



Statusbericht zum GSI-Projekt:

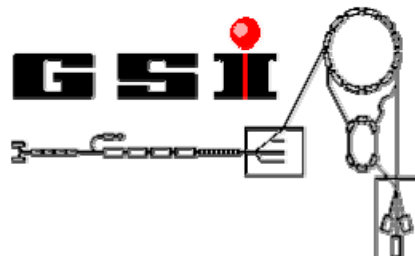
Digitale Kavitätenregelung für doppelt-harmonische Beschleunigersysteme

(FUFRI2) Berichtszeitraum: 1. Januar 2007 bis 20. November 2007



Prof. K. Fricke-Neuderth
Dr. Bernhard Zipfel

Fachhochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik



Dr.-Ing. Harald Klingbeil

Gesellschaft für
Schwerionenforschung (GSI)

20. April 2008

Autor	Date	Revision	Dateiname	Page
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	1/7



Inhaltsverzeichnis

1	AUFZÄHLUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE	3
1.1	EINLEITUNG	3
1.2	STATUS DER ARBEITEN	3
1.2.1	<i>Status Hardware-Entwicklung</i>	<i>3</i>
1.2.2	<i>Konzeptarbeit/ Strahldynamische Studien</i>	<i>4</i>
1.2.2.1	Phasenregelung bei H=2 (doppelt harmonisch)	4
1.2.2.2	Studien Stabilisierung bei Beam Loading & Space Charge	4
1.3	REALISIERTE ARBEITEN	4
2	VORHABENSPLANUNG	5
2.1	VERGLEICH DES STANDS DES VORHABENS MIT DER PLANUNG	5
2.1.1	<i>Status der Anwendungen</i>	<i>5</i>
2.1.1.1	Phasenregelung bei unterschiedlichen Harmonischen	5
2.1.1.2	Tests Bunch-Merging bei konstanter Frequenz	5
2.1.1.3	Strahlphasenregelung (single harmonic)	6
2.1.1.4	Anbindung an das Kontrollsystem	6
2.2	HABEN SICH AUSGABEN/KOSTENZEITRAUM GEÄNDERT?	6
4	GESAMTLISTE DER VERÖFFENTLICHUNGEN UND VORTRÄGE.....	6
4.1	REFERENZEN	6
4.2	WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN:	7

Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	2/7



Zwischenbericht

Zuwendungsempfänger:
FH-Fulda
(Fachbereich Elektronik, Prof. K. Fricke-Neuderth)

Förderkennzeichen:
FUFRI2

Vorhabenbezeichnung: (Thema)
Digitale Kavitätenregelung für doppelt-harmonische Beschleunigersysteme

Laufzeit des Vorhabens:
3 Jahre ab 1.1.2007

Berichtszeitraum
1.1.2007 bis 20.11.2007

1 Aufzählung der wichtigsten Ergebnisse

Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

Die erforderlichen Arbeiten werden in Software-/Simulations-Arbeiten und in Hardwarearbeiten klassifiziert. Da die VHDL- Softwareentwicklung für die digitale Steuerung und Kommunikation der Komponenten speziell an die Anwendung bzw. Hardwarekomponente gebunden ist, wird sie der Hardwareentwicklung zugeordnet.

1.1 Einleitung

Dieses Dokument gibt den Stand der Arbeiten zu dem GSI-Projekt "Digitale Kavitätenregelung für doppelt-harmonische Beschleunigersysteme" wieder. Es beschreibt die bisher erreichten Ergebnisse und zeigt für die nahe Zukunft die notwendigen Schritte und Arbeiten zum Erreichen der gesteckten Ziele auf.

1.2 Status der Arbeiten

1.2.1 Status Hardware-Entwicklung

Auf der Basis-Hardware des FIB-DDS wurde ein digital steuerbarer Local Offset Oszillator (Offset-LO) zur Erzeugung eines Signals zum Mischen verschiedener Harmonischer der Frequenzrampe auf die feste Zwischenfrequenz implementiert. Die exakte Kohärenz des Offset-LO zur Grundharmonischen der Frequenzrampe wird gerade geprüft. Tests im Labor verliefen bisher positiv.

Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	3/7



1.2.2 Konzeptarbeit/ Strahldynamische Studien

Für das Projekt "Facility for Antiproton and Ion Research" (FAIR) [7] an der GSI soll das SIS12/18 im doppelt harmonischen Betrieb als Booster für das SIS100/300 dienen. Dazu wird ein Upgrade durchgeführt damit das SIS12/18 die erhöhten Anforderungen der zukünftigen Anwendung erfüllen kann. Zu dem Upgrade gehört der doppelt harmonische Betrieb der Kavitäten um erhöhte Raumladungskräfte zu verringern und Instabilitäten zu vermeiden. Neue Studien [5] weisen darauf hin, dass nutzbare Ergebnisse aus Teilchen-Trackern nur unter Berücksichtigung von Raumladungsmodellen verwertbare Ergebnisse liefern können.

1.2.2.1 Phasenregelung bei H=2 (doppelt harmonisch)

Die Phasenregelung im doppelt harmonischen Betrieb wurde implementiert. Beschleunigungszyklen können nun für diesen Betrieb geprüft und optimiert werden. Eine entgeltliche Optimierung wird wahrscheinlich erst nach Implementierung eines Raumladungsmodells erfolgen können.

1.2.2.2 Studien Stabilisierung bei Beam Loading & Space Charge

Modelle zur Beschreibung von Beam Loading und Space Charge (Raumladungskräfte) wurden bisher noch nicht in die Strahldynamik der Regelsimulationssoftware eingefügt. Dies wird geschehen sobald verschiedene Modelle auf Gültigkeit und numerischen Aufwand geprüft sind.

1.3 Realisierte Arbeiten

Geleistete Arbeiten und realisierte Funktionen für den Berichtszeitraum

1. Der Stabilitätsbereich der Strahlphasenregelung wurde während eines Maschinenexperiments überprüft. Das Ergebnis deckt sich mit den Erwartungen.
2. Die angewandte Methode der Strahlphasenregelung und die experimentellen Ergebnisse wurden in einer Veröffentlichung [2] dokumentiert.
3. Ein Maschinenexperiment zur Untersuchung der Wechsel-/Zusammenwirkung von Strahlphasenregelung und Longitudinal Feedback [3] wurde durchgeführt.
4. Modifizierung der FIB-DDS Firmware zur digitalen Generierung des Offsetsignals für die 2.Harmonische der Frequenzrampe.
5. Implementierung der doppelt-harmonischen Beschleunigung in die Analysesoftware für Strahlphasenregelung im SIS18 Beschleuniger.

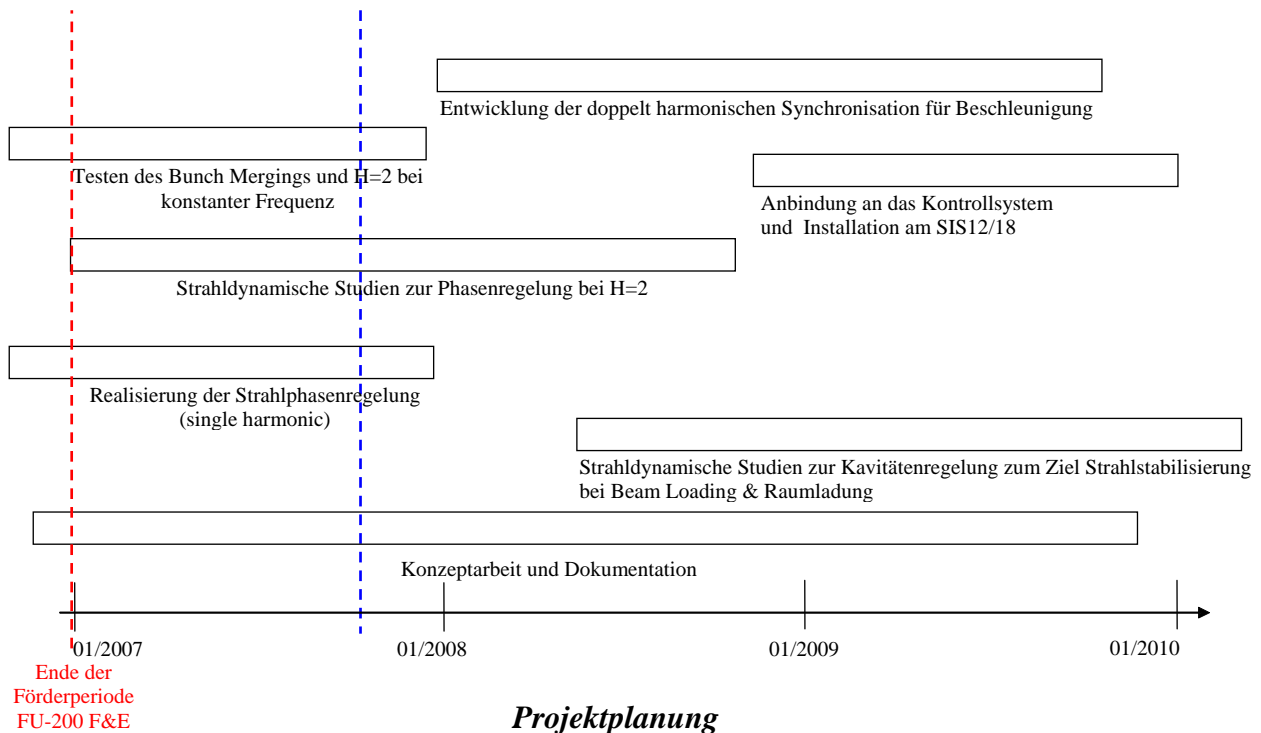
Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	4/7



2 Vorhabensplanung

2.1 Vergleich des Stands des Vorhabens mit der Planung

Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des Zuwendungsgebers geänderten) Arbeits-, Zeit- und Ausgaben/Kostenplanung.



2.1.1 Status der Anwendungen

Mit den oben beschriebenen Status der Aktivitäten ergibt sich folgender Status für die geplanten Anwendungen.

2.1.1.1 Phasenregelung bei unterschiedlichen Harmonischen

Der kohärenter digitaler Local Offset Oszillator für die doppelt harmonische Frequenz der Beschleunigungsspannung steht zur Verfügung. Mit ihm ist es möglich beliebig ausgewählte harmonische einer Frequenzrampe auf die gleiche konstante Zwischenfrequenz zur Phasendetektion mischen zu können. Labortests wurden durchgeführt. Die Kohärenz während den im SIS12/18 benutzten Frequenzrampen wird weiter geprüft.

2.1.1.2 Tests Bunch-Merging bei konstanter Frequenz

Der kohärente digitale Local Offset Oszillator für doppelt harmonische Frequenzen ermöglicht die Synchronisation zweier Kavitäten unterschiedlicher harmonischer Frequenz. Damit kann das Kontrollsystem entsprechende zeitsynchrone Rampen für das Ein- bzw. Ausschalten der HF-Amplitude an den beiden Kavitäten für das Bunch-Merging senden.

Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	5/7



Digitale Kavitätenregelung für doppelt-harmonische Beschleunigersysteme

Experimente am Beschleuniger wurden dazu noch nicht durchgeführt.

2.1.1.3 Strahlphasenregelung (single harmonic)

Das Modell der Strahlphasenregelung konnte in Strahlexperimenten bestätigt werden und Einstellparameter der Regelung wurden im Experiment überprüft. Theoretische Grundlage, Funktionsweise des Systems und die Ergebnisse der Experimente wurden in IEEE Transactions [2] veröffentlicht.

Weiter konnte in Strahlexperimenten [3] gezeigt werden, dass die implementierte Strahlphasenregelung zusammen mit einem Longitudinal Feedback System zur Dämpfung der Quadrupolschwingungen betrieben werden kann.

2.1.1.4 Anbindung an das Kontrollsystem

Rampendaten für die Frequenzen und die Phasenlage der beiden Kavitäten während einer beispielhaften doppelt harmonischen Beschleunigung stehen zur Verfügung. Sonst noch keine weiteren Aktivitäten.

2.2 Haben sich Ausgaben/Kostenzeitraum geändert?

Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Ausgaben/Kostenzeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert?

Der Bearbeiter dieses Projektes hat vom 21.11.2007 bis 20.1.2009 Elternzeit genommen. Es wird daher angestrebt, den Kostenzeitraum um ein Jahr zu verschieben. Zusätzliche Kosten entstehen dadurch nicht.

4 Gesamtliste der Veröffentlichungen und Vorträge

4.1 Referenzen

- [1] H. Klingbeil, "A Fast DSP-based Phase-detector for Closed-loop RF-Control in Synchrotrons", IEEE Trans. Inst. Meas., Vol. 54, No. 3, June 2005, p.1209-1213.
- [2] H. Klingbeil, B. Zipfel, M. Kumm and P.Moritz: 'A Digital Beam-Phase Control System for Heavy-Ion Synchrotrons', IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 54, No. 6, Part 2, p.2604-2610, December 2007
- [3] M. Mehler, H. Klingbeil, K.P. Ningel, B. Zipfel, „A Longitudinal Feedback System for SIS100“, GSI Jahresbericht 2007
- [4] M. Mehler, H. Klingbeil, U. Laier, K.-P. Ningel, B. Zipfel, "Beam Experiments Concerning Damping of Quadrupole Oscillations in SIS12/18", GSI Arbeitsnotiz, Nov.2007
- [5] O.Boine-Frankenheim, gruppeninterner Vortrag zum Beam Loading, Space Charge, Impedanzen im SIS12/18, GSI, 2007
- [6] B. Zipfel, "Parameter und Filter für Strahlphasenregelung am SIS12/18", Rev. 0.9, GSI, 2006

Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	6/7



- [7] H.H.Gutbrod et. al., "FAIR Baseline Technical Report", GSI, July 2006, ISBN 3-9811298-0-6

4.2 weitere Veröffentlichungen:

- [8] H. Klingbeil, P. Hülsmann, P. Moritz, G. Schreiber, B. Zipfel, "Technical Concept Cavity Synchronization", Rev. 0.91, GSI, 2005
- [9] B. Zipfel, K. Fricke-Neuderth, et al.: "Analysis of a Digital Beam Phase Control System", Workshop LLRF05, CERN, 2005
<http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=15&sessionId=53&confId=a050>
- [10] Homepage und Dokumentenserver Workshop LLRF05:
<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=a050>
- [11] B. Zipfel, "BZ41018.Phasen und Amplitudendetektion mit dem DSP Sundance SMT374-6713 Dual", GSI, 2004

Autor	Datum	Version	Dateiname	Seite
B.Zipfel	20.02.2006	1.1	BZ80420a.Doppelt-harmonische digitale Kavitätenregelung 1	7/7