Strahlungsdichte in Azimutsektoren verkleinert und die „eingesparte“ Energie in die gewünschten Versorgungsrichtungen geleitet. Auch dadurch ergibt sich eine Erhöhung des Antennengewinns.

Bei der Berechnung des Antennengewinns müssen die Verluste in den Kabeln des Speisernetzwerkes und den Verteilern berücksichtigt werden.

Absenkung der Hauptkeule bei Mehrebenenantennen

Wenn Sendeantennen gegenüber der Umgebung erhöht montiert werden, kann die Feldstärke im Versorgungsbereich durch Absenken der Hauptkeule des Vertikaldiagramms erhöht werden. Einzelantennen werden mechanisch nach unten gekippt, um die Hauptkeule nach unten zu schwenken.

Bei Antennengruppen wird die Absenkung durch eine geeignete Phasenbelegung erzeugt.

Impedanzabstimmung

Die niedrige Welligkeit eines wirklich guten Antennensystems wird durch die gleichzeitige Anwendung folgender Prinzipien erreicht:

- sorgfältige Entwicklung und Produktion der Bauteile
- optimale Systemplanung
- fachgerechte Installation.

Abstimmereinheiten ermöglichen es, die Welligkeit von gut aufgebauten Antennensystemen in den Betriebskanälen zu optimieren, können aber nicht den Einfluss schlechter Bauteile breitbandig ausgleichen.

Bedeutung des Mastquerschnitts beim Aufbau von Antennengruppen

Die Strahlungscharakteristik einer Gruppe von Dipolfeldern wird bestimmt durch die Positionierung und Ausrichtung der Felder und die Speisung mit HF-Energie unterschiedlicher Amplitude und Phase.

Deshalb sind genaue Angaben über Größe und Orientierung des Antennenträgers zur Optimierung der Antennengruppen unbedingt notwendig. Zur Erzeugung guter Rundstrahlendiagramme sollte der Querschnitt des Antennenträgers kleiner als eine Wellenlänge sein.

Meßtrennstücke

Bei Antennensystemen mit dickeren Speisekabeln ist es notwendig Teile des Speisesystems zu demontieren, bevor Meßgeräte angeschlossen werden können. In diesem Fall wird dringend empfohlen, sog. „Meßtrennstücke“ zwischen Speiseleitung und Eingang des Antennensystems einzufügen. Mit deren Hilfe können die Meßgeräte einfach angeschlossen werden.

Impedanzkompensation

Bei breitbandigen Antennensystemen kann die Anpassung der einzelnen Dipolfelder durch Verkopplung, Vereisung und benachbarte Hindernisse gestört werden. Es ist daher notwendig das Speisernetzwerk so aufzubauen, dass Reflexionen möglichst schon innerhalb des Antennensystems ausgelöscht werden und die reflektierten Signale nicht am Eingang des Antennensystems auftauchen.

Diese Technik wird als Impedanzkompensation bezeichnet.

Nullstellenauffüllung

Bei Antennengruppen, die aus mehreren übereinander angeordneten Dipolfeldern bestehen, treten im Vertikaldiagramm tiefe Nullstellen auf, wenn alle Strahler mit gleicher Amplitude und Phase gespeist werden. Für eine gute Versorgung ist es wichtig, diese Nullstellen aufzufüllen.

Bei TV-Sendeantennen genügt es nicht, die Nullstellen nur bis zum Erreichen der Mindestfeldstärke aufzufüllen.

Um Geisterbilder zu vermeiden muss durch großzügiges Auffüllen der Nullstellen dafür gesorgt werden, dass das direkte Signal größer als irgendein reflektiertes Signal ist.

Bei Antennengruppen gibt es drei Möglichkeiten zur Erzeugung einer Nullstellenauffüllung:

- mechanisches Absenken einzelner Dipolfelder
- nicht-lineare Phasenverteilung des Speisernetzwerkes
- ungleiche Amplitudenverteilung des Speisernetzwerkes

Die HF-Leistung zum Auffüllen der Nullstellen muss aus der Haupkeule entnommen werden. Deshalb wird der Gewinn eines Antennensystems durch eine Nullstellenauffüllung um 0,5 bis 1,5 dB reduziert.

Polarisation

Die Polarisation ist durch die Ausrichtung des elektrischen Feldstärkevektors definiert. Bei Dipolfeldern, Yagi- und Log.-per.-Antennen ist die Polarisationsrichtung gleich der Dipolrichtung.

Das von einem Antennensystem erzeugte elektrische Feld kann in eine horizontale und in eine vertikale Komponente zerlegt werden. Wenn nur eine der beiden Komponenten existiert, so spricht man von horizontaler oder vertikaler Polarisation.

Wenn beide Komponenten von Null verschieden aber nicht in Phase sind, so ergibt sich eine elliptische Polarisation.

Wenn beide Komponenten von Null verschieden und in Phase sind, so ist die Polarisation schräg. Wenn ein Antennensystem eine horizontale und eine vertikale Feldstärke mit gleicher Amplitude und einer Phasendifferenz von genau 90° erzeugt, so ist dies eine zirkulare Polarisation.

Leistungsbelastbarkeit

Normalerweise wird der Mittelwert (CW-Wert) der maximalen zulässigen Leistungsaufnahme von Bauteilen angegeben.

Die maximale, mittlere Ausgangsleistung eines TV-Senders tritt bei Übertragung von Schwarzbild auf, und entspricht etwa 70 % der Spitzenleistung, die während des Synchronpulses gesendet wird.

Halbantennenbetrieb von Antennensystemen

Viele Antennensysteme sind in eine untere und eine obere Halbantenne geteilt, die auch einzeln betrieben werden können.

Bei diesem Aufbau ist es möglich mit einer Antennenhälfte den Sendebetrieb fortzusetzen, während an der anderen Hälfte Wartungs- oder Malerarbeiten durchgeführt werden.

Der Signalpegel bei Halbantennenbetrieb ist 6 dB kleiner als im Normalbetrieb, wenn die Halbantenne mit der halben Senderleistung gespeist wird.

Wenn die Halbantenne mit der vollen Senderleistung gespeist werden kann, so reduziert sich der Signalpegel nur um 3 dB.

Die Umschaltung kann schnell und einfach im Sendergebäude durchgeführt werden, wenn dort ein Umschaltfeld und zwei Speisekabel installiert wurden.

Andernfalls muss der Mast bestiegen werden, um die Umschaltung am Antenneneingang durchzuführen.

Im Vortrag und in dieser Textfassung wurden auszugsweise Texte verwendet und wiedergegeben von:

Dipl. Ing. Peter Scholz, KATHREIN-Werke KG

Prof. H. Meinke und Prof. F.W. Gundlach

Dr.-Ing. Harry Zuhrt

Dr.-Ing. O. Gotthard

Diverse Aufsätze

Taschenbuch der Hochfrequenztechnik

Elektromagnetische Strahlungsfelder

FM- und TV-Sendeantennensysteme