

<b>GSI-Experimentprotokoll</b>	19.06.02
<b><u>Maschinenexperimente zum schnellen Pulsbetrieb am SIS</u></b>	B. Franczak, P. Schütt
2.6.2002	
<b>Verteiler:</b> Angert, Bär, Barth, Blasche, Blell, Boine, Breitenberger, Damerau, A. Dolinski, Eickhoff, Forck, Franchetti, Franczak, Franzke, Hofmann, Hülsmann, G. Moritz, C. Mühle, A. Peters, Reich, S. Richter, Scheeler, Schütt, Spiller, Steck, Walter, Wilms	

### 1. Voraussetzungen

Am 2.6.2002 stand in der Zeit von 8:00 – 18:00 eine Sonderschaltung der HEAG zur Verfügung. In dieser Zeit wurde die Stromversorgung für die Synchrotron-Magnete umgeschaltet von der sonst üblichen 1/3-Anzapfung auf Normalbetrieb (Netzgeräte-Gruppe, Breitenberger et.al.). Dies erlaubte eine schnellere Veränderung des Dipolfeldes im SIS. Im normalen Strahlbetrieb ist  $\dot{B} \leq 1.3 \text{ T/s}$ . Mit der Sonderschaltung war im SIS12-modus  $\dot{B} \leq 10 \text{ T/s}$  für  $B \leq 1.2 \text{ T}$  möglich bzw. im SIS18-modus  $\dot{B} \leq 4 \text{ T/s}$  für  $B \leq 1.8 \text{ T}$ . Zwischen diesen beiden modi kann per software vom HKR aus umgeschaltet werden. Sie unterscheiden sich in der Parallel- bzw. Serienschaltung von Netzgeräten und Magneten.

### 2. Experimentbedingungen

In den Datenversorgungsprogrammen wurden für die Dauer der Maschinenexperimente die Begrenzungen der Felder und der Feldänderungen entsprechend angepasst.

Es wurden 2 gleiche virtuelle Beschleuniger S10 und S12 eingerichtet, die im Superzyklus abwechselnd ausgeführt wurden. S10 lief immer mit der normalen Rampensteigung von  $\dot{B} = 1.3 \text{ T/s}$  und diente als Vergleichsmaschine für die Tests mit der schnellen Rampe. So ist gewährleistet, dass die Ergebnisse nicht durch eine Änderung anderer Randbedingungen verfälscht wurden. Die Wartezeiten zwischen den virtuellen Beschleunigern wurden so eingestellt, dass schnelle Rampen höchstens 1mal in 15 sec gefahren wurden (Anforderung der HEAG). Für die Experimente wurde  $U^{73+}$  verwendet und auf eine Endenergie von 500 MeV/u beschleunigt. Die Einstellungen von UNILAC, Transferkanal und SIS-Injektion wurden aus der vorherigen Strahlzeit übernommen und nachoptimiert. Erreicht wurden dabei ca.  $5 \times 10^7$  Ionen pro Puls im SIS.

### 3. Magnettests

Im SIS18-modus laufen Rampen mit  $\dot{B} > 1.3 \text{ T/s}$  nur dann ab, wenn die Verrundungszeit  $\tau_r \geq 32 \text{ msec}$  ist. Ist  $\tau_r = 16 \text{ msec}$ , so wird zwar der Zyklus der Vergleichsmaschine S10 ausgeführt, nicht jedoch der Magnetzyklus mit der schnellen Rampe. Im SIS12-modus tritt dieser Effekt nicht auf.

In allen anderen Fällen laufen die Magnetfeldrampen stabil ab. Insbesondere konnten im SIS18-modus Rampen mit  $\dot{B} = 4 \text{ T/s}$  für  $\tau_r \geq 32 \text{ msec}$  stabil und problemlos ausgeführt werden und im SIS12-modus Rampen mit  $\dot{B} = 10 \text{ T/s}$  für  $\tau_r \geq 16 \text{ msec}$ .

#### 4. Strahleigenschaften auf der Rampe

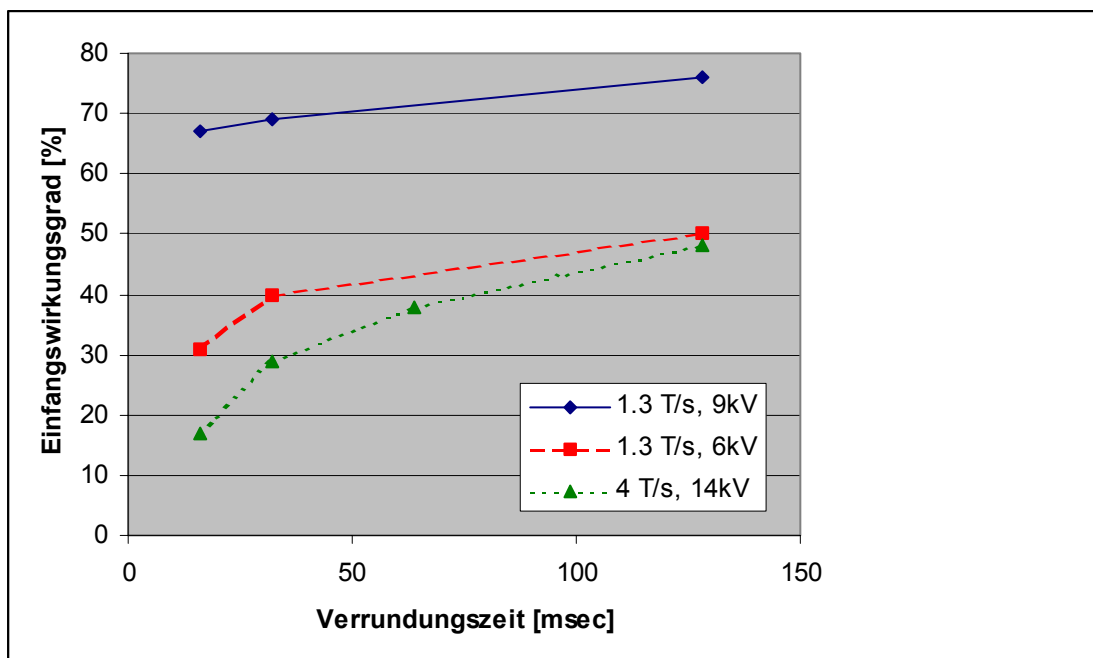
Die Strahlposition wurde an 12 Stellen im SIS als Funktion der Zeit während der Beschleunigung gemessen. Die horizontale Lage verschiebt sich zu Beginn der Beschleunigung um ca. 1 cm und erreicht am Ende wieder ihren Startwert. Eine Abhängigkeit von  $\dot{B}$  war nicht zu erkennen.

#### 5. Strahlverluste beim HF-Einfang

Die schnellere Magnetfeldrampe erfordert eine entsprechend höhere HF-Spannung zur Beschleunigung der Ionen. Um bei  $\dot{B} = 4 \text{ T/s}$  den HF-Einfang zu ermöglichen, muss die HF-Amplitude von 9 kV auf 14 kV (Maximalwert bei 1 Kavität) erhöht werden. Bei dieser Maximalamplitude ist die Bucketfläche kleiner als bei der Vergleichsmaschine, der Einfangwirkungsgrad liegt bei ca. 30%. Eine vergleichbare Bucketfläche ergibt sich bei  $\dot{B} = 1.3 \text{ T/s}$  für eine HF-Amplitude von 6 kV. In diesem Fall geht auch hier der Einfangwirkungsgrad von ca. 70% auf weniger als 50% zurück.

Einfluss der Verrundungszeit: Ist die angebotene Impulsbreite des UNILAC größer als die Buckethöhe, so zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Verrundungszeit am Anfang der Rampe auf den Einfangwirkungsgrad:

Verrundungszeit	1.3 T/s, 9kV	1.3 T/s, 6kV	4 T/s, 14kV
16	67	31	17
32	69	40	29
64			38
128	76	50	48



Die Verringerung des Einfangwirkungsgrades bei kurzen Verrundungszeiten ist unabhängig vom Stützpunktabstand während der Verrundung.

Die Impulsbreite am Ende des UNILAC lag bei ca.  $\pm 2-3\%$ . Diese ungewöhnlich schlechte Einstellung könnte auf einen Defekt an einem Tauchkolben des Alvarez-Tanks A1 zurückzuführen sein.

## 6. Bedingungen für den schnellen Pulsbetrieb

In der folgenden Tabelle wurden die Anforderungen an HF-Amplitude und Impulsbreite zusammengefasst, die sich für den schnellen Pulsbetrieb ergeben:

Bei gegebener HF-Amplitude und Rampensteigung ergeben sich rechnerisch Maximalwerte für die Impulsbreite bei optimalem Eingang. Diese Werte hängen außerdem vom Ladungszustand der Ionen ab. Betrachtet wird hier  $U^{28+}$  und  $U^{73+}$  für folgende 3 Fälle:

- SIS12-modus (wie im Proposal vorgesehen). Beide SIS HF-Kavitäten werden synchron betrieben  $U_{HF} = 28\text{ kV}$ ,  $\dot{B} = 10\text{ T/s}$
- SIS18-modus: Eine SIS-Kavität  $U_{HF} = 14\text{ kV}$ ,  $\dot{B} = 4\text{ T/s}$
- Maximale Impulsakzeptanz für einen schnellgetakteten Betrieb:  $U_{HF} = 28\text{ kV}$ ,  $\dot{B} = 4\text{ T/s}$

	$\dot{B}$ [T/s]	$U_{HF}$ [kV]	$\Delta p / p$ (Bucket)		$\Delta p / p$ (Unilac)	
			$U^{28+}$	$U^{73+}$	$U^{28+}$	$U^{73+}$
a)	10	27	$5 \cdot 10^{-4}$		$3 \cdot 10^{-4}$	
b)	4	14	$7.5 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
c)	4	28	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$4.2 \cdot 10^{-3}$	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$