

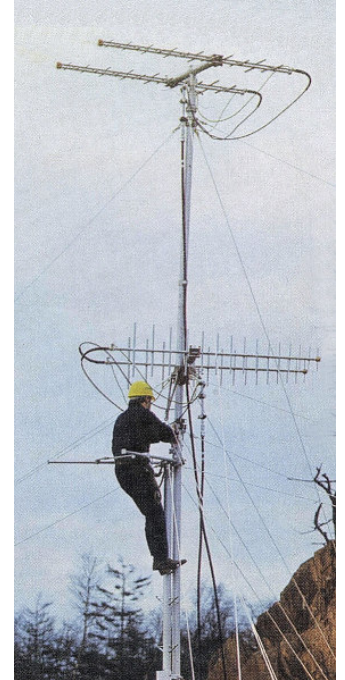
## Richtfunkantennen aus Radeberg

### Einordnung und Grundlagen

Die zuerst ins Auge fallenden Teile einer Richtfunkanlage sind zweifellos die Antennen. Als Richtfunkantennen realisieren sie die Verbindung von Richtfunkgeräten untereinander über Funkfelder. Die Entwicklung und Fertigung von zur Gerätetechnik passenden Antennen gehörte zum Geschäftsfeld Richtfunktechnik des Betriebes.

Richtfunkantennen dienen zur gerichteten Abstrahlung und zum gerichteten Empfang von Funksignalen im Bereich hoher Frequenzen. Durch die Richtwirkung der Antenne wird ein größerer Anteil der abgestrahlten Leistung dem Empfänger zugeführt. Dadurch kann entweder eine längere Strecke überbrückt oder über ein Funkfeld vorgegebener Länge die Güte der Übertragung verbessert werden, da der höhere Signalpegel am Empfänger eine wirksamere Unterdrückung der Störungen und Schwunderscheinungen ermöglicht. Damit verbunden ist eine Verringerung der Gefahr von Störungen durch Nachbarlinien und eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Frequenzen.

Es ist die Regel, dass Richtfunkstrecken gleichzeitige Übertragungswege in Hin- und Rückrichtung zur Verfügung stellen. Sende- und Empfangskanal verwenden unterschiedliche Frequenzen und werden jeweils mit anderer Polarisierung (horizontal, vertikal) betrieben. In vielen Anwendungen sind jeweils eine Sende- und eine Empfangsantenne auf jeder Seite der Richtfunkstrecke vorhanden. Bei einigen Systemen ermöglichen Antennenweichen den Einsatz einer Antenne für Senden und Empfangen auch in der gleichen Polarisierung. Funkfeldlängen liegen bei 50 km, Richtfunklinien können bis zu 2500 km lang sein.



### Generationen der Richtfunktechnik

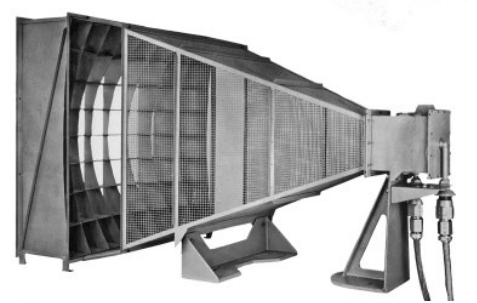
Man begann in Radeberg erst von den Generationen der Richtfunktechnik zu sprechen, als die dritte entwickelt wurde. Die **erste Generation** der mit Elektronenröhren bestückten Richtfunkgeräte reichte etwa bis 1975 und endete mit RVG 961. Gestellbauweise, Sender und Oszillatoren mit Scheibentrioden bzw. Wanderfeldröhren und Parabolantennen mit Ankopplung über Koaxialkabel kennzeichneten diese Gerätegeneration.

Die mit Halbleitern bestückte **zweite Generation** begann 1965 mit RVG 950. Der technische Höhepunkt der zweiten Generation war das Breitband-Einheitssystem, das durch ein Schmalband-Einheitssystem ergänzt wurde. Mit diesen Systemen hatte die Richtfunktechnik in Radeberg ihre größte Komplexität erreicht. Es wurde eine bedeutende Verminderung von Volumen und Energieaufnahme bei wesentlich gesteigerter Zuverlässigkeit der Geräte erreicht und insbesondere unbemannter Betrieb der Anlagen ermöglicht. Hornparabol- und andere Antennentypen mit Ankopplung über Hohlleiter sind charakteristisch für diesen Zeitabschnitt.

Die **dritte Generation** der Richtfunktechnik hat noch weitere Akzente in Richtung auf die Senkung des Fertigungsaufwandes und die Einführung gänzlich neuer Technologien gesetzt. In der Entwicklung vollzog sich ab 1979 der Übergang von der analogen zur digitalen Übertragungstechnik. Frequenzmodulation wurde durch Pulscodemodulation abgelöst, Hohlleiter- durch koaxiale Technik in Sendern, Empfängern, Frequenzweichen und Antennenleitungen ersetzt, HF-Schaltungen wurden auf Keramik-Flachstrukturen realisiert, hierfür eine eigene Fertigungslinie aufgebaut und die Vertikalbauweise des BES rationell weiterentwickelt.

### Antennen der ersten Generation

Die ersten Richtfunkstrecken wurden u.a. auch unter Verwendung von **Linsenantennen** realisiert. Diese Antennen ermöglichen den Betrieb mit vertikaler und horizontaler Polarisierung. Nachstehend genannter PDF-Beitrag enthält Ausführungen zu diesem Antennentyp:



Werner Thote: **Die Dezimeterlinie Berlin-Dresden 1949**,  
Niederschrift 2020, 7 Seiten (10 MB)

**Parabolantennen** hatten sich durchgesetzt. Sie bestehen aus einem metallischen Hohlspiegel und einem als Primärstrahler im Brennpunkt angebrachten Dipol. Die Ausformung des Hohlspiegels als Rotationsparaboloid ergibt sich aus der mathematischen Funktion einer Parabel. Bei Verwendung als Sendeantenne wird die Strahlung des Dipols mittels eines kleinen metallischen Reflektors auf den Parabolspiegel gerichtet und durch den Parabolspiegel in dessen Achsrichtung gebündelt. Die Bündelung des Strahlers ist um so besser je größer die geometrischen Abmessungen des Parabolspiegels im Verhältnis zur Wellenlänge sind. Sie wird hinsichtlich der Leistungsübertragung durch den Gewinn und hinsichtlich der Form der Hauptstrahlungskeule durch die Halbwertsbreite charakterisiert. Weitere Ausführungen zu diesem Antennentyp unter [...de.wikipedia.org/wiki/Parabolantenne](https://de.wikipedia.org/wiki/Parabolantenne)

Die Spiegel der ersten Generation waren für den Frequenzbereich bis 2 GHz ausgelegt und wurden mit Durchmesser von 1,5 m, 2,5 m und 4 m zuerst aus Stahl und später aus Aluminium gefertigt. Der 1,5 m-Spiegel wurde gedrückt, die beiden größeren aus Blechsegmenten, die man auf einen Rahmen nietete, hergestellt. Dabei war der 4 m-Spiegel zum besseren Transport teilbar ausgeführt.

Bei den kleineren Spiegeln entstehen durch die physikalischen Gegebenheiten Nebenkeulen, die durchaus stören können. Durch Wahl eines geänderten Ausschnittes mit einer angenäherten  $\cos^2$ -förmigen Öffnungsfläche kann dieser Effekt reduziert werden. Im Katalog von 1967 wurden deshalb für den 1,5-m-Spiegel ansetzbare Fortsätze und für den 2,5-m-Spiegel die Fertigung getrennter Spiegel mit Kreis- und angenäherte  $\cos^2$ -Apertur angeboten. Zum Einsatz sind ausschließlich Kreisaperturen gelangt.

Für alle Antennen konnten Befestigungen für die Montage an einer Wand, auf einer Plattform oder an einem Mast bzw. Turm geliefert werden. In der folgenden Tabelle sind Prospektangaben zur Masse für die Wandbefestigung enthalten.



Abbildung: Parabolantenne 4m für Montage auf einer Plattform

Antenne	Frequenz	Richtfunkgerät	Anschluss	Gewinn	Halbwert	Masse
Parabol 1,5 m	1,20 - 1,40 GHz	RVG 902/903	70 Ohm	> 21,6 dB		39 kg
Parabol 1,5 m	1,52 - 1,64 GHz	RVG 904/908	70 Ohm	> 24,3 dB	< 13°	39 kg
Parabol 1,5 m	1,79 - 2,00 GHz	RVG 924	60 Ohm	> 25,6 dB	< 11°	39 kg
Parabol 1,5 m	2,45 - 2,70 GHz	RVG 934	60 Ohm	> 28,8 dB	< 8°	39 kg
Parabol 1,5 m	2,10 - 2,30 GHz	RVG 935	60 Ohm	> 25,6 dB	< 6°	39 kg
Parabol 1,5 m	1,61 - 1,79 GHz	RVG 955	70 Ohm	> 25,2 dB	< 11°	39 kg
Parabol 2,5 m	1,20 - 1,40 GHz	RVG 902/903	70 Ohm	> 26,8 dB		140 kg

Antenne	Frequenz	Richtfunkgerät	Anschluss	Gewinn	Halbwert	Masse
Parabol 2,5 m	1,52 – 1,64 GHz	RVG 904/908	70 Ohm	> 28,8 dB	< 8°	140 kg
Parabol 2,5 m	1,79 – 2,00 GHz	RVG 924	60 Ohm	> 25,6 dB	< 6°	140 kg
Parabol 2,5 m	2,45 – 2,70 GHz	RVG 934	60 Ohm	> 33,2 dB	< 5°	140 kg
Parabol 2,5 m	2,10 – 2,30 GHz	RVG 935	60 Ohm	> 31,7 dB	< 6°	140 kg
Parabol 2,5 m	1,61 – 1,79 GHz	RVG 955	60 Ohm	> 29,6 dB	< 9°	140 kg
Parabol 4 m	1,52 – 1,64 GHz	RVG 934	60 Ohm	> 32,8 dB	< 5°	350 kg
Parabol 4 m	2,10 – 2,30 GHz	RVG 935	70 Ohm	> 37,2 dB	< 2,7°	350 kg
Parabol 4 m	2,10 – 2,30 GHz	RVG 955	70 Ohm	> 35,7 dB	< 3,6°	350 k

Gemeinsame Parameter aller Positionen sind:

Anschluss: Koaxialkabel

Polarisation: Horizontal oder Vertikal

Temperaturbereich: - 55 bis +55 °C

Windgeschwindigkeit: bis zu 200 km/h

### Antennen der zweiten Generation

Für die Richtfunkgeräte RVG 950, FM 24-400 und später auch PCM10-400 wurden der **Frequenzbereich unterhalb 500 MHz** genutzt, das erforderte die Verwendung spezieller Antennen. Die genannten Richtfunkgeräte verfügen jeweils im Senderausgang und Empfängereingang über Frequenzweichen, so dass Senden und Empfangen auf einer gemeinsamen Antenne in der gleichen Polarisation möglich ist, wenn der Frequenzabstand mindestens 10 MHz beträgt.

Die **Wendelantenne** war für den stationären Einsatz vorgesehen und wurde mit Wand-, Ständer- oder Mastbefestigung geliefert. Sie besteht aus einem mit Metallband umwickelten Kunststoffrohr, über dem ein zweites konisches Kunststoffrohr angebracht ist, sowie einem quadratischen metallischen Reflektor. Weitere Ausführungen zu diesem Antennentyp unter [...de.wikipedia.org/wiki/Wendelantenne](https://de.wikipedia.org/wiki/Wendelantenne)

In der Ausführung als **Doppel-Wendelantenne** sind zwei gleiche, gleichphasig parallelgeschaltete Einzelwendel nebeneinander im Abstand von 1,0 bis 1,5 m angeordnet.

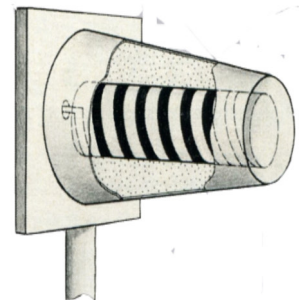


Abbildung: Wendelantenne, Abmessungen (H\*B\*T): ca.0,70 \* 0,70 \* 1,12 m

Die **logarithmisch-periodische Dipolantenne LPDA** war vorwiegend für den mobilen Einsatz bestimmt und dafür mit einer speziellen Masthalterung versehen. Es wurden vorwiegend gestockte Paare aus zwei gleichen gleichphasig parallelgeschalteten Antennen eingesetzt. Jede dieser Antennen wird aus einem Träger und darauf angeordneten 11 Dipolen gebildet, deren Länge und Abstand sich in Wirkungsrichtung verringert. Ausführungen zu diesem Antennentyp unter [...de.wikipedia.org/wiki/Logarithmisch-periodische\\_Antenne](https://de.wikipedia.org/wiki/Logarithmisch-periodische_Antenne).

Die **Titelabbildung** dieser Seite zeigt Arbeiten an gestockten Antennen, im Bild in horizontaler (oben) und vertikaler (unten) Polarisation.

Antenne	Frequenz	Richtfunkgerät	Anschluss	Polarisation	Gewinn	Halbwert	Masse
Wendel-	320-470 MHz	RVG 950	6/16 60 Ohm	Circular	> 10 dB	< 30	15 kg
Doppel-Wendel-	320-470 MHz	RVG 950	6/16 60 Ohm	Circular	> 13 dB	< 20	30 kg
LDPA	320-470 MHz	RVG 950; FM 24-400	7/16 50 Ohm	Hor. od. Vertikal	> 10 dB	< 30	5 kg
LDPA, gestockt	320-470 MHz	RVG 950; FM 24-400	7/16 50 Ohm	Hor. od. Vertikal	> 13 dB	< 30	11 kg

Gemeinsame Parameter aller Positionen sind:

Anschluss: Koaxialkabel 60 Ohm

Temperaturbereich: - 55 bis +80 °C

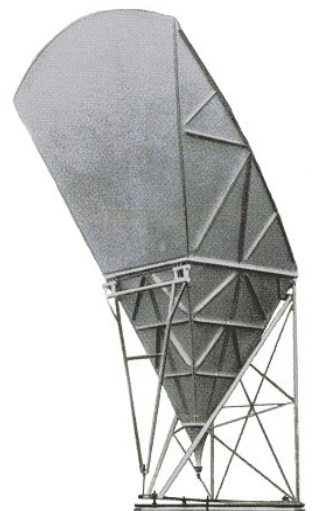
Windgeschwindigkeit: bis zu 220 km/h

Mit der 1959 begonnenen Entwicklung des Richtfunkgerätes RVG 958 wurde die Nutzung des **4 GHz-Frequenzbereiches** eingeleitet. Die Verbindung zwischen Richtfunkgerät und Antenne erfolgt über Hohlleiter, da Koaxialkabel in diesem Frequenzbereich eine zu hohe Dämpfung aufweisen.

Die **Hornparabolantenne** erreichte einen hohen Antennengewinn und ein gutes Richtdiagramm. Bei dieser Antenne erweitert sich ein Hohlleiter zu einem Trichter, der im Sendebetrieb schließlich den Ausschnitt eines Parabolspiegels anstrahlt. Dieser bündelt die Wellen und strahlt sie durch eine Abdeckung hindurch zur Gegenstation. Mit dieser Antenne kann voneinander unabhängig zur gleichen Zeit mit horizontaler und vertikaler Polarisation gesendet und empfangen werden. Dazu ist eine Polarisationsweiche am Hohlleiteranschluss erforderlich, von der aus die beiden Polarisations Ebenen durch getrennte Hohlleiter geführt werden.

Die Antenne ist luftdicht verschlossen. Wegen des großen Luftvolumens im Inneren können sich bei Abkühlungen beachtliche Mengen Kondenswasser bilden und in den Hohlleiter gelangen, was zur Unterbrechung der Wellenleitung führen würde. Zum Betrieb der Antenne muss deshalb eine aufwendige Luftentfeuchtungsanlage (z.B. LE462) eingesetzt werden. Bei Verwendung der Wandbefestigung ist der Betrieb auch in Kehrlage (mit Hohlleiteranschluss oben) möglich und dann reicht eine Belüftung der Hohlleiter aus.

Abbildung: Hornparabolantenne mit Ständerbefestigung, Abmessungen (H\*B\*T): ca.5,80 \* 3,90 \* 3,05 m



Die **exzentrisch erregte Parabolantenne** stellte in Einsatzfällen, bei denen die Parameter der Hornparabolantenne nicht zwingend erreicht werden mussten, eine ökonomische Lösung dar. Der Hohlspiegel dieser Antenne ist ein kreisförmiger exzentrischer Ausschnitt aus einem Rotationsparaboloiden. Im Brennpunkt befindet sich ein elektrisch offener Hohlleiter als Primärstrahler. Auch mit dieser Antenne kann voneinander unabhängig zur gleichen Zeit mit horizontaler und vertikaler Polarisation gesendet und empfangen werden.

Abbildung: Labormuster exzentrisch erregte Parabolantenne, Abmessungen (H\*B\*T): ca.1,75 \* 1,42 \* 1,41 m



Eine **3,5 m-Parabolantenne** für den Frequenzbereich um 4 GHz entstand mit der Entwicklung des Breitbandeinheitssystems (BES) in den Jahren bis 1974. Diese im Aufwand gegenüber der Hornparabolantenne wesentlich einfachere axialsymmetrische Antenne erhielt ein nach aktuellen Erkenntnissen dimensioniertes Erregersystem mit Hohlleiterspeisung und integrierter Polarisationsweiche und kann damit bis zu drei Breitband-Sende- und Empfangskanäle und einen Schmalband-Sende und Empfangskanal zur Verfügung stellen. Die Antenne war in offener und geschlossener Ausführung lieferbar, bei der offenen Ausführung konnten zur Verbesserung der Richtdämpfung zusätzlich seitliche Abschirmungen angebracht werden. Bei der geschlossenen Ausführung decken kunststoffbeschichtete Gewebekappen die Parabolspiegel ab.

**Zwillingsantennen** als Parallelschaltung von zwei 3,5 m-Parabolantennen in offener Bauform und montiert auf einer Traverse wurden für Funkstellen mit langen Antennenzuleitungen oder Funkfelder mit ungünstigen Schwundverhalten eingesetzt.

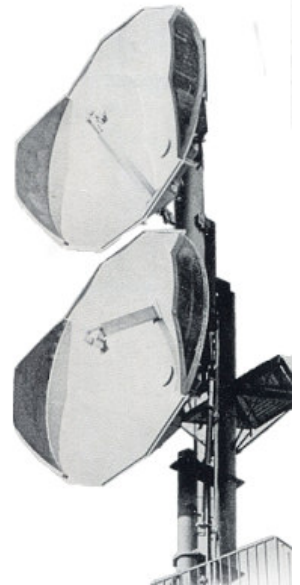


Abbildung: Zwillings-Parabolantenne

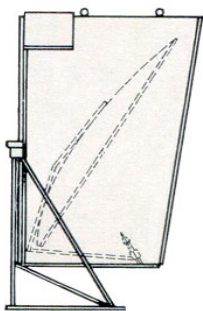
Für das Breitband-Einheitssystem sollte auch der **11 GHz-Frequenzbereich** genutzt werden. Hierfür wurden eine Parabolantenne und eine Gehäuseantenne entwickelt. Dabei wurde erstmalig Kunststoffspiegel eingesetzt, weil sich damit die bei dieser kurzen Wellenlänge geringen zulässigen Toleranzen der Spiegeloberfläche realisieren ließen, was damals mit Blechspiegeln nicht beherrscht wurde.

Die **2,5 m-Parabolantenne** besteht aus einem glasfaserverstärkten Epoxidharzspiegel, dem Aluminiumstreben zur Gewährleistung der mechanischen Festigkeit einlaminieren sind. Die elektrisch leitende Spiegeloberfläche wird durch Aufspritzen einer Metallschicht erzeugt. Diese Antenne arbeitet als Doppelspiegelantenne nach dem von Fernrohren her bekannten **Cassegrainprinzip** mit einem hohlleitergespeisten Hornstrahler und einem hyperbolischen Hilfsspiegel. Die Antenne kann wahlweise in einer oder - durch Einsatz einer Polarisationsweiche - zwei Polarisationsebenen betrieben werden. Zur Verringerung der Nebenstrahlung ist der Hauptreflektor mit einem Abschirmzylinder versehen, auf dem eine Antennenabdeckung aus Glasfaserlaminat montiert ist, die durch Infrarotstrahler geheizt werden kann.

Diese Parabolantenne ist in Verbindung mit den verschiedenen Halterungen in vertikaler und horizontaler Ebene über einen großen Bereich schwenkbar und damit auch für den Einsatz in Periskopsystemen geeignet. Dabei werden Umlenkspiegel an hohen Masten angestrahlt und damit kann auf lange Antennenleitungen mit ihren hohen Verlusten verzichtet werden.



Abbildung: 2,5 m-Parabolantenne, ausgerichtet auf einen Umlenkspiegel



Die **2,5 m-Gehäuseantenne** ist für die Anwendung in klimatisch stark belasteten Gegenden geschaffen worden. Ein exzentrischer 2,5 m-Spiegel ist in ein elektrisch abgeschirmtes Gehäuse, das mit einer heizbaren wellendurchlässigen Platte abgedeckt ist, eingebaut. Der Spiegel sowie die Gehäuseseitenteile sind in Sandwichbauweise aus Papierwaben mit glasfaserverstärkten Epoxidharzdeckschichten hergestellt. Auch diese Antenne kann wahlweise in einer oder - bei Einsatz einer Polarisationsweiche - zwei Polarisationssebenen betrieben werden. Diese Antenne ist im Richtfunknetz der Deutschen Post nicht eingesetzt worden.

Abbildung: Skizze der Gehäuseantenne, Abmessungen (H\*B\*T): ca. 3,60 \* 2,82 \* 2,14 m

Antenne	Frequenz	Richtfunkgerät	Anschluss	Gewinn	Halbw.	Masse
Hornparabol 3,5m	3,39 – 3,90 GHz	RVG 958/960	PDR 40	> 38,9 dB	< 0,9°	1000 kg
Exzentrisch Parabol 1,5 m	3,40 – 3,90 GHz	RVG 958/960	PRD 40	> 31 dB	< 5°	70 kg
Exzentrisch Parabol 1,5 m	3,90 – 4,20 GHz	RVG 961	PRD 40	> 31 dB	< 5°	70 kg
Exzentrisch Parabol 1,5 m	10,7 – 11,7 GHz	BES	PRD 100	> 39,5 dB	< 3°	70 kg
Parabol 3,5 m	3,39 – 3,90 GHz	BES	PRD 40	> 39,5 dB	< 1,4°	750 kg
Zwilling Parabol 3,5 m	3,39 – 3,90 GHz	BES	PRD 40	> 42 dB	< 0,6°	1150 kg
Parabol 2,5 m	10,7 – 11,7 GHz	BES	PRD 100	> 45 dB	< 0,8°	360 kg
Gehäuseantenne 2,5 m	10,7 – 11,7 GHz	BES	PRD 100	> 46 dB	< 0,8°	1000 kg

Gemeinsame Parameter aller Positionen sind:

Anschluss: Hohlleiter

Polarisation: Horizontal und Vertikal

Temperaturbereich: - 55 bis +80 °C

Windgeschwindigkeit: bis zu 220 km/h

### Antennen der dritten Generation

Mit den **Brennringantennen** wurde für das Richtfunksystem PCM 120-1800/2000 eine Reihe leistungsstarker Antennen entwickelt. Diese Antennen arbeiten als Doppelspiegelantenne nach dem von Fernrohren her bekannten **gregorianischen Prinzip** mit einem Erregersystem im Zentrum des Hauptspiegels und einem axialsymmetrisch davor angeordneten Hilfsspiegel. Die besondere Ausführung dieses Hilfsspiegels - ein Rotationsellipsoid, das durch die Rotation eines Teilstücks einer schräg zur Symetrieachse gedachten Ellipse beschrieben wird - bewirkt, dass anstelle eines Brennpunktes ein Brennring entsteht. Auch der Hauptspiegel ist so korrigiert, dass anstelle des Brennpunktes ein zum Hilfsspiegel passender Brennring vorhanden ist.

Antennen nach diesem Prinzip wurden in den Abmessungen von 1,75 m, 2,5 m und 3,5 m Durchmesser gefertigt. Für die Parabolspiegel aus Aluminiumblech nutzte man ein hydraulisches Tiefziehverfahren. Damit wurde eine hohe Genauigkeit erzielt, so dass der Einsatz des 2,5 m-Spiegels bis 12 GHz und des 3,5 m-Spiegels bis 8 GHz gegeben war.



Abbildung: 3,5 m-Brennringantenne, Abmessungen (H\*B\*T): ca.3,60 \* 2,82 \* 2,14 m

Antenne	Frequenz	Richtfunkgerät	Anschluss	Gewinn	Halbwert	Masse
Brennring 1,75 m	1,9 – 2,1 GHz	PCM 120-2000	Koax	> 29,5 dB	< ?	? kg
Brennring 2,5 m	1,9 – 2,1 GHz	PCM 120-2000	Koax	> 32,5 dB	< ?	? kg
Brennring 3,5 m	1,9 – 2,1 GHz	PCM 120-2000	Koax	> 35,5 dB	< ?	? kg
Brennring 3,5 m	3,4 – 3,9 GHz	BES	PRD 40	> 40,5 dB	< ?	?

Gemeinsame Parameter aller Positionen sind:

Polarisation: Horizontal und Vertikal

Temperaturbereich: - 55 bis +50 °C

Windgeschwindigkeit: bis zu 220 km/h