

Die Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III

Der Umbau PETRAs zu einer Synchrotronstrahlungsquelle war Mitte Februar abgeschlossen. Dazu musste unter anderem in den alten Achteln das Vakuumsystem der beiden Dämpfungswigglerstrecken komplettiert werden. Die 20 Dämpfungswiggler wurden alle in eine Parkposition gebracht, d. h. auf speziellen Vorrichtungen zur Ringinnenseite verschoben, so dass während der ersten Inbetriebnahmephase der Teilchenstrahl nicht von den Wigglern beeinflusst wurde. In der neuen Experimentierhalle wurden noch einige Girder sowie Undulatorvakuumkammern eingebaut und die üblichen Installationsarbeiten abgeschlossen. Darüber hinaus wurden 3 zwei Meter lange Undulatoren eingebaut.

Im Anschluss daran waren Anfang März noch umfangreiche Justagearbeiten notwendig, um die Girder mit der notwendigen Genauigkeit von 0.1 mm zueinander aufzustellen.

Ab Mitte März konnte dann das Personeninterlocksystem getestet und erfolgreich abgenommen werden. Aufgrund von Verzögerungen der Magnetstromtests konnte die Maschine zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Betrieb genommen werden. Es war allerdings möglich Teilchen von DESY zu PETRA durch den Transportweg zu transferieren. Innerhalb von zwei Tagen war der Transportweg von DESY zu PETRA soweit optimiert, dass keine prinzipiellen Änderungen während des Jahres mehr notwendig waren. Die Magnetstromtests waren dann am 10.4.2009 abgeschlossen, so dass die Maschine vollständig in Betrieb genommen werden konnte. Nach drei Tagen hatte man den ersten Positronenstrahl mit einer Intensität von $20 \mu\text{A}$ gespeichert. In den folgenden Tagen wurden erste Untersuchungen der Maschine durchgeführt und sie soweit verbessert, dass am 22.4.2009 zum ersten Mal Teilchen akkumuliert werden konnten. Mit Hilfe des aus PETRA II stammenden transversalen Multibunch-Feedbacksystems war es

dann möglich bis zu 20 mA in 40 Bunchen zu speichern. Von da ab wurde parallel zur Inbetriebnahme der Druck im Vakuumsystem durch *Ausheizen* mit Synchrotronstrahlung während der Nachtschichten und an den Wochenenden sukzessive verbessert.

Zum Abschluss der ersten Betriebsperiode Ende April konnte auf einem Leuchtschirm in der zu Undulator 9 gehörigen Beamline zum ersten Mal Licht eines Undulators beobachtet werden.

Während der ersten Betriebsphase war schon sehr früh festgestellt worden, dass die horizontale Apertur der Maschine von ca. 8π mm mrad deutlich kleiner als die Erwartung von $20\text{--}30\pi$ mm mrad war. Die kleine Apertur führte zu erheblichen Strahlverlusten während der Injektion und diese wiederum zu einem relativ hohen Strahlungspegel in der neuen Experimentierhalle, der letztlich die Intensität des Teilchenstrahls im Speicherring limitierte. Ursachen für die kleine Apertur konnten sehr vielfältig sein, und eine genaue Untersuchung musste während der nächsten Phase durchgeführt werden. Darüber hinaus waren die Fortschritte während der ersten Phase noch nicht ausreichend, so dass der Speicherring auch in der zweiten Betriebsphase vom 20.5.2009 bis 22.6.2009 ohne Wiggler betrieben wurde.

Während der zweiten Betriebsperiode wurden die Prozeduren zur systematischen Untersuchung der Maschine wie z. B. Beam-Based Alignment zur Bestimmung der relativen Lage der Strahllagemonitore zum benachbarten Quadrupol, Orbit-Response-Matrix Messung zur Bestimmung der Optik des Speicherrings, ausgiebig getestet. Daraufhin war es dann möglich den Orbit sehr gut zu korrigieren und auch erste Ergebnisse hinsichtlich der Optik der Maschine zu erhalten. Während der ersten Phase wurde der Umfang bestimmt und die dazugehörige HF-Frequenz von 499 666 500 Hz

wurde jetzt eingestellt. Die dadurch erzielten Verbesserungen der Maschine führten allerdings nicht zu einer Vergrößerung der horizontalen Apertur. Obwohl die Ursache der kleinen horizontalen Apertur nach wie vor unklar war, hatte man zumindest einen Weg gefunden, die Strahlverluste deutlich zu reduzieren, indem man den Teilchenstrahlorbit in der Undulatorkammer der fünften DBA-Zelle, um ca. 6 nach innen legte. Damit war offensichtlich, dass das Problem im neuen Achtel lokalisiert war. Auf Grund der Strahlverschiebung in Zelle 5 waren die Strahlverluste niedrig genug, so dass man den Betrieb der Maschine mit Dämpfungswiggler in der folgenden Betriebsphase riskieren konnte.

Während der Betriebsunterbrechung vom 22.06.2009 bis 1.7.2009 wurden jeweils drei Wiggler im Westen und Norden aus der Parkposition in die Strahlposition bewegt.

Der Betrieb mit 6 Wiggler gestaltete sich völlig unproblematisch. Deshalb wurden zügig in zwei Schritten weitere Wiggler installiert. Am 22.7.2009 jeweils drei weitere im Norden und Westen und am 29.7.2009 weitere drei im Norden, so dass sich zum Ende dieser Betriebsperiode 15 Wiggler in Strahlposition befanden. Das Vakuumsystem in den Wigglerstrecken verhielt sich weitgehend wie erwartet. Nur die Temperaturerhöhung in Abhängigkeit des Strahlstroms war bei den beiden 4.5 m langen Absorbern im Westen wie im Norden stärker als erwartet. Bis zum Ende des Jahres konnte nicht mehr ermittelt werden, was zu dieser unerwartet hohen Erwärmung führt.

Der Ausbackbetrieb wurde jetzt im Mittel mit 30 mA durchgeführt und der bis dahin höchste Strom wurde am 30. Juli mit 48 mA erzielt.

Das Aperturproblem wurde weiter untersucht, und es wurde festgestellt, dass in allen geknickten DBA-Zellen die horizontale Apertur zu klein ist und die fünfte Zelle die kleinste Apertur aufweist. Des Weiteren stellte sich heraus, dass das Problem auf Höhe der Mitte der geknickten Undulatorkammern lokalisiert sein muss. Insofern konnte entweder ein Hindernis in der Vakuumkammer oder aber der in Mitte der geknickten Zelle befindliche Ablenkmagnet das Problem verursachen.

In der folgenden Betriebsunterbrechung Anfang August wurden deshalb Ersatzkammern vorbereitet, um eine geknickte Kammer auszubauen und im Detail auf ein Hindernis im Vakuumteil untersuchen zu können. Weitere Messungen wurden vorbereitet, um den Einfluss des oben erwähnten Ablenkmagneten auf die horizontale Apertur zu untersuchen. Während der Betriebsunterbrechung wurden die restlichen 5 Wiggler in die Strahlposition geschoben.

Der Wiederanlauf mit den zusätzlichen Wiggler gestaltete sich wie erwartet völlig ohne Probleme. Der Tausch der einen Undulatorkammer machte deutlich, dass das Aperturproblem nicht durch ein Hindernis im Vakuumsystem verursacht wird. Weitere Messungen zeigten allerdings, dass das Magnetfeld der kleinen Ablenkmagnete in der Mitte der geknickten DBA-Zellen eine sehr schlechte Qualität hat. Dies führte bei großen horizontalen Strahlauslenkungen zu so starken Änderungen des horizontalen Tunes, dass die ganze Zahl gekreuzt wurde und damit die Optik der Maschine zerstört wurde. Da teilweise die kleinen Dipolmagnete auch horizontal nicht genau genug aufgestellt worden waren, wurde das Problem der schlechten Feldqualität noch verschärft. Bis Ende September wurden diese Ablenkmagnete durch neue mit einer wesentlich besseren Feldqualität ersetzt. Danach betrug die gemessene Apertur ca. 25π mm mrad, was gut zu der Erwartung von $20\text{--}30 \pi$ mm mrad passt.

Von da an konnte die Maschine systematisch verbessert werden. Da parallel zu den Untersuchungen des Aperturproblems zahlreiche technische Komponenten in Betrieb genommen und Prozeduren getestet worden waren, konnten rasch Verbesserungen erzielt werden.

Zum einen ließ sich die Dispersion in der Maschine soweit korrigieren, dass mit Hilfe der Diagnosebeamline die horizontale Designemittanz von 1 nmrad nachgewiesen werden konnte. Die Optik der Maschine wurde in zwei Schritten korrigiert und die Störungen der Optik in der horizontalen Ebene waren danach kleiner als 3% und in der vertikalen kleiner als 2%. Diese Werte sind völlig ausreichend für den Routinebetrieb.

Des Weiteren wurde das neue Multibunch-Feedback-System mit einer Bandbreite von 60 MHz in Betrieb ge-

nommen. Durch die Stabilisierung des Strahls mit Hilfe des neuen transversalen Feedback-Systems konnte der Strahlstrom sukzessive gesteigert werden. Dabei stellte sich heraus, dass einige Synchrotronlichtabsorber und unter bestimmten Bedingungen auch einige Flanschverbindungen im neuen Achtel unerwartet heiß wurden, was den Strahlstrom auf ca. 60 mA begrenzte. Dieses Problem wurde durch Ersatz eines bestimmten Absorbertyps und durch Erhöhung des Wasserdurchflusses durch Austausch von Blenden im Wasserkühlkreis behoben. Bis zu Strömen von ca. 120 mA sollten die Vakuumkomponenten des neuen Achtel jetzt ausreichend gekühlt sein. Ende Oktober wurde auch noch das neue longitudinale Feedback in Betrieb genommen und es konnte ein Strom von 89 mA, der Designwert beträgt 100 mA, in 960 Bunchen gespeichert werden. Vermutlich wurden aber bei diesem Versuch mehr als die Hälfte der longitudinalen Feedbackverstärker beschädigt. Die Ursache für diesen Defekt konnte bis Jahresende leider nicht ermittelt werden.

Das Orbitfeedback, das zur Lagestabilisierung der Photonenstrahlen der Undulatoren notwendig ist, wurde im Oktober erfolgreich getestet. Die damit erzielte Lagestabilität des Positronenstrahls am Ort eines Undulators betrug horizontal etwa $2\ \mu\text{m}$ bei geforderten $14\ \mu\text{m}$ und vertikal $0.8\ \mu\text{m}$ bei geforderten $0.6\ \mu\text{m}$.

Studien zur Vorbereitung des Top-up Betriebs wurden ebenfalls durchgeführt. Die Steuerung des zeitlichen Ablaufs der entsprechenden Injektion und Ejektionen

wurde eingerichtet und erfolgreich getestet. Allerdings konnte der Top-up Modus bei geschlossenen Undulatoren nicht in Betrieb genommen werden, da das Streufeld des Septums zu erheblichen Orbitstörungen des gespeicherten Strahls bei Injektion führt, die oberhalb des durch das Orbitinterlock zulässigen Wertes liegen, so dass der Teilchenstrahl gedumpt wird. Aus diesem Grund wird das Septum während der Betriebsunterbrechung im Januar ausgetauscht. Weiterhin wird eine Elektronik entwickelt, die das Orbitinterlock während der Injektion für einige Millisekunden deaktiviert.

Im Laufe des vergangenen Jahres wurden nach und nach weitere Undulatoren installiert, so dass zum Ende des Jahres 10 von 14 Undulatoren eingebaut waren. Für drei Undulatoren konnte die erste Phase der Beamline Inbetriebnahme durchgeführt werden. Drei weitere Beamlines wurden vollständig in Betrieb genommen und an diesem wurden auch schon erste Experimente durchgeführt.

Zum Abschluss des Jahres wurde noch ein einwöchiger Probenutzerbetrieb durchgeführt. Dieser führte noch Probleme in der Bedienung der Maschine zu Tage und zeigte auch, dass es noch unverstandene Intensitätsschwankungen des Photonenstrahls gibt, die möglicherweise durch Lagebewegungen oder auch Strahlgrößen-schwankungen verursacht worden sein könnten. Leider reichte die Diagnostik bisher nicht aus, um sicher entscheiden zu können, was die Intensitätsschwankungen verursacht.