

## Angaben zum Jahresbericht 2000

1. MHFe in Stichworten
2. HERAe-HF-Betrieb im Berichtsjahr
3. Aktivitäten der Gruppe MHFe im Berichtsjahr

### 1. MHFe in Stichworten

Die Gruppe MHFe besteht aus 24 Mitarbeitern

12 Ingenieure (1 mit Zeitvertrag)  
1 Wissenschaftler  
9 Techniker/Meister  
2 Facharbeiter

**MHFe betreibt die 500-/1000-MHz-HF-Systeme aller Elektronen-Ringbeschleuniger.**

Die HF-Systeme bestehen aus:

#### **16 Senderanlagen**

mit insgesamt

#### **28 Klystrons**

13 Stk. 800-kW-Klystr. (Philips YK1304),  
2 Stk. 800-kW-Klystr. (CPI 7958A),  
1 Stk. 800-kW-Klystr. (EEV K3480Y)  
4 Stk. 800-kW-Klystr. (Philips YK1301),  
4 Stk. 600-kW-Klystr. (Philips YK1300),  
2 Stk. 300-kW-Klystr. (Varian/Thomson),  
2 Stk. 250-kW-Klystr. (Philips YK1250).

**Die DC-Anschlußleistung der 16 Senderanlagen beträgt 34 MW**

**Die Nennleistung der 500-MHz-Sender beträgt**

HERA, PETRA, DORIS: insgesamt  $16,5 \text{ MW}_{\text{CW}}$   
DESY2                       $200 \text{ kW}_{\text{CW}} / 800 \text{ kW}_{\text{Peak}}$

**Die Nennleistung der 1-GHz-Sender beträgt**

HERA, DORIS:                      insgesamt  $200 \text{ kW}_{\text{CW}} / 400 \text{ kW}_{\text{Peak}}$

Die HF-Leistung wird über ca. **3,5 km Hohlleiter** auf ca. **120 normalleitende und 16 supraleitende Cavities** verteilt.

## 2. HERAe-HF-Betrieb im Berichtsjahr

Gegenüber dem Vorjahr konnte die Betriebssicherheit der HF-Systeme deutlich gesteigert werden. Die Anzahl der HF-bedingten Strahlverluste bezogen auf die integrierte Luminosität ist von ca. 3 Strahlverlusten pro 1/pbarn auf 2 Strahlverluste pro 1/pbarn gesunken. Die Betriebsbedingungen für die HF-Systeme waren aufgrund der höheren Strahlströme und den damit verbundenen erhöhten Senderleistungen deutlich härter als im Vorjahr (vergleiche **Tabelle 1**).

- Der mittlere Anfangsstrom der Lumi-Runs vergrößerte sich um 38%
- Der mittlere Strom während der Lumi-Runs vergrößerte sich um 33%
- Die mittlere Senderleistung bei Run-Beginn vergrößerte sich um 20%

**Tabelle 1:** Strahl- und HF-Betrieb der HERA-e-Maschine

|   | 2000                   | 1999                   |
|---|------------------------|------------------------|
| <b>Strahlbetrieb</b>  | Positronen             | Positronen             |
| Dauer des Lumi-Betriebes in Monaten <sup>1)</sup>                                   | 6,5                    | 8                      |
| Anzahl der Lumi-Runs  | 300                    | 317                    |
| Integrierte Luminosität   | 66,5 pb <sup>-1</sup>  | 45 pb <sup>-1</sup>    |
| mittlere Anzahl der Lumi-Runs pro Monat   | 46                     | 39                     |
| mittlere Dauer eines Lumi-Runs  | 8,9 h                  | 8,4 h                  |
| mittl. Zeit zwischen zwei Lumi-Runs <sup>2)</sup>                                   | 7 h                    | 10,4 h                 |
| mittl. Anfangsstrom eines Lumi-Runs   | 42,3 mA                | 30,6 mA                |
| mittl. Strom während der Lumi-Runs  | 24 mA                  | 18 mA                  |
| über den gesamten Betriebszeitraum gemittelter Strom <sup>3)</sup>                  | 14 mA                  | 11 mA                  |
|   |                        |                        |
| <b>HF-Betrieb</b>   |                        |                        |
| mittl. Leistung pro HF-System zu Beginn eines Lumi-Runs                             | 900                    | 750                    |
| Gesamtzahl der Strahlverluste <sup>4)</sup> durch Störungen der HF-Systeme          | 119                    | 139                    |
| Desgl. bezogen auf die integrierte Luminosität (HF-Störungen pro pb <sup>-1</sup> ) | 1,8 / pb <sup>-1</sup> | 3,1 / pb <sup>-1</sup> |

1) Anzahl der Wochen mit Lumi-Betrieb \*7 / 30,5

2) 30,5\*24 h/Monat / 39 Runs – mittl.Run-Dauer.

3) inkl. Ströme außerhalb der Lumi-Runs

4) Def. Strahlverlust:  $\Delta I_B > 10\%$

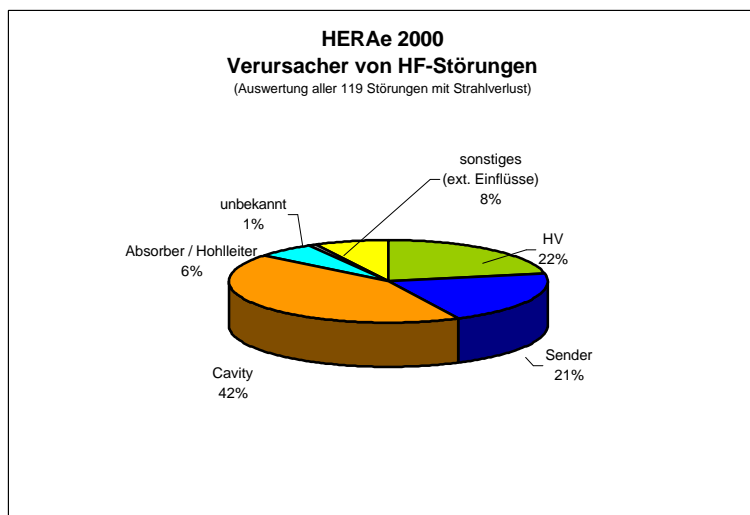
### Verursacher von HF-Störungen

Zur Auswertung wurden die Störungen der HF-Systeme in 5 Kategorien aufgeteilt.

- HV: Sender-Gleichrichteranlage, Klystronschutz
- Sender: Senderanlage inkl. Klystrons, Zirkulator, Modulator, Luft- und Wasserkühlung
- Absorber/Hohlleiter: Hohlleitersystem mit Absorbern.
- Cavity: Cavities inkl. Vakuum-Überwachung, Kühlung und Tuning
- Sonstiges: Fehlbedienung, Phasing, SLC-Kryogenik, Netzvischer usw.
- Unbekannt: Verursacher konnte nicht eindeutig ermittelt werden.

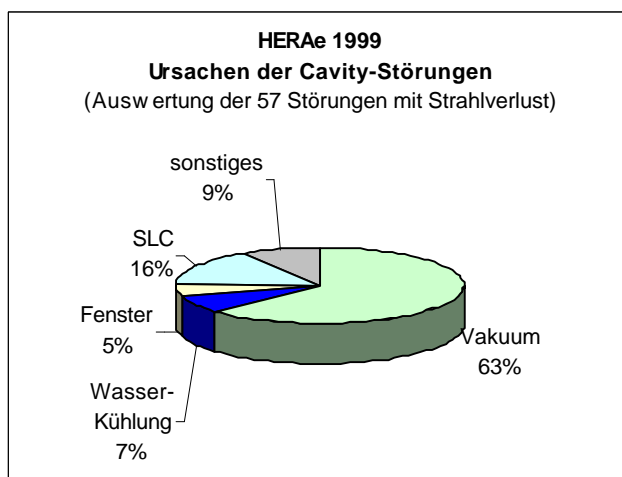
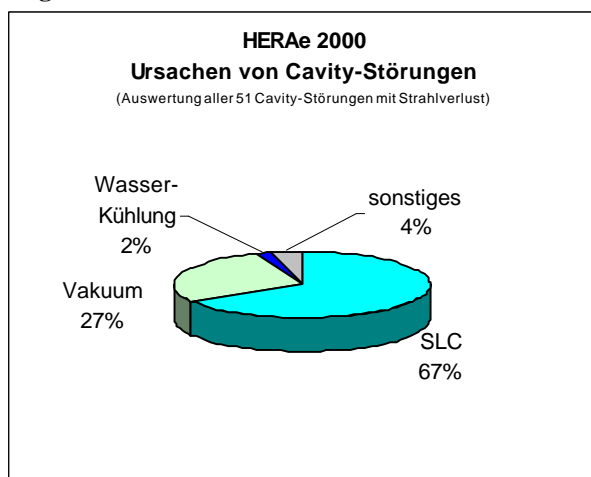
Wie **Diagramm 1** zeigt, fielen 42% aller HF-Störungen in die Rubrik „Cavity“. Eine Aufschlüsselung der Cavity-Probleme zeigt **Diagramm 2**

**Diagramm 1**



Die Verteilung der 139 HF-Störungen des Jahres 1999 entspricht bis auf wenige Prozent-Punkte exakt der des Jahres 2000. Ein deutlicher Unterschied wird aber erkennbar, wenn man die Ursachen der Cavity-Störungen näher aufschlüsselt. Die Verhältnisse zwischen Vakuum-Störungen der normalleitenden Cavities und Störungen der supraleitenden Cavities haben sich umgekehrt. Der Grund für die Reduzierung des Anteils der Cavity-Vakuumstörungen von 63% auf 27% - trotz höherer Strahlströme - ist auf eine sehr erfolgreichen Maßnahme des letzten Jahres zurückzuführen. Die Hintergründe sind im Jahresbericht 1999 auf S.194 erläutert.

**Diagramm 2**



Nahezu im selben Umfang, wie die Vakuum-Störungen der normalleitenden Cavities zurückgingen, stiegen die Störungen der supraleitenden Cavities. Einzelheiten und Hintergründe dazu werden im Bericht der Gruppe MHF-SL nachzulesen sein.

**Legende zu Diagramm 2**

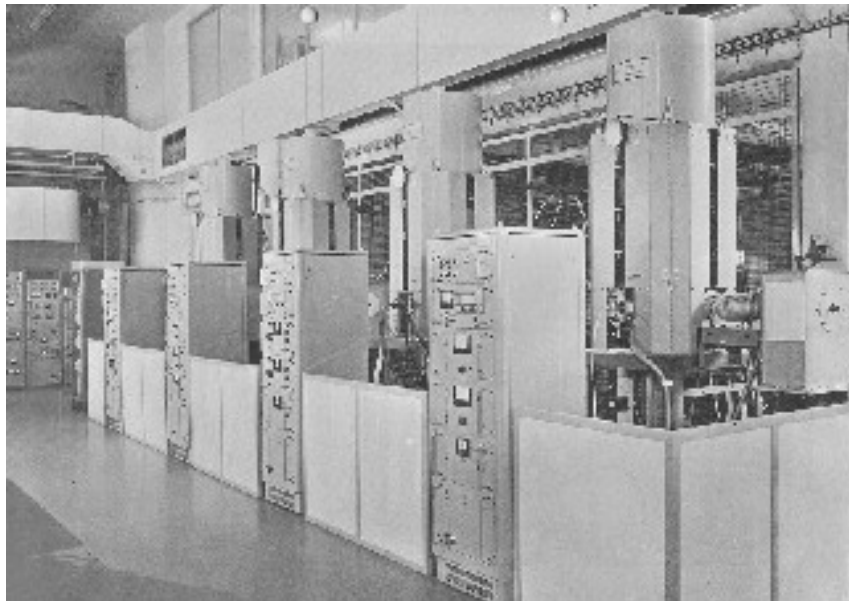
- Vakuum: Druck > 10<sup>-6</sup>mbar, Druck <10<sup>-10</sup>mbar,
- Wasser-Kühlung: Wasserdurchflussüberwachung der verschiedenen Cavity-Kühlkreise
- Fenster: Fenstertemperatur der HF-Einkopplung
- SLC: Sammelmeldung für Störungen der supraleitenden Cavities
- Sonstiges: Tuning-Regelungen, usw.

## 3. Aktivitäten der Gruppe MHFe im Berichtsjahr

Außer den direkt mit dem Beschleunigerbetrieb im Zusammenhang stehenden Tätigkeiten, wurden von MHFe noch weitere mehr oder weniger umfangreiche Projekte durchgeführt.

### 3.1. Modernisierung der Synchrotron-Senderanlage

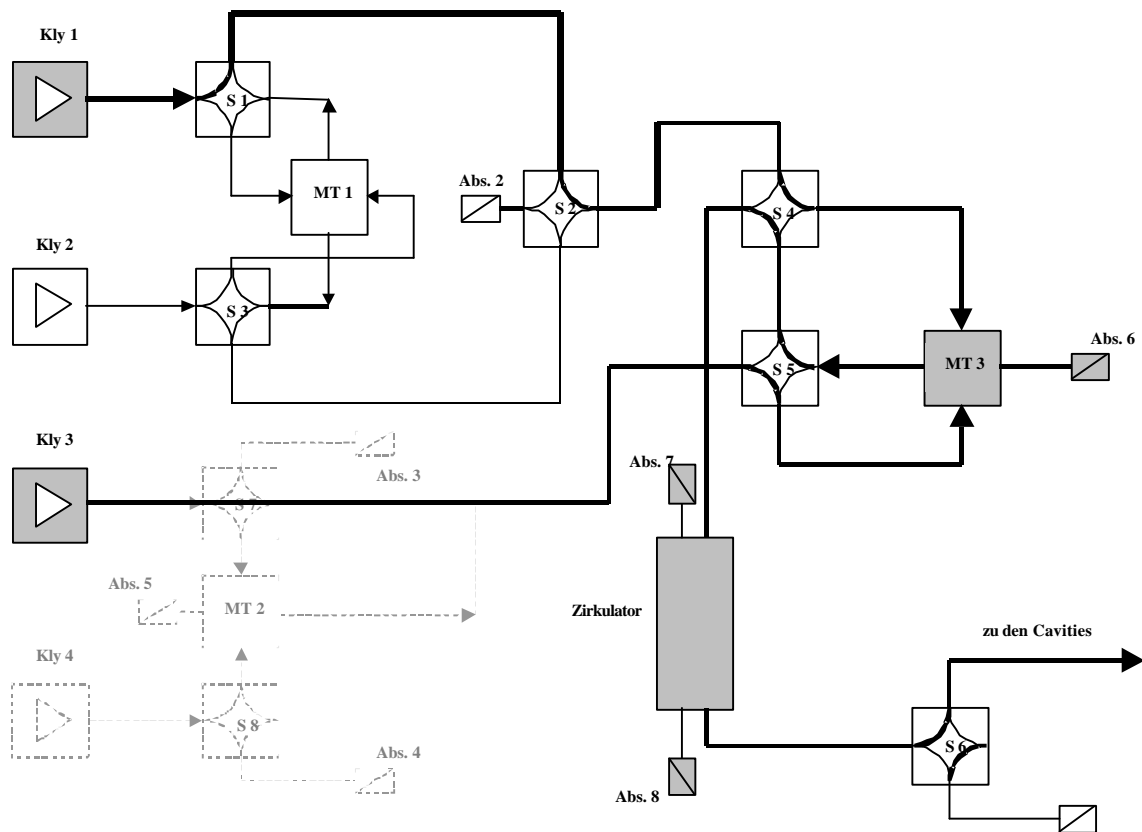
Das größte Projekt des vergangenen Jahres war die Modernisierung der Synchrotron-Senderanlage. Die Anlage war seit 1968 in Betrieb. Mit zwei *Thomson-CSF*-Klystrons konnte die Anlage  $1 \text{ MW}_{\text{peak}}/300 \text{ kW}_{\text{ave}}$  bei einer Frequenz von 500MHz liefern. Obwohl für den Betrieb nur 2 Klystrons benötigt wurden, waren in der Senderanlage 4 Klystrons installiert. Bei Klystronausfall konnten so, durch Umschalten einiger Hohlleiterschalter, in kürzester Zeit die Reserveklystrons in Betrieb genommen werden.



**Bild der alten Senderanlage, wie sie bis November 1999 aussah.**

In dem kurzen Winter-Shut-Down '99/2000 wurden bereits erste Vorbereitungen für eine Sender-Modernisierung getroffen. Eines der 4 Klystrons wurde samt zugehörigem Hohlleitersystem (siehe nachstehende Skizze) demontiert, um Platz für die Steuerschränke der neuen Anlage zu schaffen. Die neue Anlage wurde für 3 Klystrons konzipiert, von denen - wie bisher - nur jeweils zwei betrieben werden. Das dritte Klystron steht als Reserve bereit und kann - ebenfalls wie bisher - in kürzester Zeit über das Hohlleiterschalter-System aktiviert werden. Als Ersatz des bisherigen Röhren-Modulators, der die Modulationsanoden aller Klystrons parallel steuerte, wurden im Laufe des Jahres drei einzelne Halbleiter-Modulatoren aufgebaut.

Zu Beginn des Shut-Downs 2000/01 wurde die alte Anlage bis auf die Klystrons und das Hohlleitersystem abgerissen und neu aufgebaut. Neun Wochen nach Shut-Down-Beginn war die neue Anlage betriebsbereit. Sie wird ab Anfang Januar 2001 für den DESY-2 Strahlbetrieb laufen.



Skizze des Hohlleitersystems der Synchrotron-Senderanlage

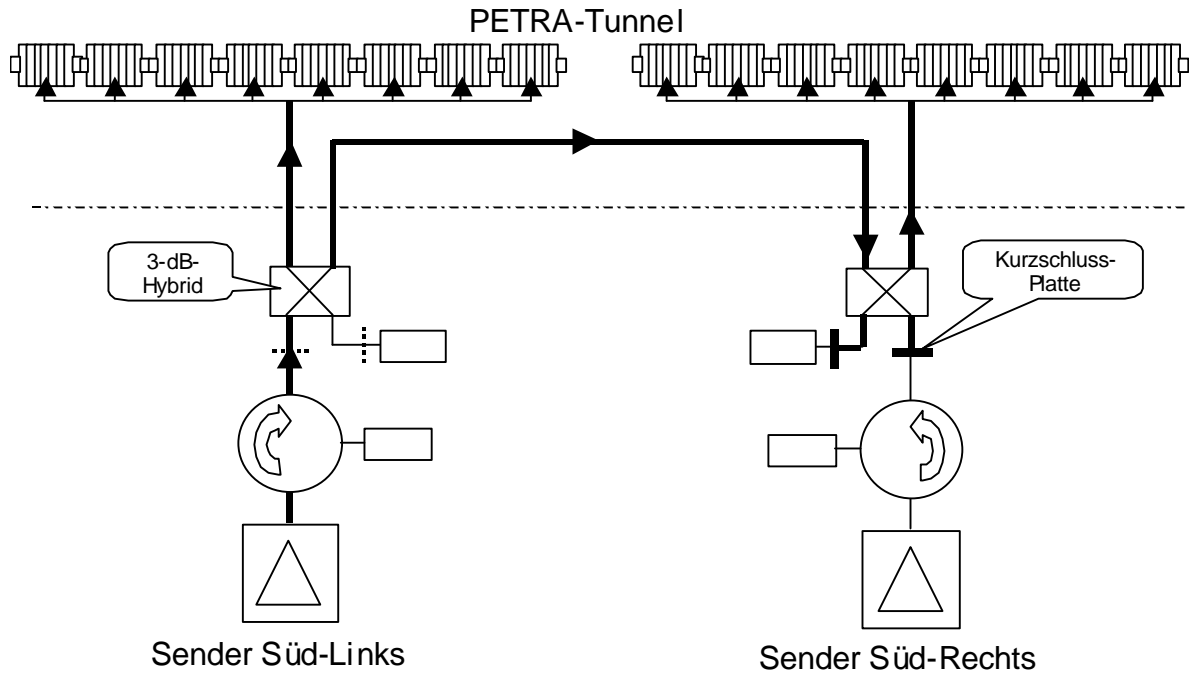
### 3.2. Zukünftiger PETRA-Betrieb mit nur einer Senderanlage

Vorgeschichte:

Im November 1998 ereignete sich ein Kurzschluss in der 10-kV-Station PETRA-Süd und setzte dadurch eine der beiden PETRA-Senderanlagen außer Betrieb (siehe: Jahresbericht 1998, S. 193 und S.208). Der Elektronenbetrieb von PETRA und HERA wurde dadurch für eine Woche unterbrochen. Das Ereignis war Anlass zu einer Modifikation der beiden PETRA-HF-Systeme, die in diesem Jahr durchgeführt wurde.

PETRA benötigt für den Betrieb bei 12 GeV eine Cavity-Umfangspannung 16 MV, die mit zwei Cavity-Strecken á 8 Cavities erzeugt wird. Die erforderliche HF-Leistung pro Cavity-Strecke bzw. Senderanlage ist 450 kW bei 50 mA Strahlstrom. Da die Nennleistung pro Senderanlage 1100 kW beträgt, ist die Leistung einer Senderanlage für den PETRA-Betrieb ausreichend. Allerdings genügen die 8 Cavities eines HF-Systems nicht für einen Betrieb mit hohen Strahlströmen. Das Problem wurde durch die Verbindung beider Senderanlagen mit einer Hohlleiterleitung, und dem zusätzlichen Einbau von zwei 3-dB-Hybridkopplern gelöst. Der 3-dB-Koppler der aktiven Senderanlage teilt die Senderleistung in zwei Hälften auf. Eine Hälfte speist die zugehörigen 8 Cavities, die andere Hälfte via Verbindungsleitung die Cavities der passiven (in der Regel abgeschalteten) zweiten Anlage. An der passiven Anlage müssen dazu nur Kurzschluss-Platten an zwei speziell vorbereiteten Stellen in den Hohlleiter eingeschoben werden (siehe Skizze). Während die aktive Anlage für den Strahlbetrieb läuft, kann die passive Anlage abgeschaltet, oder beispielsweise für Wartungsarbeiten und Klystrontests betrieben werden. Der nebenbei erzielte Energiespareffekt soll nicht unerwähnt bleiben. Für den bisherigen PETRA-Betrieb, mit zwei Senderanlagen bei jeweils nur 40% der Nennleistung und dem daraus resultierenden mageren Wirkungsgrad von

36%, waren 2,5 MW Netz-Leistung erforderlich. Der jetzige Betrieb mit nur einer Anlage bei 80% Nennleistung erfordert dagegen bei 51% Wirkungsgrad nur 1,8 MW Netz-Leistung.



**Skizze:** Verknüpfung der beiden PETRA-HF-Systeme mittels Hohlleiter-Verbindungsleitung. Im dargestellten Beispiel speist der Sender PETRA „Süd-Links“ die 16 Cavities. Der Sender „Süd-Rechts“ ist vom Strahlbetrieb abgekoppelt.

### 3.3. Modifizierungen an den DORIS-HF-Systemen

#### 3.3.1 Ausbau von zwei der zehn installierten 5-Zeller-Cavities

Vorgeschichte:

Bei DORIS gab es in der Vergangenheit häufiger Probleme mit den beiden Cavities, die direkt hinter dem letzten Dipol des Bogens „Süd-Links“ installiert waren. Die Probleme erschienen anfangs sehr unterschiedlich. Störungsursachen waren u.a.: Cavity-SPS in Not-Stopp, Cy-Fenstertemperatur zu hoch, HOM-Koppler-Temperatur zu hoch (obwohl kein Strahl in der Maschine), usw. . Nachdem es im Zeitraum Anfang bis Mitte August 1998 häufiger zu Senderabschaltungen mit der Meldung „Cy-Fenstertemperatur zu hoch“ kam, wurde das Problem näher untersucht. Es zeigte sich, dass immer zuerst der Strahl verloren ging und erst dann der Sender mit der besagten Fehlermeldung ausfiel. Die Vermutung lag nahe, dass die Strahlverluste im Bereich des Cavities und dessen SPS-Elektronik die Fehlermeldungen produzierten. Auch eine Vermutung für die Ursache der Strahlverluste wurde gefunden. DORIS wurde mit Strahlströmen von 150 mA bei einer Umfangspannung von 7 MV und mit einer Shunt-Impedanz von 150 MOhm gefährlich nahe an der theoretischen Stabilitätsgrenze betrieben.

Am 20.8.98 wurde eine pragmatische Lösung des Problems beschlossen. Die beiden direkt hinter dem Bogen „Süd-Links“ installierten Cavities wurden verstimmt und vom speisenden Hohlleitersystem abgeklemmt. Der Betrieb lief seitdem problemlos mit den verbliebenen 8 aktiven und den beiden passiven Cavities.

Zu Beginn dieses Shut-Downs wurden die beiden passiven Cavities samt Infrastruktur entgültig ausgebaut und durch eine Stück gerades Vakuumrohr ersetzt.

#### 3.3.2 Modifikation der Feedback-Cavities

Vorgeschichte:

Im November 1998 trat ein Vakuumleck am Tuning-Plunger eines der beiden 1-GHz-Cavities des longitudinalen Feedback-Systems auf. Eine Aluminium-Vakuumdichtung war aufgrund zu hoher Temperaturen

## Jahresbericht 2000

undicht geworden. Der Bereich des Vakuumflansches war temperaturbedingt verfärbt. Ursache waren vermutlich HOM (seit einiger Zeit wurde bereits eine ungewöhnlich starke 1,4-GHz-Komponente in dem besagten Cavity beobachtet). Das Problem wurde vorerst durch den Austausch des gesamten Plungers gelöst. Für den nächsten planmäßigen Shut-Down wurden neue Plunger mit temperaturfesten Conflat-Vakuumflanschen und Kupfer-Dichtungen vorbereitet. Diese neuen Plunger wurden im September 1999 installiert.

Parallel dazu wurde bereits darüber nachgedacht, wie man auf die Plunger eventuell ganz verzichten könnte. Zusätzlich sollte auch noch je eine, zur Bedämpfung der Cavities dienende, Wasserlast eingespart werden.

Im November 2000 wurden die Umbauten durchgeführt. Die Plunger, die Auskoppel-Vakuumfenster der Bedämpfungs-Wasserlasten und die Wasserlasten selbst wurden ersatzlos entfernt. Statt dessen wurde vor jedes Cavity ein Hohlleiter-Transformator in die Speiseleitung eingefügt. Mit diesen Transformatoren, bestehend aus je einem „Magischen T“ und je zwei einstellbaren Kurzschlussebenen, kann sowohl die Resonanzfrequenz, als auch die Betriebsgüte der Cavities eingestellt werden.

### 3.4. Umbau der Cavity-Strecke HERA-Nord-Rechts

Im Zuge der Lumi-Upgrade-Arbeiten bei HERA mussten die beiden hallennächsten 7-Zeller-Cavities des HF-Systems „HERA-Nord-Rechts“ Platz für neue Komponenten machen. Zum Ausgleich wurden an anderer Stelle zwei 5-Zeller-Cavities installiert. Es handelt sich dabei um zwei neu gefertigte Cavities vom Typ „PETRA“. 20 Stück dieses Cavity-Typs werden gegenwärtig von der Fa. ACCEL für Reservezwecke produziert.