Die PETRA III HF Systeme.

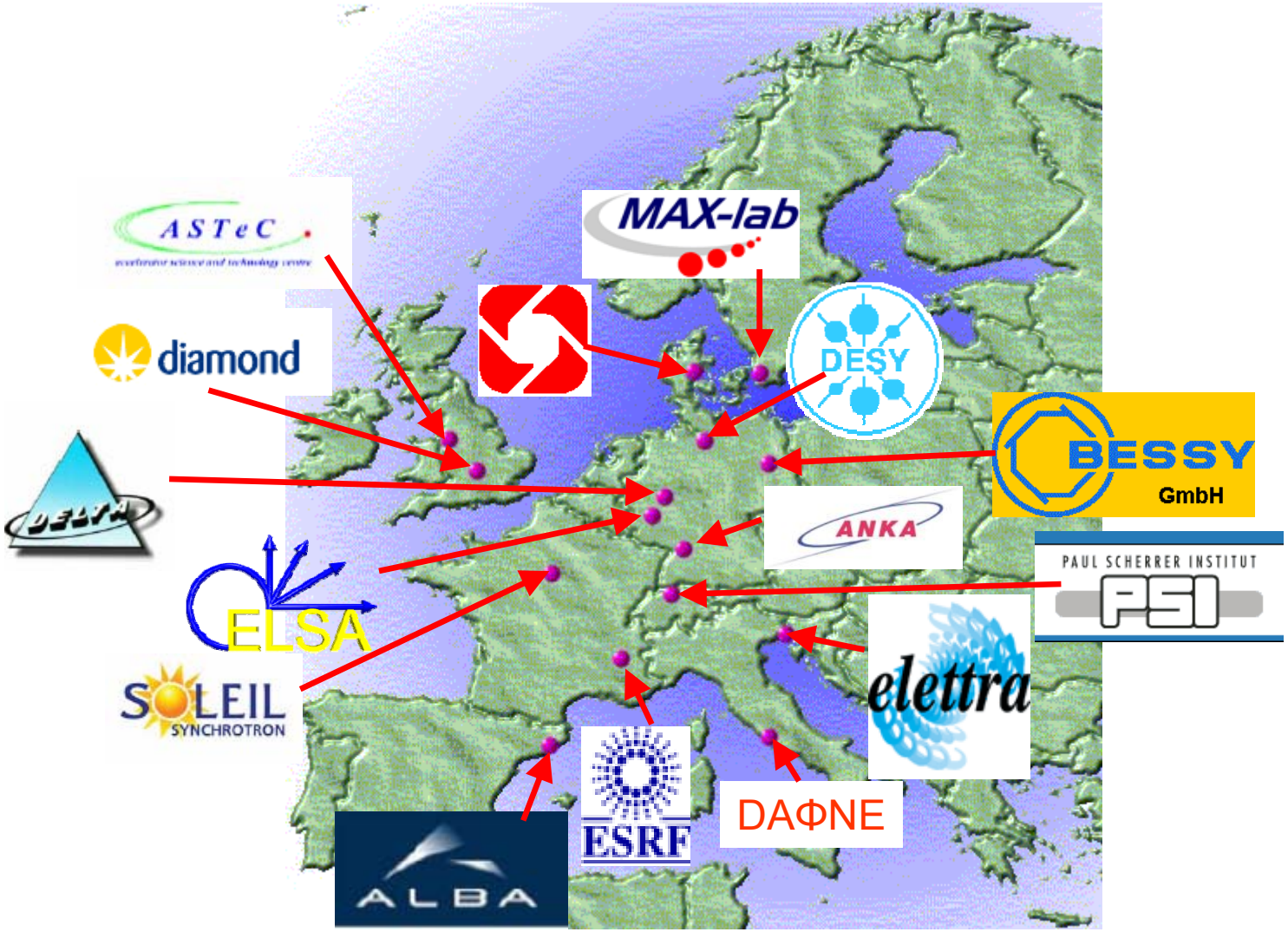
Beschleunigung und longitudinales Feedback

Stefan Wilke, MHF-e
Beschleuniger Betriebsseminar
Grömitz, 22.-25. März 2010

HELMHOLTZ
GEMEINSCHAFT

DESY

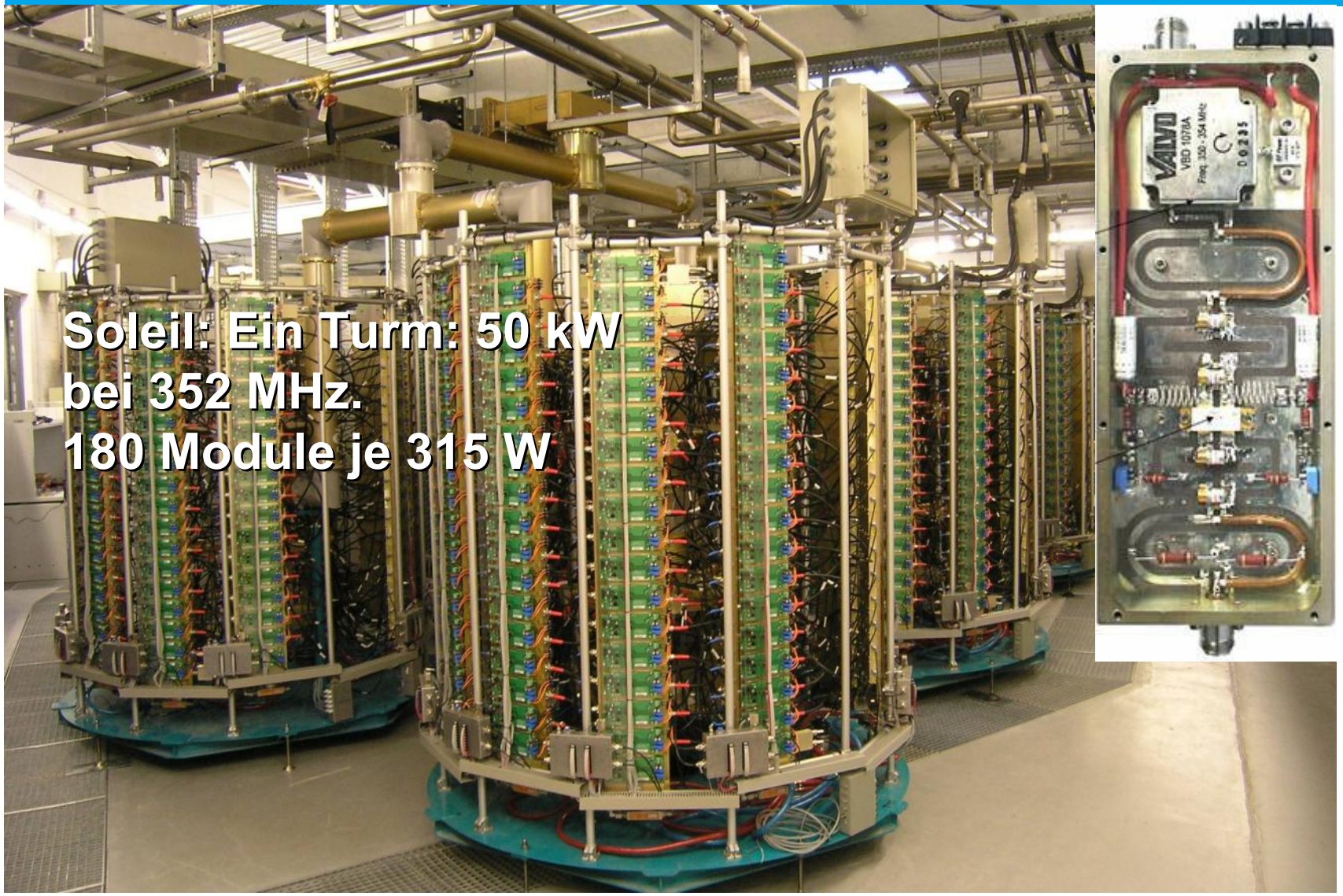
HF an Europäischen Synchrotronstrahlungsquellen (Auswahl).



HF an Europäischen Synchrotronstrahlungsquellen (Auswahl).

Maschine, Ort, Land (von Nord nach Süd)	**Max. Energie (GeV); Strom (mA); Umfang (m)**	**HF-Parameter:** **Frequenz (MHz); Leistung (kW); Cavities * Zellen**	**Verstärkertyp**
Diamond, Oxford, GB	3,00 ; 300 ; 489	500 ; 900 ; 3 * 1 **SC**	IOT
DORIS III, Hamburg, D	4,45 ; 150 ; 289	500 ; 800 ; 8 * 5 NC	Klystron
PETRA III, Hamburg, D	6,00 ; 100 ; 2304	500 ; 1600 ; 12 * 7 NC	Klystron
BESSY II, Berlin, D	1,90 ; 250 ; 240	500 ; 300 ; 4 * 1 NC	Klystron
DELTA, Dortmund, D	1,50 ; 220 ; 115	500 ; 65 ; 1 * 3 NC	Klystron
ANKA, Karlsruhe, D	2,50 ; 400 ; 110	500 ; 500 ; 4 * 1 NC	Klystron
SOLEIL, Lille, F	2,75 ; 500 ; 354	**352**; 675 ; 2 * 2 **SC**	**Halbleiter**
SLS, PSI Villingen, CH	2,40 ; 400 ; 288	500 ; 720 ; 4 * 1 NC	Klystron
ELETTRA, Trieste, I	2,00 ; 300 ; 259	500 ; 330 ; 4 * 1 NC	IOT
ESRF, Grenoble, F	6,00 ; 200 ; 844	**352**; 2600 ; 6 * 5 NC	Klystron
ALBA, Barcelona, E	3,00 ; 400 ; 266	500 ; 600 ; 6 * 1 NC **(EU-Cav)**	IOT

HF an Europäischen Synchrotronstrahlungsquellen (Auswahl).



500 MHz bei PETRA III.

Parameter:

Maschine:

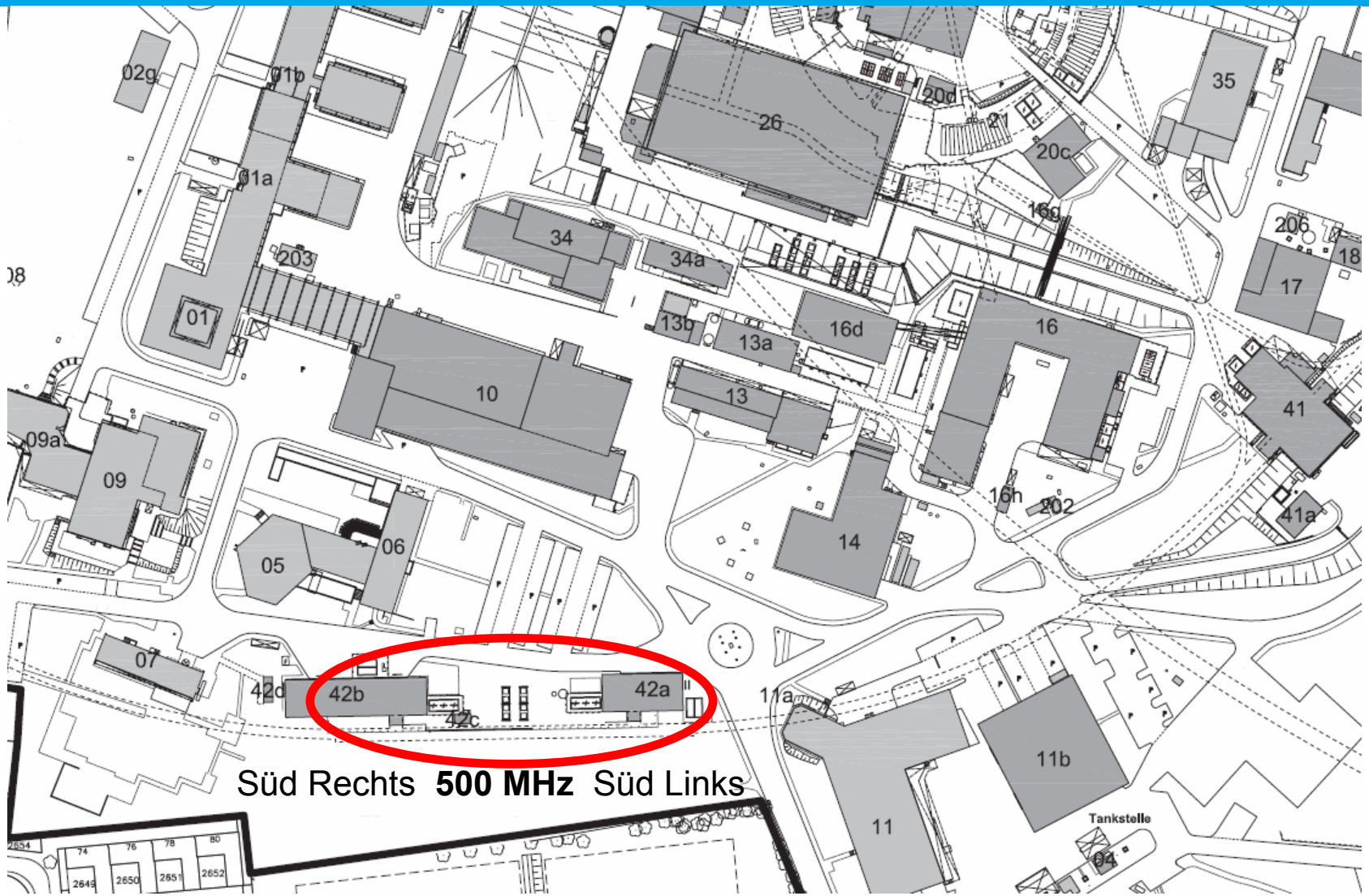
Strahl Energie:	E_0 = 6,0 GeV
Länge:	l = 2304 m
Bogen Radien:	191,73 m und 22,918 m
Strahlstrom:	I_0 = 100 mA
Verlust pro Umlauf:	U_l < 7,590 MeV
Emittanz (hor.): (Topping up)	ε_x = 1 nmrad

Hochfrequenz:

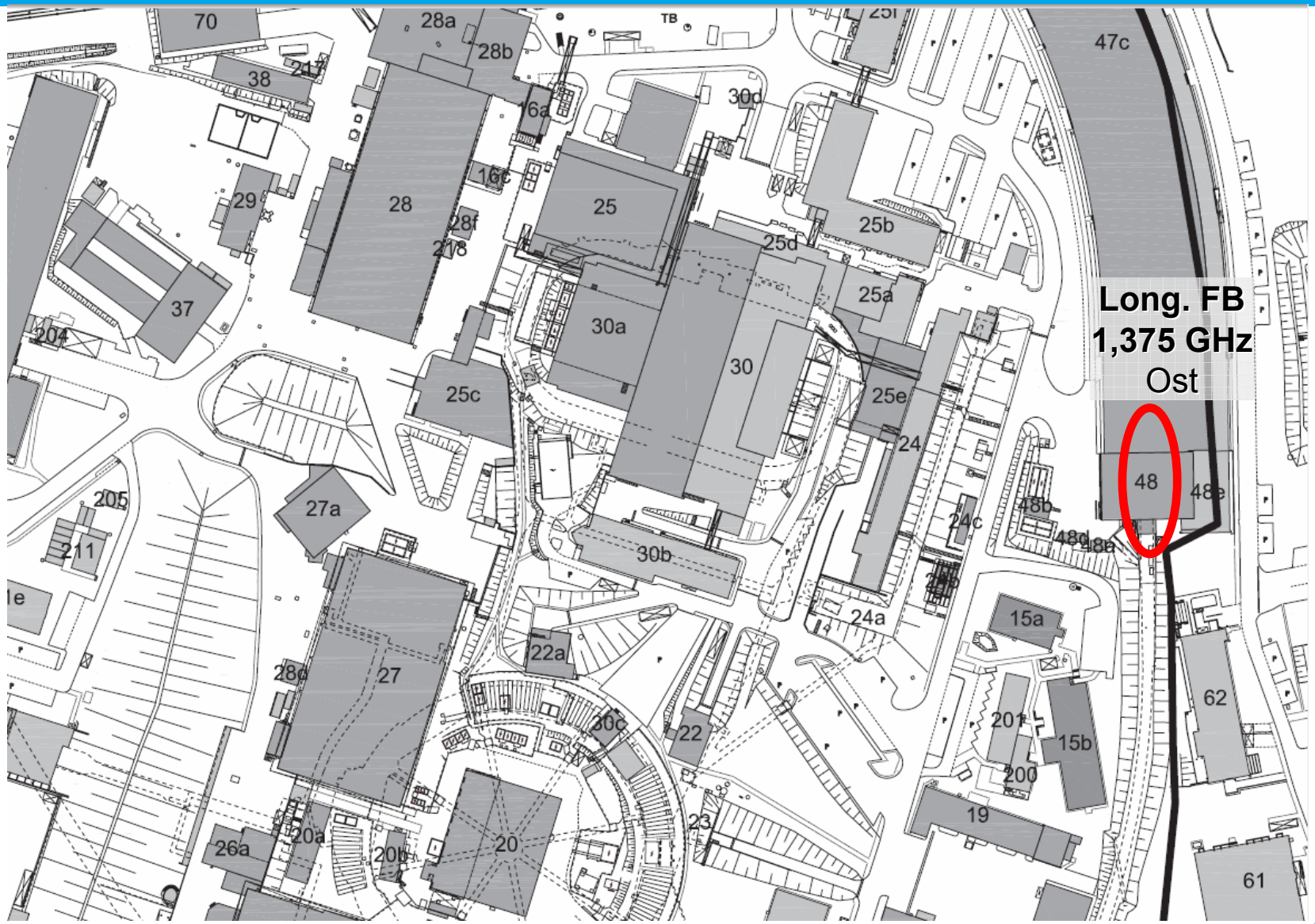
Frequenz:	f_{HF}	= 499,6645 MHz
Harmonischenzahl:	h	= 3840
Leistungsverlust des Strahls (100 mA): (Dämpfungswiggler (410 kW), Dipole (53 + 63 kW), Undulatoren (7,4 kW / 5 m) und sonst. Verluste (HOM, ...))	P_{beam}	< 759 kW
Umfangspannung:	U_c	= 20 MV
HF-Leistung (100 mA, 20 MV, ψ = 22,3 °): (12 Cavities (7 Zeller), Leistung pro Koppler: 124 kW)	P_{HF}	= 1573 kW

bei 200 mA brauchen wir für 20 MV ca. 2445 kW (pro Koppler 187 kW !)

MHF-e bei PETRA III: Wo und was .

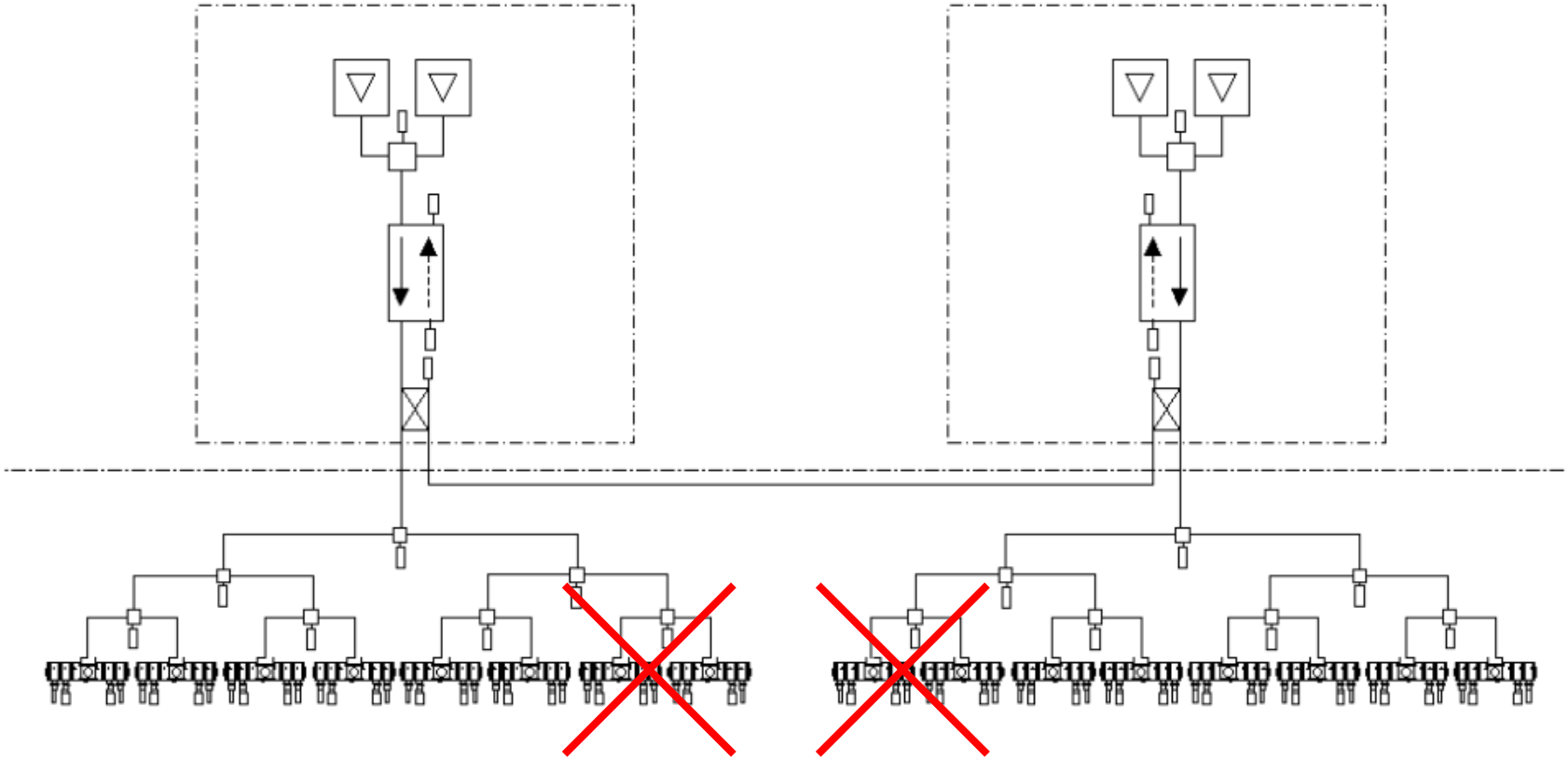


MHF-e bei PETRA III: Wo und was.



Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)



Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

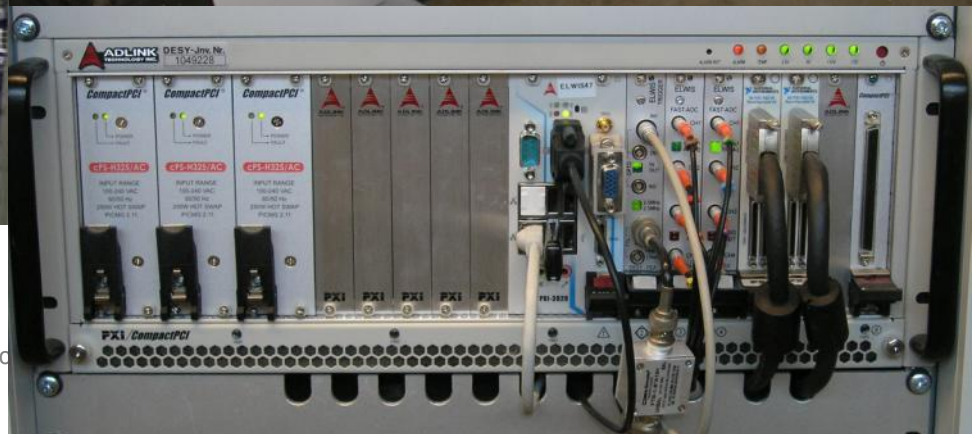
- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)

Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)

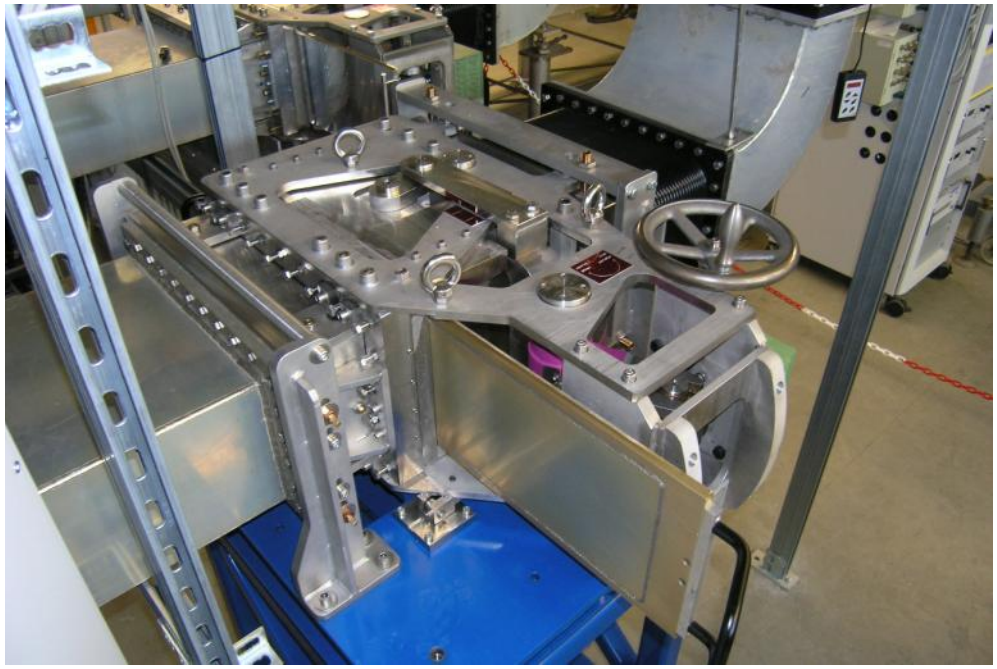
Veränderungen im HF System (PETRA II → III).

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)
- Sämtliche alte Elektronik und Kabel entfernt und durch neue modulare Technik (ELWIS) ersetzt



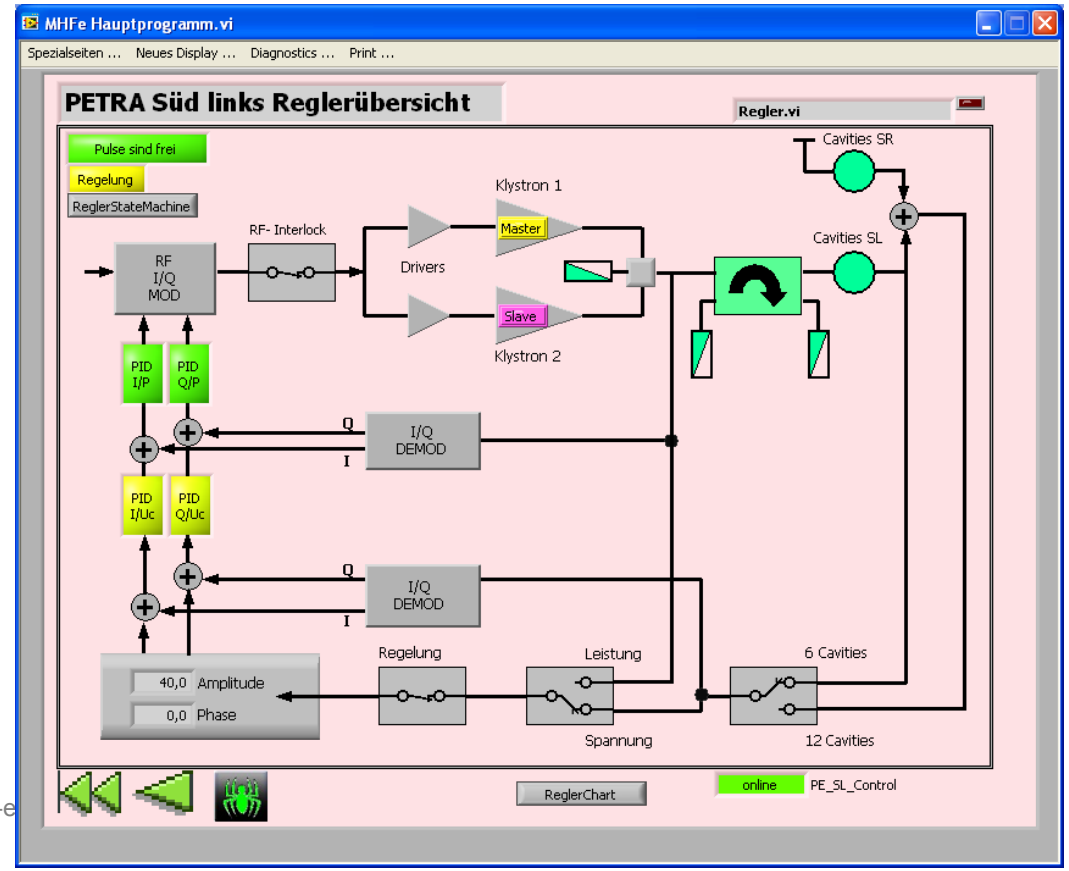
Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)
- Sämtliche alte Elektronik und Kabel entfernt und durch neue modulare Technik (ELWIS) ersetzt
- Hohlleiterschalter und Phasenschieber (Posaunen) für komfortablen Betriebsartwechsel



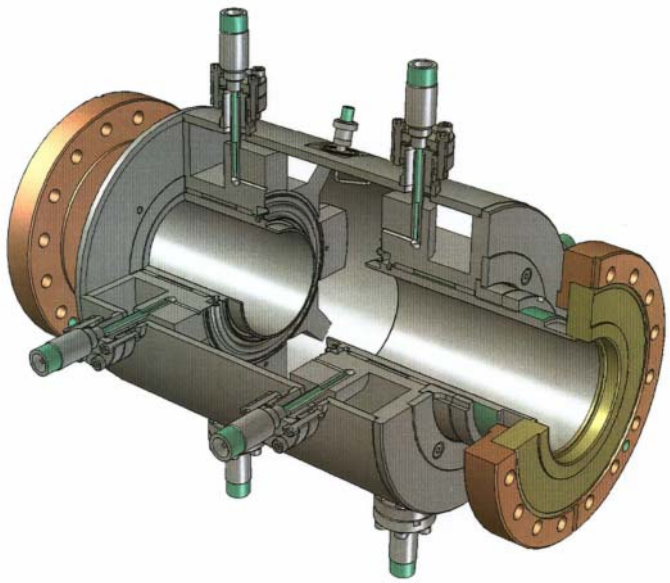
Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)
- Sämtliche alte Elektronik und Kabel entfernt und durch neue modulare Technik (ELWIS) ersetzt
- Hohlleiterschalter und Phasenschieber (Posaunen)
  für komfortablen Betriebsartwechsel
- Regelungen (I/Q)



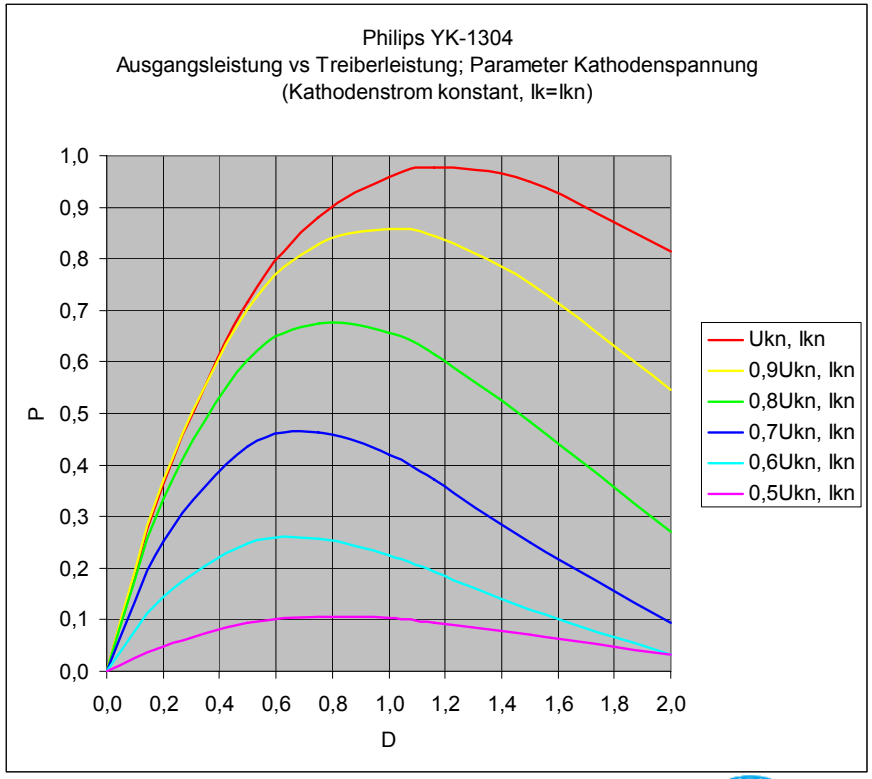
Veränderungen im HF System (PETRA II → III).

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)
- Sämtliche alte Elektronik und Kabel entfernt und durch neue modulare Technik (ELWIS) ersetzt
- Hohlleiterschalter und Phasenschieber (Posaunen)
  für komfortablen Betriebsartwechsel
- Regelungen (I/Q)
- Entwurf und Bau von Feedback Cavities.
  Aufbau mit Halbleiterverstärkern



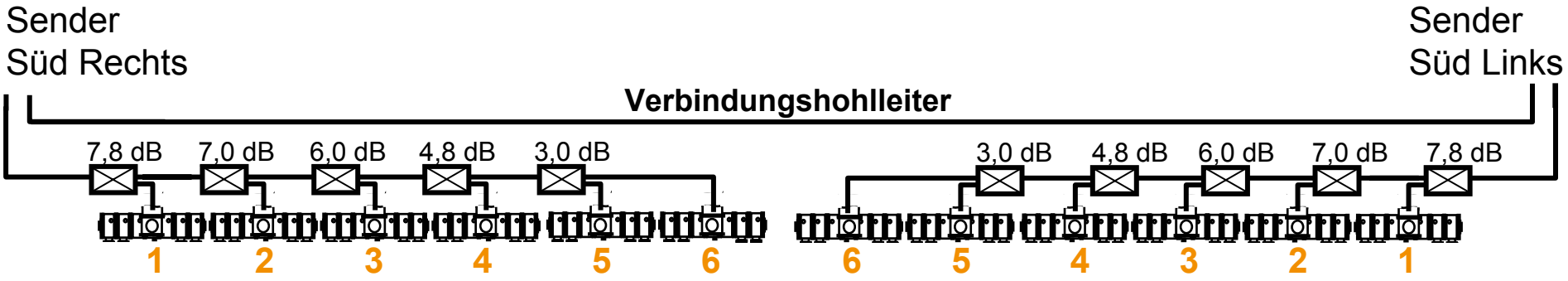
Veränderungen im HF System (PETRA II → III)

- Alle 16 Cavities aus- und 12 Cavities wieder eingebaut
- Umbau der Hohlleiterverteilung im Tunnel (Magische Ts → Hybrid Koppler)
- Aufbau neuer Klystron Modulatoren (HV Netzteile statt Röhren)
- Neue Senderstromversorgung (2 * 80 kV / 38 A)
- Sämtliche alte Elektronik und Kabel entfernt und durch neue modulare Technik (ELWIS) ersetzt
- Hohlleiterschalter und Phasenschieber (Posaunen) für komfortablen Betriebsartwechsel
- Regelungen (I/Q)
- Entwurf und Bau von Feedback Cavities. Aufbau mit Halbleiterverstärkern
- Dynamische Klystronarbeitspunkte für optimalen Wirkungsgrad

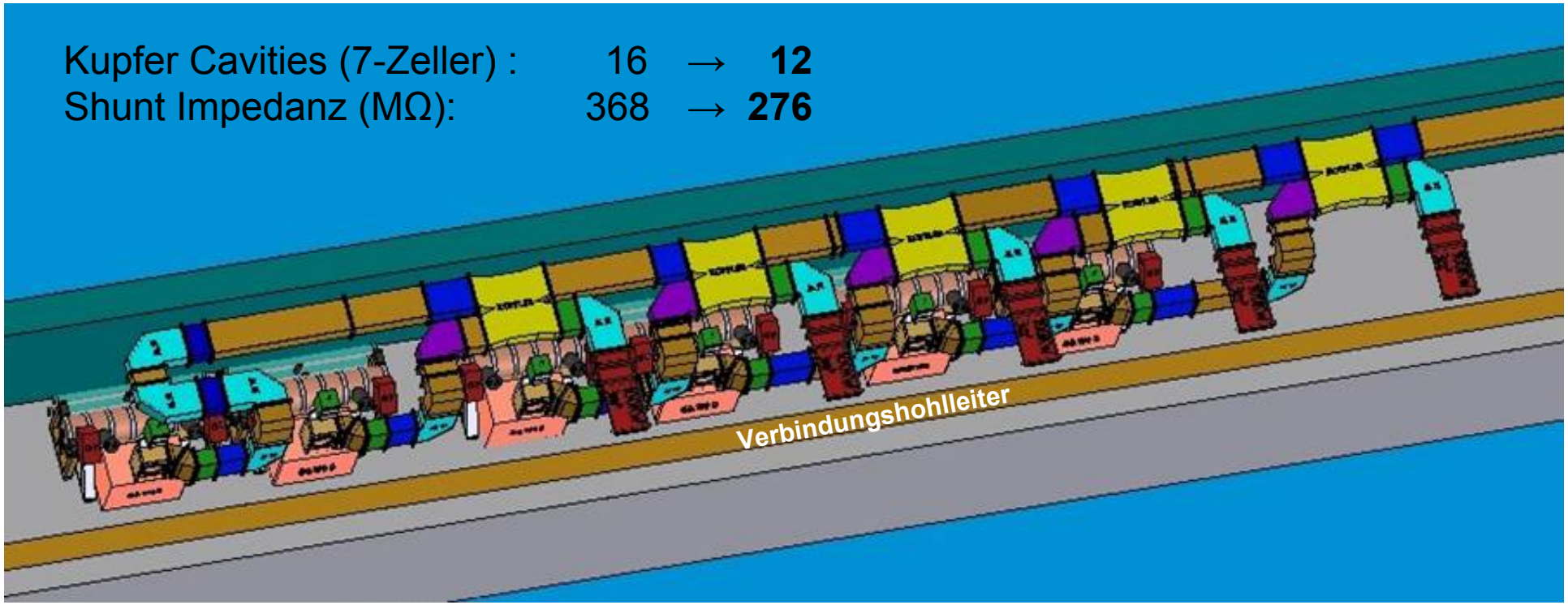


Umbauten im Bild.

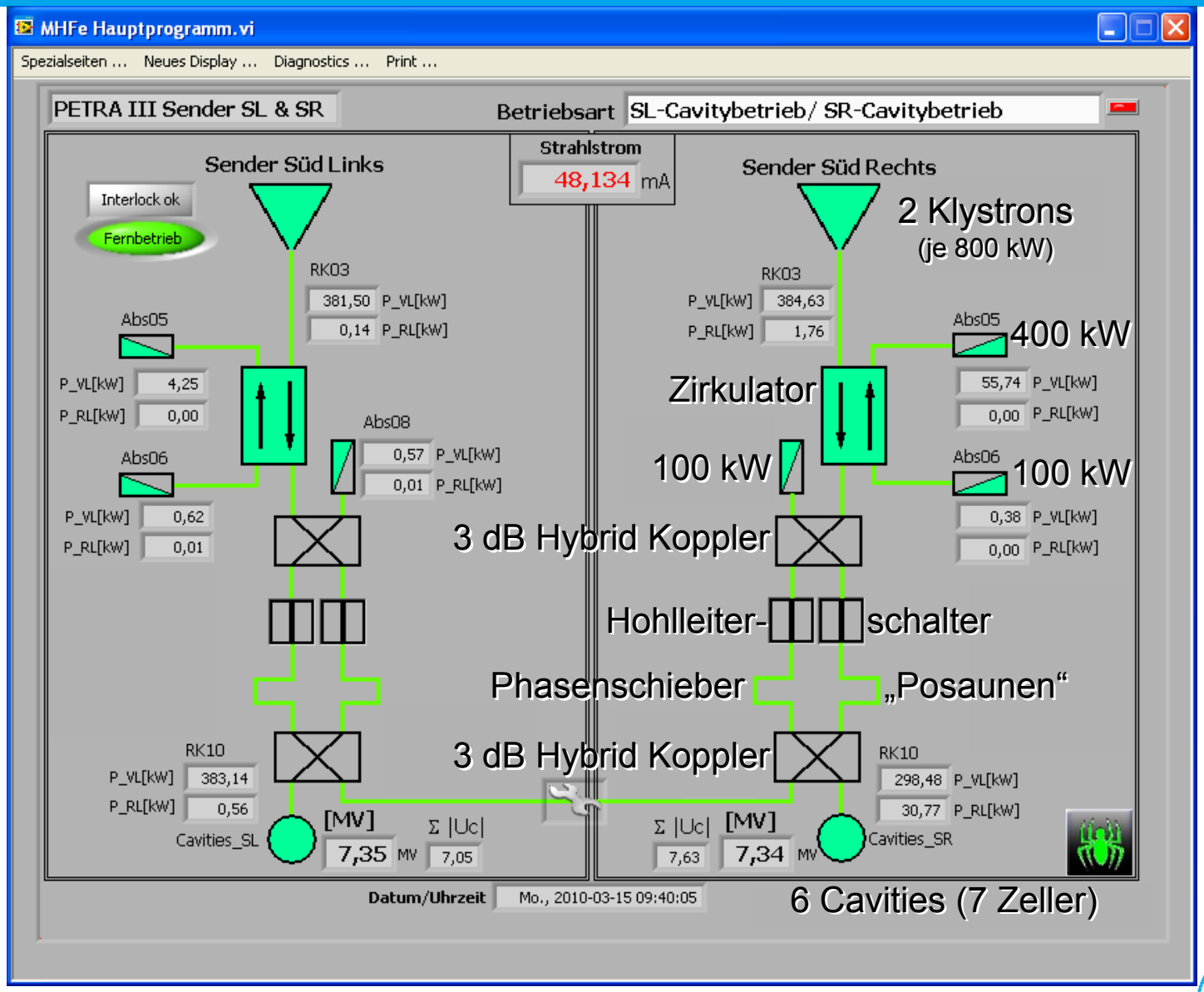
Neu: Hohlleiter Verteilung im Tunnel.



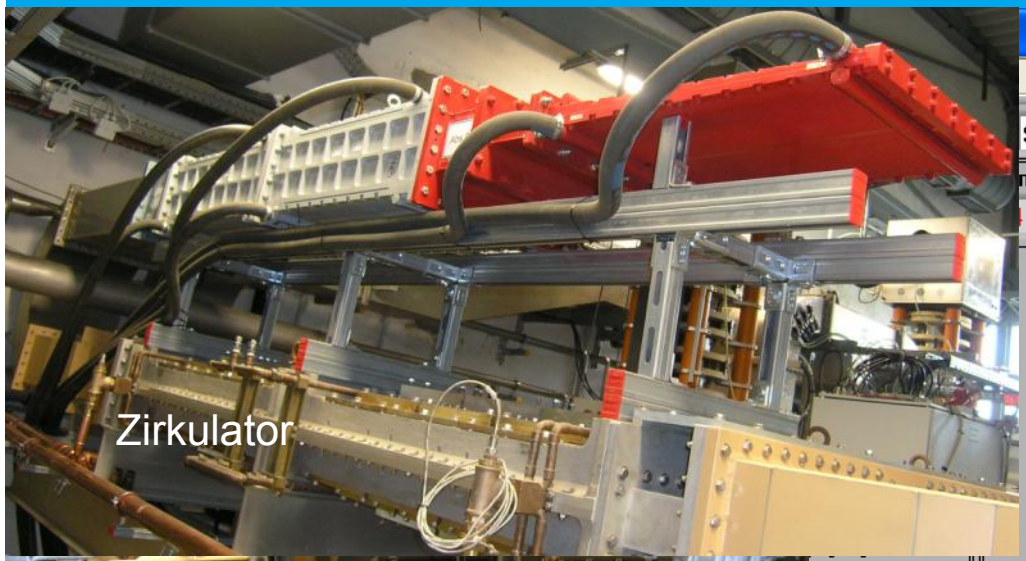
Kupfer Cavities (7-Zeller) : 16 → **12**
Shunt Impedanz (MΩ): 368 → **276**

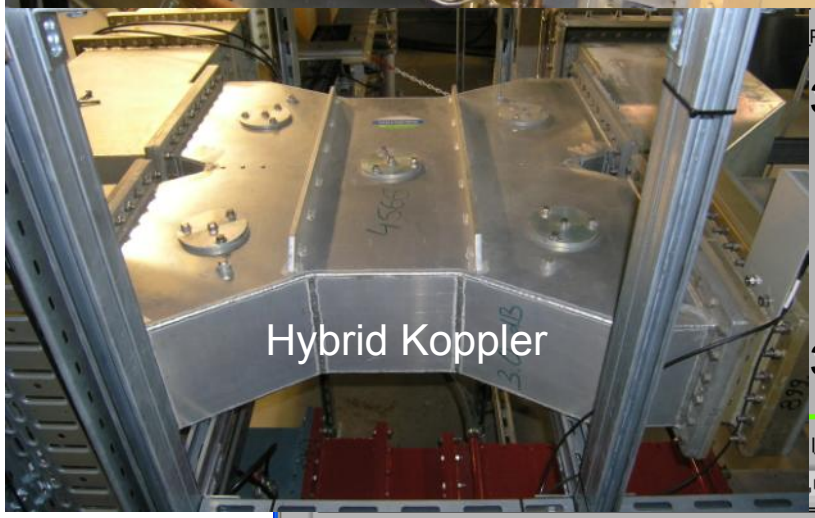


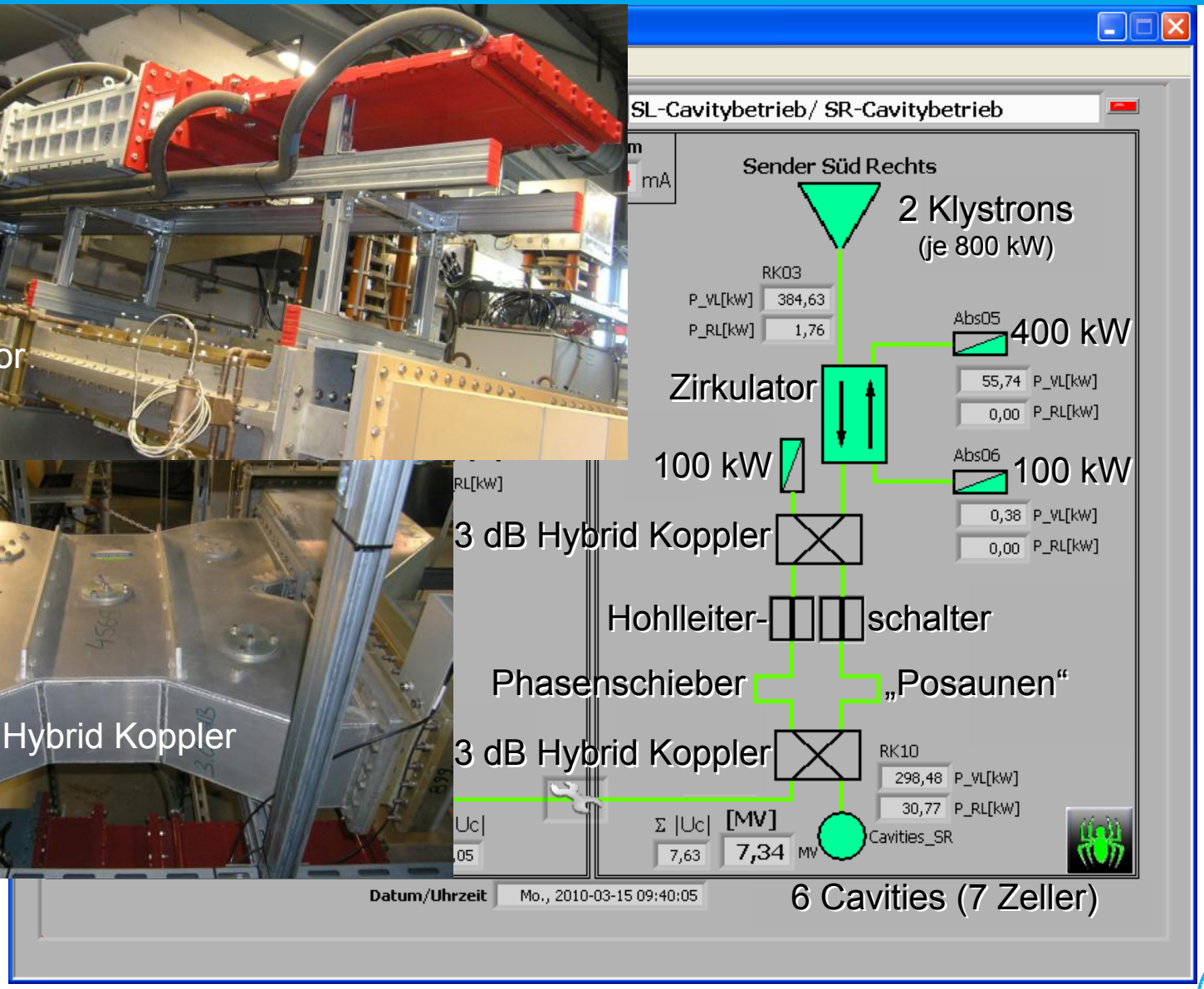
Normaler Betriebsmodus: 500 MHz Sender im Duett.



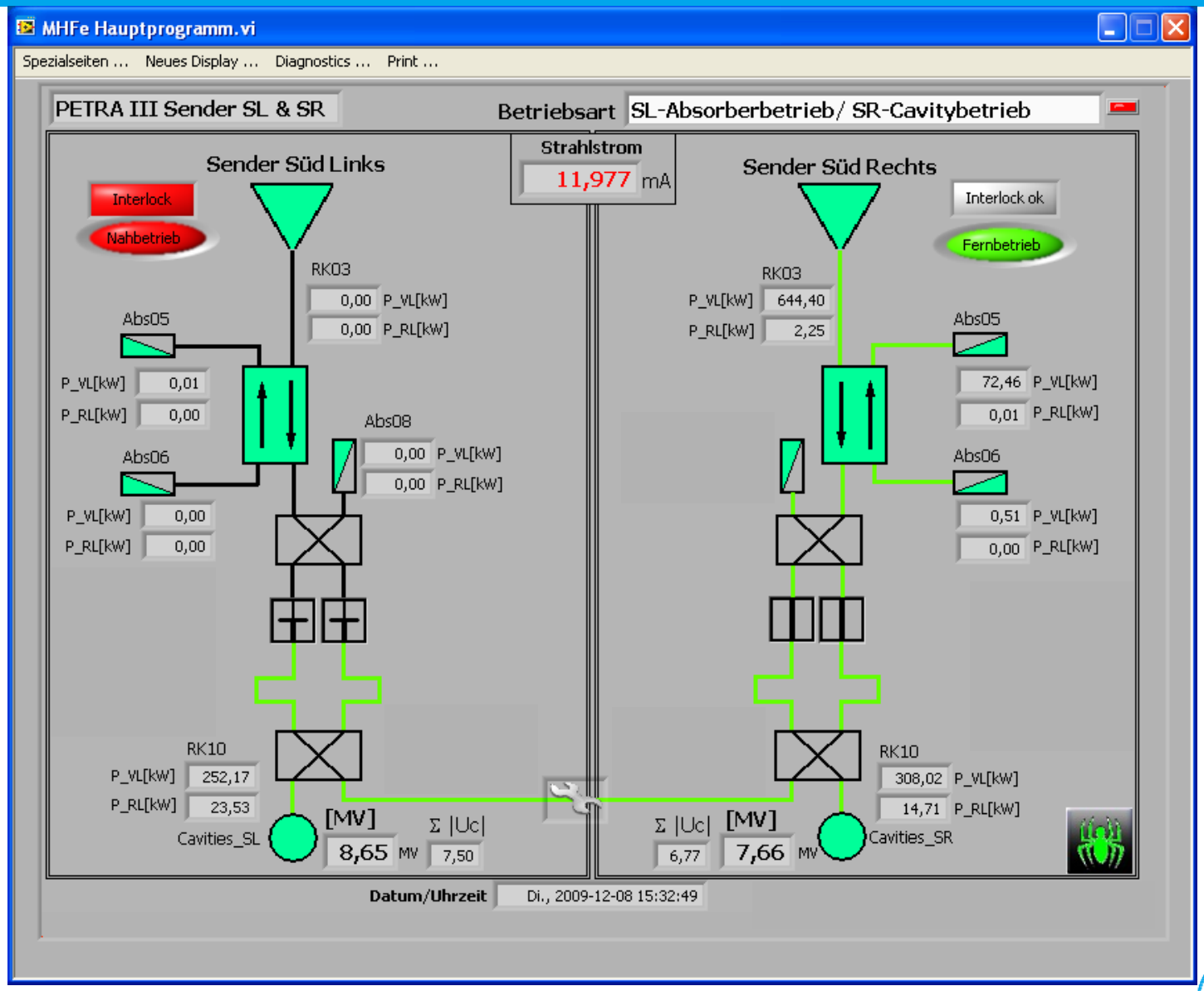
Normaler Betriebsmodus: 500 MHz Sender im Duett.



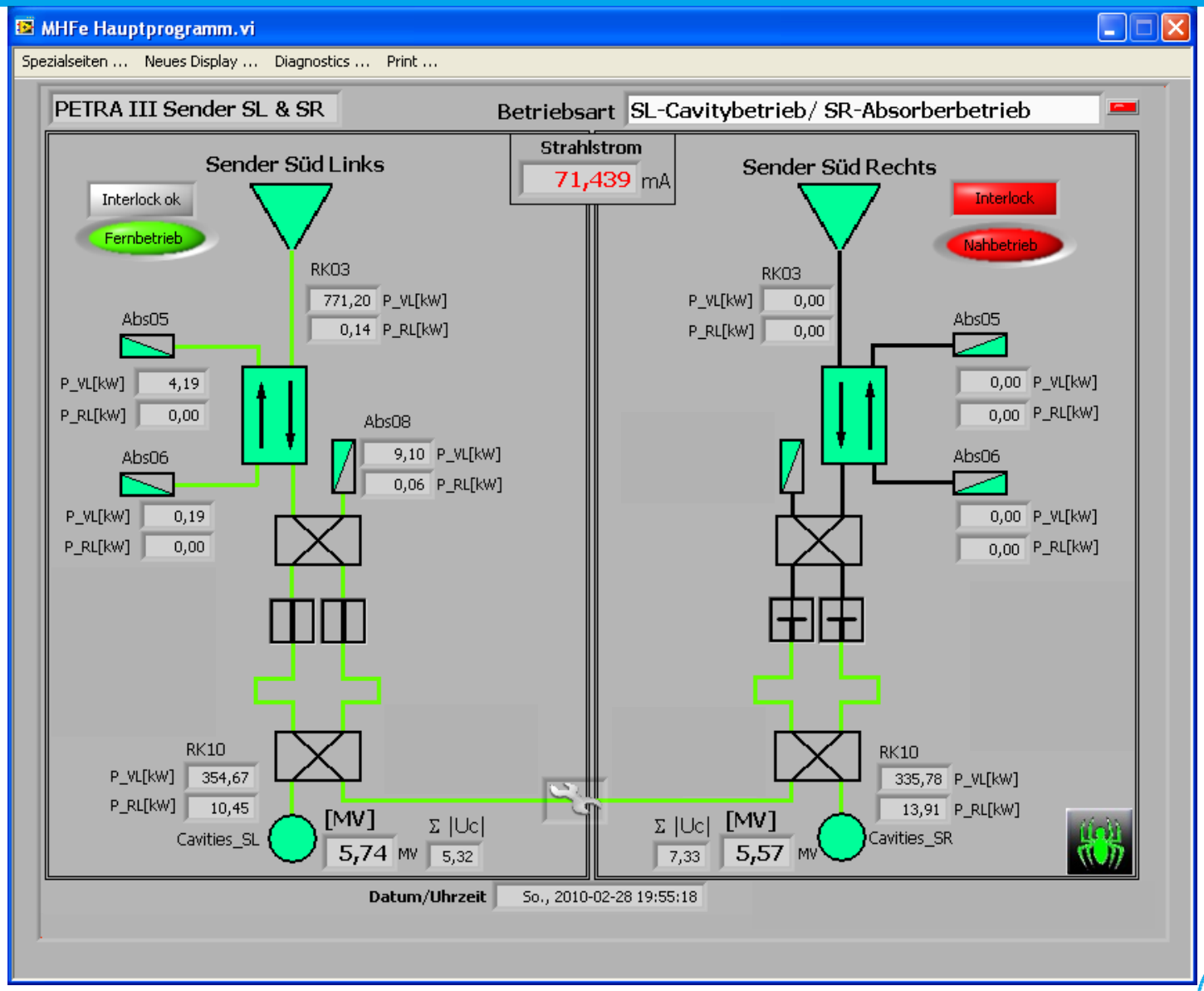




Solo: Sender Süd Rechts

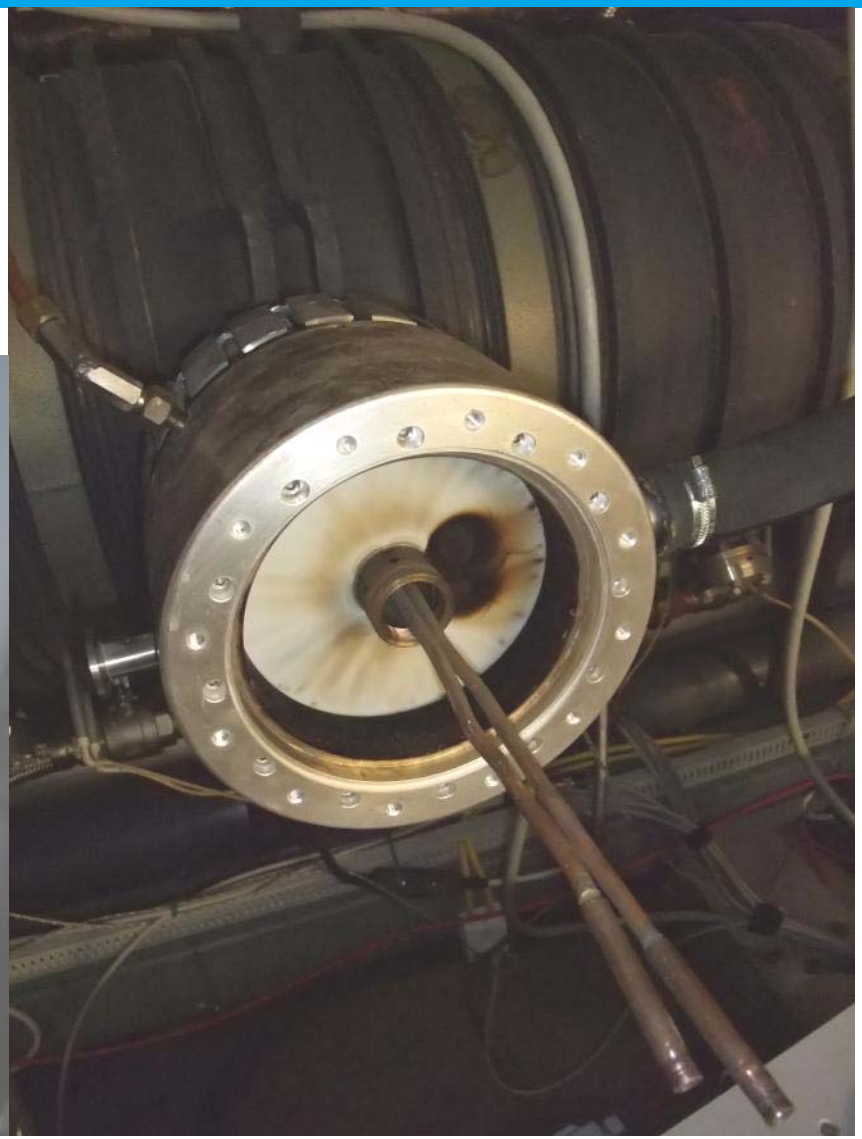


Solo: Sender Süd Links



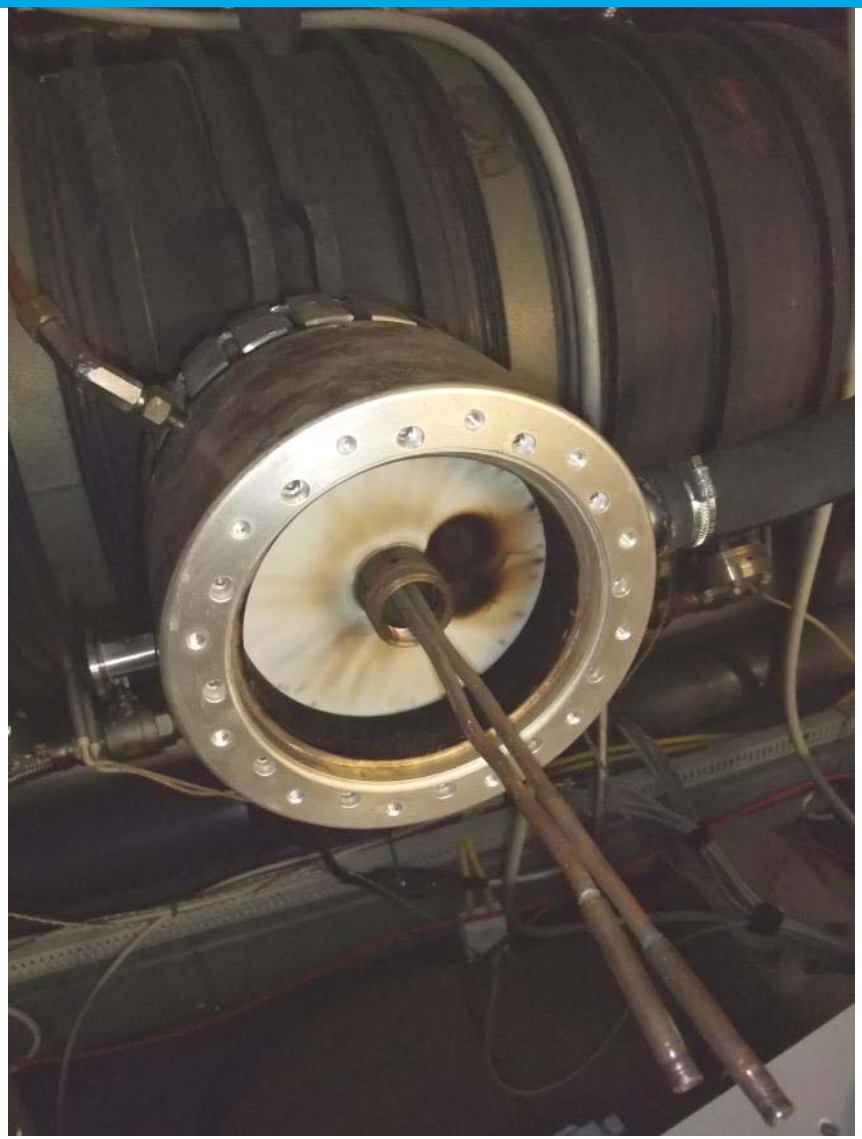
Kopplerschutz.

> Anlass: Die beinahe geknackte Keramik PETRA SL Cy4 am 10. November 2009. Aufgefallen durch hohe Differenztemperatur der Einkopplerkühlluft.



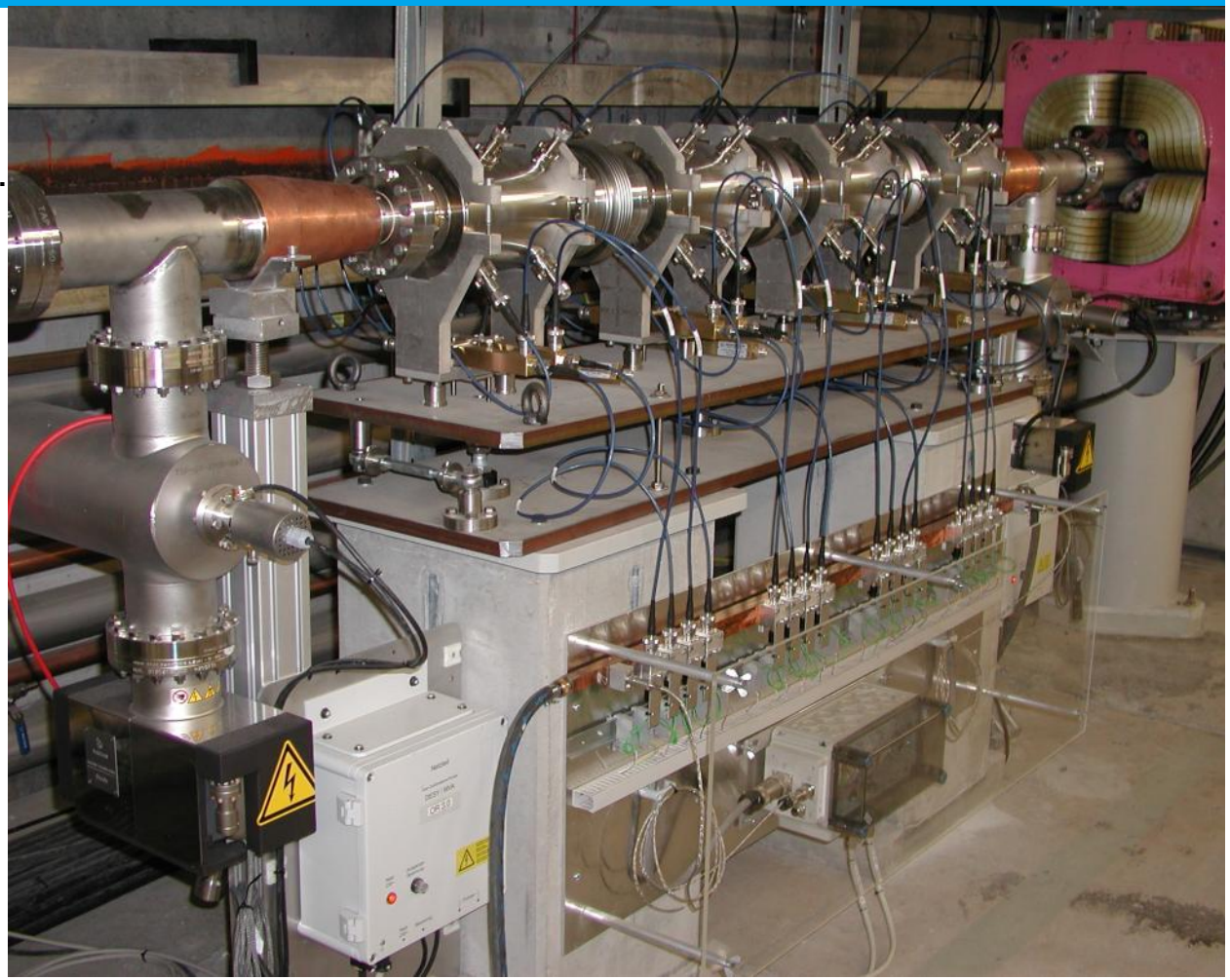
Kopplerschutz.

- Anlass: Die beinahe geknackte Keramik PETRA SL Cy4 am 10. November 2009. Aufgefallen durch hohe Differenztemperatur der Einkopplerkühlluft.
- Nachgerüstet: So genannte $\dot{r}$ (dr/dt) Detektoren (Dioden am Richtkoppler der Balance-Absorber zwischen jeweils 2 Cavities). Schneller Anstieg der Cavity-Reflexion schaltet jetzt den Sender aus.



Longitudinales Feedback.

1375 MHz
(Bandbreite bis zu 250 MHz)
auf 8 Cavities. Je 4 OL und OR.

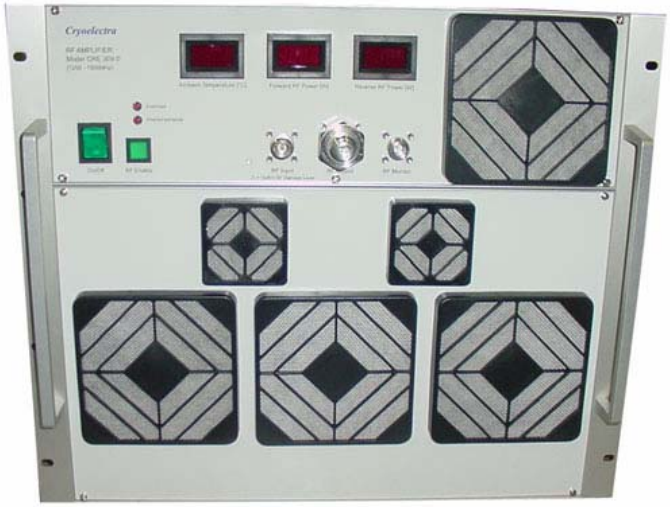


Longitudinales Feedback.

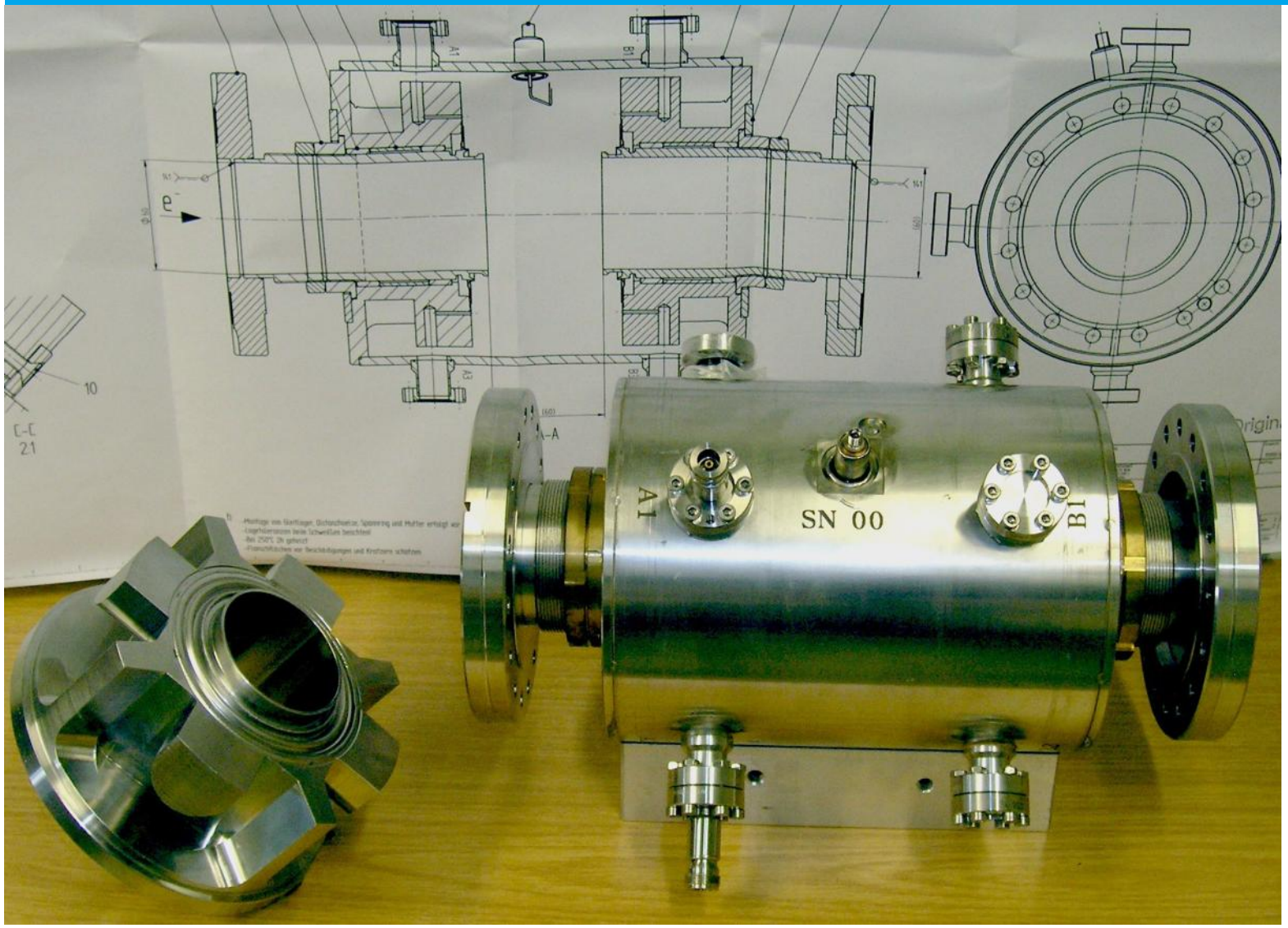
1375 MHz
(Bandbreite bis zu 250 MHz)
auf 8 Cavities. Je 4 OL und OR.

8 Halbleiterverstärker:
(je 4 von 2 Herstellern)
500 W Ausgangsleistung
Verstärkung: 50-57 dB
Frequenzbereich: 1250–1500 MHz

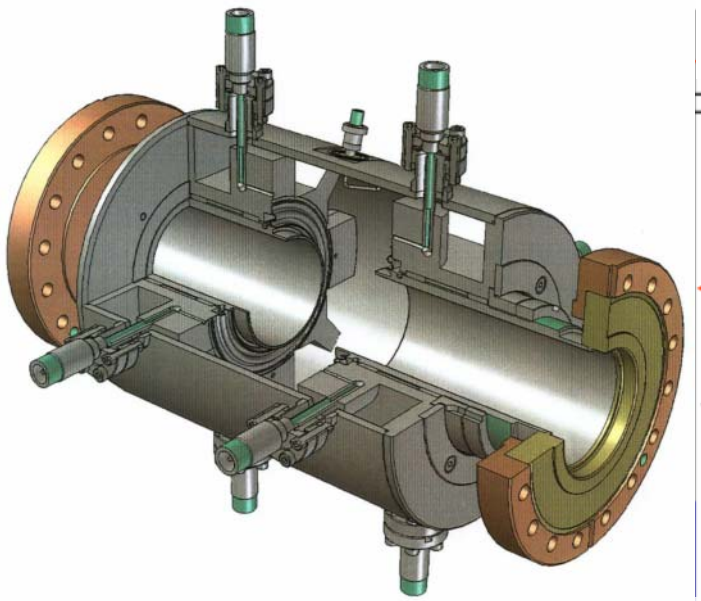
Alle 8 fast gleichzeitig defekt.
Ursache unklar: vermutlich Aus- und Einschaltvorgänge unter Last.

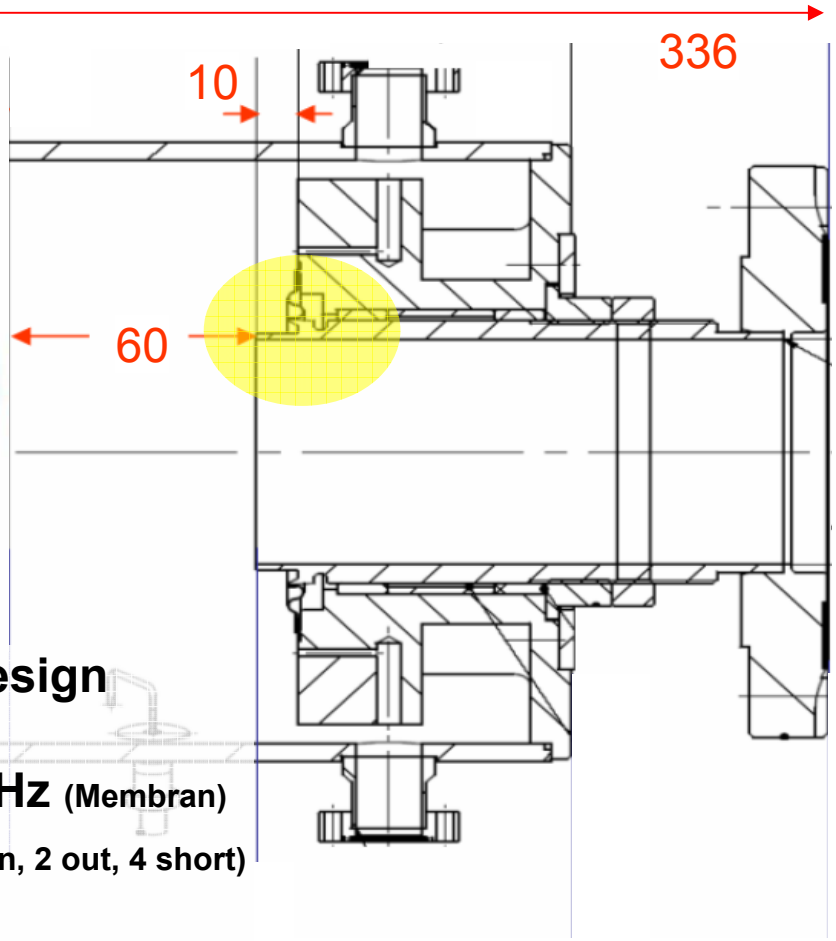


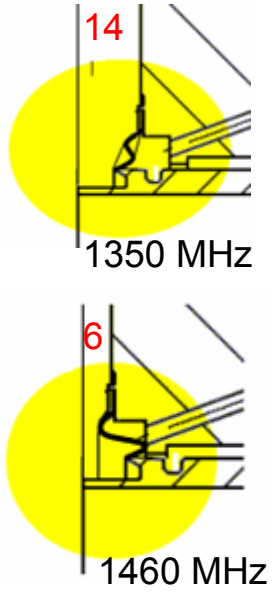
Feedback Kicker-Cavity



Feedback Kicker-Cavity

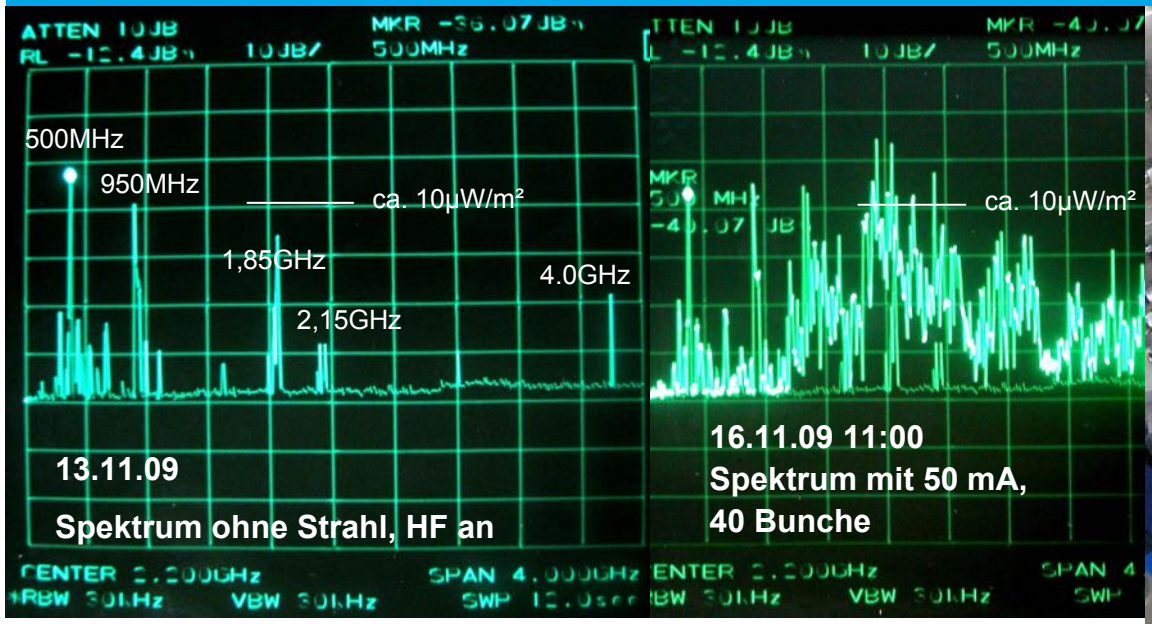






- **Modifiziertes DAΦNE/PSI Design**
- **8 Anschlüsse (Ports)**
- **Abstimmbar: 1350 – 1460 MHz (Membran)**
- **Bandbreite: 120 MHz (Ports: 2 in, 2 out, 4 short)**
- **Spannung: 1,2 kV**
- **8 Stück bei DESY gefertigt**

Störstrahlung aus dem Tunnel

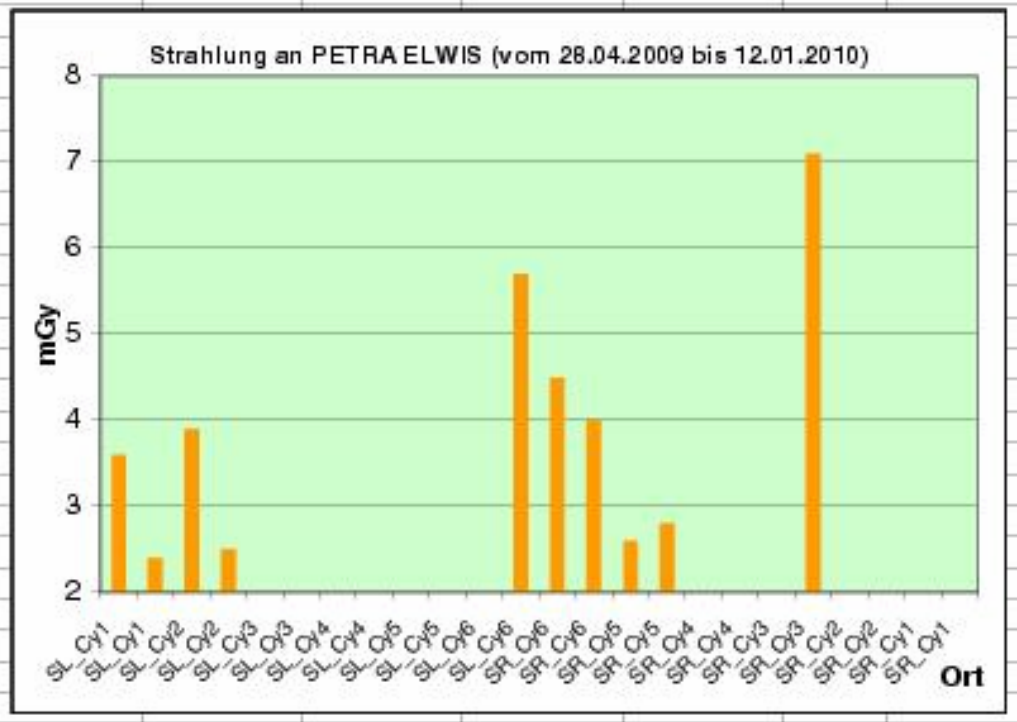


ELWIS im Tunnel

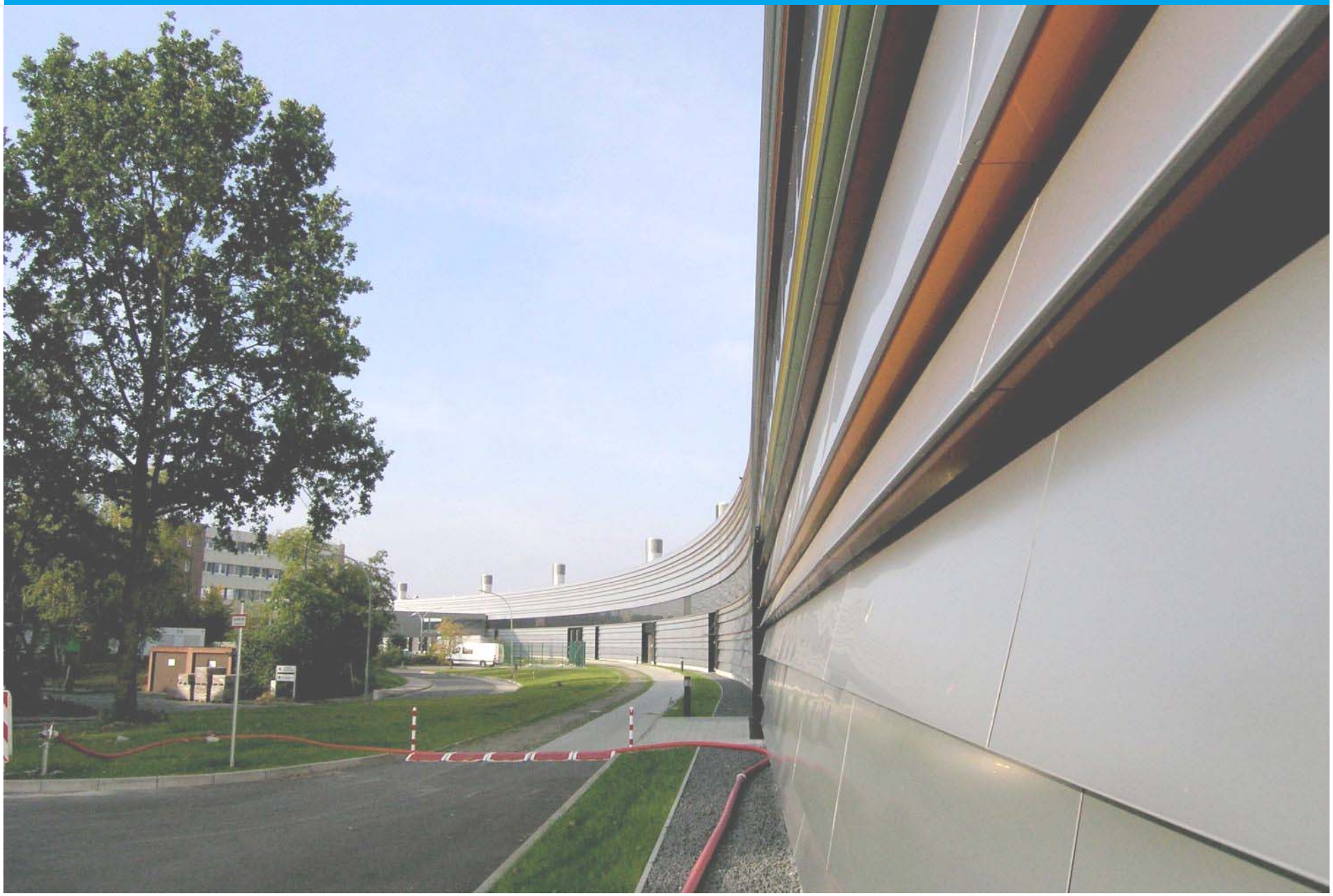
> Strahlungsmessung: je 2 TLDs an jedem Cavity ELWIS: max. 7 mGy in 8 Monaten

> Vergleich zu Tests in DORIS 2005 und 2006:
2 defekte FPGA Karten: eine nach ca. 24 Gy, die andere nach ca. 44 Gy

	mGy
SL_Cy1	3,6
SL_Cy1	2,4
SL_Cy2	3,9
SL_Cy2	2,5
SL_Cy3	2
SL_Cy3	2
SL_Cy4	2
SL_Cy4	2
SL_Cy5	2
SL_Cy5	2
SL_Cy6	2
SL_Cy6	5,7
SR_Cy6	4,5
SR_Cy6	4
SR_Cy5	2,6
SR_Cy5	2,8
SR_Cy4	2
SR_Cy4	2
SR_Cy3	2
SR_Cy3	7,1
SR_Cy2	2
SR_Cy2	2
SR_Cy1	2
SR_Cy1	2
Untergrund	2



Was bleibt.

- Transientenrekorder
- Hilfe zur Vereinfachung der Fehlerbehebung. „Waschzettel für Putzfrau“
- Fehleranalyse (Interpretersystem für Fehlermeldungen, „googlebar“)
- Automatisierter Interlockselbsttest bei jedem Einschalten
- Klystronarbeitspunkte automatisch optimieren
- Feintuning der Regelungen, volle Leistung.
- Dokumentation für und Schulung der MHF-e Schichtgänger

Vielen Dank.