

# Das Hohlleitersystem bei PITZ

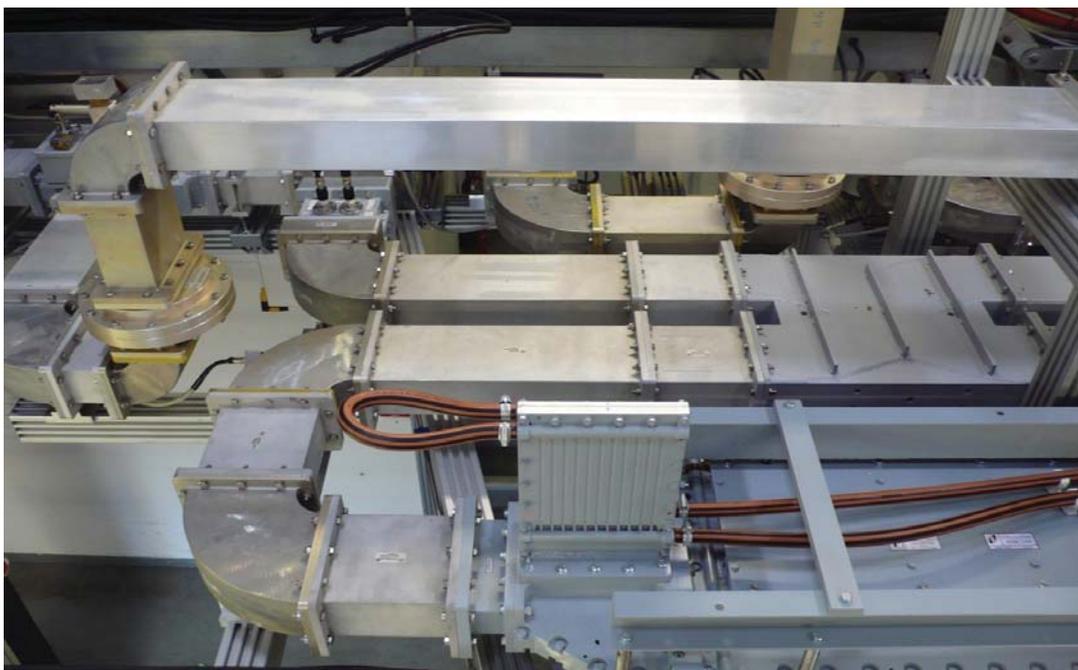
Technisches Seminar

Zeuthen, 20. März 2011

Lutz Jachmann

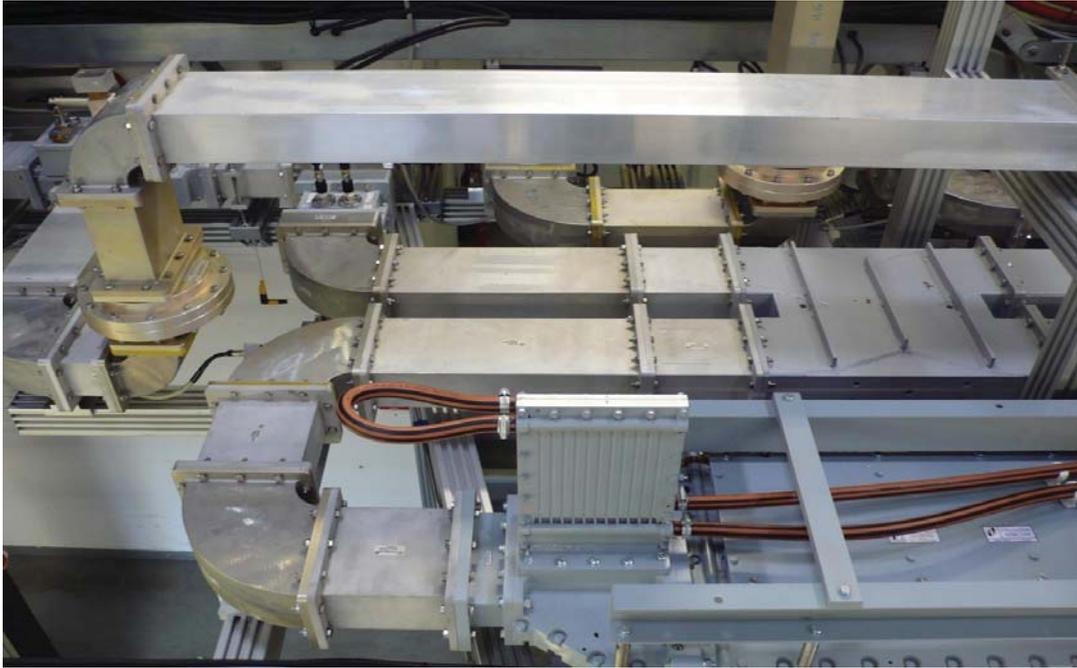
## Einleitung

Ausschnitt aus dem Hohlleitersystem in der Klystronhalle



# Einleitung

Die Gesamtlänge der für PITZ installierten Hohlleiter beträgt 134m.



# Gliederung

- **Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?**
- **Funktionsweise von Rechteckhohlleitern**
- **Das WR-650 Hohlleitersystem**
- **Spezialbaugruppen**
- **Zusatzsysteme**
- **Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem**

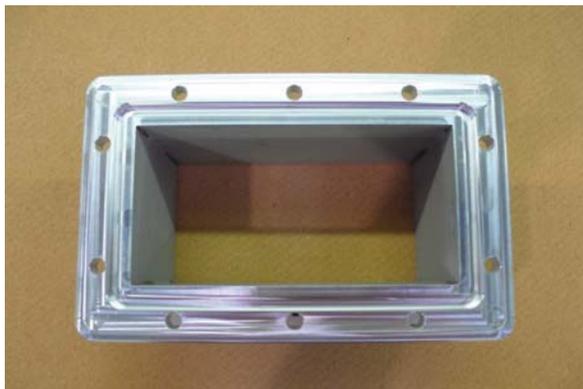
# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?

- **Verlustarmer Transport von Hochfrequenzenergie im GHz-Bereich von einer Quelle zu einer Senke**
- **Verbindung von Baugruppen**
  - Messeinrichtungen
  - Schutzeinrichtungen
  - Steuerungseinrichtungen
  - Sonstige Baugruppen

# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?

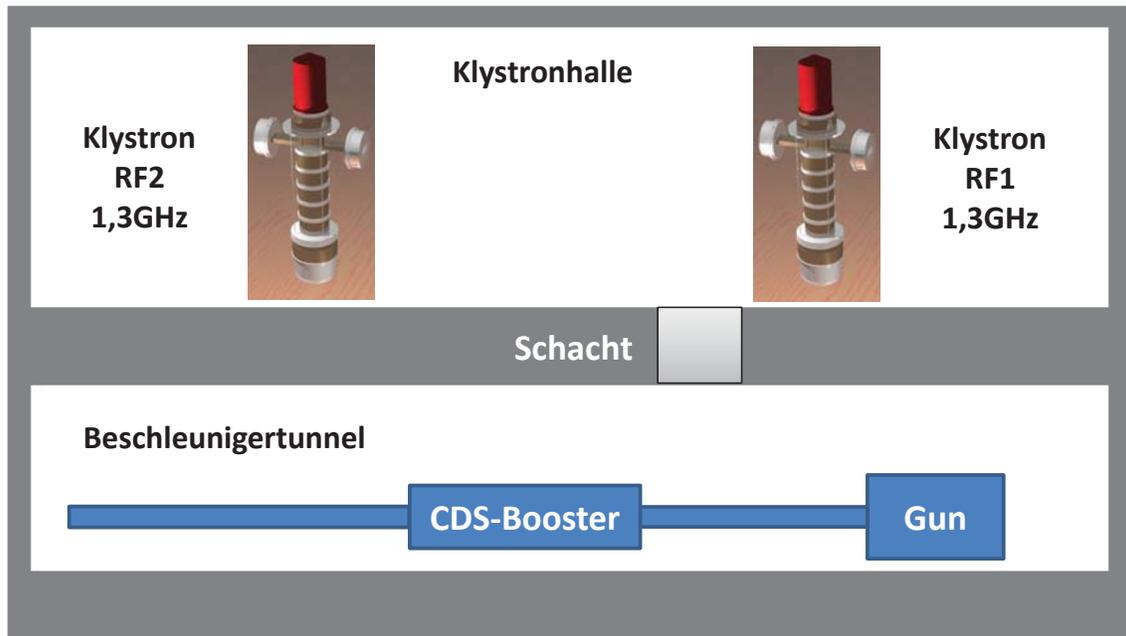


**Koaxialkabel**  
**Cellflex LCF78-50JFN**  
**0,0445 dB/m bei  $f = 1,25\text{GHz}$**

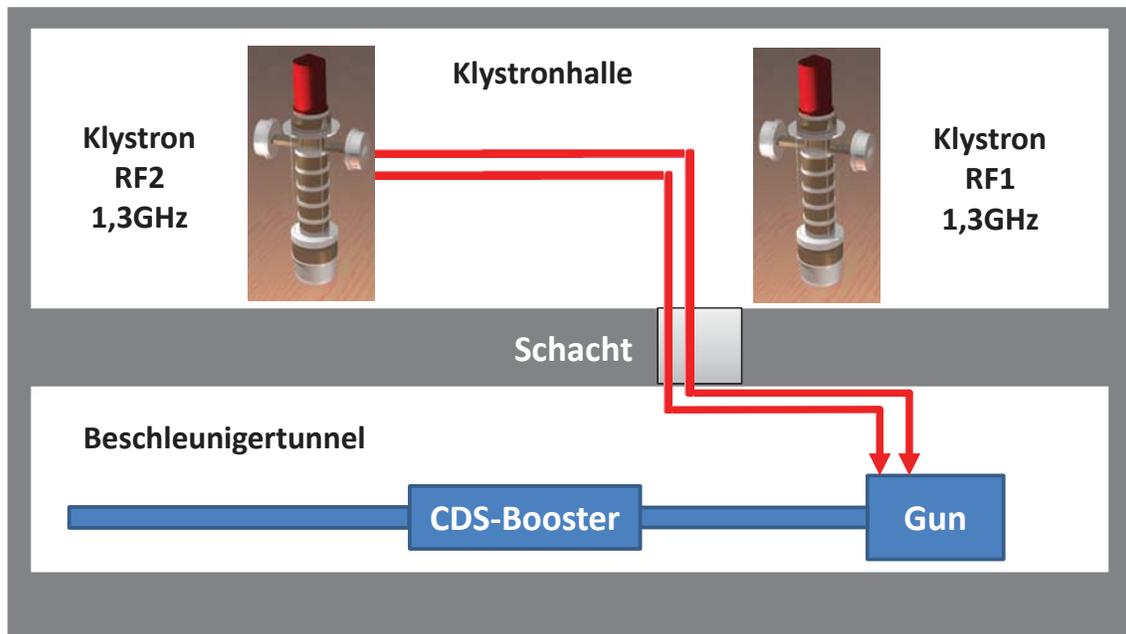


**Hohlleiter**  
**WR – 650 ( Spinner )**  
**0,009 dB/m bei  $f = 1,3\text{GHz}$**

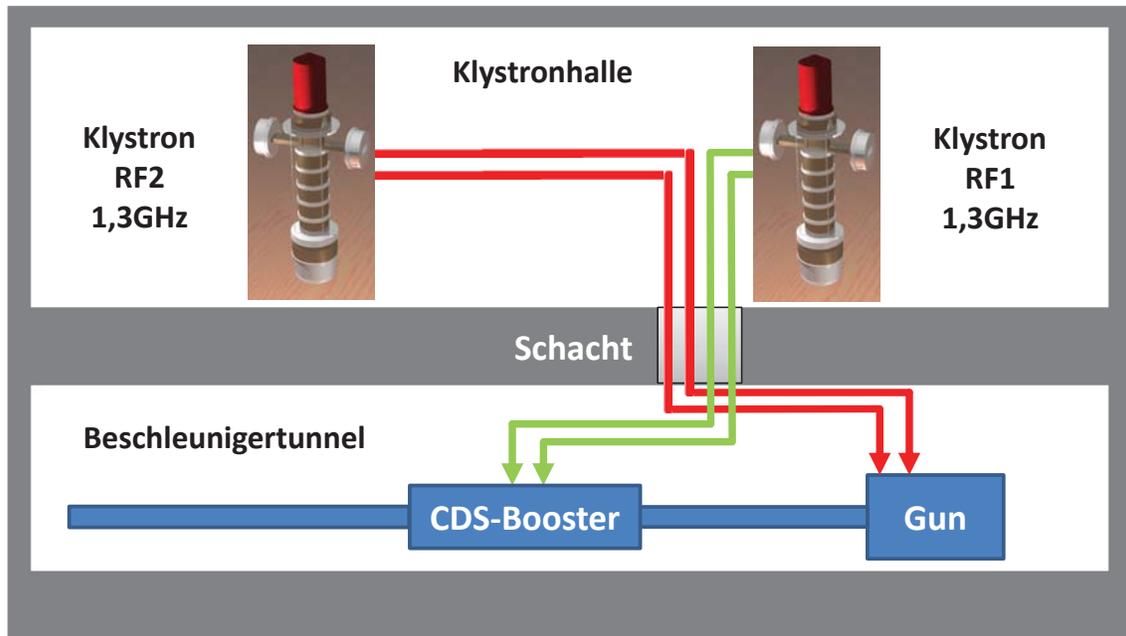
# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?



# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?



# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?



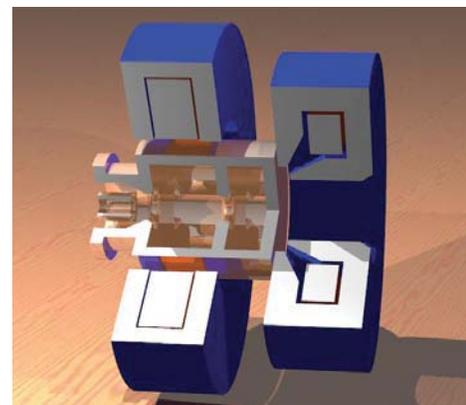
# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?

## HF - Leistungsbedarf für 60 MV/m

RF2C10MW	code	0
	OK	
forward power[MW]		6.776 MW
reflected power[MW]		0.2848
power[MW]		6.491 MW
gradient[MV/m]		60.05
slope[dBm/nsec]		22.14
reflection[%%]		42.04



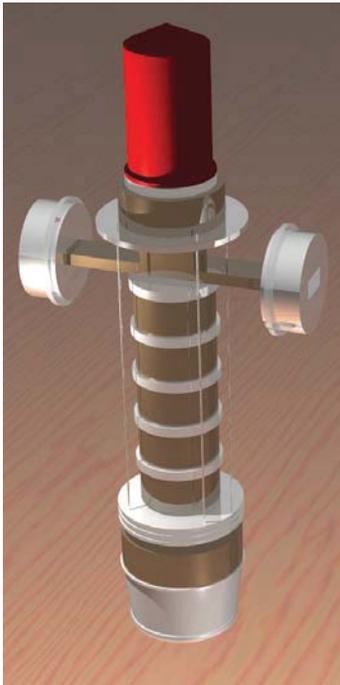
## Gun



Frequenz 1,3Ghz / HF-Pulslänge 50 - 700µs / Pulswiederholrate 10Hz

# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?

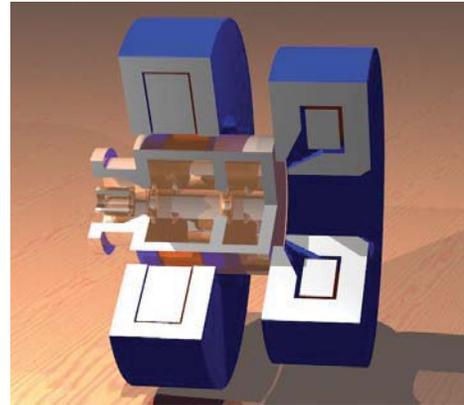
Klystron RF2



Entfernung ca. 40m



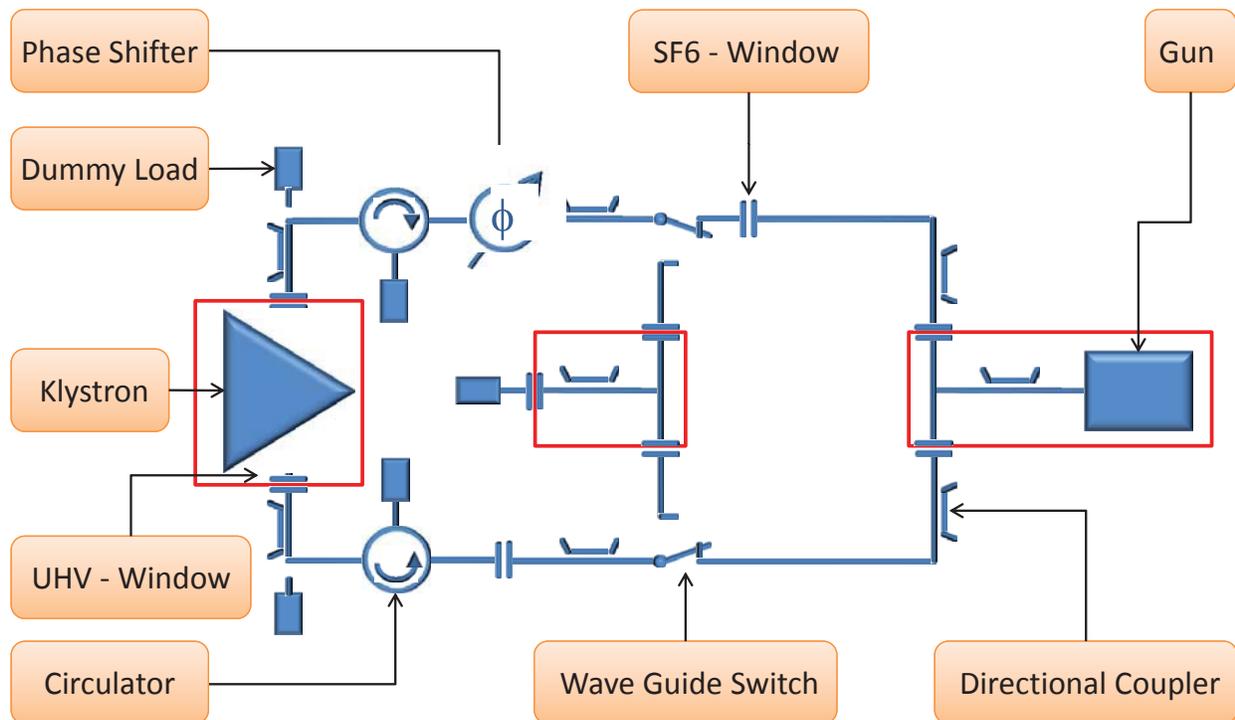
Gun



# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?

- Verlustarmer Transport von Hochfrequenzenergie im GHz-Bereich von einer Quelle zu einer Senke
  
- **Verbindung von Baugruppen**
  - **Messeinrichtungen**
  - **Schutzeinrichtungen**
  - **Steuerungseinrichtungen**
  - **Sonstige Baugruppen**

# Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?



- Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?
- **Funktionsweise von Rechteckhohlleitern**
- Das WR-650 Hohlleitersystem
- Spezialbaugruppen
- Zusatzsysteme
- Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem

# Funktionsweise von Rechteckhohlleitern

- **Rechteckhohlleiter haben ein Seitenverhältnis von 2 : 1.**
- Entlang der kürzeren Seitenflächen wird das E- Feld gegen Null gezwungen.
- Bei elektromagnetischen Wellen liegen das E - und das H - Feld immer senkrecht zueinander.
- Die Ausbreitung von Hochfrequenzwellen erfolgt in sogenannten Moden. Beim  $TE_{10}$  – Mode, das ist der Grundmode im Rechteckhohlleiter, reichen die Nulldurchgänge einer Welle mit der Wellenlänge  $\lambda / 2$  bis an die Seitenflächen des Hohlleiters heran .

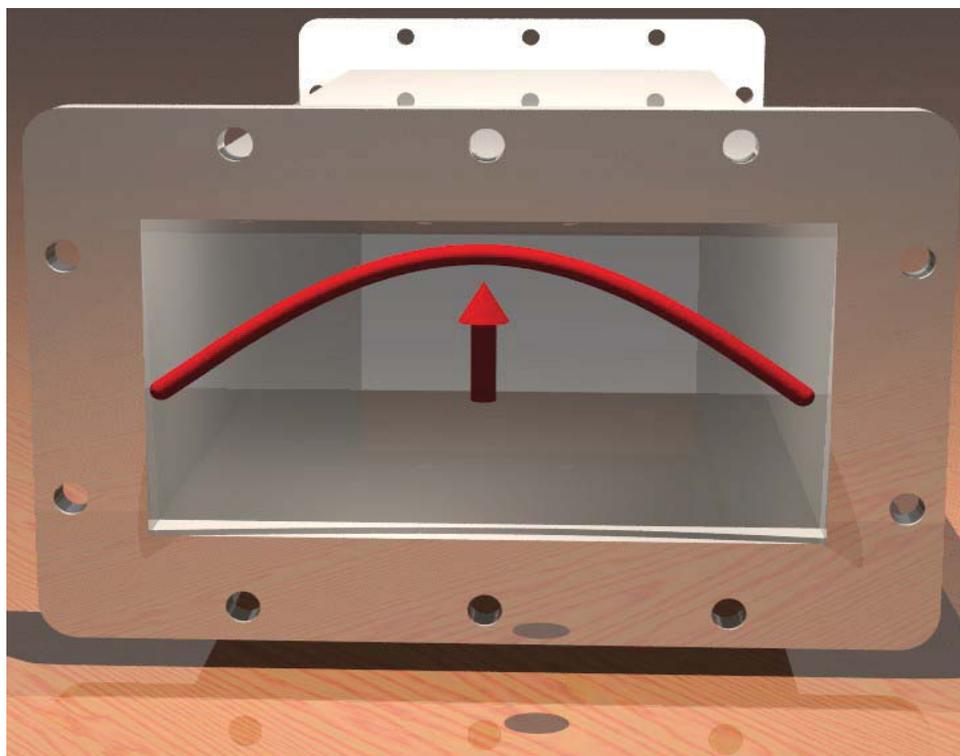
# Funktionsweise von Rechteckhohlleitern



# Funktionsweise von Rechteckhohlleitern

- Rechteckhohlleiter haben ein Seitenverhältnis von 2 : 1.
- Entlang der kürzeren Seitenflächen wird das E- Feld gegen Null gezwungen.
- Bei elektromagnetischen Wellen liegen das E - und das H - Feld immer senkrecht zueinander.
- Die Ausbreitung von Hochfrequenzwellen erfolgt in sogenannten Moden. Beim  $TE_{10}$  – Mode, das ist der Grundmode im Rechteckhohlleiter, reichen die Nulldurchgänge einer Welle mit der Wellenlänge  $\lambda / 2$  bis an die Seitenflächen des Hohlleiters heran .

# Funktionsweise von Rechteckhohlleitern



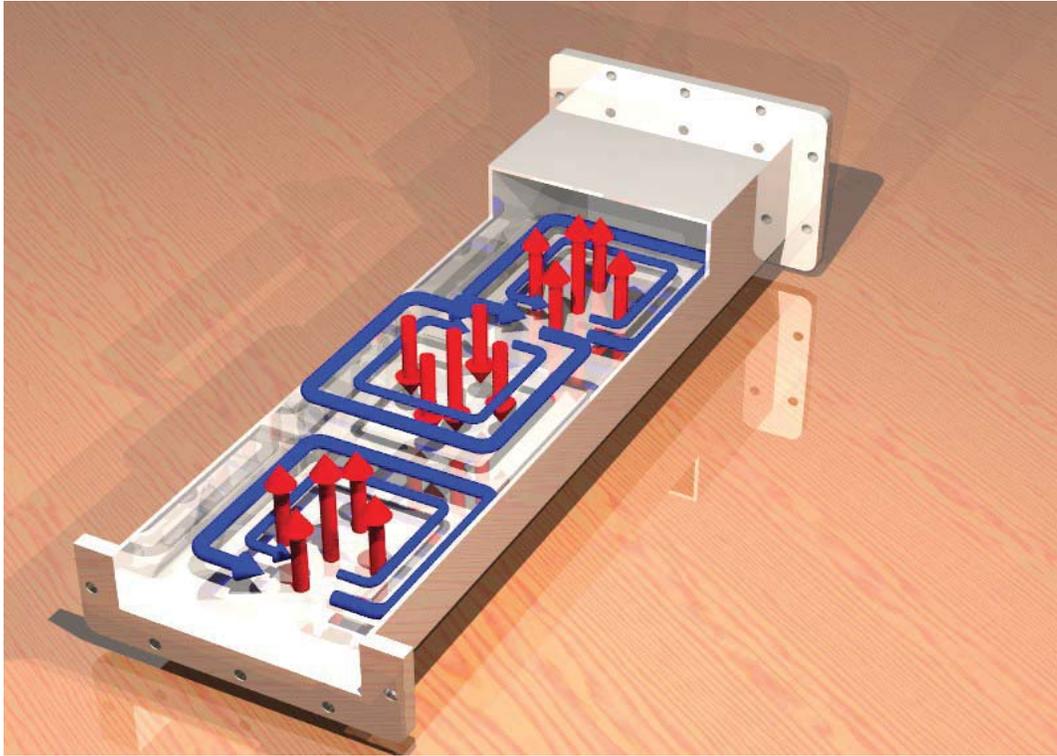
# Funktionsweise von Rechteckhohlleitern

- Rechteckhohlleiter haben ein Seitenverhältnis von 2 : 1.
- Entlang der kürzeren Seitenflächen wird das E- Feld gegen Null gezwungen.
- Bei elektromagnetischen Wellen liegen das E - und das H - Feld immer senkrecht zueinander.
- Die Ausbreitung von Hochfrequenzwellen erfolgt in sogenannten Moden. Beim  $TE_{10}$  – Mode, das ist der Grundmode im Rechteckhohlleiter, reichen die Nulldurchgänge einer Welle mit der Wellenlänge  $\lambda / 2$  bis an die Seitenflächen des Hohlleiters heran.

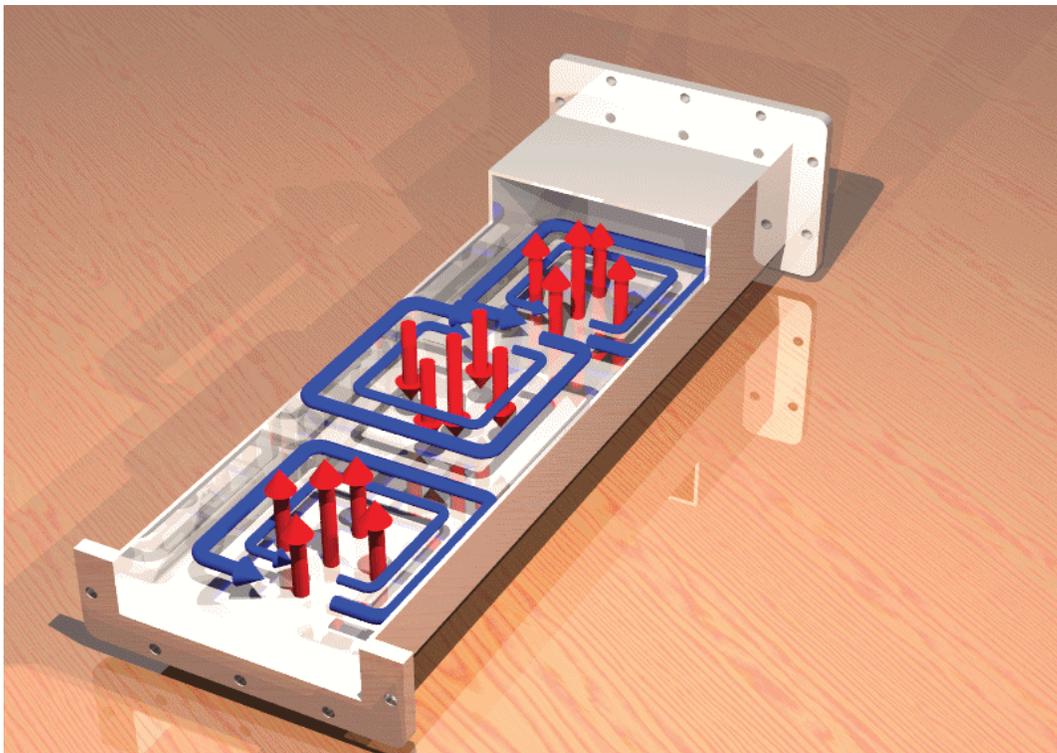
## Allgemeine Funktionsweise von Hohlleitern



# Allgemeine Funktionsweise von Hohlleitern

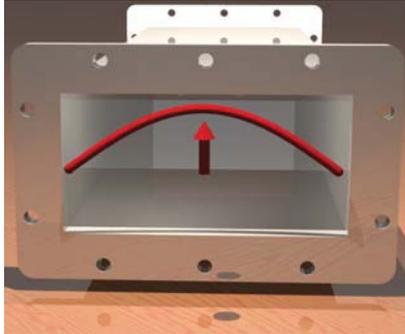


# Allgemeine Funktionsweise von Hohlleitern

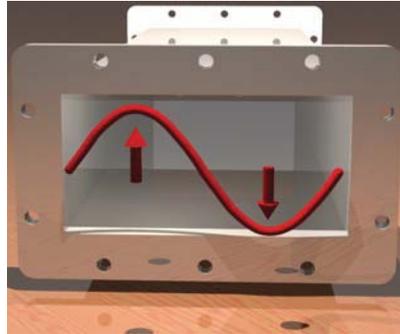


# Allgemeine Funktionsweise von Hohlleitern

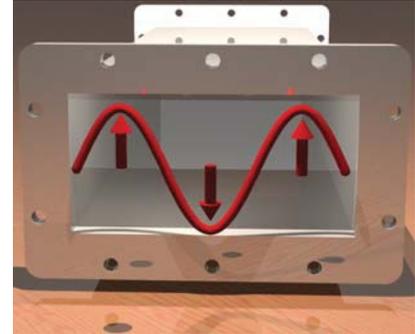
In einem Hohlleiter können weitere Moden ausbreitungsfähig sein.



**TE<sub>10</sub> - Mode**



**TE<sub>20</sub> - Mode**

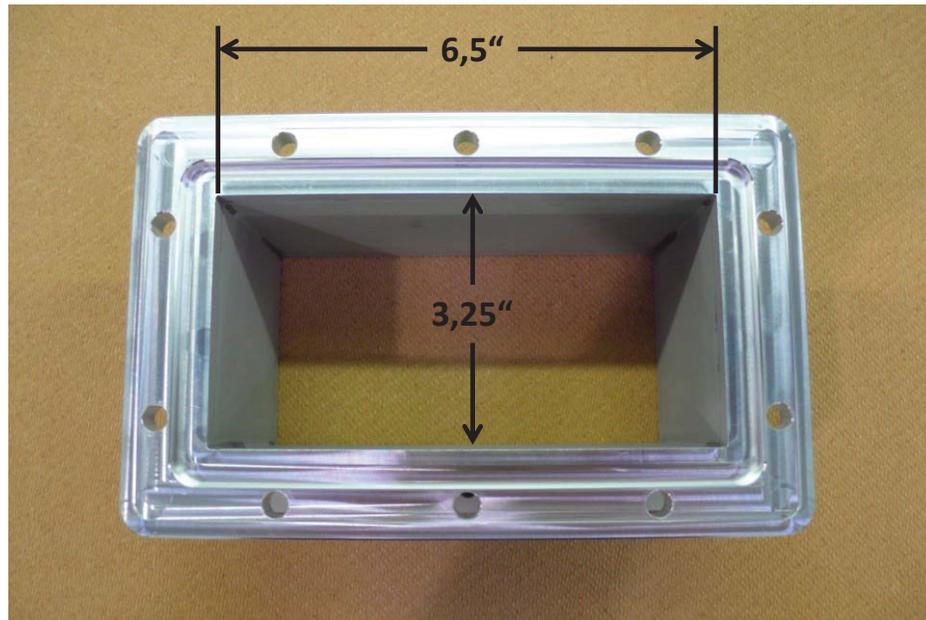


**TE<sub>30</sub> - Mode**

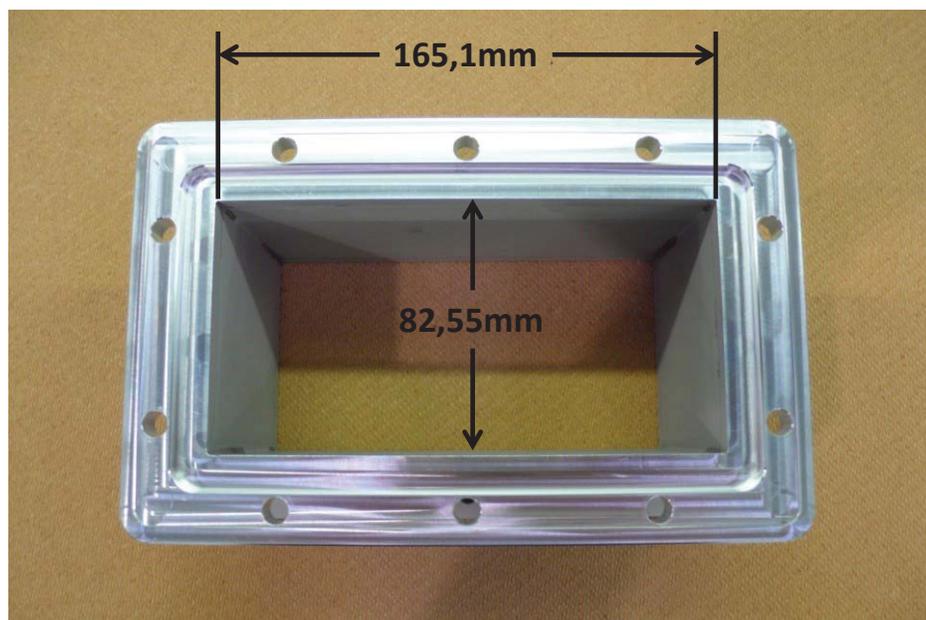
**Hohlleiter haben Hochpassverhalten.**

- Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?
- Funktionsweise von Rechteckhohlleitern
- **Das WR-650 Hohlleitersystem**
- Spezialbaugruppen
- Zusatzsysteme
- Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem

# Das WR-650 Hohlleitersystem



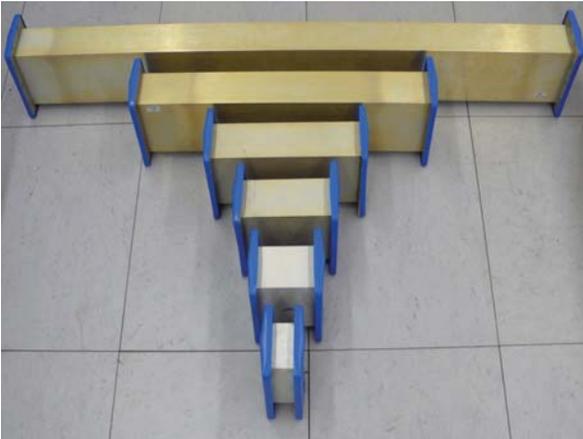
# Das WR-650 Hohlleitersystem



# Das WR-650 Hohlleitersystem

## WR-650 Komponenten als Baukastensystem

Hohlwellenleiter ( Waveguides )



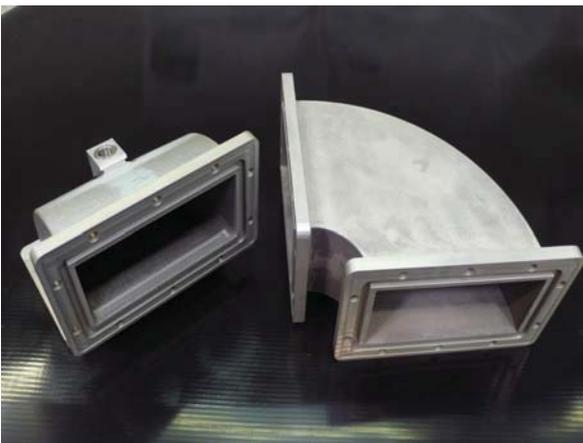
Distanzstücke ( Spacer )



# Das WR-650 Hohlleitersystem

## WR-650 Komponenten als Baukastensystem

E- / H-Bogen ( E- / H-Bend )



Dehnungsstücke ( Bellows )

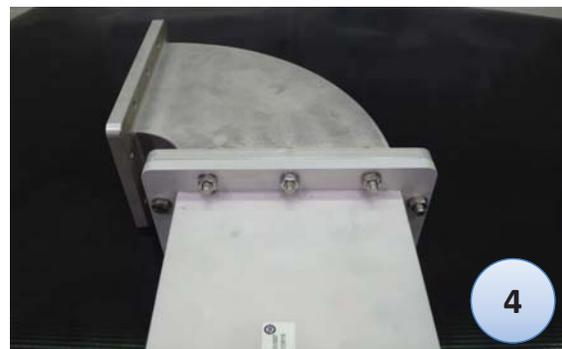
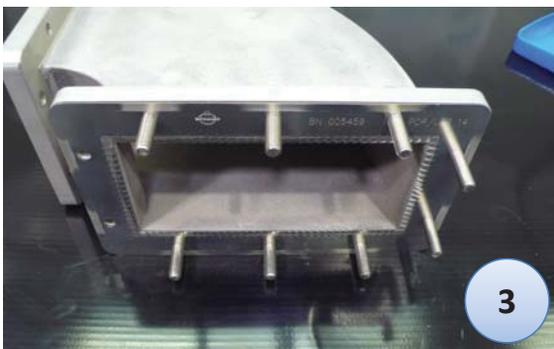
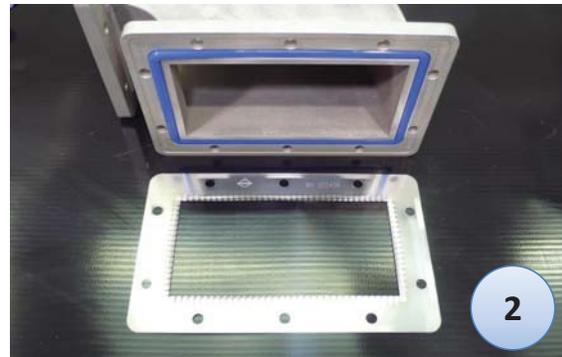
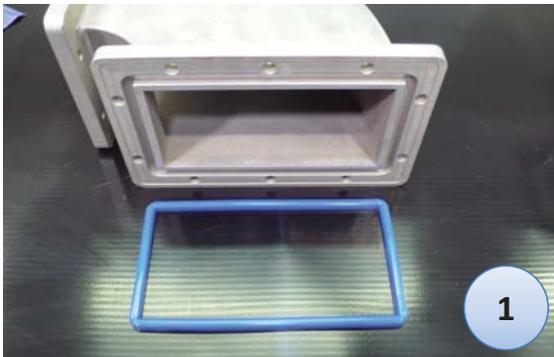


# Das WR-650 Hohlleitersystem

## Anforderungen an eine Hohlleiter-Flansch-Verbindung

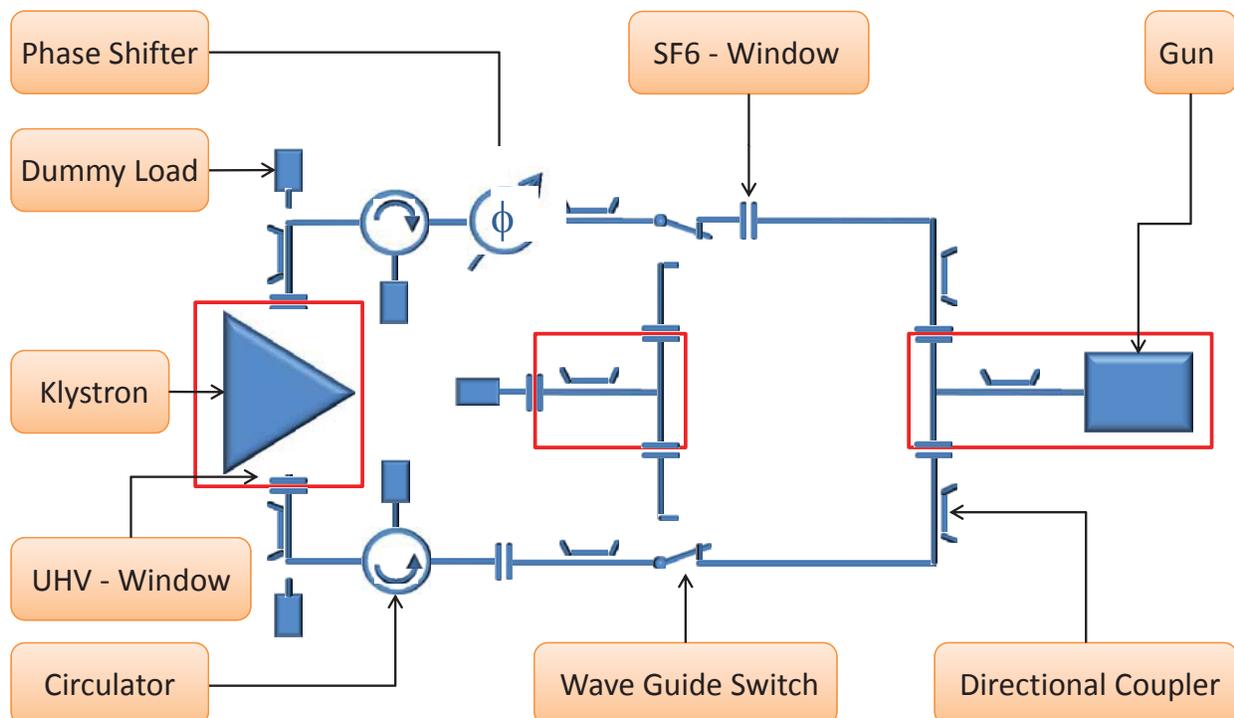
- sehr guter elektrischer Kontakt
- sehr gute HF-Leitfähigkeit
- sehr gute HF-Dichtheit gegenüber der Umgebung
- Gasdichtheit (wegen SF6-Gasfüllung)
- mechanische Stabilität
- präzise Einhaltung der Rastermaße

# Das WR-650 Hohlleitersystem



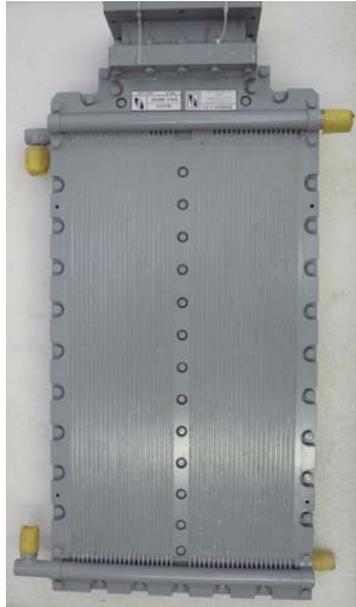
- Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?
- Funktionsweise von Rechteckhohlleitern
- Das WR-650 Hohlleitersystem
- **Spezialbaugruppen**
- Zusatzsysteme
- Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem

## Spezialbaugruppen



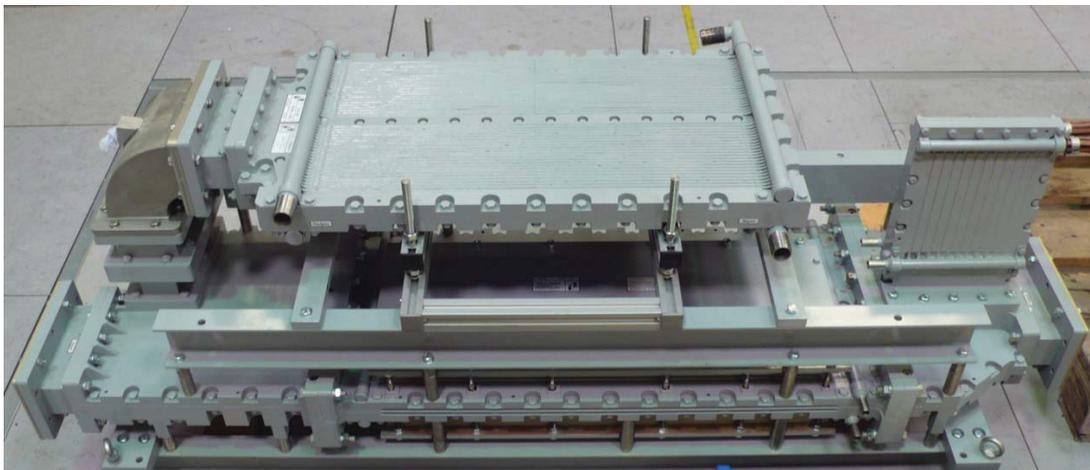
# Spezialbaugruppen

## HF-Lastwiderstand ( Dummy-Load )



# Spezialbaugruppen

## Zirkulator (Circulator)



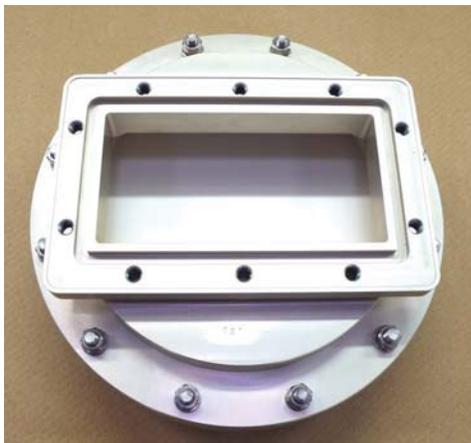
# Spezialbaugruppen

## Richtkoppler (Directional Coupler)



# Spezialbaugruppen

## SF6-Gasfenster (SF6-Window)



# Spezialbaugruppen

## Phasenschieber ( Phase - Shifter )



# Spezialbaugruppen

## Hohlleiterumschalter ( Wave - Guide - Switch )



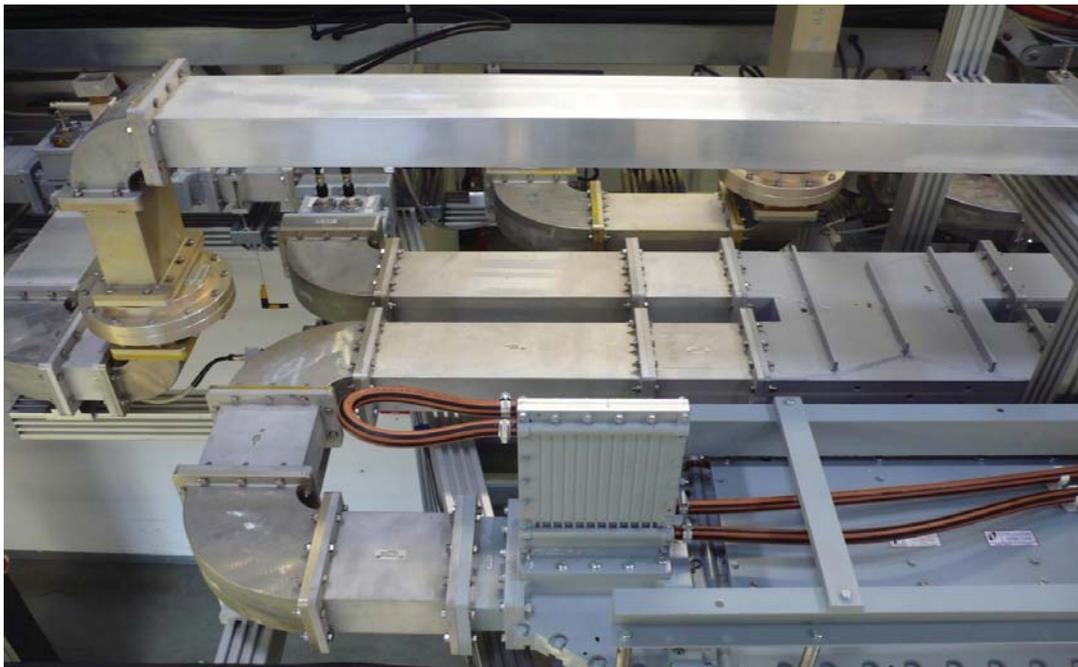
# Spezialbaugruppen

## UHV-T-Combiner mit 10MW UHV-Richtkoppler und UHV-HF-Fenstern



# Das WR-650 Hohlleitersystem

## Ausschnitt aus dem Hohlleitersystem in der Klystronhalle



- Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?
- Funktionsweise von Rechteckhohlleitern
- Das WR-650 Hohlleitersystem
- Spezialbaugruppen
- **Zusatzsysteme**
- Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem

## Zusatzsysteme

- **RF - Interlock – System zur Abschaltung der Hochfrequenz im Fehlerfall**
  - **RF - Leakage - Detector - System zur Detektion von Hochfrequenzlecks**
  - **Spark - Detector - System zur Detektion von Lichtbogenentladungen in den Hohlleitern**
  - **Sicherheitsschalter zur Überwachung der korrekten Schaltzustände der Hohlleiterschalter**
  - **Drucküberwachungssystem für den SF6 - Gasdruck in den Hohlleitern**

# Zusatzsysteme

## SF6 – Schutzgasanlage zum Befüllen, N2-Spülen und Abpumpen des Hohlleitersystems



- Wofür brauchen wir ein Hohlleitersystem?
- Funktionsweise von Rechteckhohlleitern
- Das WR-650 Hohlleitersystem
- Spezialbaugruppen
- Zusatzsysteme
- **Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem**

# Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem

- Für alle Arbeiten, bei denen eine Öffnung des Hohlleitersystems erforderlich ist, wird ein schriftlich festgelegter Arbeitsauftrag erteilt.
- Die Hochfrequenzanlage wird gegen Wiedereinschalten gesichert.
- Der Arbeitsbereich wird abgesperrt.
- Das an den Arbeiten beteiligte Personal wird über die möglichen Gefahren bei Arbeiten an Hohlleiteranlagen belehrt.
- Bei allen Arbeiten an Teilen des Hohlleitersystems, die während des Betriebes mit SF6 gefüllt waren, muss die in der BGI753 vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung getragen werden.

# Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten am Hohlleitersystem



Vielen Dank