

# Multiturn Injektion

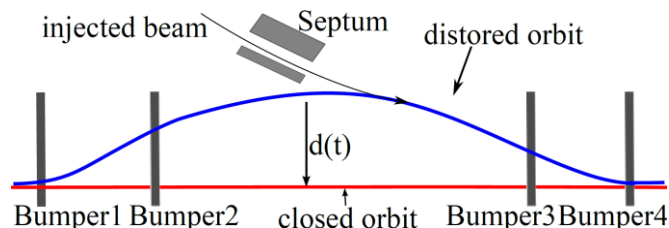
Operator Workshop  
31.10.2025  
Y. El Hayek

## Grundregel der Injektion:

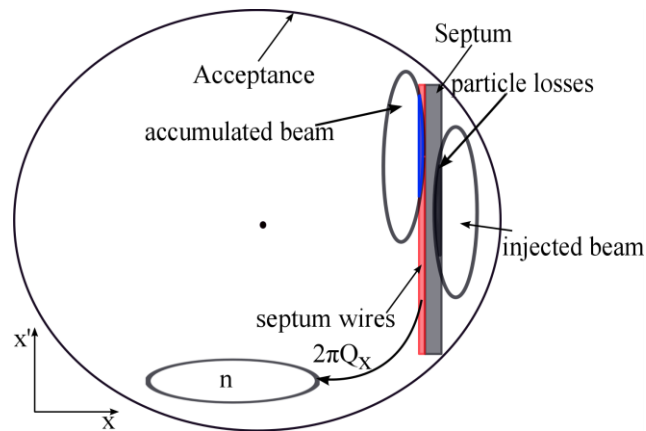
- In ein schon durch Teilchen besetztes Phasenvolumen kann kein zweites Mal injiziert werden, ohne die schon darin erhaltenen Teilchen quantitativ zu verlieren.
- Der injizierte Strahl sollte möglichst gut an die Phasenraumeigenschaften der SIS-Maschine angepasst sein.
- Akzeptanz der aufnehmenden Maschine größer ist als die Emittanz des injizierten Strahls.
- Die Phasenraumanpassung geschieht mit Hilfe des Strahlführungssystems vor der Injektion, dabei ist die Transmissionsoptimierung essenziell.
- Die Bumper-Amplitude sollte möglichst nah am Septum gewählt werden.

- Für MTI wird ein Orbit-Bump und ein Septum benötigt.
- Der Orbit-Bump wirkt in der horizontalen Ebene, da die horizontale Akzeptanz im Ring größer ist als die vertikale.
- Der Orbit-Bump wird mit der Zeit verringert, sodass der zuerst injizierte Strahl den zentralen Bereich der horizontalen Akzeptanz einnimmt und der später injizierte Strahl die Randbereiche der Akzeptanz ausfüllt.
- Diese Technik wird als (phase space painting) bezeichnet.
- Am Ende der Injektion wird der Orbit-Bump vollständig auf null reduziert.

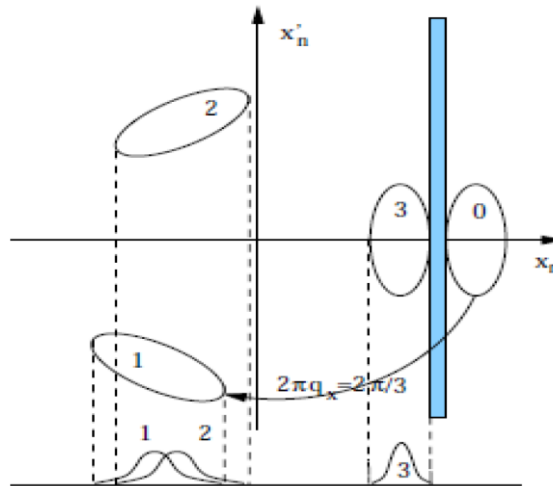
## Zeitabhängige Sollbahnstörung (Orbit-Bump) durch vier Bumper-Magnete während der Injektion



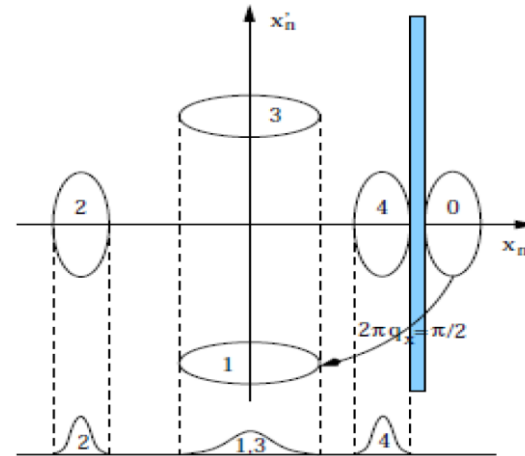
## Multiturn Injektionsverluste



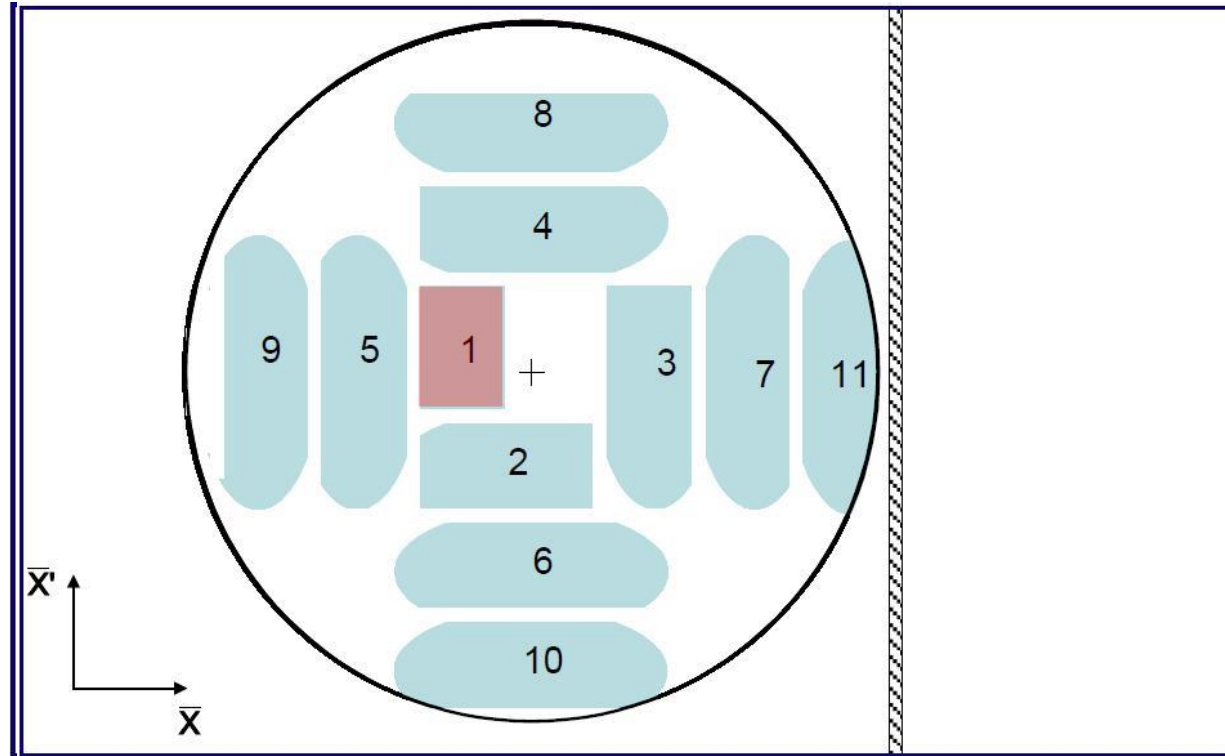
- Akkumulation mit  $1/3$  Tune
- Tune  $Q_h = 3\frac{1}{3}$



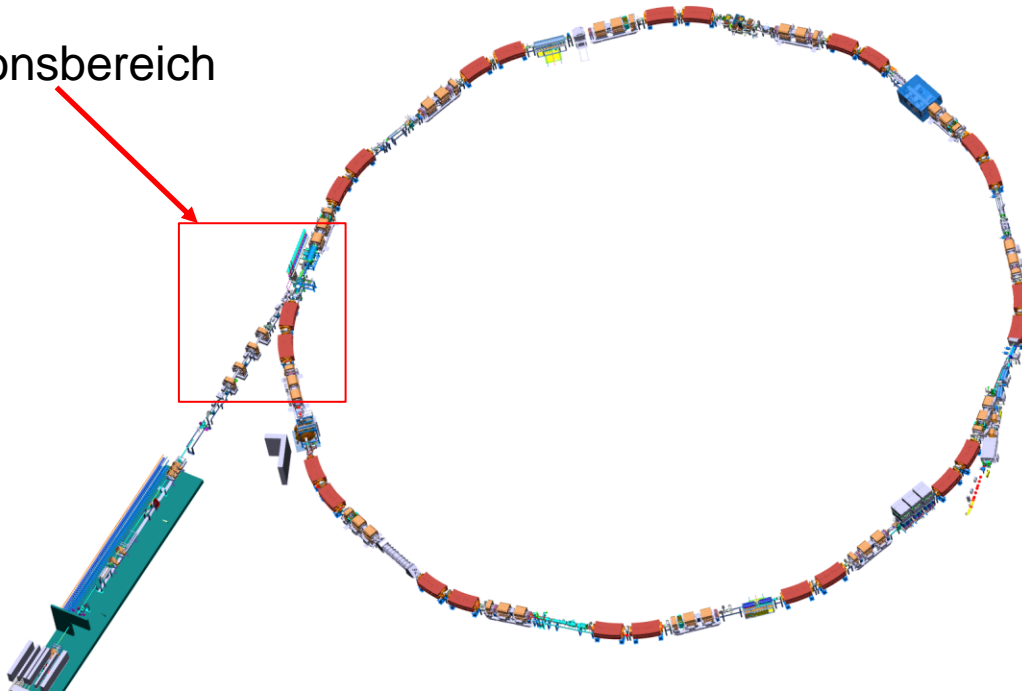
- Akkumulation mit  $\frac{1}{4}$  Tune
- Tune  $Q_h = 3\frac{1}{4}$

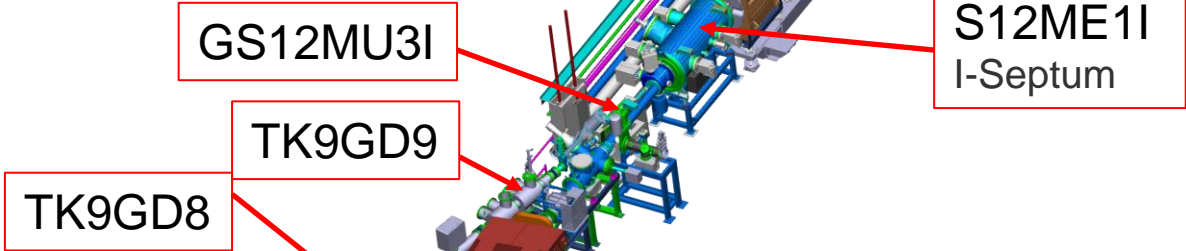


## MTI: Beispiel mit fraktionalem Tune $Q_h=0.25$



Injektionsbereich







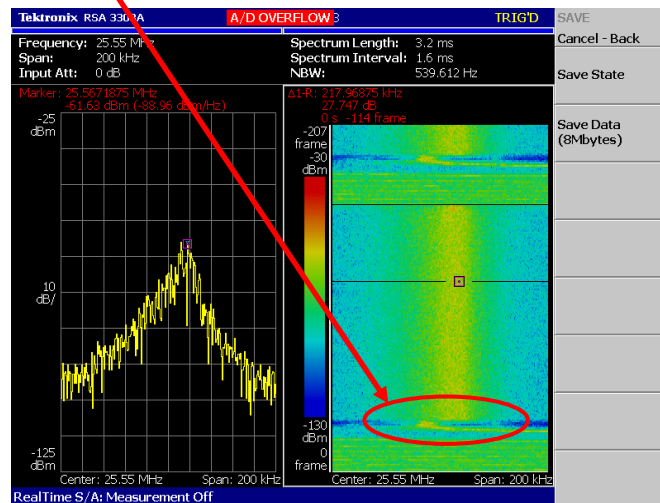
# Injektionsenergie anpassen

Injektion		
Injektionsenergie	11.26	MeV/u
Injektionssteifigkeit	[1.57992225, 1.	Tm
Injektionsfrequenz	213.1602	kHz
Hor. Arbeitspunkt QH (Inj.)	4.298	
Vert. Arbeitspunkt QV (Inj.)	3.28	
Radiallage (Injektion)	0.0	mm

Arbeitspunkt einstellen

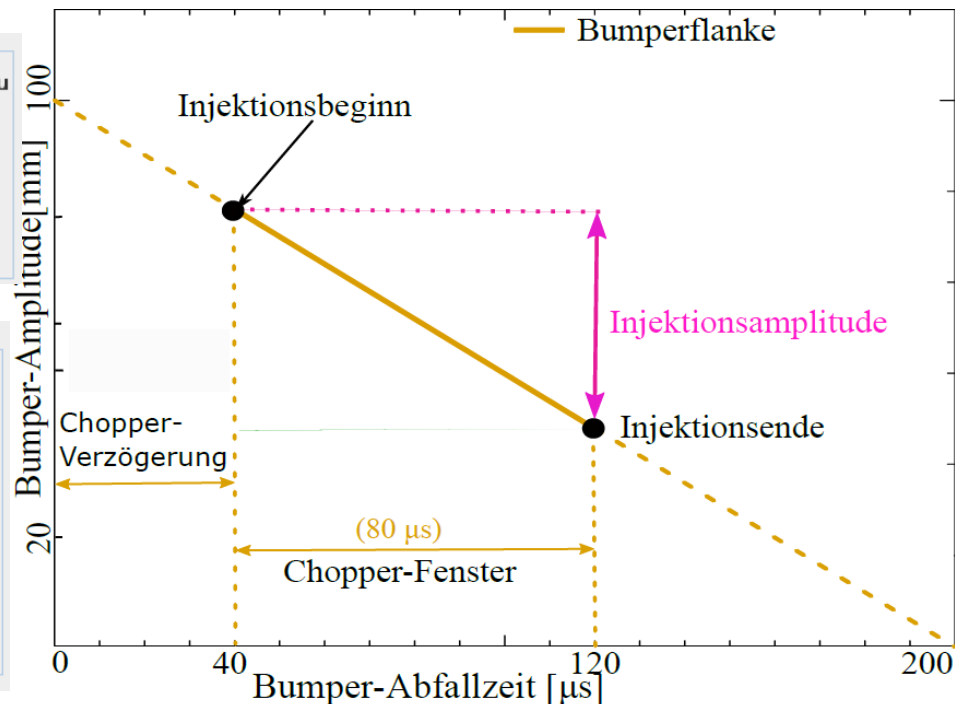
- Normal
- Hochstrom
- Kühler: speziell...

- Initiale Energie aus UNILAC-Energiemessung eintragen (ggf. schon in SchedulingApp)
- Sobald der Strahl umläuft, die Energie mit der Schottky-Messung überprüfen bzw. korrigieren
- Anschließend den Closed Orbit auf das Injektionsniveau anpassen. Zuvor die Radiallage auf „0“ setzen



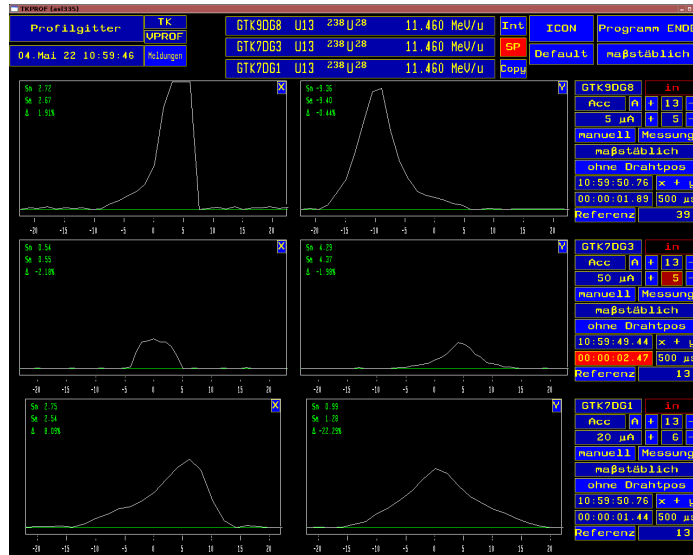
<b>Injektion</b>		
Injektionsenergie	<input type="text" value="11.26"/>	MeV/u
Injektionssteifigkeit	<input type="text" value="[1.57992225, 1."/>	Tm
Injektionsfrequenz	<input type="text" value="213.1602"/>	kHz
Hor. Arbeitspunkt QH (Inj.)	<input type="text" value="4.298"/>	
Vert. Arbeitspunkt QV (Inj.)	<input type="text" value="3.28"/>	
Radiallage (Injektion)	<input type="text" value="0.0"/>	mm

<b>Multiturn Injektion</b>		
Bumper-Abfallzeit	<input type="text" value="200"/>	$\mu\text{s}$
Bumper-Amplitude	<input type="text" value="80.0"/>	mm
Unilac-Verschiebung	<input type="text" value="80"/>	$\mu\text{s}$
Chopper-Verzoegerung	<input type="text" value="60"/>	$\mu\text{s}$
Chopper-Fenster	<input type="text" value="60.0"/>	$\mu\text{s}$
Chopper Korrekturwinkel	<input type="text" value="0.0"/>	mrad
GTK7MU5 Korrekturwinkel	<input type="text" value="0.0"/>	mrad
GS12MU3I Korrekturwinkel	<input type="text" value="-1.2"/>	mrad
I-Septum Korrekturwinkel	<input type="text" value="1.6"/>	mrad



# Strahlbreite und Position am Einschuss

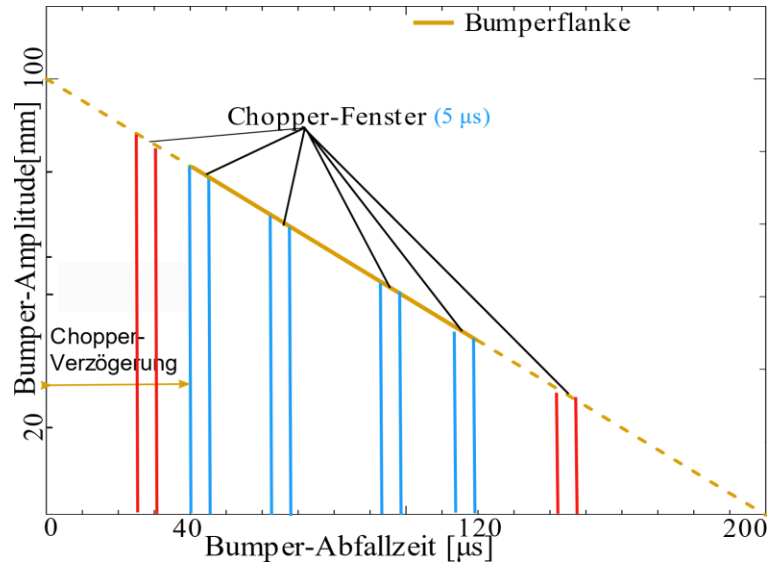
Man versucht, den Strahl am TK9DG9 horizontal etwas nach rechts und vertikal nach links zu justieren. Wenn der Einschuss mit TK-Steerern angepasst wird, die Korrekturwinkel vom GS12MU3I und I-Septum auf „0“ setzen. Danach kann man diese Werte nochmal anpassen. Gegebenfalls den Closed Orbit nochmal anpassen.



## Multiturn Injektion

Bumper-Abfallzeit	150 µs
Bumper-Amplitude	55.0 mm
Unilac-Verschiebung	80 µs
Chopper-Verzoegerung	60 µs
Chopper-Fenster	60.0 µs
Chopper Korrekturwinkel	0.0 mrad
GTK7MU5 Korrekturwinkel	0.0 mrad
GS12MU3I Korrekturwinkel	0 mrad
I-Septum Korrekturwinkel	0 mrad

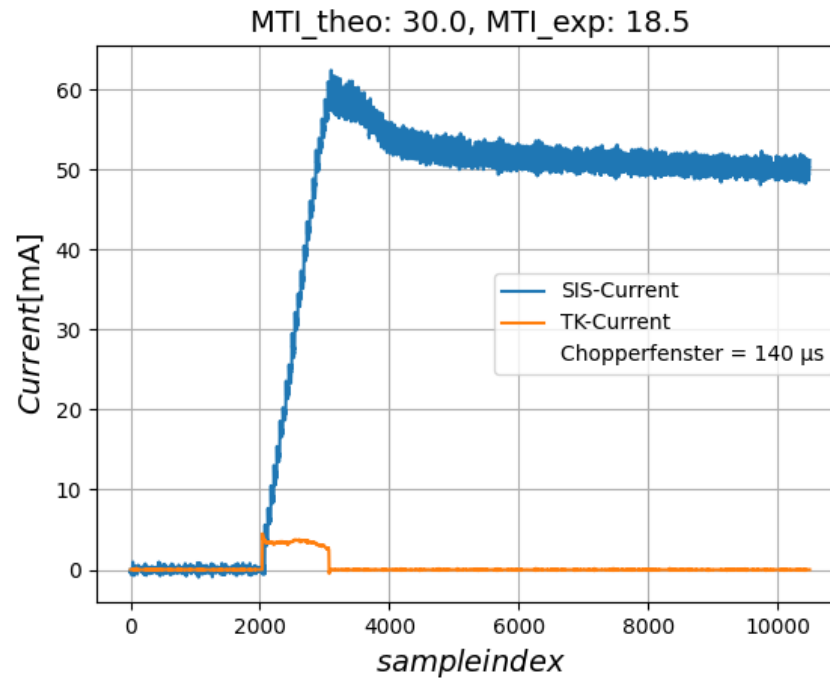
# Anfang und Ende der Injektion bestimmen



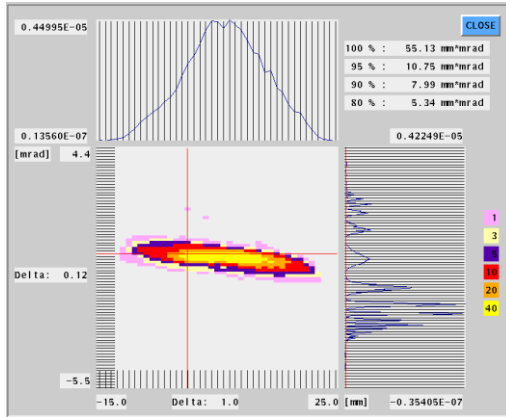
Nachdem der Strahl im SIS erfolgreich injiziert und auf dem schnellen Trafo sichtbar ist, wird der Beginn und das Ende der Injektion ermittelt. Das Chopperfenster wird zunächst auf 5  $\mu\text{s}$  eingestellt. Durch Variation der Chopperversögerung lässt sich der Beginn und das Ende des Bumps ohne Strahlverluste bestimmen.

Diese beiden Punkte definieren das optimale Chopperfenster, mit dem man ohne Verluste injiziert werden kann.

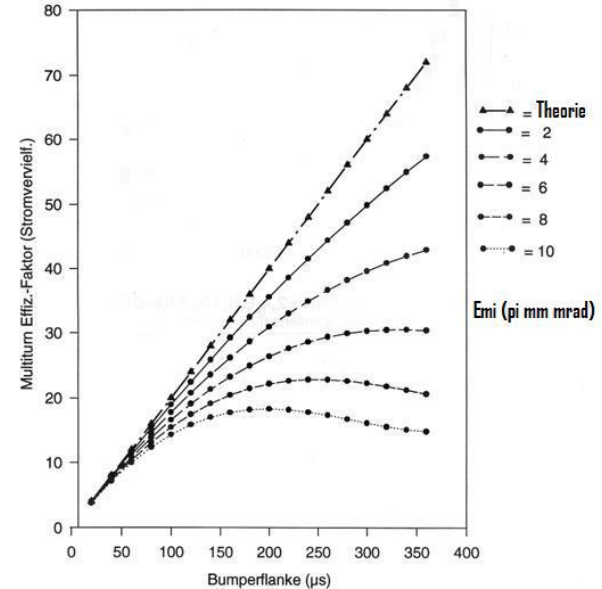
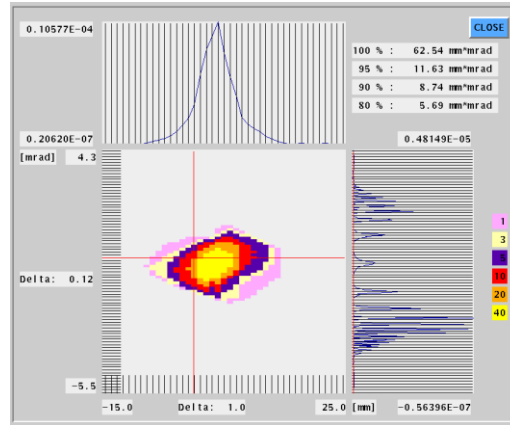
Ein längeres Chopper-Fenster führt zu unnötigen Verlusten.



TK5DE4HS

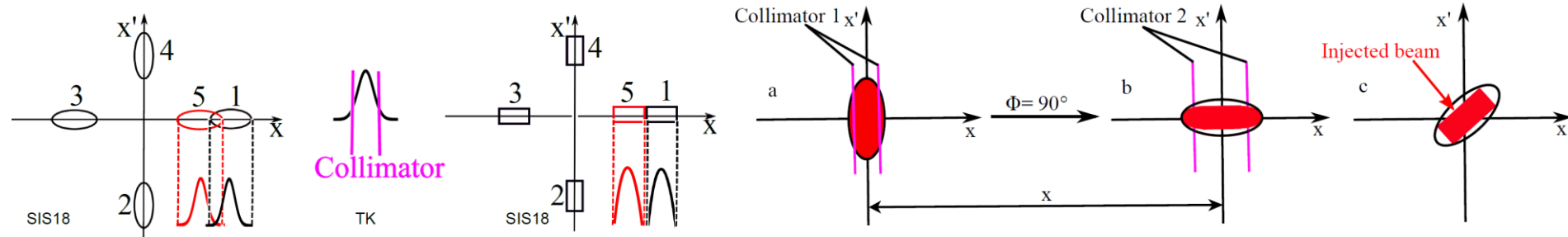


TK5DE4VS



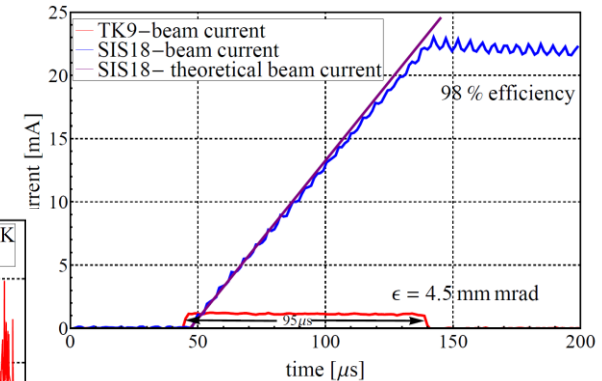
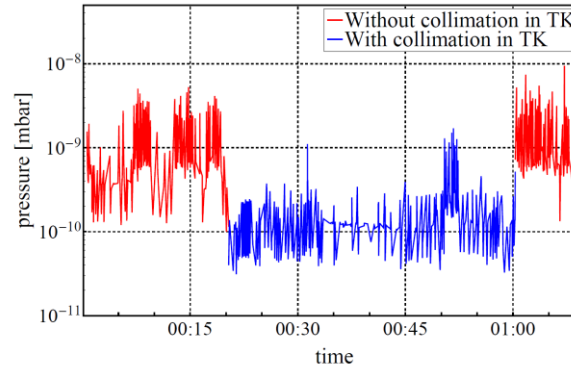
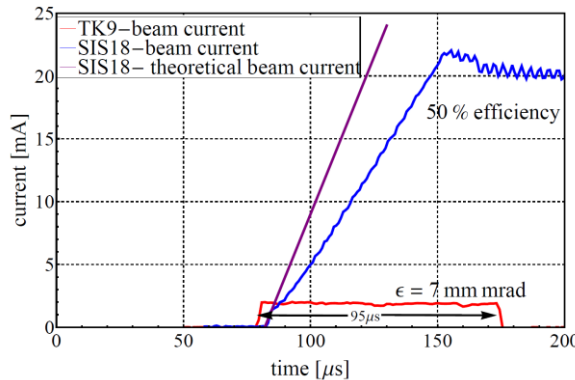
Eine kleine Emittanz vom UNILAC ermöglicht eine längere Bumperflanke und ein größeres Chopper-Fenster.  
Ist die Emittanz zu groß, enthält der Strahl zu viel Halo → eine Beschneidung hilft!

- Überlagerung von zwei Strahlen über vier Umläufe
- Verlagerung der Teilchenverluste vom SIS18 zum Transferkanal (TK)
- Schutz des Injektionsseptums
- Verbesserung des dynamischen Vakuums im SIS18
- Reduzierung der injizierten Emittanz und Erhöhung der Strahlbrillanz



# Vergleich MTI (mit und ohne Beschneidung im TK)

- Durch eine Kollimation im TK lässt sich die MTI-Effizienz erhöhen und ein stabiler, höherer Strahlstrom erzielen. Insbesondere, weil dadurch das Vakuum stabiler bleibt.





# Septumüberschläge vermeiden durch Beschneidung im TK




Danke für Eure Aufmerksamkeit!  
Fragen?

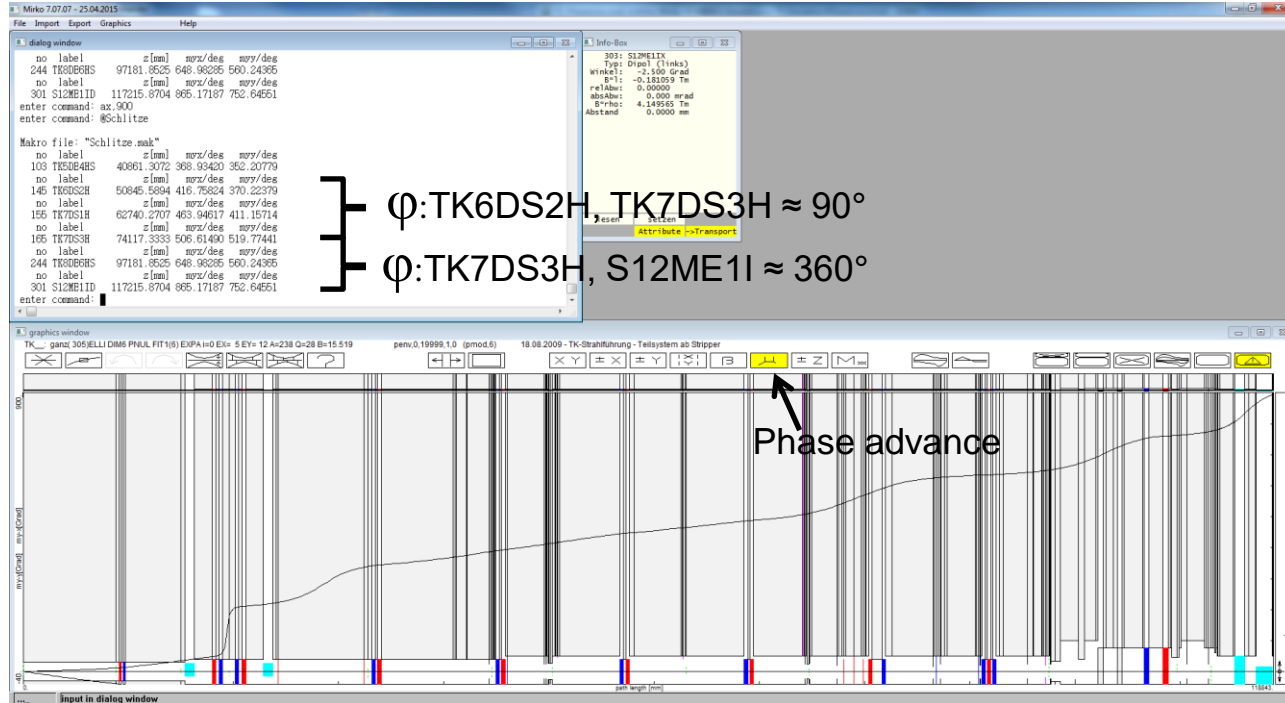


- 

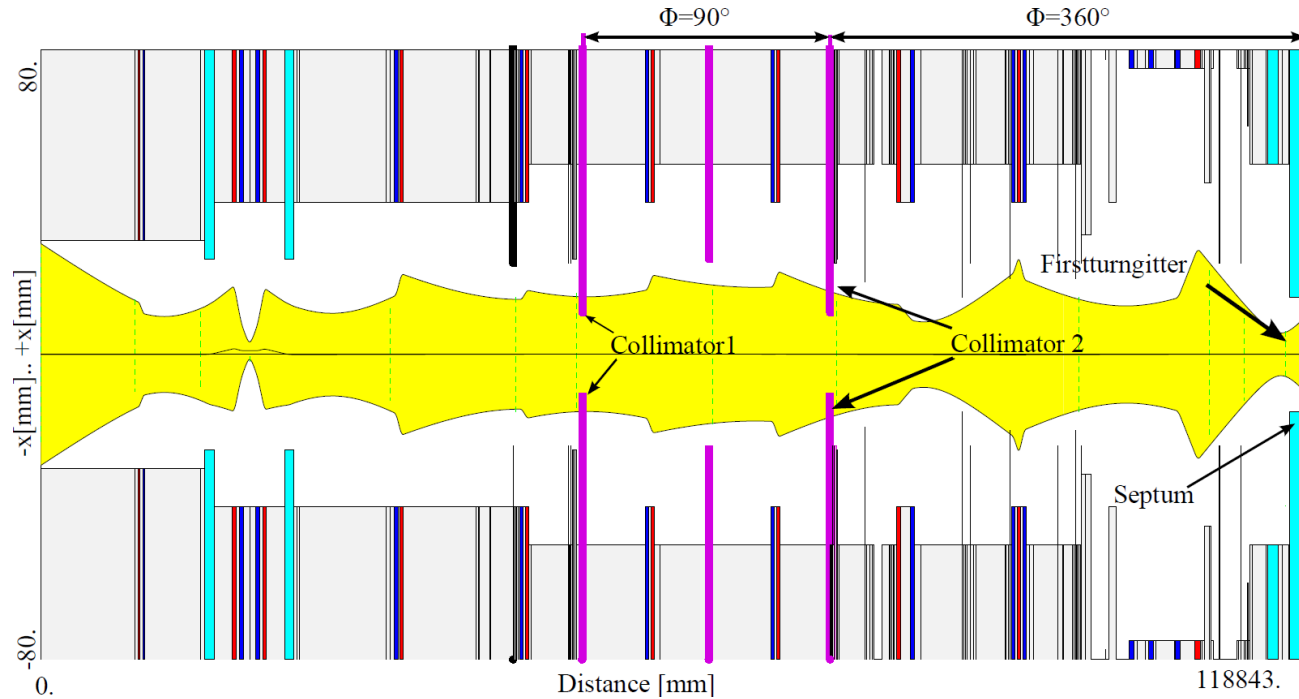


# TK-Collimation: Phase Advance

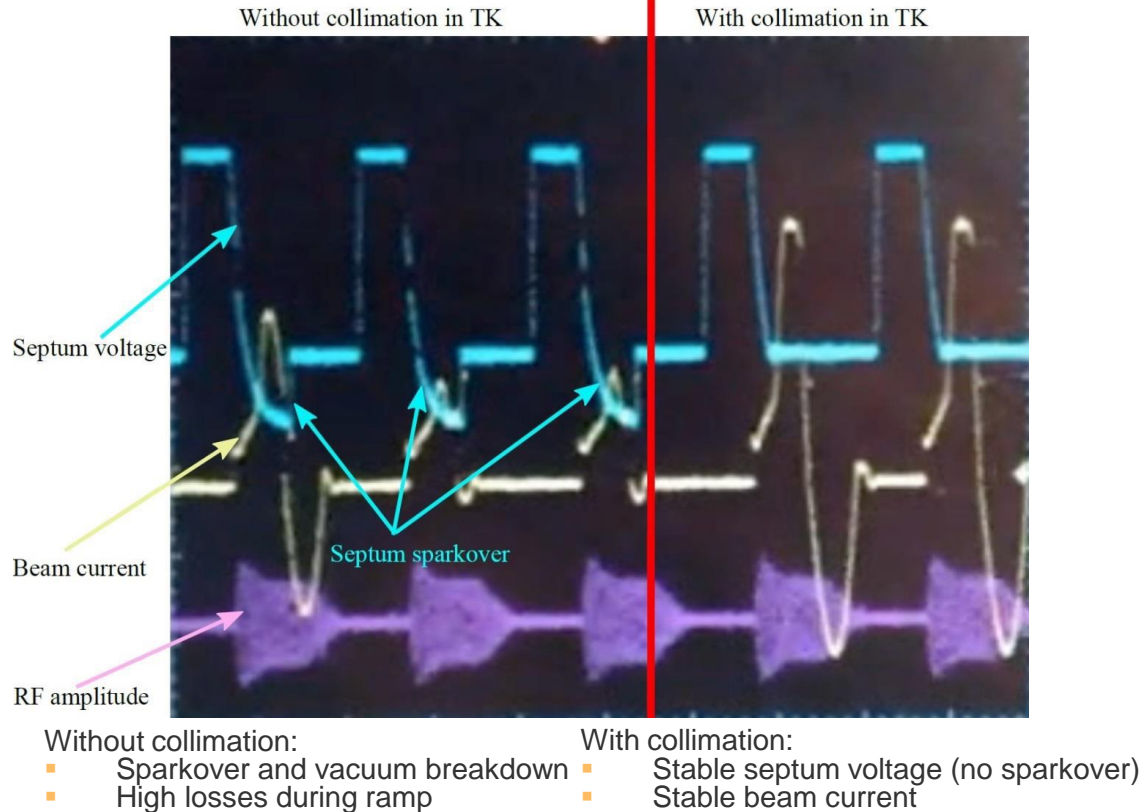
- Switch MIRKO to calculate the phase advance 
- Phase advance between Collimators and septum: MIRKO command @SCHLITZE
- Phase advance between PGs: MIRKO command @PROFILGITTER



# TK Collimation: TK Envelope



# Collimation Results: Septum Protection



# Collimation Results: SIS18 Intensity

