

80 MHz Micro Spill Kavität @ SIS18

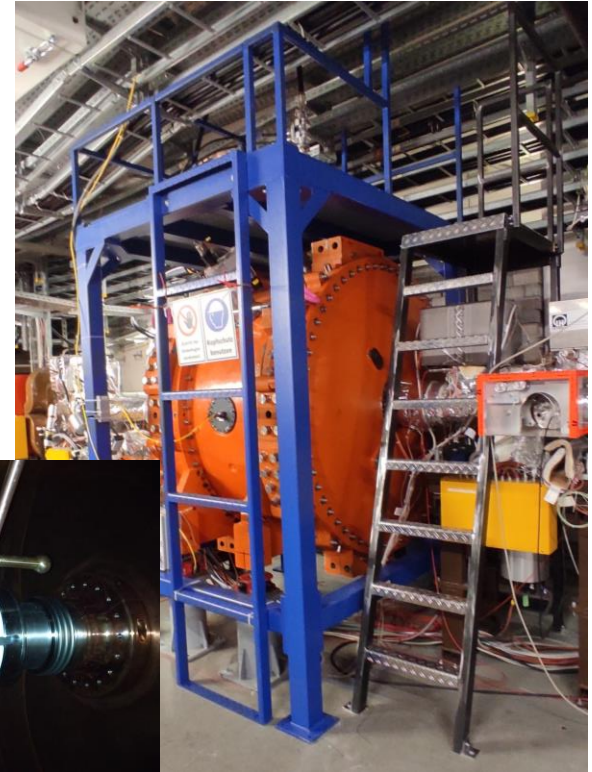
Operatorenschulung 2025
K. Groß, RRF

- Überblick Kavität
- Maschinenexperimente
- Kontrollsystemanbindung
 - ParamModi – Amplitude (aktueller Stand)
 - Zusätzliche Hilfsmittel (aktueller Stand)
 - Resonanz- und Betriebsfrequenz (Zwischenstand und Ausblick)
 - Kurzschluss und Strahlstrom (Zwischenstand und Ausblick)
 - Statusmeldungen (Ausblick)
- Off-Topic: Strahlphasenregelung
- Zusammenfassung und Ausblick

Überblick

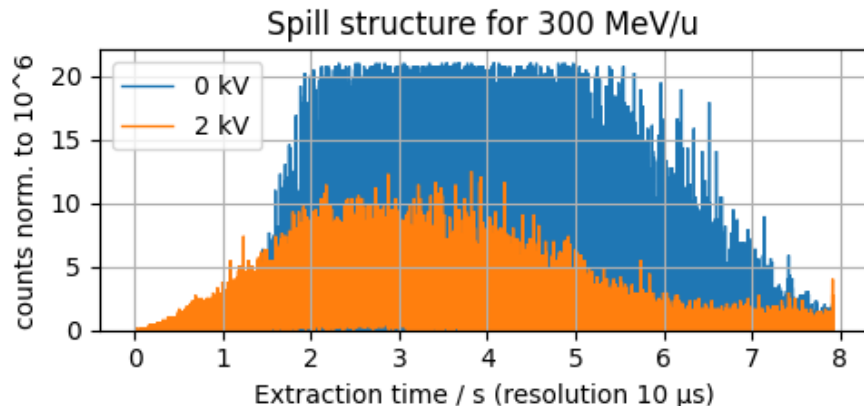
Micro Spill Kavität GS11BE6

- Installation GS11BE6 im SIS18 im Juli 2023
- Maschinenexperimente 11/23 und 7/25
- Sollwert für Gapspannungsamplitude in Kontrollsystem (max. 2 kV / 4 W) seit Ostern 2025
- Empfehlung 1.5 kV / 2.25 W
- Resonanztuning **bisher** nur in BG1.016
- Frequenz 80.3 bis 81.6 MHz (ausreichend für alle Strahlenergien)
- **bisher** Zugang zum SIS18 nötig zum Betätigen des Kurzschlusses
- Impedanz etwa 500 k Ω , $Q_0 \approx 5000$

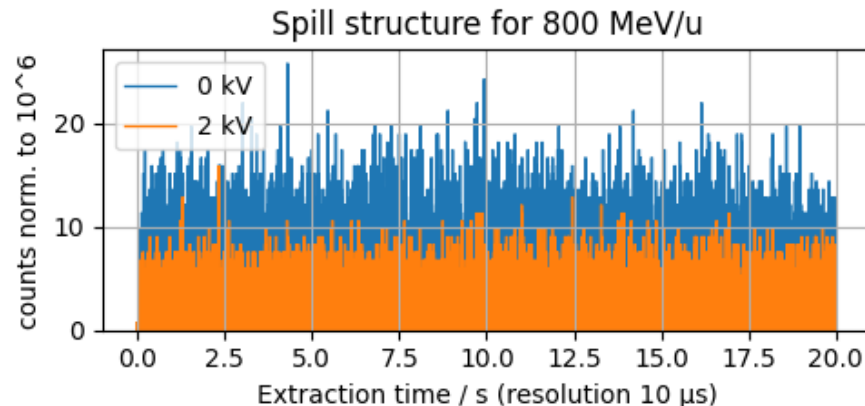


- **29.11.23** $^{14}\text{N}^{7+}$, 300 MeV/u, „SLOW“, $3.6 \cdot 10^6$ / 8 s
- **01.03.24** $^{197}\text{Au}^{65+}$, 800 MeV/u, „KO mit Makro Spill FB“, $1.3 \cdot 10^5$ / 20 s, (< 2h)
- **13.07.25** $^{238}\text{U}^{73+}$, 300, 500, 700 & 900 MeV/u, „SLOW“, $1.5 \cdot 10^6$ / 2 s

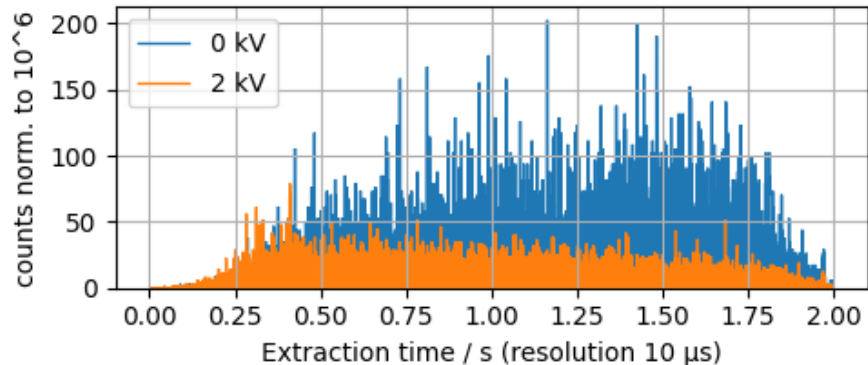
Maschinenexperiment am 29.11.23



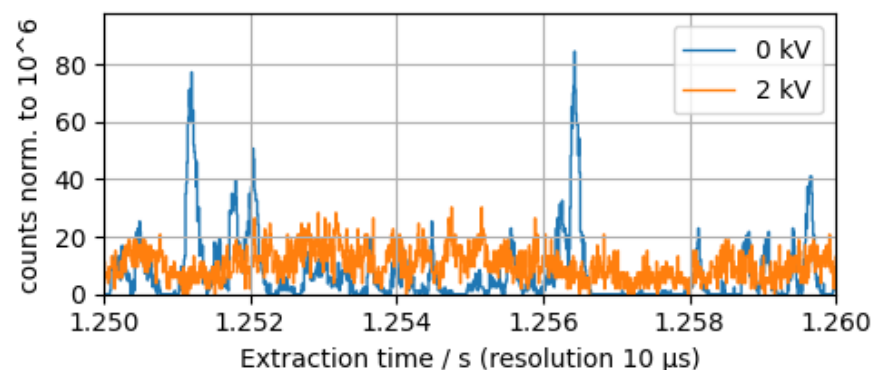
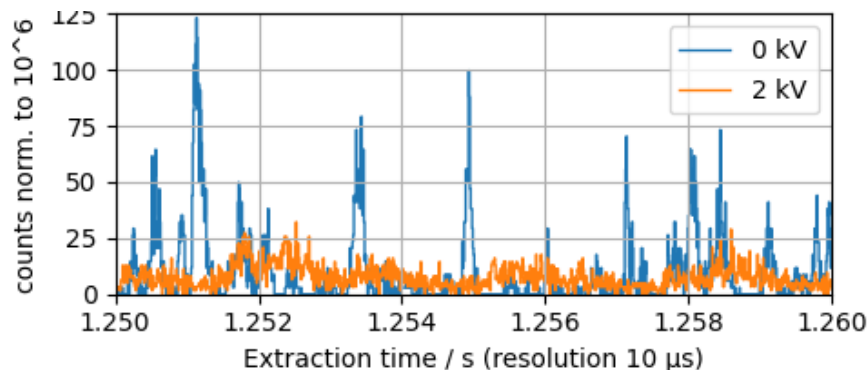
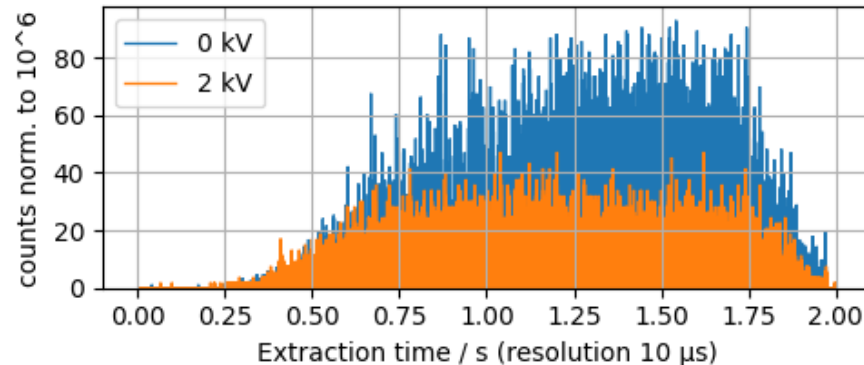
„parasitärer Test“ am 01.03.24



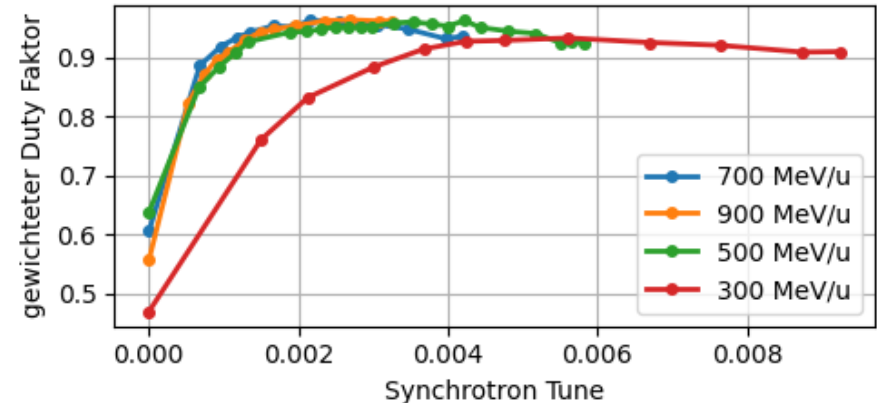
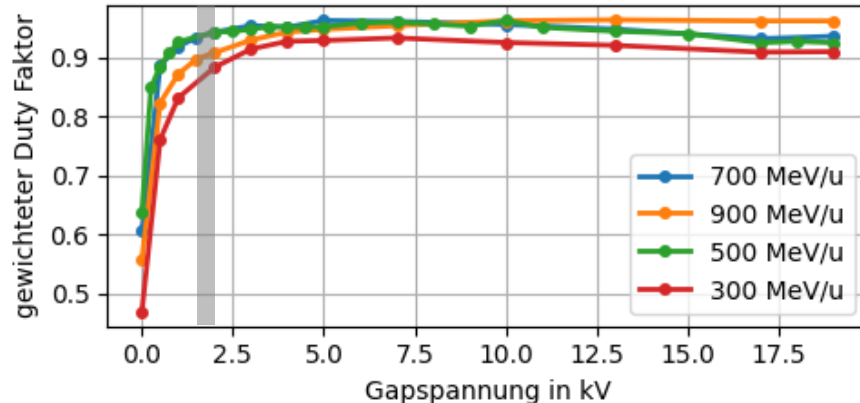
Spill structure for 300 MeV/u



Spill structure for 900 MeV/u



- Erfolgreiche Reduktion der Peaks im Spill um Faktor 2
- Spannungen < 5 kV für alle bisher getesteten Ionen und Energien ausreichend
- Höhere Spannungen führen zu Synchro-Betatron-Kopplungen (akademisch interessant, aber für Experimente irrelevant)



- **Empfehlung: 1.5 kV** zum Sammeln von Betriebserfahrung (max. 2 kV)
- Test bisher nur mit „Testpattern“ (schnelle Extraktion)
- Adiabatisches Bunching während „Pre-Extraction“
- In allen Beam-Prozessen davor aus, danach an

SIS18_FAST_RF_SYNC_COMMISSIONING_WITH_TK

Ring Injektion	Ring Magnete und HF	Ring HF	Ring spezial	SIS18: IPM	SIS18: Modi
Ring Orbitkorrektur (vertikal)	Ring Extraktion	Ring schnelle Extraktion	Ring langsame Extraktion		
Suche	AEG Tests	BTM	Schornstein	Ring Orbitbeule (horizontal)	Ring Orbitbeule (vertikal)

HF Betriebsmode

Harmonischenzahl

Zweiharmonisch ☒

HF sequentiell ☐

BE 1, 3, 4, 5, 2

Kavitäntentransfer aktiv ☐

Experte

HF Manipulationszeit (Kavitäten Tr... ms

Phase Change (Merging) ☒

Strahlphasenreglung ein ☐

Spill Kavität ein ☐

Spill Kavität Amplitude kV

Bunch Rotation aktiv ☐

Bunch Rotation Offset μ s

Cavity Mode Enum

Cavity Mode 2D (Injection)

Cavity Mode 2D (Bunching)

Cavity Mode 2D (Ramp)

Cavity Mode 2D (Pre-Extraction)

Cavity Mode 2D (Extraction)

Cavity Mode 2D (Post-Extraction)

Bucketfill (Injection)

Bucketfill (Bunching)

Bucketfill (Ramp)

Bucketfill (Pre-Extraction)

Bucketfill (Extraction)

Bucketfill (Post-Extraction)

Bucketfill (Pre-Extraction)

Bucketfill (Extraction)

Bucketfill (Post-Extraction)

Bucketfill (Pre-Extraction)

Bucketfill (Extraction)

Bucketfill (Post-Extraction)

Spill Kavität ein

Spill Kavität Amplitude



1.5 kV

- Zu- und Abschalten durch Operateure „chain“-selektiv (VirtAcc)
- Änderungen der Extraktionsdauer werden in LSA berücksichtigt

Chain **mit** Manipulation angelegt

Bucketfill (Injection)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Bunching)	[[0.0, 1.43]]
Bucketfill (Ramp)	[[1.43, 1.43]]
Bucketfill (RF manipulation)	[[1.43, 0.0], [1.43, 0.0]]
Bucketfill (Pre-Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Post-Extraction)	[[0.0, 0.0]]

Chain **ohne** Manipulation angelegt

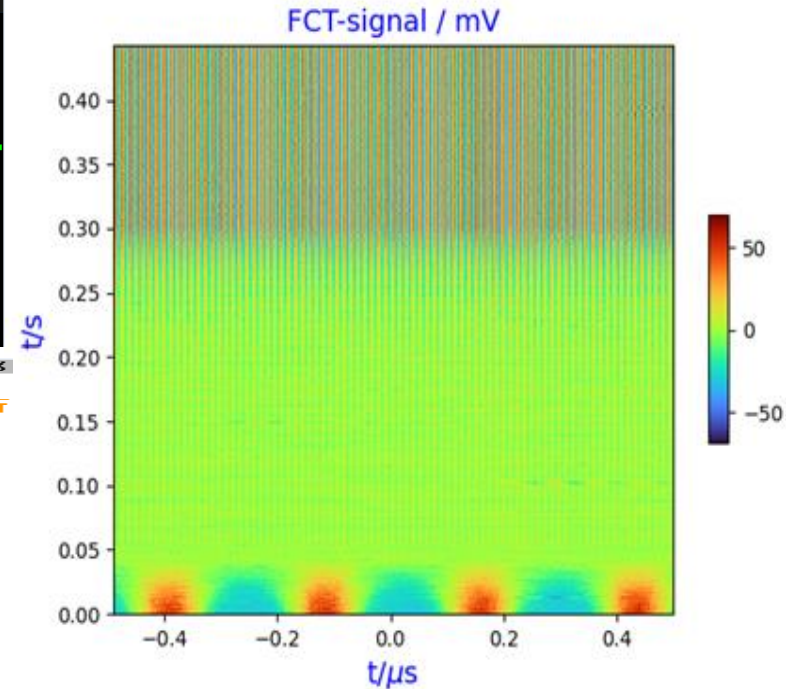
Bucketfill (Injection)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Bunching)	[[0.0, 2.0]]
Bucketfill (Ramp)	[[2.0, 2.0]]
Bucketfill (Pre-Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Post-Extraction)	[[0.0, 0.0]]

Wartezeit **Pre-Extraction** min. 40 ms

Ring Extraktion	oder	Ring spezial
Wartezeit (Pre-Extraktion)		40.0 ms

Kontrollsystemanbindung

ParamModi – Amplitude (aktueller Stand)

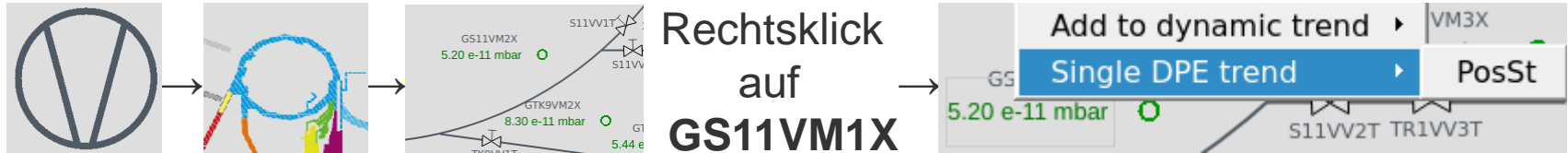


- bisherige Einschränkungen (kein Risiko)
 - Kavität darf nicht kurzgeschlossen sein
 - nur nach Einstellung der Frequenz durch RRF

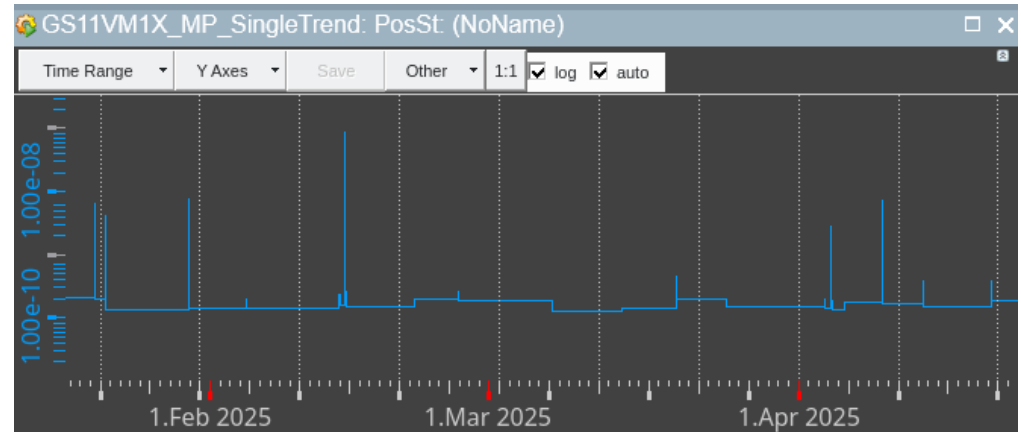
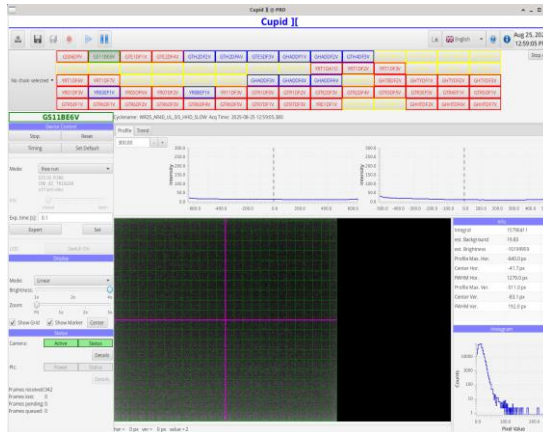
Kontrollsystemanbindung

Zusätzliche Hilfsmittel (aktueller Stand)

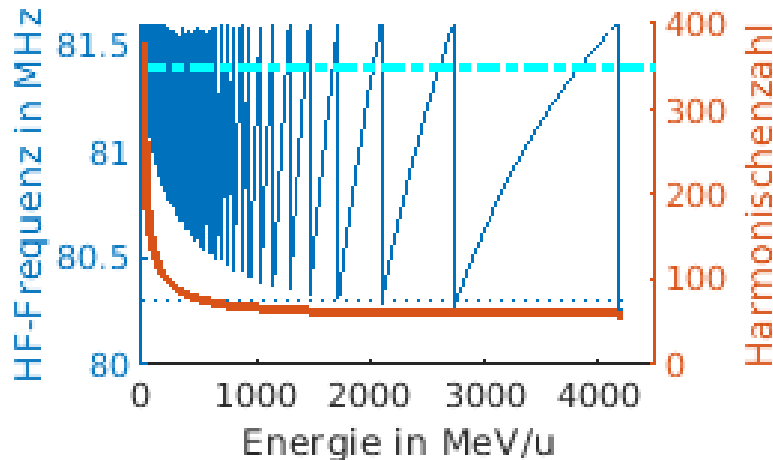
- **Vakuum** <https://winccoa.acc.gsi.de/data/ulc/ulc.html>



- Kamera in **CUPID** → **GS11BE6V**



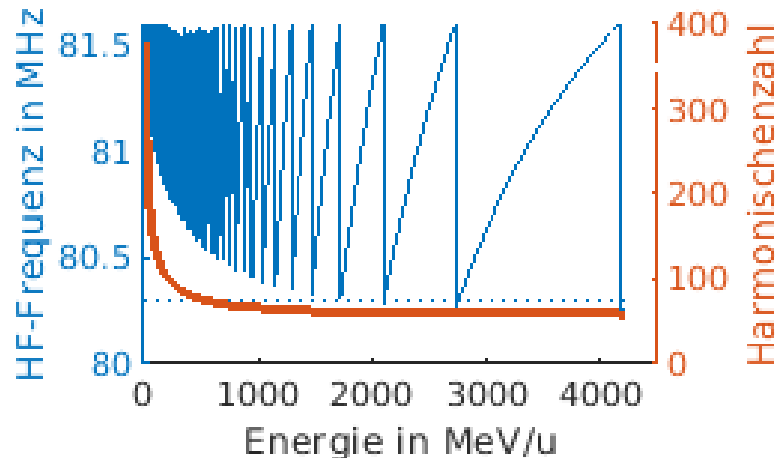
- Bis zur Verfügbarkeit (Aufbau, Implementierung und Tests) der Resonanzfrequenz-Einstellung über das Kontrollsystem gibt es zwei Möglichkeiten:
 - feste Resonanz- und Betriebsfrequenz von 81.4 MHz
 - **vorherige Absprache RRF (K. Groß) zum Einstellen der Frequenz(en)**



h	Umlauffrequenz / kHz	Strahlenergie / MeV/u
103	790.291262	203.449852
102	798.039216	208.906688
...
69	1179.710145	852.235548
68	1197.058824	927.177561
67	1214.925373	1016.563335
66	1233.333333	1125.376672
65	1252.307692	1261.356169
64	1271.875000	1437.311531
63	1292.063492	1676.365961
62	1312.903226	2025.805742

Resonanzfrequenz - Ausblick

- geplante (noch nicht umgesetzte) Implementierung: Es soll alles im Hintergrund ablaufen bis auf die **Zeit zum Positionieren des Tuners** (≈ 10 s)
- Einheitliche Lösung für mechanischen Tuner (z.B. GS02BB1) angestrebt

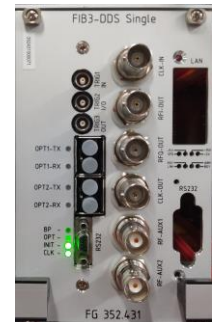


- Tauchkolbenregelung durch Linac HF und Ring RF angepasst

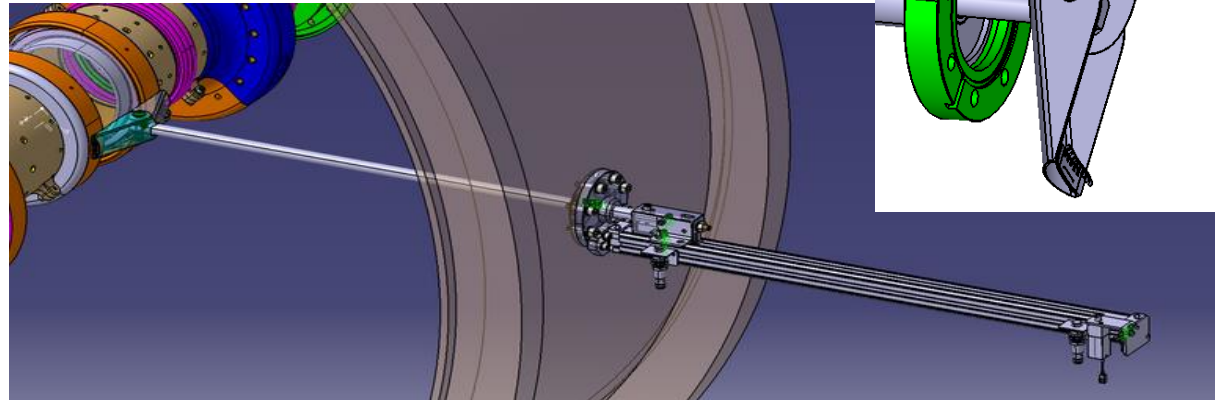
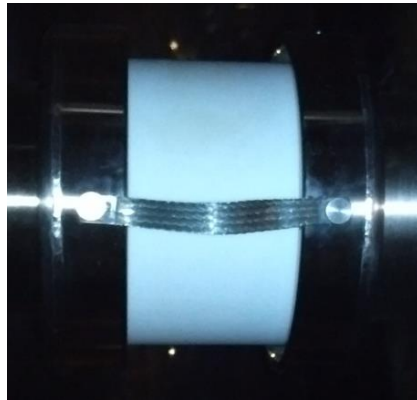


Betriebsfrequenz - Ausblick

- angepasste DDS für die Betriebsfrequenz ist eingebaut



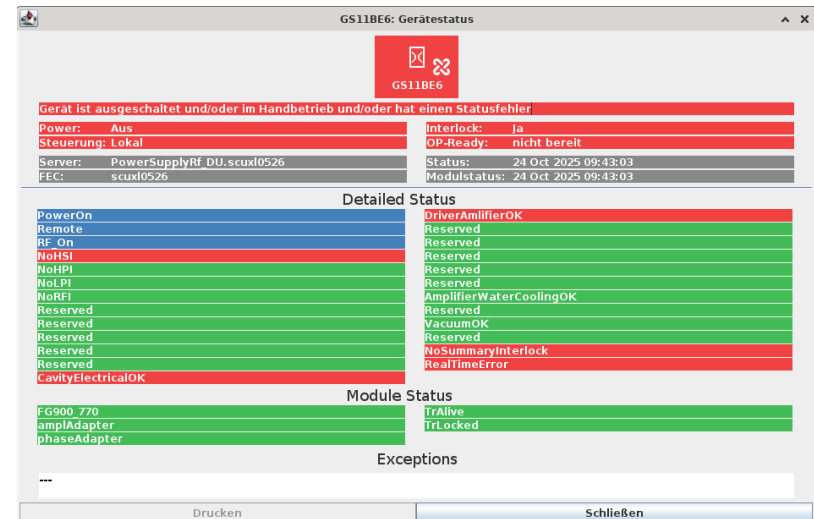
- Hochstrombetrieb → Kurzschluss notwendig
- erfolgreicher Test mit $2 \cdot 10^{10}$ N⁷⁺, 20 mA, induced voltage < 100 V (29.11.2023)
- geplanter (noch nicht umgesetzter) automatische Kurzschluss soll nicht oft schalten (mechanische Belastung, Schaltdauer) → Schaltvorgang bei „Verstärker ein/aus“ nicht „HF ein/aus“ (andere Kavitäten)



- geplant wie für alle Kavitäten (Umsetzung mit automatischem Kurzschluss)
- aktueller Stand
 - Vakuuminterlock in MASP
 - Temperaturinterlock einstellbar (50°C)
- Ausblick
 - Vakuuminterlock in SPS

pdex GS11BE6

```
[kgross@asl756 ~]$ pdex GS11BE6
NOMEN = GS11BE6 (PowerSupplyRf_DU.scuxl0526 | PowerSupply : RampedRfAmpl)
TIMDOM = SIS18_RING (300) | XML_DESC_SRC: fec
|
Status
|-- modulesReady: TRUE | interlock: TRUE | opReady: FALSE
|-- control: LOCAL | powerState: OFF | status: OK
|-- dcMode: False
|-- detailedStatus omitted. (use -d to show dS or -E to show 16 errMsgs)
```



The screenshot shows a window titled "GS11BE6: Gerätestatus". At the top, there is a red status bar with a warning icon and the text "Gerät ist ausgeschaltet und/oder im Handbetrieb und/oder hat einen Statusfehler". Below this, a table displays key status information:

Power:	Aus	Interlock:	Ja
Steuerung:	Lokal	OP-Ready:	nicht bereit
Server:	PowerSupplyRf_DU.scuxl0526	Status:	24 Oct 2025 09:43:03
FEC:	scuxl0526	Modulstatus:	24 Oct 2025 09:43:03

Below the table, the "Detailed Status" section lists various components and their states:

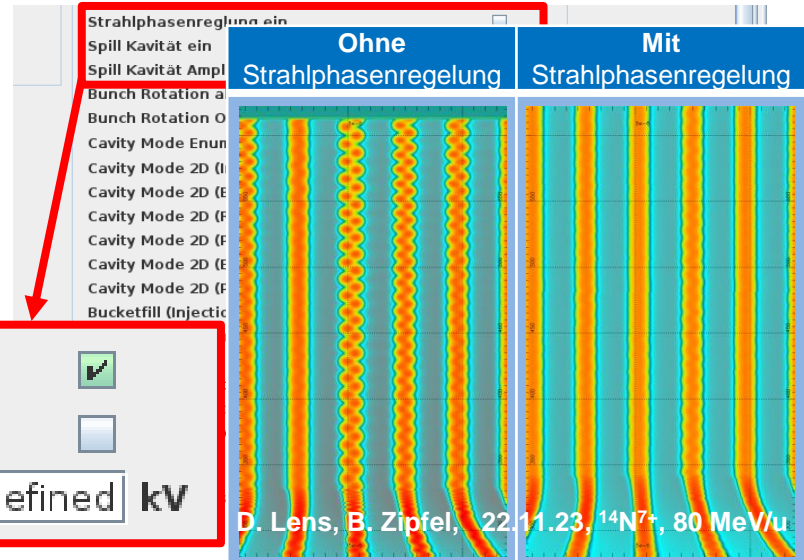
PowerOn	DriverAmplifierOK
Remote	Reserved
RF-On	Reserved
NoHSI	Reserved
NoHPI	Reserved
NoLPI	Reserved
NoRFI	AmplifierWaterCoolingOK
Reserved	Reserved
Reserved	VacuumOK
Reserved	Reserved
Reserved	NoSummaryInterlock
Reserved	RealTimeError
CavityElectricalOK	

The "Module Status" section shows:

FG900_770	IrAlive
amplAdapter	IrLocked
phaseAdapter	

At the bottom, there is an "Exceptions" section which is currently empty. The window has "Drucken" and "Schließen" buttons at the bottom right.

- erste Kontrollsystemeinbindung, um damit in der Strahlzeit Betriebserfahrung sammeln zu können:
 - standardmäßig aus, Checkbox aktiviert Regelung für kompletten Zyklus
 - aktuell nur für einfach-harmonischen Fall mit Ferrit-Kavitäten (S02BE1 und/oder S08BE2; keine weiteren Kavitäten aktiv)
- Support durch RRF empfohlen, bitte RRF (D. Lens) vor Betrieb informieren



Zusammenfassung

- Amplitudenrampe mit adiabatischem Einfang ist implementiert
- ohne automatischen Kurzschluss Betrieb in Absprache mit RRF und BK

Ausblick

- Kontrollsystemanbindung des Resonanztuning ist in Bearbeitung
- automatischer Kurzschluss ist in Bearbeitung
- Ein- und Ausschalten in Device Control erst mit automatischem Kurzschluss

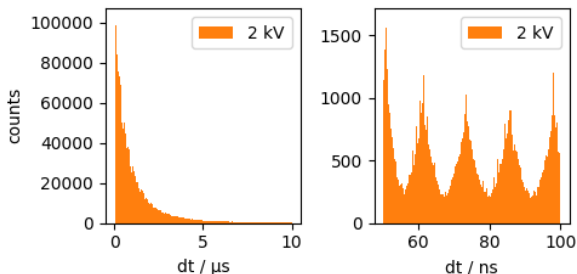
Betriebsrelevante MDEs (ohne Konditionierung, wenige W) zur Untersuchung

- der Grenzen für Hochstrombetrieb
- der Beeinflussung und Beeinflussbarkeit des Makrospill

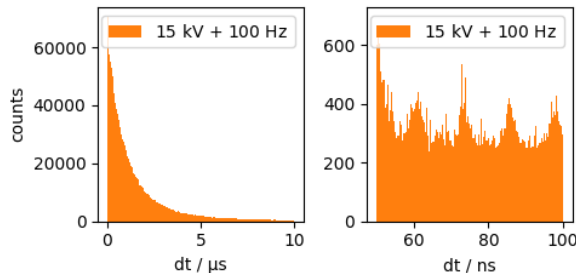
Einsatz sinnvoll, wenn

- Spillqualität wichtig
- max. 20 mA Strahlstrom
- $\dot{N}_{\text{spill}} < 10^7$ extrahierte Ionen / s,
da $\dot{N}_{\text{spill}} > f_{\text{excite}} \Rightarrow$ Pile Up
- prinzipiell unabhängig von Art der Extraktion

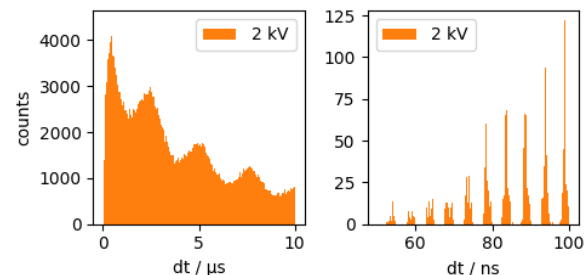
Slow, 2 kV



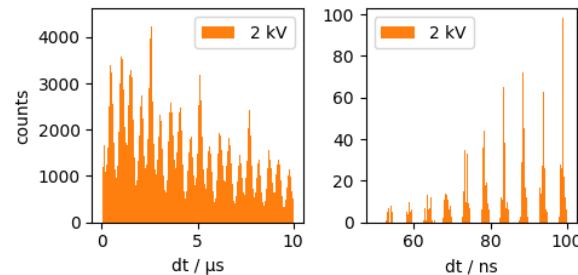
Slow, 15 kV + 100 Hz



Particle inter-arrival-times
KO, 2 kV + Macro Spill FB

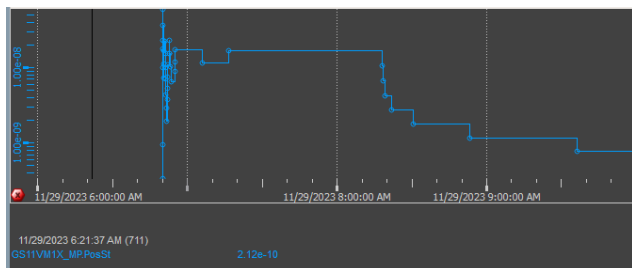
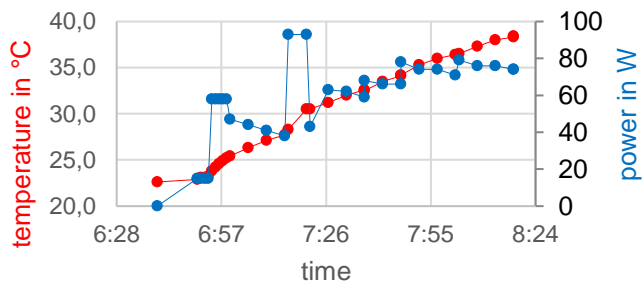


KO, 2 kV + SOS / noise++

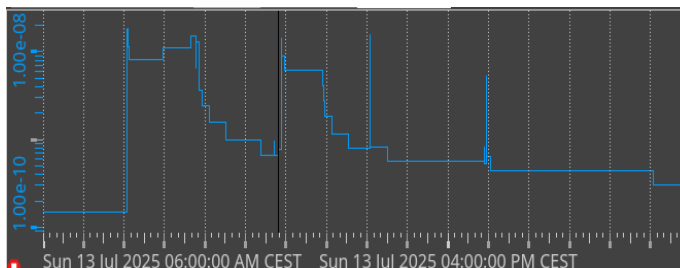
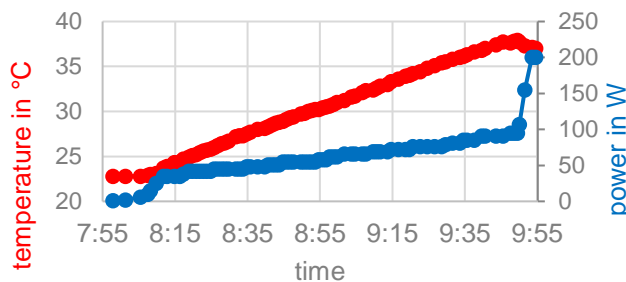


- Entwicklung und Inbetriebnahme: SRP, ATP, BAU (B. Benz, J. Kalenda), LRF (B. Schlitt, G. Schreiber, W. Vinzenz, J. Zappai et al.), MEW (A. Ackermann, M. Romig, T. Schneider), RRF (R. Balß, B. Breitzkreutz, C. Christoph, O. Disser, M. Hardieck, P. Hülsmann, H. Klingbeil, H.G. König, U. Laier, D.E.M. Lens, S. Lux, S. Schäfer, C. Thielmann, T. Winnefeld, B. Zipfel et al.), SIS100/SIS18 (P. Spiller, J. Stadlmann), TRI (D. Acker, K. Lück, M. Grenz-Gustafson, M. Diebel, K. Kalaitzidis et al.), VAC (M.C. Bellachioma, E. Renz, G. Savino, S. Strohmenger)
- Spill Messung: APH (S. Sorge), BEA (P. Boutachkov, O. Chorniy, P. Forck, T. Milosic, P. Niedermayer, R. Singh, J. Yang), SIS100/SIS18, HADES/mCBM (J. Pietraszko, C. Sturm, M. Traxler)
- Betrieb und Diskussionen: ACC & OPE (R. Aßmann, A. Bloch-Späth, C. Böhm, V. Kamedzhiev, H. Kummerfeldt, F. Lorenz, S. Reimann, Y. Valdaу), SYS (H. Liebermann, D. Ondreka)

29.11.2023



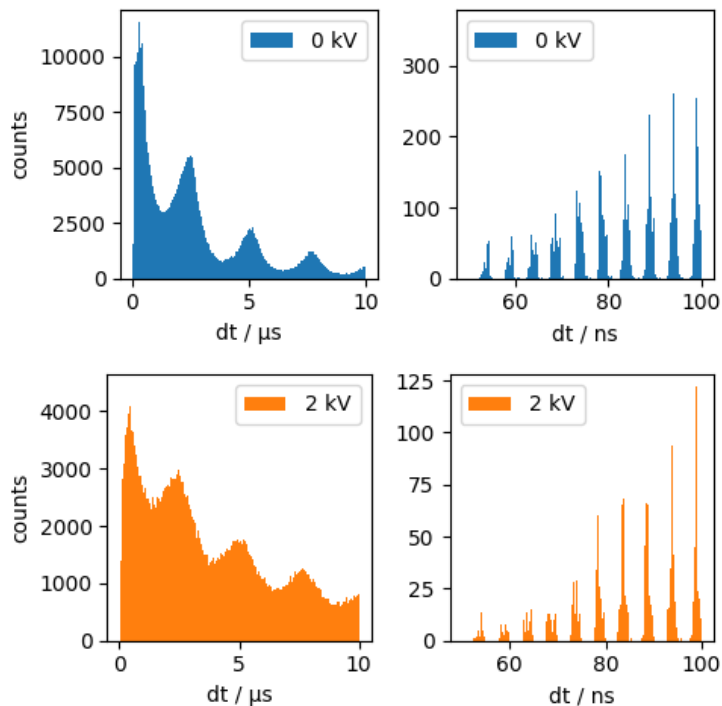
13.07.2025



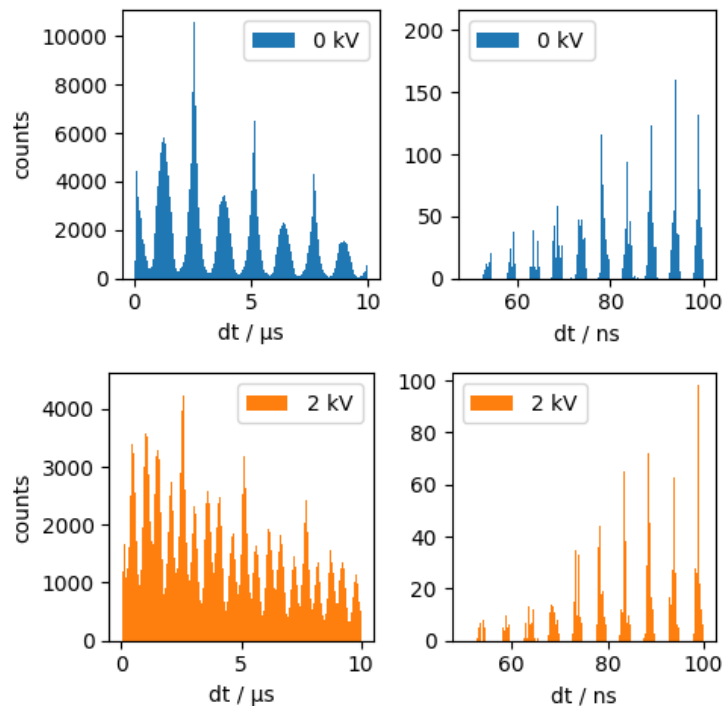
Gleichgewichts-
temperatur
ohne / mit
Leuchten:

- 100 W, 10 kV:
40°C / 45°C
- 200 W, 14 kV:
50°C / 55°C
- 400 W, 20 kV:
75°C / --

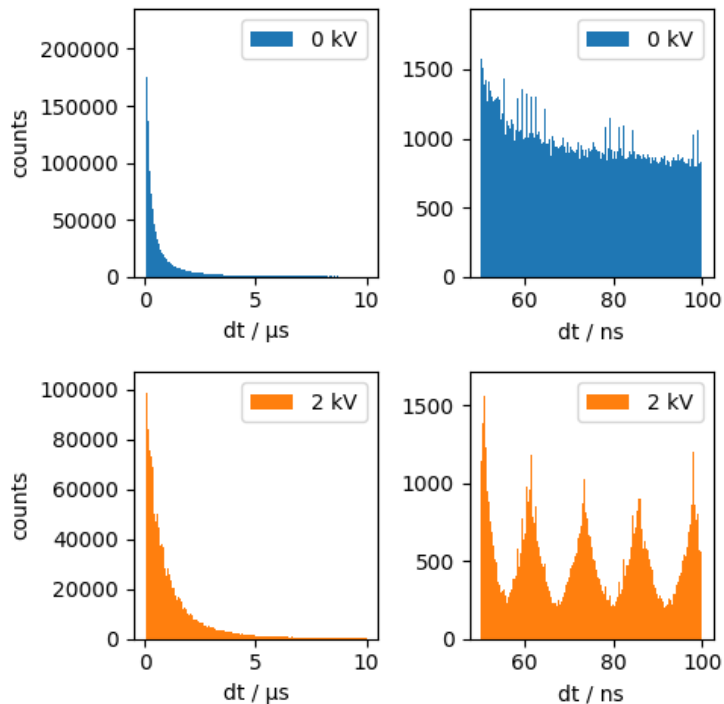
KO, Macro Spill Feedback



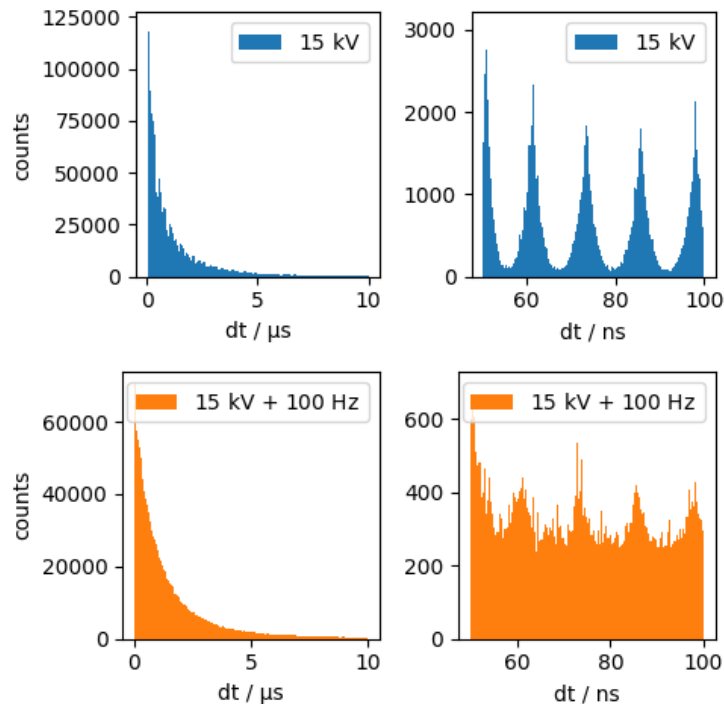
KO, 2 kV + SOS / noise++



Slow



Slow, 15 kV + Verstimmung



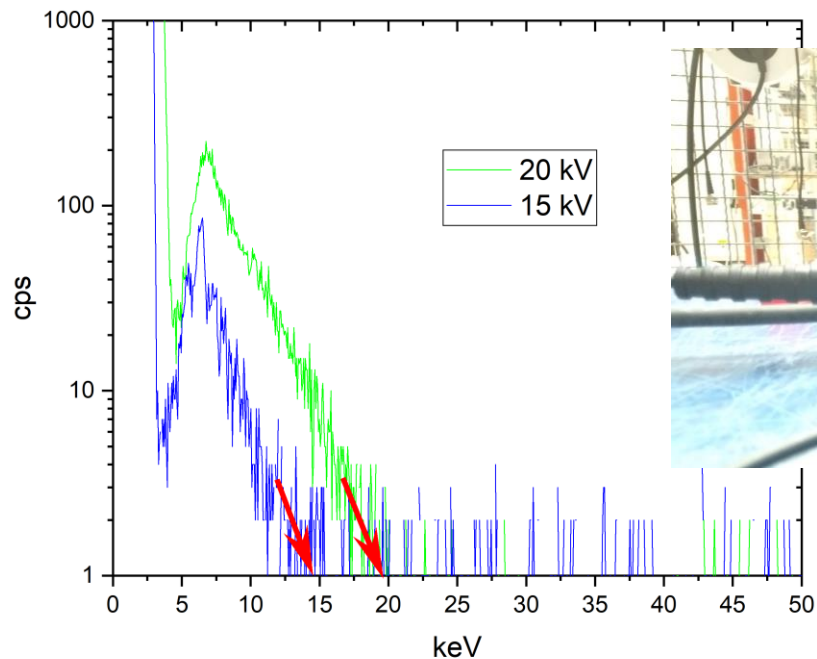
- Resonator: 500 k Ω
- Leitungen/Verstärker: 50 Ω
- Es wird über 1/100stel ($\sqrt{50 \Omega / 500 \text{ k}\Omega}$) des magnetischen Flusses eingekoppelt.

Steps towards Operation from Main Control Room

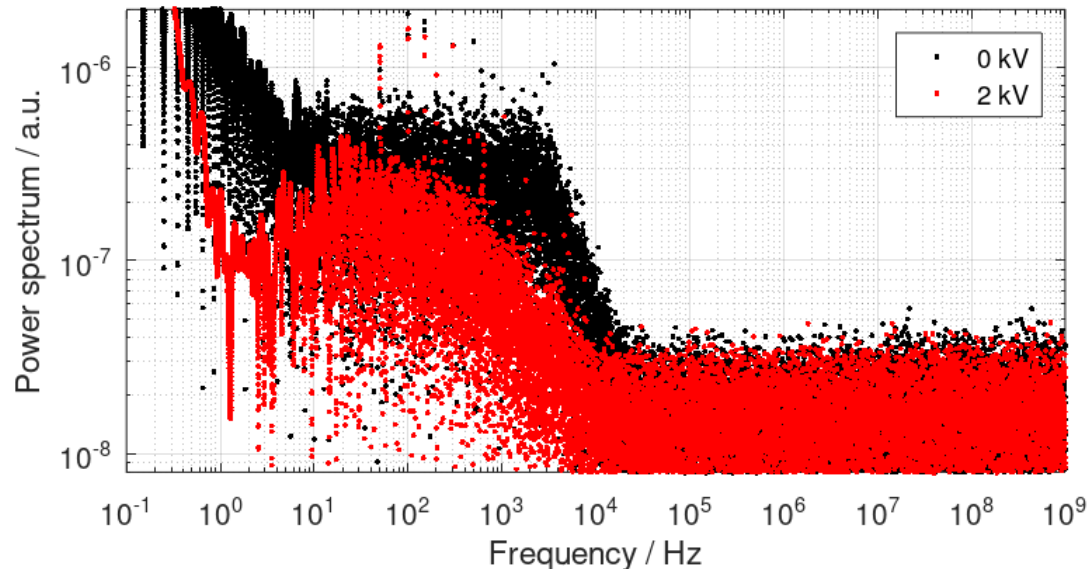
- Ramps and plunger control have to be integrated into control system
- PLC for interlock handling to be integrated in control system
- Limitation to 1.5 kV for standard operation without conditioning remains
- New output- and directional coupler for lower power
- Automatic short-circuit needed
 - not cycle to cycle
(impedance applies to all running virt. accel.)
 - ambitious, evaluation of possibilities
(new development of a plunger)



Gap Voltage Calibration

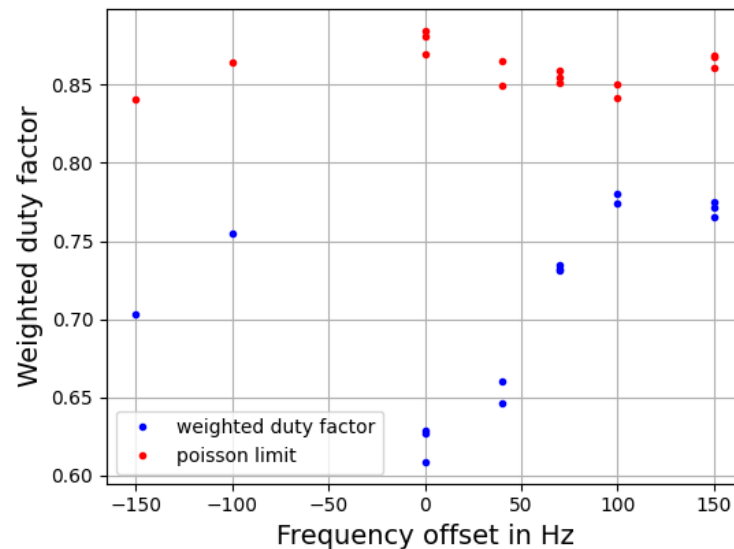
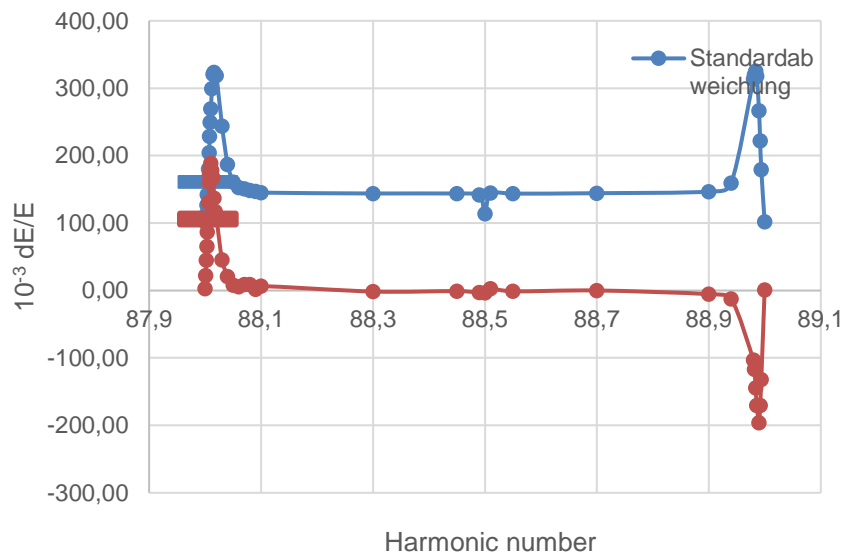


- Spectrum of extracted beam
- Improvement for all frequencies

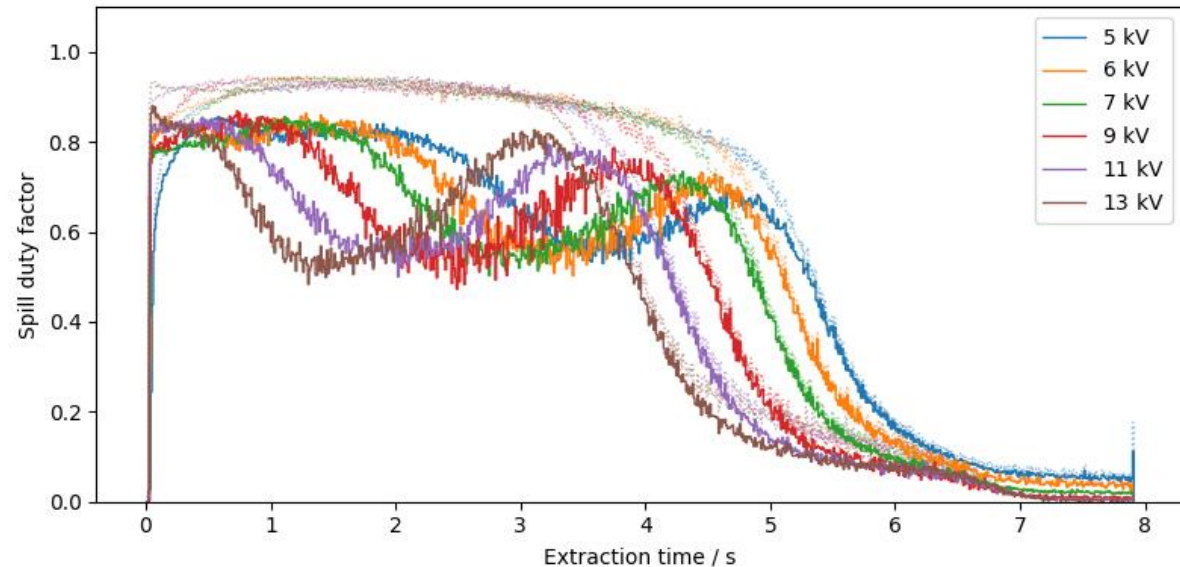


A shift of 100 Hz means a change in the harmonic number by 0.005
(marked with the bar in the figure – different setup simulation, calculation and measurement)

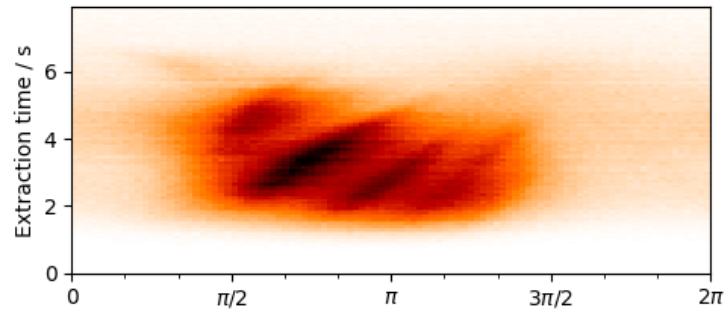
Mean and standard deviation



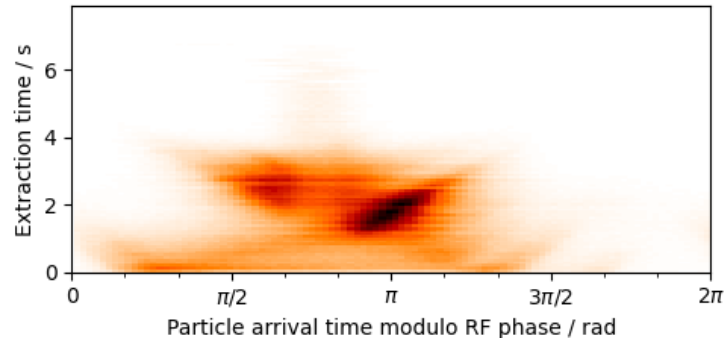
- Spill duty factor over time – 5 to 13 kV
- Position of second local max. seems to depend on tune shift
- Further evaluation necessary



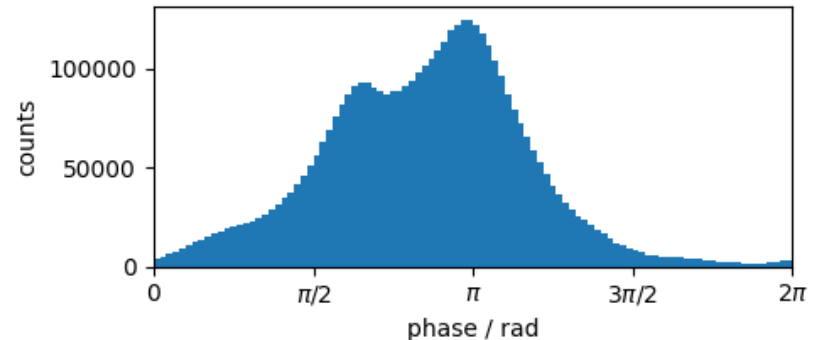
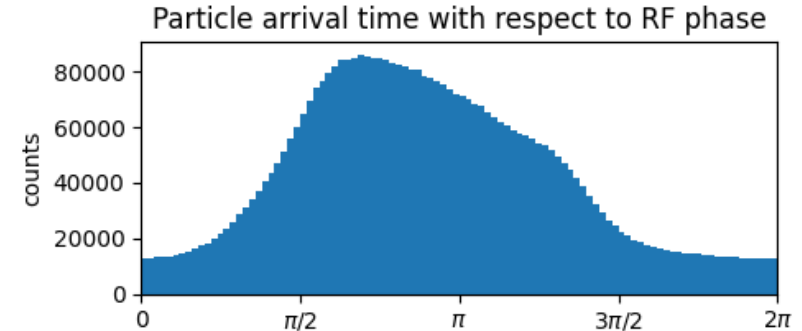
- Arrival time with respect to RF phase (12.25 ns) - further evaluation needed



1 kV

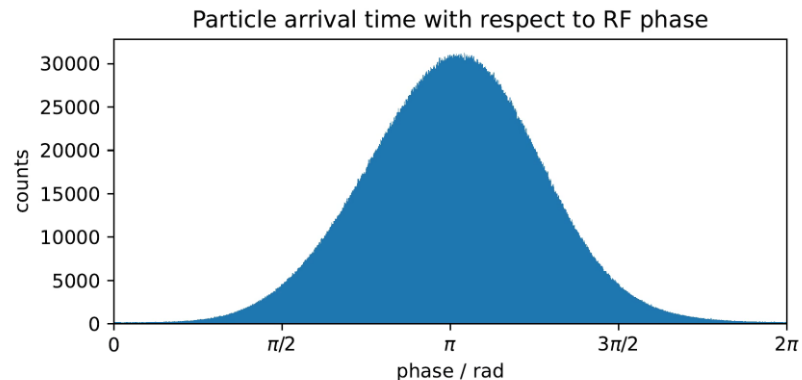
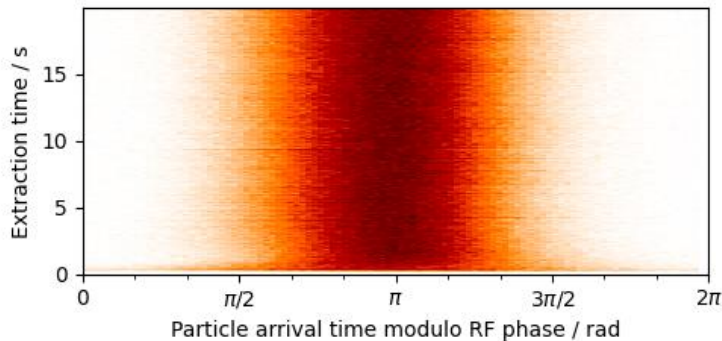


13 kV



Experimental Results from Operation with Beam Parasitic Operation HADES Beam Time

- Measurements performed by beam diagnostics group on 6.3.2024
- 3 Sines (“+++”) used instead of “noise++” by SOS



HHDDI2P

$$10^7 \text{ ions} / (20 \text{ s} \cdot 81.63 \text{ MHz}) = 0.006 \text{ ions}$$

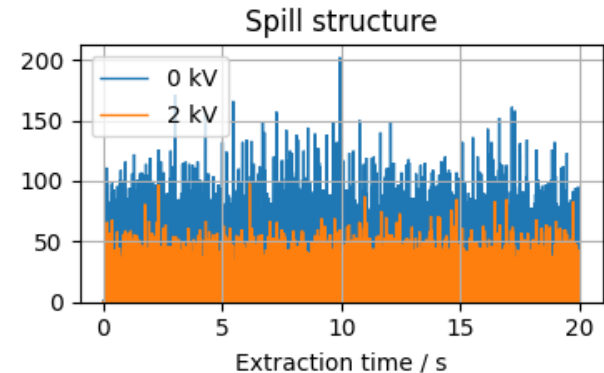
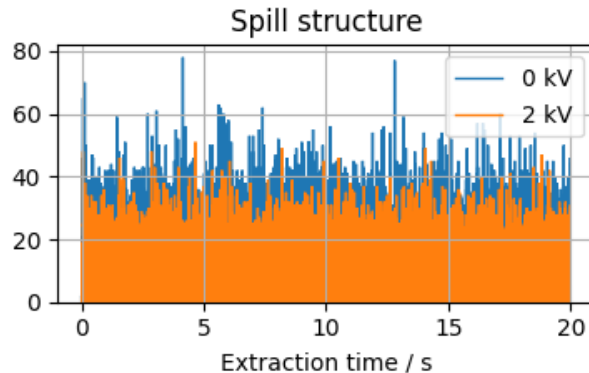
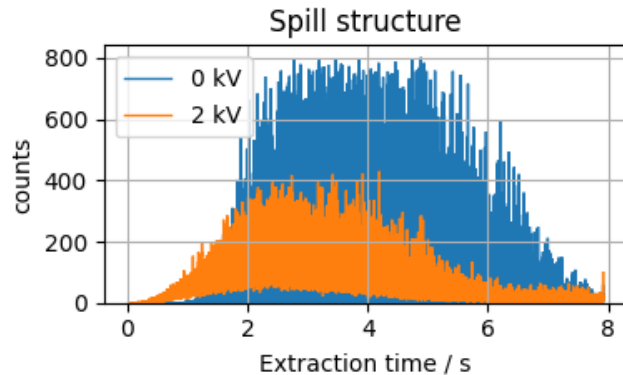
→ Structure (29.11.23) likely due to tune shift (quadrupole-driven extraction)

No further analysis due to different settings in the only measurement with cavity.

Experimental Results from Operation with Beam

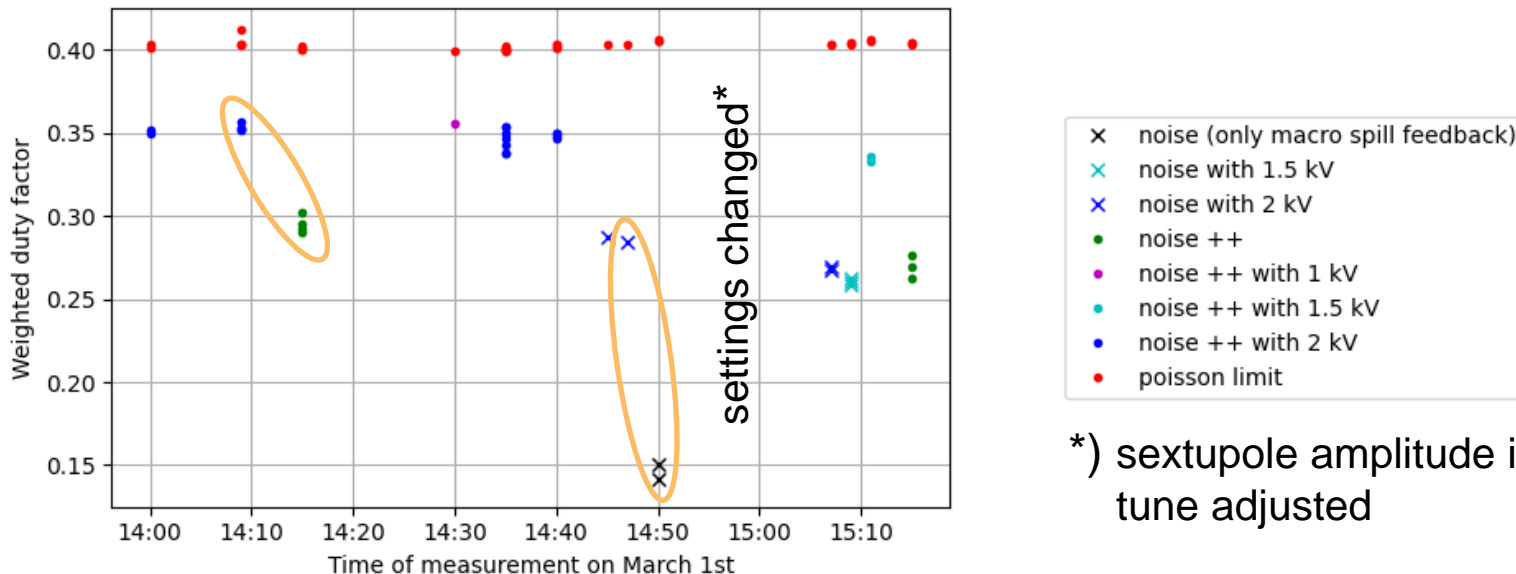
Time Structure of Spill

- Spill structure – comparison between 0 kV and 2 kV ($t_{\text{bin}} = 100 \mu\text{s}$)
- Quadrupole-driven
 - RF Knock Out with SOS
 - „noise++“
- „noise” (macro-spill feedback)



Experimental Results from Operation with Beam Parasitic Operation HADES Beam Time

- Measurements performed by beam diagnostics department (BEA) on 1.3.2024



*) sextupole amplitude increased
tune adjusted

- Best results found with spill optimization system AND micro spill cavity on