



**Operateursausbildung
November 2020**

Linac HF Systeme der GSI Grundlagen und Neuerungen

Gerald Schreiber

Abteilung Linac RF, LRF

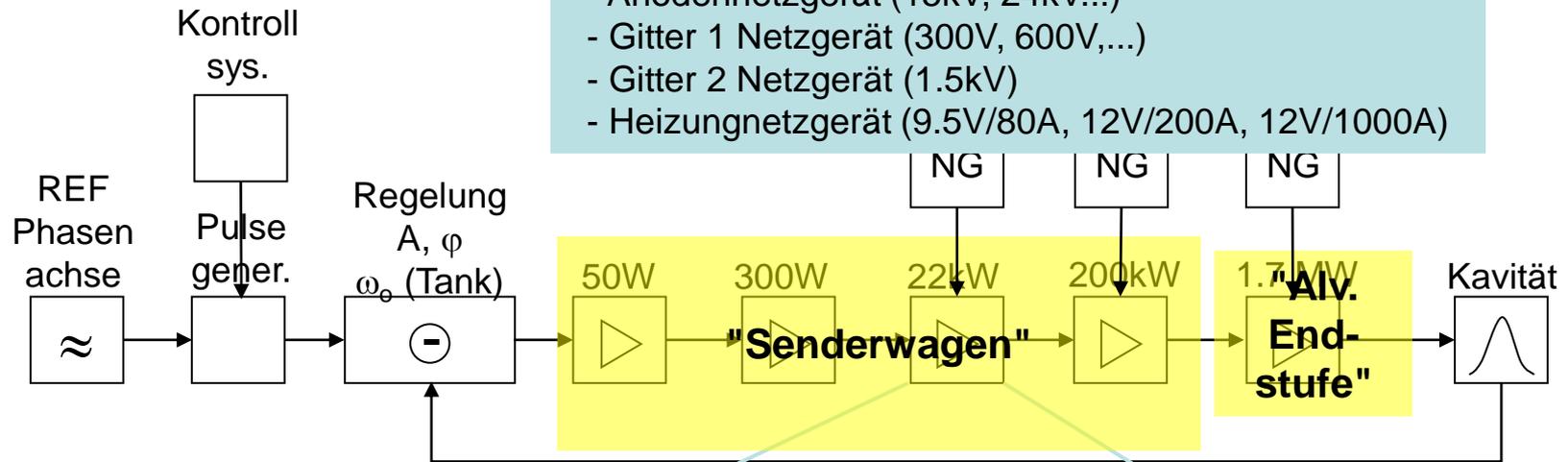
Teil 1 – Die UNILAC HF Systeme - Grundlagen

Teil 2 – Neuigkeiten / Betriebshinweise

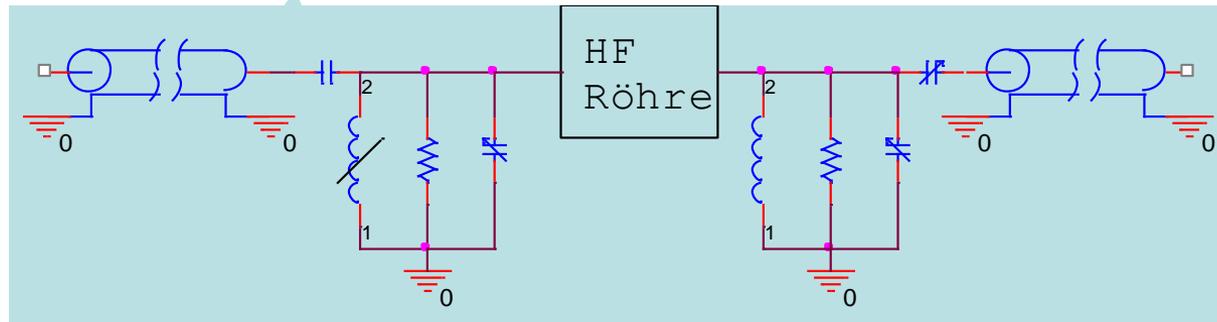
Beispiel eines Alvarez-HF-Systems - Verstärkerkette

"Das Netzgerät" (NG):

- Anodennetzgerät (15kV, 24kV...)
- Gitter 1 Netzgerät (300V, 600V,...)
- Gitter 2 Netzgerät (1.5kV)
- Heizungnetzgerät (9.5V/80A, 12V/200A, 12V/1000A)



Röhren altern,
Neuabstimmung
der Kreise
notwendig!





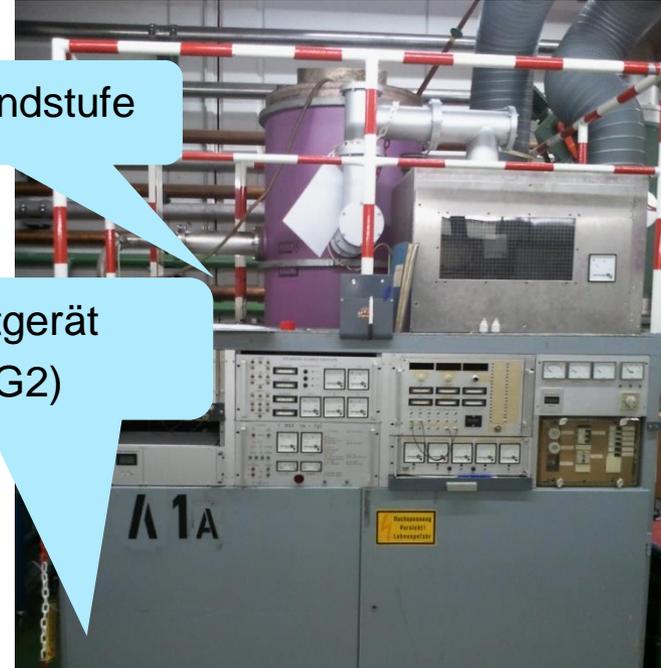
NG
Anode/G2
Treiber
22kW

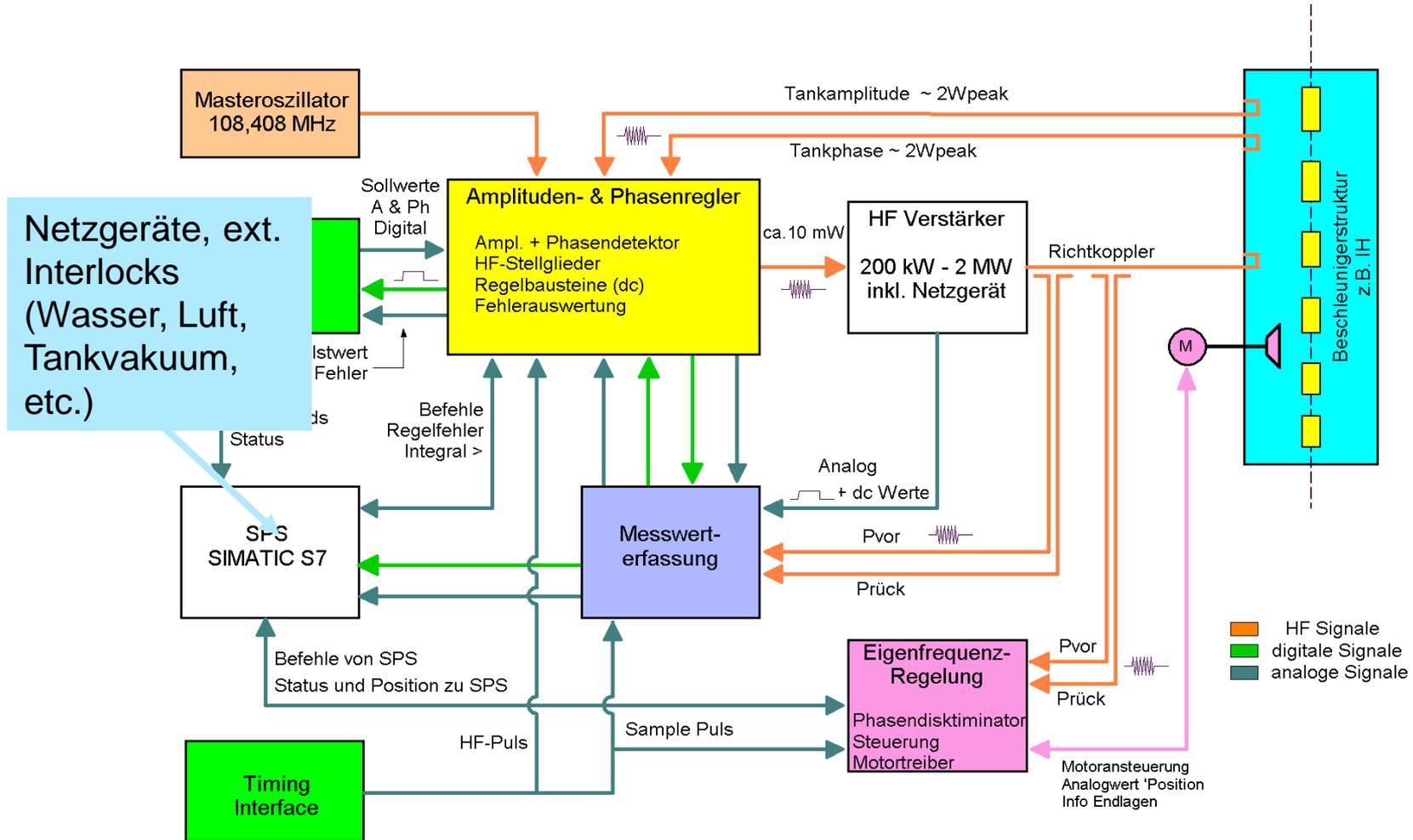
NG
Anode/G2
Endstufe
200kW

Senderwagen
NG G1 Treiber
NG G1 Endstufe
Heizung Tr.
Heizung End.
(...und 50W, 300W,
, SPS, Steuerung,
Regler, Interface...)

Alvarez Endstufe

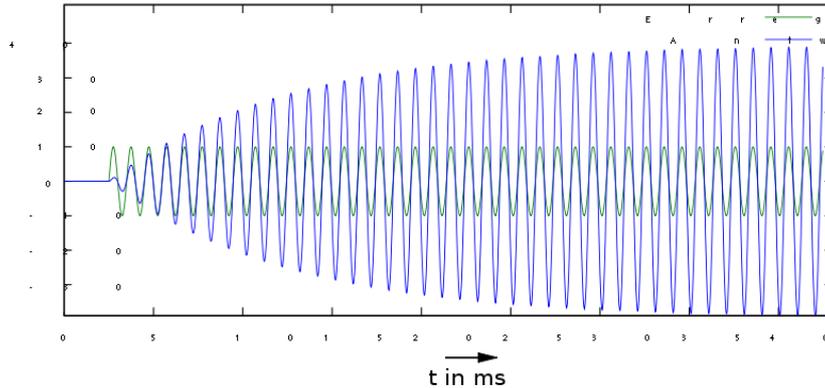
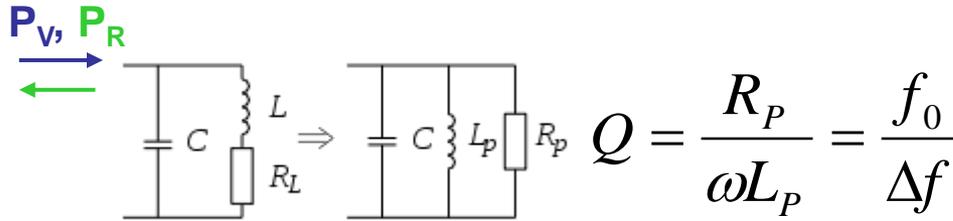
Alvarez Netgerät
(Anode / G2)



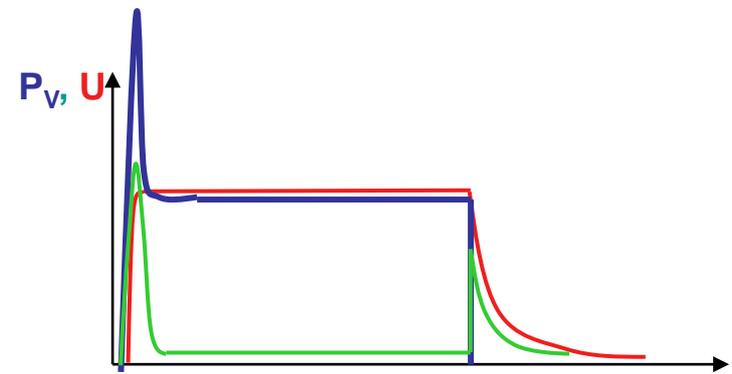
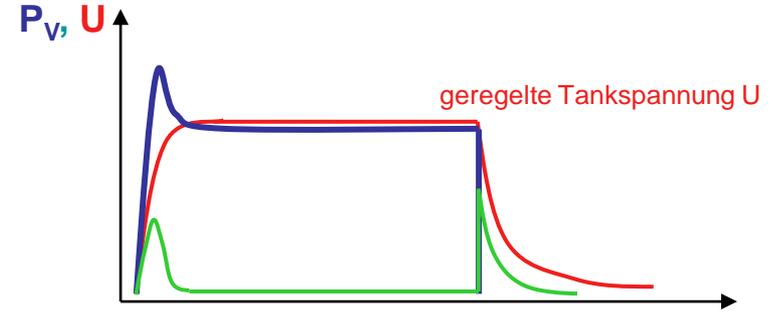


Schema UNILAC LLRF

HF Systemtopologie (ohne Netzgeräte)



"natürliches" Einschwingen eines Schwingkreises



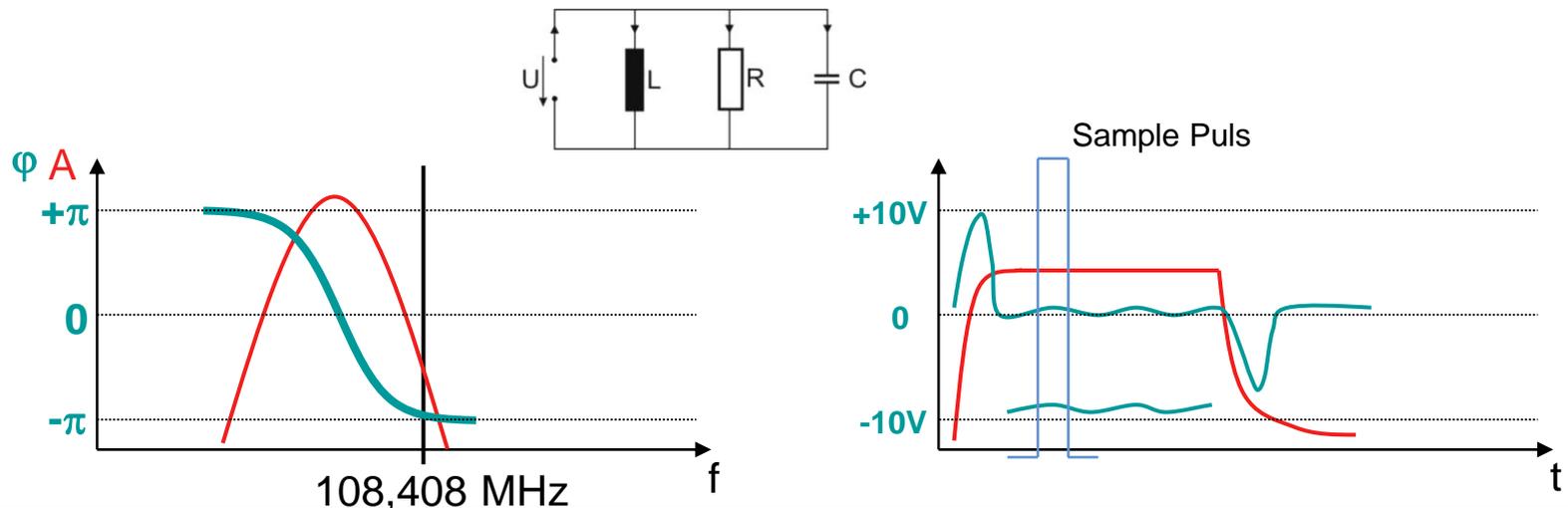
"erzwungenes" Einschwingen eines Schwingkreises mit Regelung

- Der mehrstufige Sender mit der Beschleunigerkavität sind eine rückgekoppelte (geregelt) Schwingkreiskette mit unterschiedlichen Güten Q und leicht unterschiedlichen Eigenfrequenzen.

Spezialitäten der Eigenfrequenzregelung, "Tank nicht in Resonanz?"

Messung der Tankphase aus HF Vor- und Rücklaufleistung in der Energieleitung an einer Stelle im HF Puls: Phase=0° -> Tank in Resonanz -> Rücklaufleistung minimal

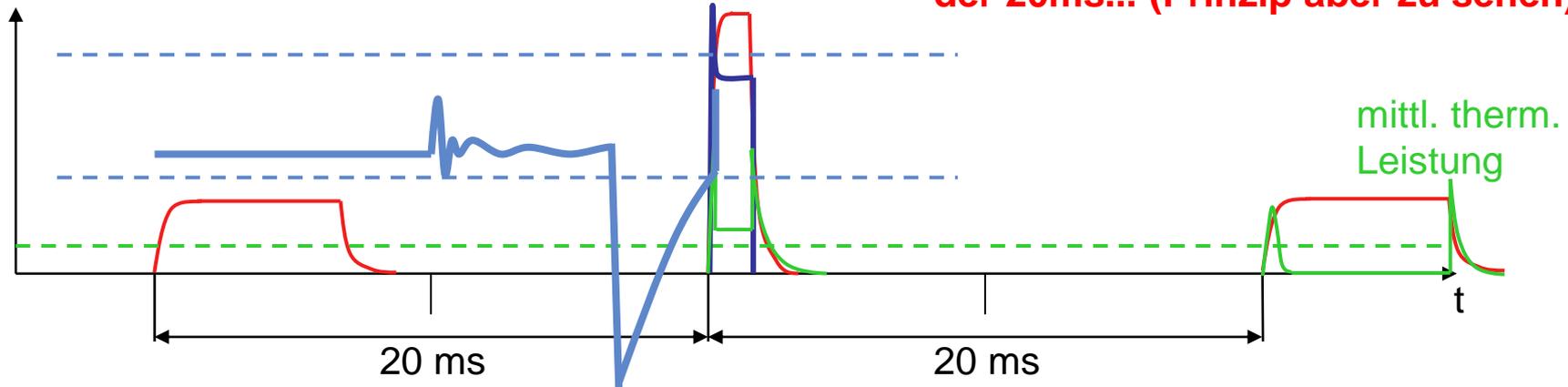
- es muss genug HF im Tank vorhanden sein (Erzeugung des Samplepuls, Messung Phase!)
- Tank zu warm oder zu kalt (Tankkühlung), HSI-RFQ, A3...
- Sender schwingt (untersch. Ursachen) (keine Messung Vor- zu Rücklaufphase möglich!)
- Tankeinbrüche, Vakuum/Sparking (keine Messung Vor- Rücklaufleistung möglich)
- Position Strahlpuls (Samplepuls!)



"Mischbetrieb": hohe Anforderungen an die Röhrenstufen!

Schlechter Wirkungsgrad bei langen Pulsen mit niedriger Spannung, da die Verstärker auf hohe Leistung optimiert sind (Arbeitspunkt, Anodenspannung etc.)

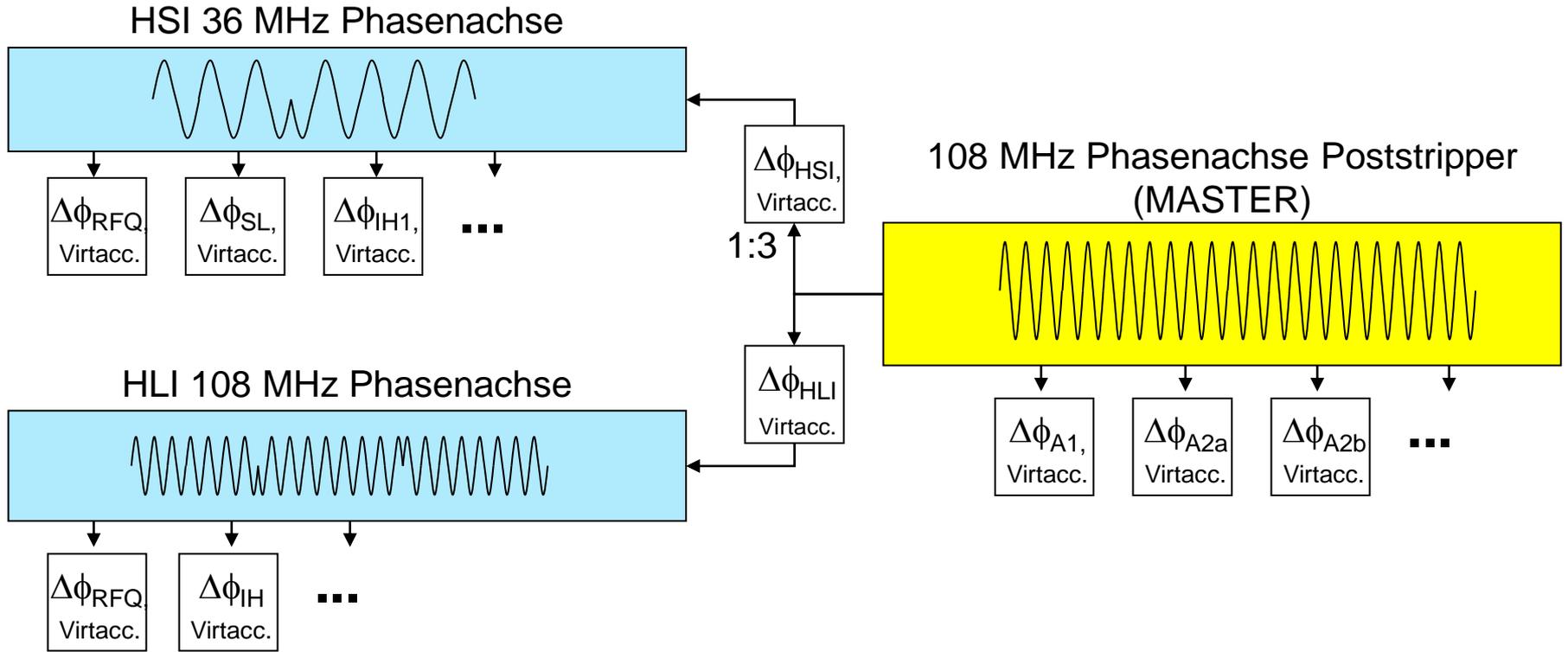
Korrektur: HF Puls „in Strahl“ am Ende der 20ms... (Prinzip aber zu sehen)



=> mittl. therm. Leistung = TK Position, stimmt nicht ganz: die Tankanpassung ändert sich leicht mit der Spannung! Fehlanpassung (Rücklauf) erfordert mehr Vorlaufleistung, Schwingneigung...

TK- "Flattern", je nach Pulsschema kann es zu unruhigen TKs kommen (sehr selten)

Integralüberwachung innerhalb eines 19ms Fensters, bei zu kurzem Pulsabstand -> „ U_{Tank} “ nicht okay



Phasensprung von Puls zu Puls, idealisiert dargestellt

Einschalten / Ausschalten:

- Heizungssteuerung mit "Black Heating",
 - a) verlängerte Lebenszeit der Röhren
 - b) Herstellervorgabe (Garantiebedingung)

Inbetriebnahme und Umstellung auf andere Ionensorten:

- Tank-Konditionierung, Senderoptimierung und Abstimmung auf hohe Leistung -> Zeit erforderlich!

Shutdown

- Wartung, Fehlersuche aber oft nur bei laufenden Anlagen (Tunnel zu!!!) möglich (Shutdown nur sehr eingeschränkt, Voraussetzung Strom/Wasser/Luft), "Testblöcke" mehr als nur hilfreich

Ausfälle

- HF schaltet ab: oft auch als Reaktion auf Tankprobleme, Wasser, Kühlluft, festgef. TKs etc... (externes Interlock?)

Spezialitäten

- Viele verschiedene Sender (auch augenscheinlich gleiche)

- Messwerterfassung, Senderselbstschutz ist bewusst nicht allumfassend
- Bei Ausfällen: zunächst Spannung reduzieren, dann langsam wieder erhöhen
- keine Leistungsbegrenzung (nur $Q_a!$, keine Pulslängenbegrenzung)
- Sparking nur Pulsverkürzung (fürs Kond. erforderlich)
- Schnellabschaltungen (Anodenüberstrom u. ä.) schützen die Röhren
- Externe Interlocks (Kavität: Wasser, Vakuum)

Teil 2 – Neuigkeiten / Betriebshinweise

- neue ω_0 -Regelung für die ERs (bewährt an Alvarez)
- A4 Thales-Stufe mit „Selbstschutz“ (Integralüberwachung)
- A1 Umbau (noch im Aufbau)
- Sonstiges

An allen Alvarez HF Anlagen befindet sich eine neue ω_0 Regelung

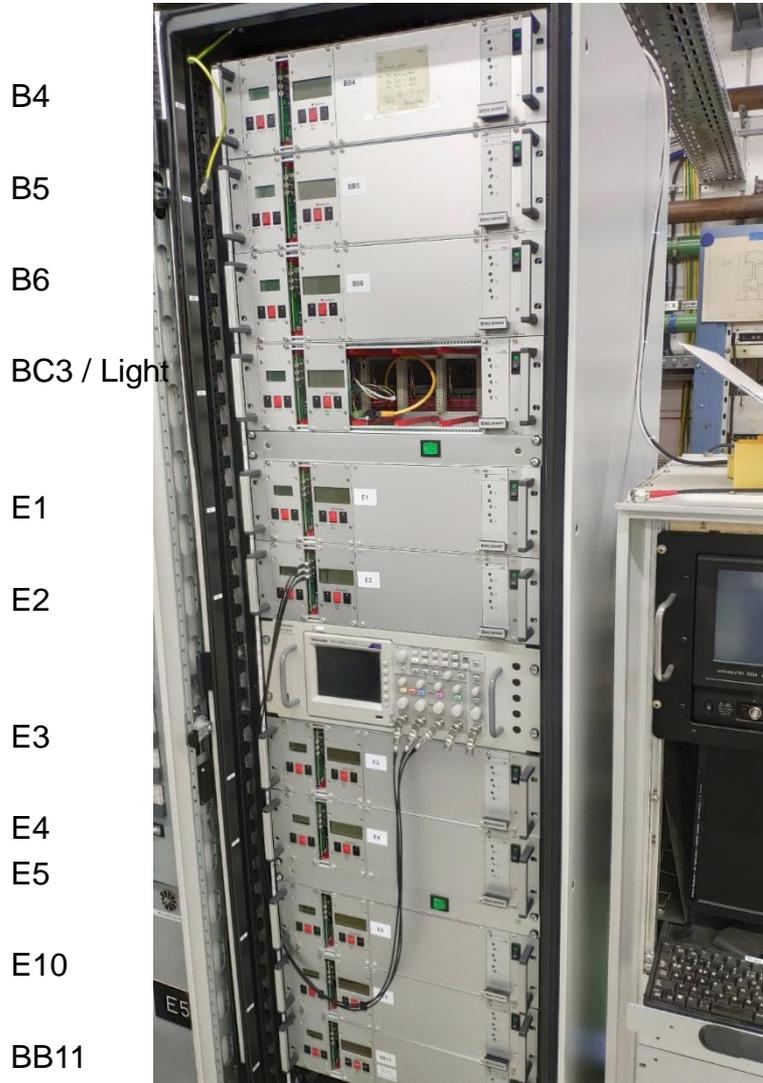
- Die Regelungen befinden sich in den Alvarez HF Endstufen (A2a, A2b) bzw. in den zugehörigen Steuerracks (A1, A3, A4), **nicht mehr im LSB!**
- Das alte System im LSB bleibt als „Backup“ zunächst bestehen
- Das neue System entspricht in der einfachen Bedienung dem alten System



A1, A2a, A2b Endstufe



A3 Steuerrack



- Der Tauchkolben Master befindet sich immer links (siehe unten)
- Die Sklaven folgen immer der Position des Masters, sofern diese auf Automatik stehen (im Display oben "AUTO", grüne Hintergrundbeleuchtung)
- Wird die HF länger als 1 Minute ausgeschaltet, so fahren alle Tauchkolben in die voreingestellte Kaltstartposition (neu!)



Phasendiskr.

Master

Sklave1

Sklave2

Sklave 3

Master Sklave

Master Sklave



AUTOMATIK

HAND

rote LED für TK
Endschalter

Links fahren
(TK raus)

Rechts fahren
(TK rein)

Automatik- / Handbetrieb:

3 Sekunden drücken

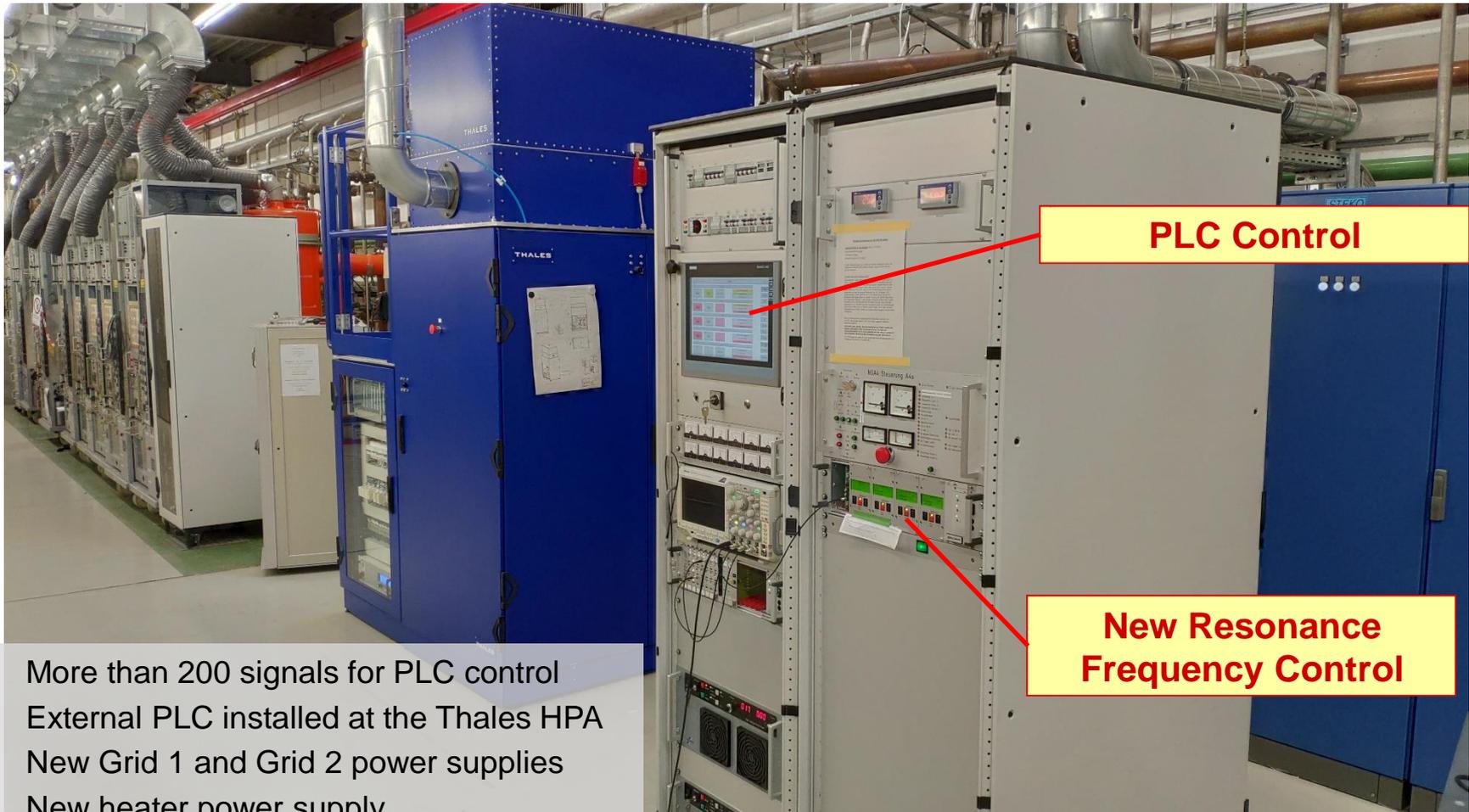
Displayfarbe wechselt von grün -> orange,
LED des Schalters AN->AUS

Anzeige

- Position des Sklaven in Promille
- Position des Masters (M)
- Position des Sklaven

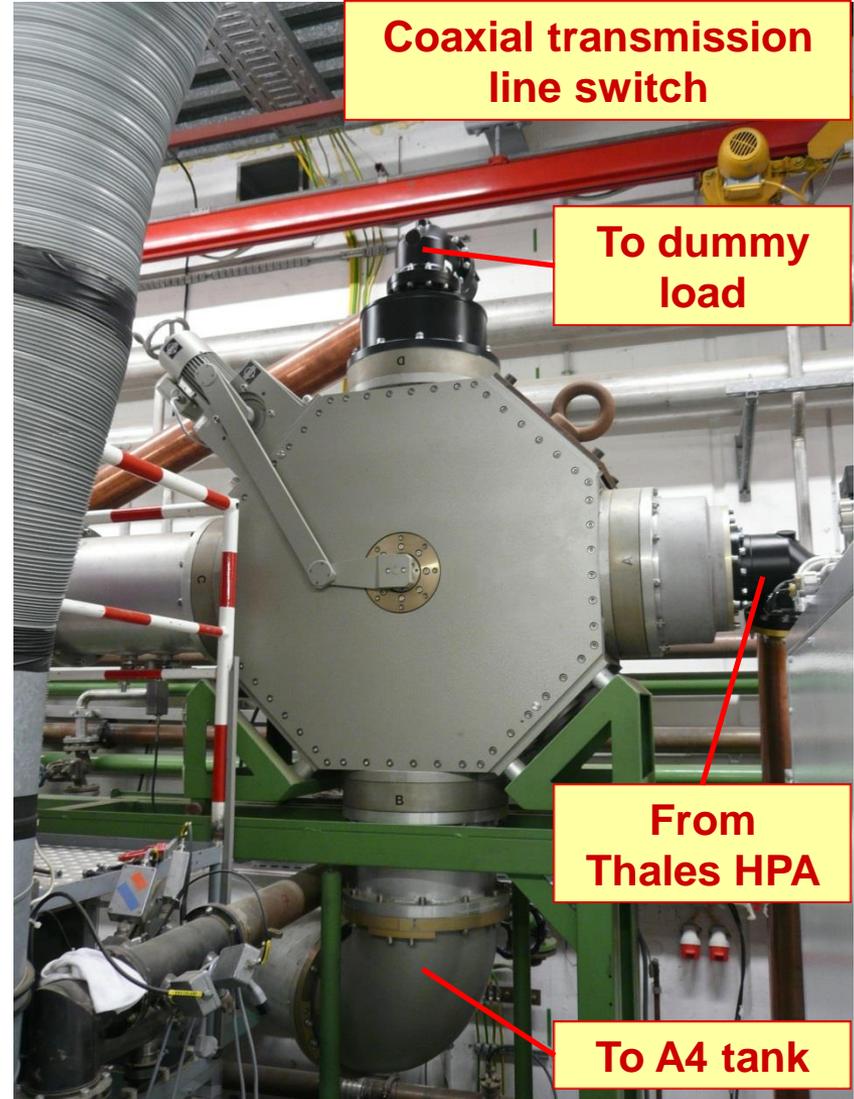
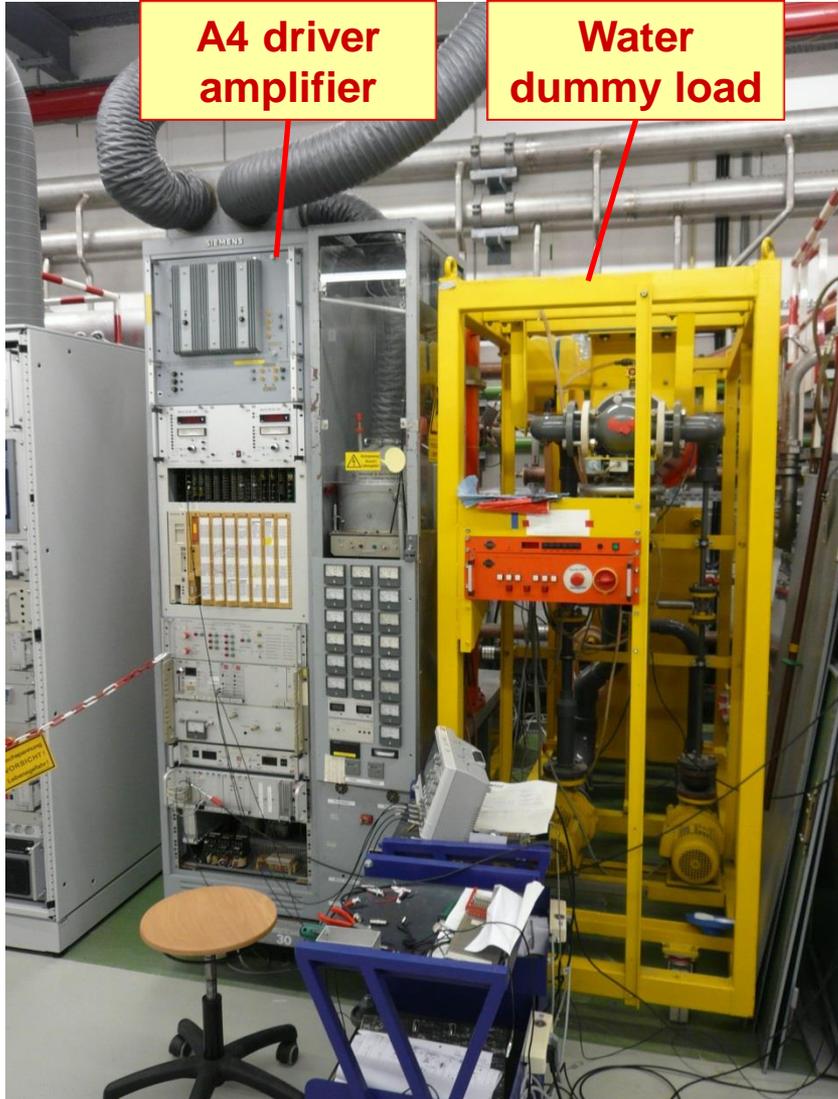
Positionen/Balken sollten immer identisch sein (M=S)

Die Sklaven müssen auf „AUTO“ stehen, damit sie dem Master folgen



- More than 200 signals for PLC control
- External PLC installed at the Thales HPA
- New Grid 1 and Grid 2 power supplies
- New heater power supply
- Fast Interlock and Measurement System
- Electrical distribution

■ ...





Thales Amplifier @ A4 Hinweise



Thales@A4, FAIR Upgrade for FAIR

- Maximal 10 Hz, 2 ms HF-Pulslänge (< 1ms Strahl)
- weiterhin 0V-Pulse zur Unterdrückung von Pulsen mit >10Hz (Regelung!), kein eigenes Timing
- Neue SPS – Steuerung -> derzeit teilweise Reset am A4 Netzgerät (Gegenüber Aufzug HF Galerie)



M. Hörr
 S. Hermann
 S. Petit
 et al.
 GSI

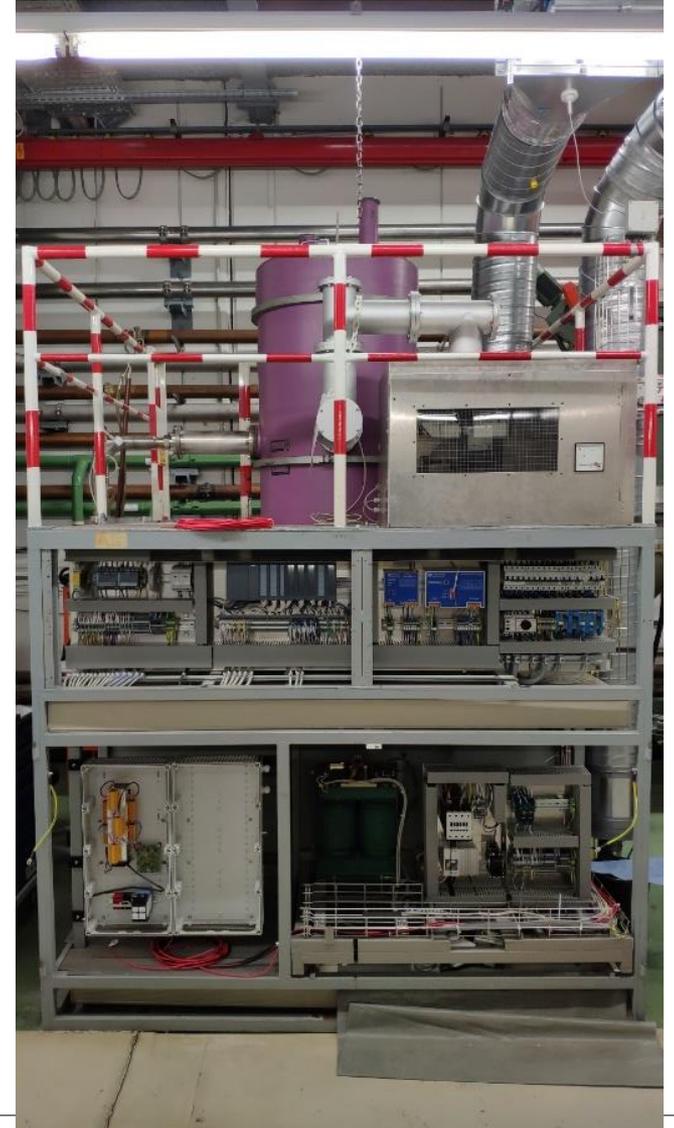


**New
 control rack
 (incl. PLC)**

**New
 measurement
 & fast
 interlock unit**

**New
 resonant freq.
 controller**

**Commercial
 UG1 power
 supply**



- Reset B4 und B5 vor Ort: sollte behoben sein
- Reset am A4 Netzgerät: noch unklar
- HLI Handling (immer gleiche Pulse, spezielle Länge, kein Quellenvorlauf, keine Pausenpulse, ...)
- Sicherheitsunterweisung online, Erstunterweisung für neue Operateure vor Ort (STV HF Galerie: Julian Salvatore)





Vielen Dank.