

## **Normalleitende Beschleunigungsstrecken für Elektronen/Positronen – MHF-e –**

MHF-e betreibt die 500-/1000-MHz-HF-Systeme aller Elektronen-Ringbeschleuniger. Diese HF-Systeme bestehen aus 16 Senderanlagen mit insgesamt 28 Dauerstrich-Klystrons. Davon sind 23 800-kW-Klystrons, ein 600-kW-Klystron, zwei 300-kW-Klystrons und zwei 250-kW-Klystrons. Die DC-Anschlussleistung der 16 Senderanlagen beträgt 34 MW. Die HF-Leistung wird über ca. 3,5 km Hohlleiter auf ca. 120 normalleitende und 16 supraleitende Resonatoren verteilt.

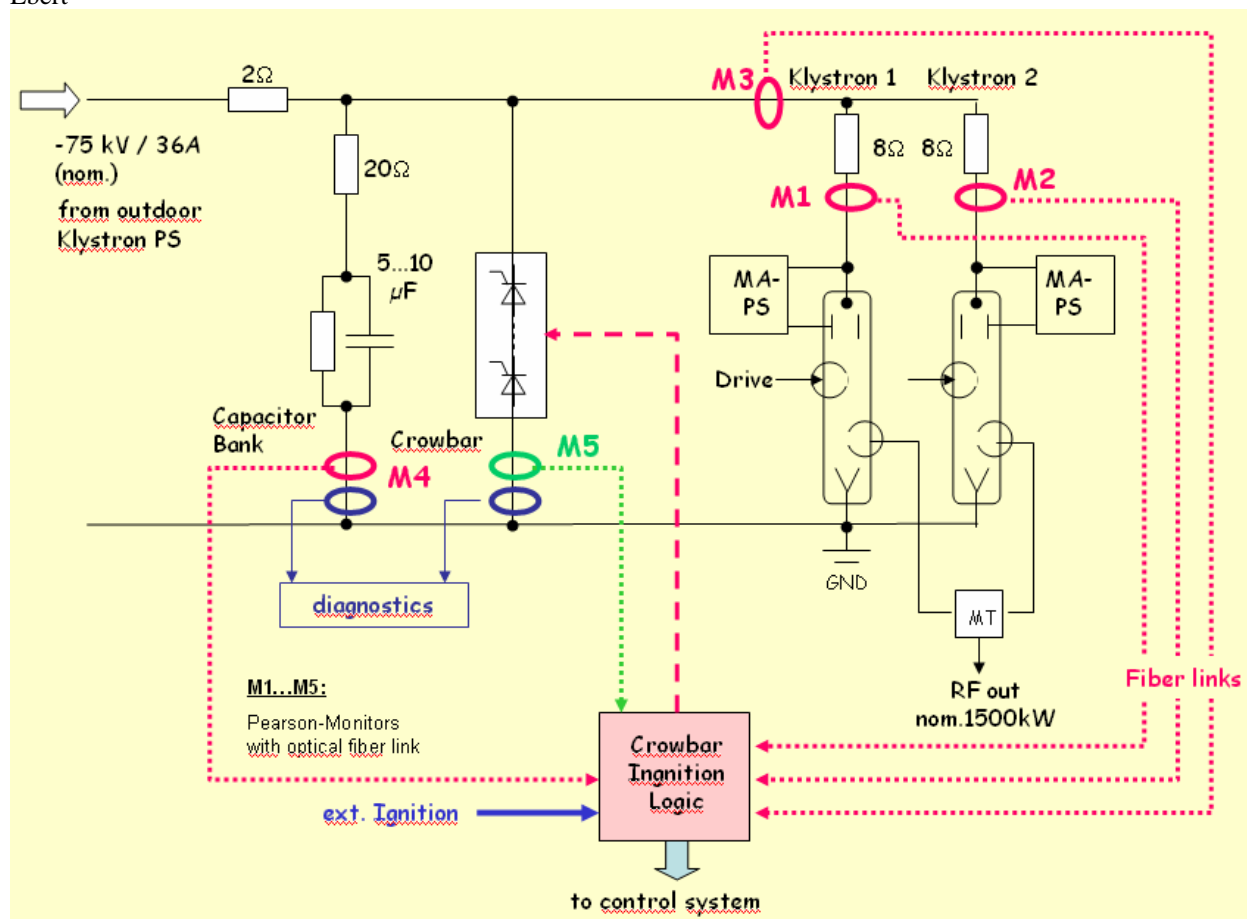
---

### HF-Betrieb für HERA-e

Im Berichtsjahr 2004 gab es zwei Betriebsperioden, die durch eine 2-monatige Wartungsperiode unterbrochen waren. An den technischen Störungen waren die 500-MHz HF-Systeme von HERA-e mit 187 Störungen beteiligt. Das entspricht 7,2 Anlagenstörungen pro Woche, bzw. einem mittleren Zeitraum von knapp 8 Tagen zwischen zwei Störungen eines HF-Systems. Der langjährige Durchschnittswert für die 500-MHz HF-Systeme liegt bei 10 Tagen. Die Anlagenzuverlässigkeit war somit im Rahmen der statistischen Genauigkeit durchschnittlich. Wie schon in der Vergangenheit, haben die Klystronschutz-Systeme (Crowbars inkl. Sensorik) einen vergleichsweise hohen Anteil an den Anlagenstörungen. Sie sind bei HERA-e für ca. eine Störung pro Woche verantwortlich.

### Entwicklung eines neuen Klystronschutz-Systems für HERA-e

Ein Klystronschutz-System hat die Aufgabe, ein Klystron vor Beschädigung bei einem internen Hochspannungsüberschlag zu schützen. Aufgrund der hohen Strahlleistung von ca. 3 MW, muss ein solches System innerhalb eines Zeitraumes von weniger als 100µs einen Hochspannungsüberschlag detektieren und das Klystron leistungslos zu schalten. Der Klystronschutz der HERA-e Senderanlagen besteht im Wesentlichen aus Funkenstrecken-Crowbars, die direkt über schnelle Stromsensoren im Klystronstromkreis getriggert werden. Die Betriebserfahrung der zurückliegenden Jahre legt den Schluss nahe, dass die meisten Crowbar-Zündungen unnötig waren. Sie wurden wahrscheinlich entweder durch Selbstzündung des Funkenstrecken-Crowbars oder durch die zu empfindliche Sensorik ausgelöst. Aufgrund fehlender Diagnosemöglichkeiten bleibt die Ursache für eine Crowbar-Zündung in der Regel unbekannt. Das neu entwickelte Klystronschutz-System soll die erwähnten Mängel beseitigen. Ein von der Gruppe MKK entwickelter Thyristor-Crowbar wird das Problem der Selbstzündung reduzieren. Eine von MHF-e entwickelte Triggerelektronik wird Fehltriggerungen reduzieren und Diagnosemöglichkeiten bieten. Fehltriggerungen werden dabei durch die logische Verknüpfung von mehreren Stromsensoren unterdrückt. Der Prototyp dieser neuen Triggerelektronik wurde zur Gewinnung von Betriebserfahrung an der Senderanlage HERA-WR installiert.



Die Skizze zeigt die hochspannungsseitige Beschaltung der Klystrons, und die Triggerelektronik für den Crowbar mit den zugehörigen Stromsensoren (M1-M5). Nur ganz bestimmte, in der Triggerlogik (Crowbar Ignition-Logic) festgelegte Kombinationen von Stromsensor-Signalen, lösen eine Crowbar-Zündung aus. Die Zündung des Crowbars wird über den Sensor M5 kontrolliert.

### Automatisches „dephasing“ des HF-Systems HERA-WR

Das HF-System HERA-WR speist die supraleitenden Cavities von HERAe. Beim Beschleunigen des Strahls von Injektionsenergie auf 27,6 GeV wird dabei während des Ramp-Prozesses die Maximalleistung des Senders erreicht, wenn die Cavity-Summenspannung > 34 MV und der Strahlstrom > 40 mA ist. Die Amplitudenregelung des HF-Systems HERA-WR schaltet dabei von Cavity-Spannungsregelung auf Sender-Leistungsregelung um. Die Cavity-Summenspannung der supraleitenden Cavities sinkt daraufhin je nach Strahlstrom und auf Werte < 30 MV ab. Die fehlende Cavity-Summenspannung wird durch die restlichen 7 HF-Systeme mit normalleitenden Cavities automatisch kompensiert. In der Vergangenheit waren hin und wieder Strahlverluste aufgetreten, die mit dem Umschalten der Amplitudenregelung in Zusammenhang gebracht wurden. Um diese Umschaltung zu vermeiden, wurde schon seit längerem, insbesondere beim Beschleunigen des Strahls von Injektionsenergie auf 27,6 GeV, das HF-System HERA-WR gegenüber den restlichen 7 HF-Systemen manuell soweit „dephased“, dass die Cavity-Spannung konstant und die Senderleistung sicher unterhalb der Maximalleistung blieb. Um die Operateure von dieser Fingerspitzengefühl erfordernden Prozedur zu entlasten, wurde von MHF-e eine Automatik konzipiert und noch vor dem Sommer-Shut-Down 2004 erfolgreich in Betrieb genommen. Ein willkommener Nebeneffekt des „dephasing“ ist die Einsparung von insgesamt ca. 500 kW HF-Leistung, da die sinkende Cavity-Spannung der

## Jahresbericht 2004

-MHFe-

Ebert

supraleitenden Cavities nicht mehr durch höhere Cavity-Spannungen der normalleitenden Cavities kompensiert werden muss.

### Neue Klystronmodulatoren

Ende Juni 2003 brannte der HV-Raum des HF-Systems HERA-SL aus. Die Sanierungs- und Wiederaufbauarbeiten konnten noch im selben Jahr abgeschlossen werden. Die Inbetriebnahme erfolgte jedoch erst Anfang 2004. Das HF-System arbeitet seitdem wieder einwandfrei – obwohl anfangs improvisiert werden musste, weil das HV-Netzteil zur Modulationsanodenansteuerung der Klystrons nicht rechtzeitig geliefert wurde.

Weiterhin wurden die beiden Klystronmodulatoren der HF-Systeme PETRA-SL und –SR im Berichtsjahr erneuert. Das war erforderlich, da die verwendeten Leistungs-Trioden nicht mehr lieferbar sind und der Reservebestand bedrohlich gesunken war. Die neuen Klystronmodulatoren arbeiten mit kommerziellen, getakteten HV-Netzteilen. Diese Technik hat sich bereits bei den HF-Systemen HERA-WL, DESY-2 und zuletzt bei HERA-SL gut bewährt.

### Planungen und Entwicklungen zur PETRA-III HF

Der Prototyp einer schnellen HF-Regelung in I/Q-Technik zur Ausregelung von Störmodulation im Klystron wurde an der Testsenderanlage aufgebaut und getestet. Eine "Klystron-Efficiency-Loop" wurde entwickelt. Sie maximiert den Klystron-Wirkungsgrad, indem sie für jede Klystronausgangsleistung die Parameter Kathodenspannung, -strom und Treiberleistung optimiert. Die Entwicklung eines schnellen PXI-ADC-Boards mit 10 MHz Sample-Rate, I/Q-Demodulation und integriertem Transientenrekorder wurde in Zusammenarbeit mit –FE- begonnen. Für das longitudinale Multi-Bunch Feedback ist ein 1,5-GHz-Cavity mit 62-MHz Bandbreite in der Entwicklung.

### TTF HF-Systeme

Bei TTF wurden im Berichtsjahr von MHFe die Hohlleiterverbindungen von Modulator 2 zum Gun-Cavity und von Modulator 3 zum Modul ACC1 neu aufgebaut. An den Hohlleitersystemen der Module ACC2 bis ACC5 wurden Umbauten vorgenommen.

### 500-MHz Klystron-Reserven

Die Situation der Klystron-Reserven hat sich gegenüber dem vergangenen Jahr noch weiter verschärft. Im Betriebsjahr sind zwei Klystrons bei PETRA ausgefallen. Eine für Mitte 2004 zugesagte Lieferung von zwei neuen Klystrons ist noch nicht erfolgt. Im Jahr 2005 wird sich die Situation entspannen. Es wird die Lieferung von 6 neuen und einem reparierten Klystron erwartet.

---

### Vorträge

#### **M. EBERT**

The RF System of PETRA-III

3<sup>rd</sup> CW and High Average Power RF Systems Users Group Meeting

SLS, Villingen/Ch (2004)

## Jahresbericht 2004

-MHFe-

Ebert

### **R. ONKEN**

What is New at IPCs (Cavity Input Coupler)

3<sup>rd</sup> CW and High Average Power RF Systems Users Group Meeting

SLS, Villingen/Ch (2004)

### **R.ONKEN**

Past Years “Highlights” of the DESY RF-Group

8<sup>th</sup> European Synchrotron Light Source (ESLS) RF Meeting

Daresbury/GB (2004)