

# 80 MHz Micro Spill Kavität @ SIS18

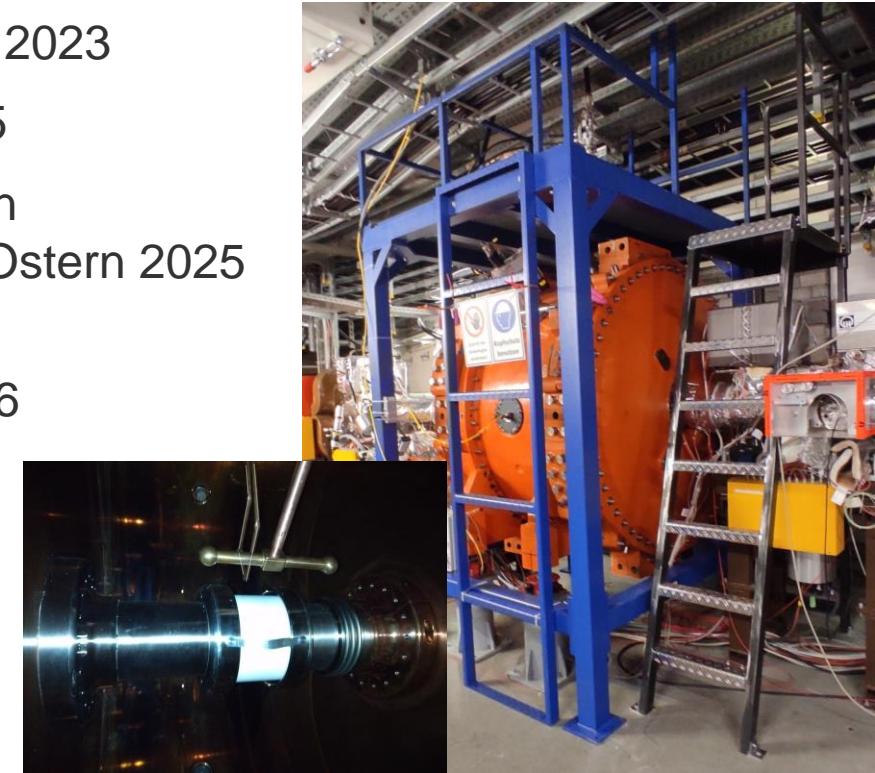
Operatorenschulung 2025  
K. Groß, RRF

## Themen

- 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

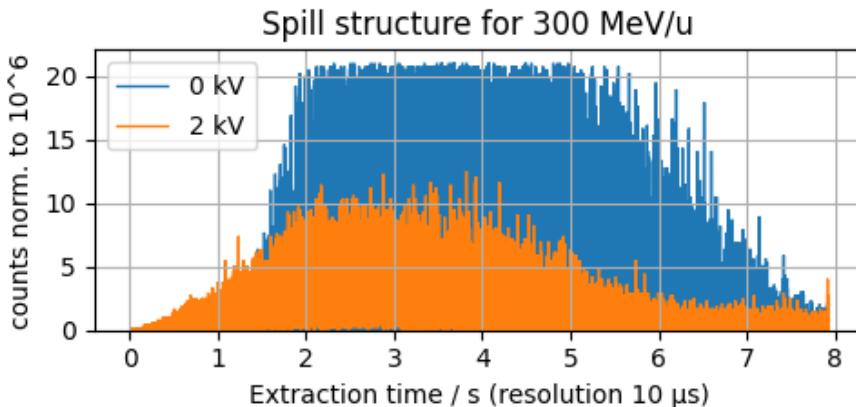
## Micro Spill Kavität GS11BE6

- Installation GS11BE6 im SIS18 im Juli 2023
- Maschinenexperimente 11/23 und 7/25
- Sollwert für Gapspannungsamplitude in Kontrollsysteem (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  $500 \text{ k}\Omega$ ,  $Q_0 \approx 5000$

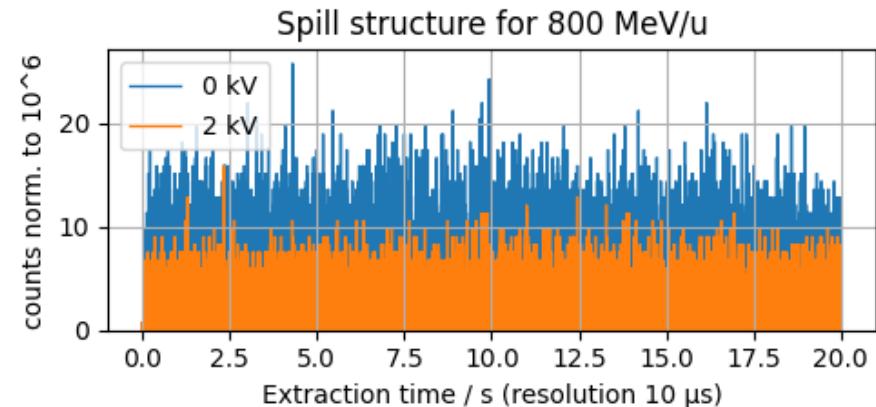


- **29.11.23**  $^{14}\text{N}^{7+}$ , 300 MeV/u, „SLOW“,  $3.6 \cdot 10^6$  / 8 s
- **01.03.24**  $^{197}\text{Au}^{65+}$ , 800 MeV/u, „KO mit Makro Spill FB“,  $1.3 \cdot 10^5$  / 20 s, (< 2h)
- **13.07.25**  $^{238}\text{U}^{73+}$ , 300, 500, 700 & 900 MeV/u, „SLOW“,  $1.5 \cdot 10^6$  / 2 s

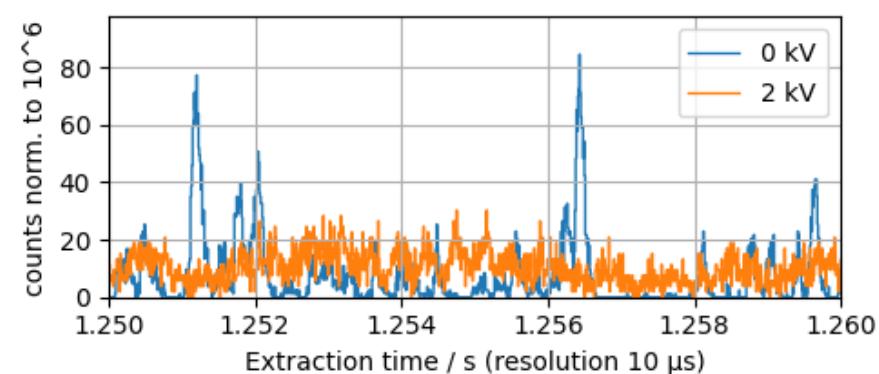
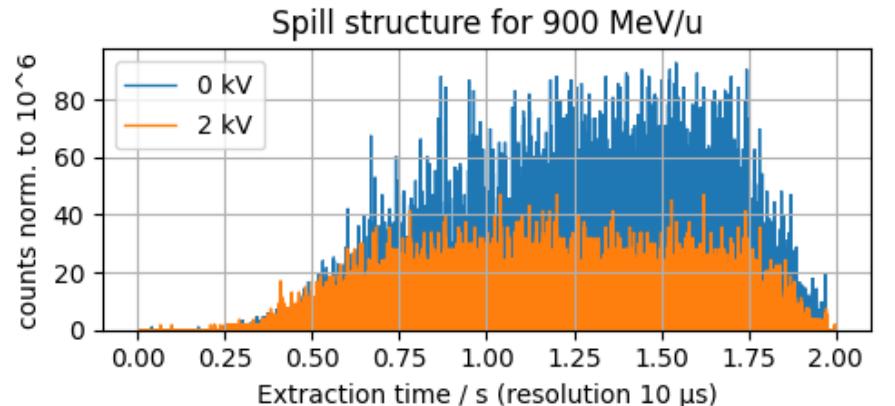
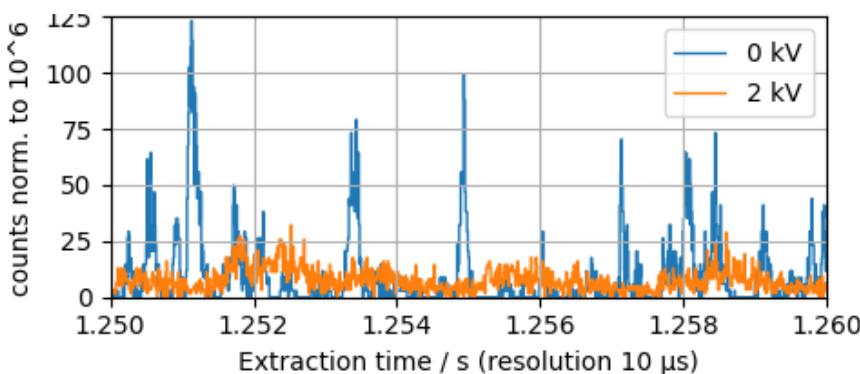
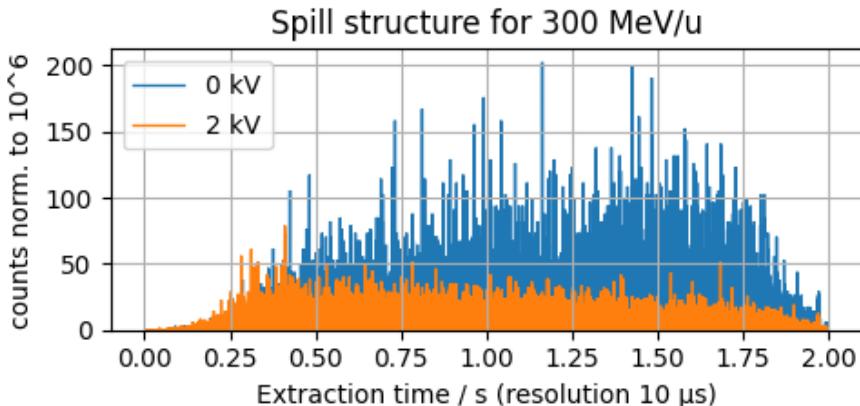
## Maschinenexperiment am 29.11.23



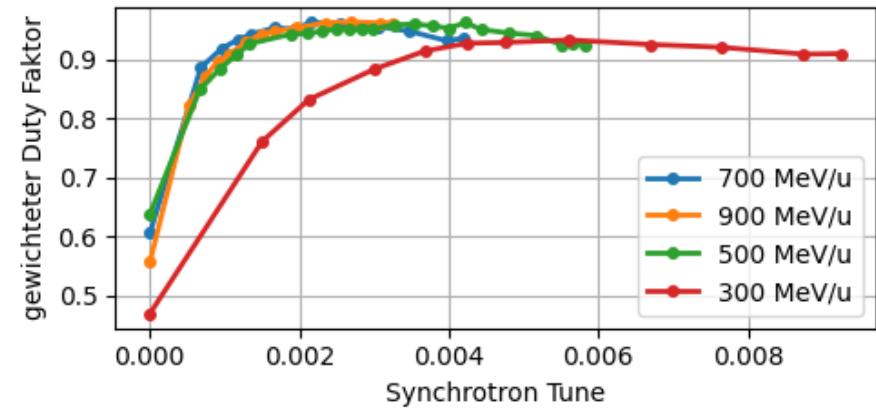
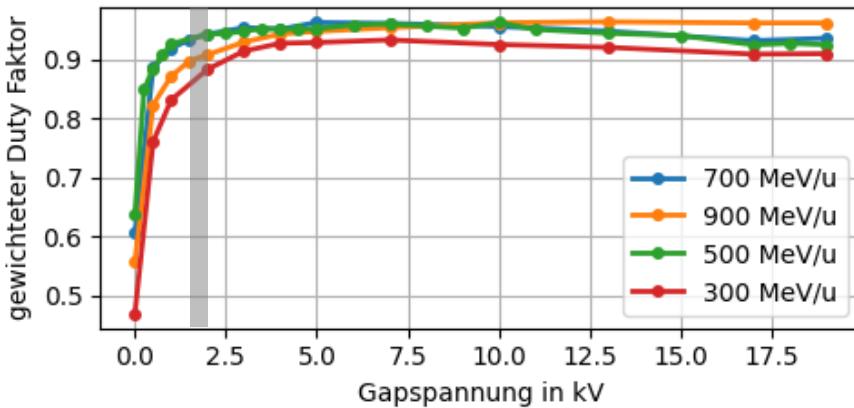
## „parasitärer Test“ am 01.03.24



# Maschinenexperiment am 13.07.25



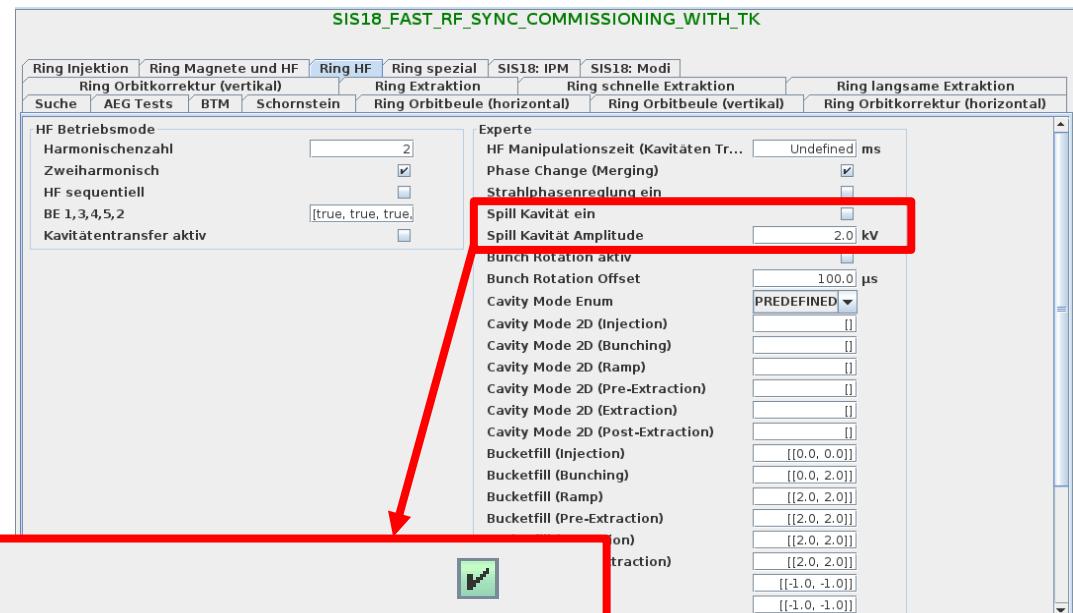
- Erfolgreiche Reduktion der Peaks im Spill um Faktor 2
- Spannungen < 5 kV für alle bisher getesteten Ionen und Energien ausreichend
- Höhere Spannungen führen zu Synchro-Betatron-Kopplungen  
(akademisch interessant, aber für Experimente irrelevant)



# Kontrollsystemanbindung

## ParamModi – Amplitude (aktueller Stand)

- 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



Spill Kavität ein

Spill Kavität Amplitude

1.5 kV

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

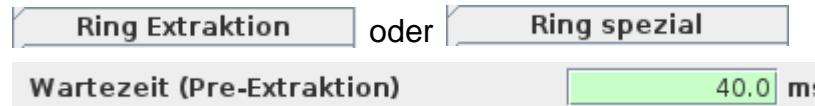
Chain **mit** Manipulation angelegt

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, 1.43]]
Bucketfill (Pre-Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Post-Extraction)	[[0.0, 0.0]]

Chain **ohne** Manipulation angelegt

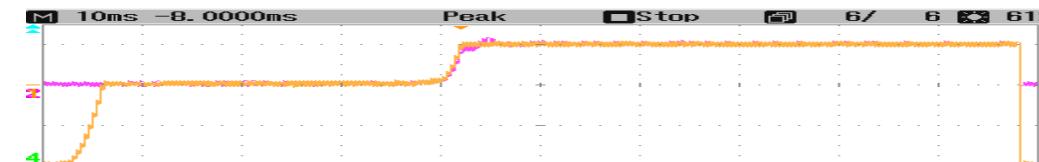
Bucketfill (Injection)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Bunching)	[[0.0, 2.0]]
Bucketfill (Ramp)	[[2.0, 2.0]]
Bucketfill (Pre-Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Extraction)	[[0.0, 0.0]]
Bucketfill (Post-Extraction)	[[0.0, 0.0]]

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

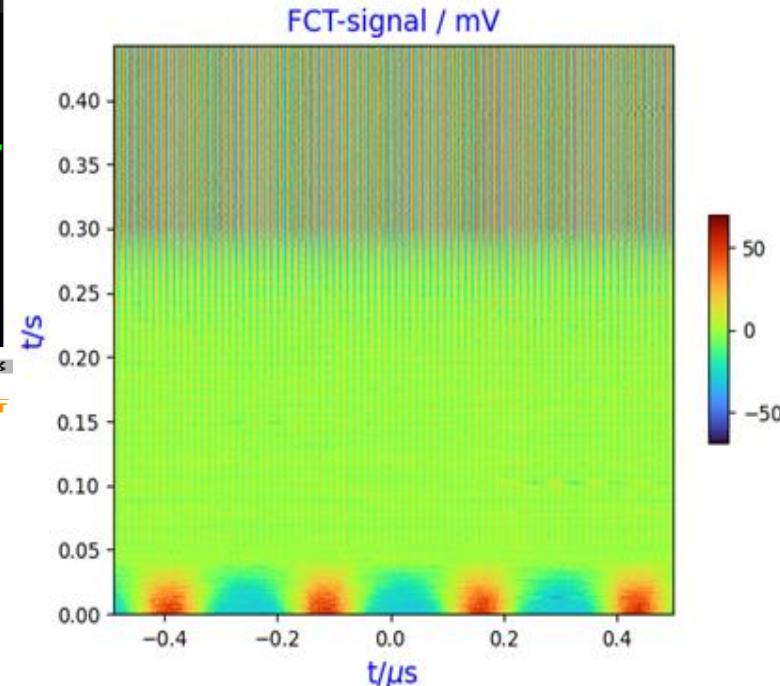


# Kontrollsystemanbindung

## ParamModi – Amplitude (aktueller Stand)



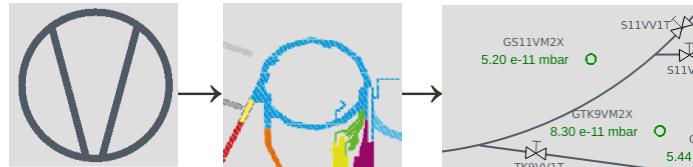
- bisherige Einschränkungen (kein Risiko)
  - Kavität darf nicht kurzgeschlossen sein
  - nur nach Einstellung der Frequenz durch RRF



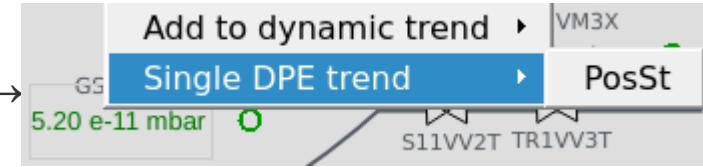
# Kontrollsystemanbindung

## Zusätzliche Hilfsmittel (aktueller Stand)

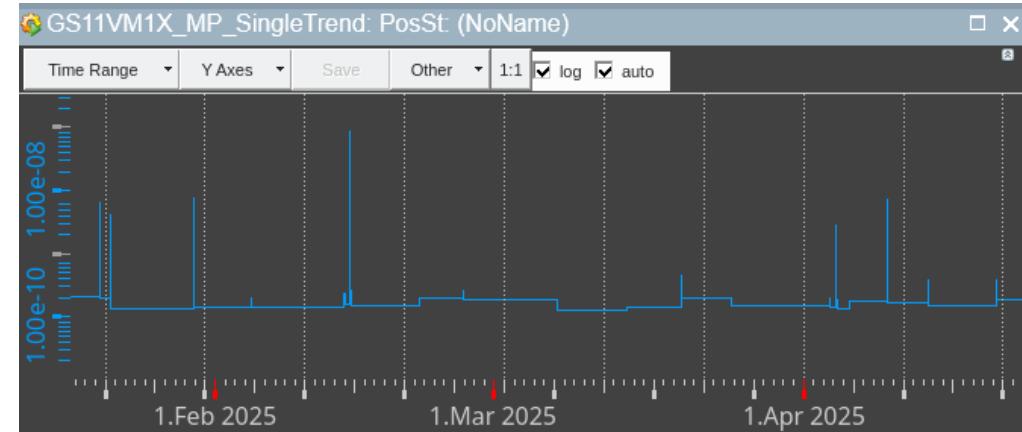
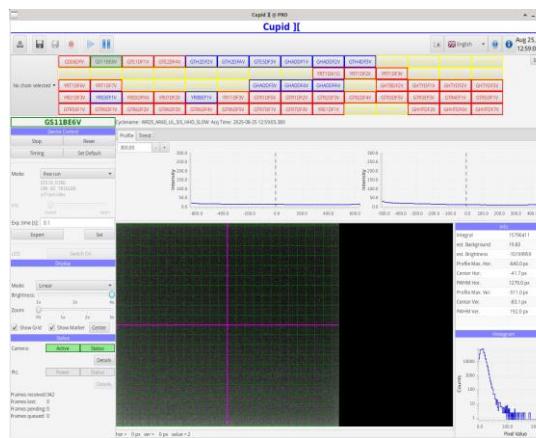
- Vakuum <https://winccoa.acc.gsi.de/data/ulc/ulc.html>



Rechtsklick  
auf  
**GS11VM1X**



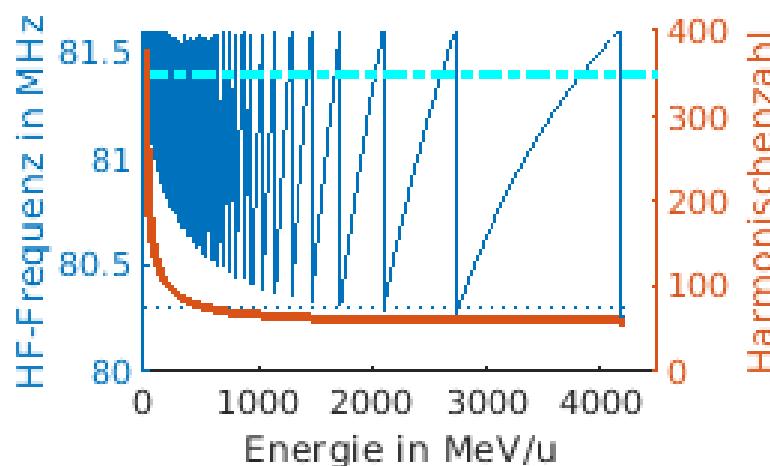
- Kamera in CUPID → **GS11BE6V**



# Kontrollsystemanbindung

## Resonanz- und Betriebsfrequenz - Zwischenstand

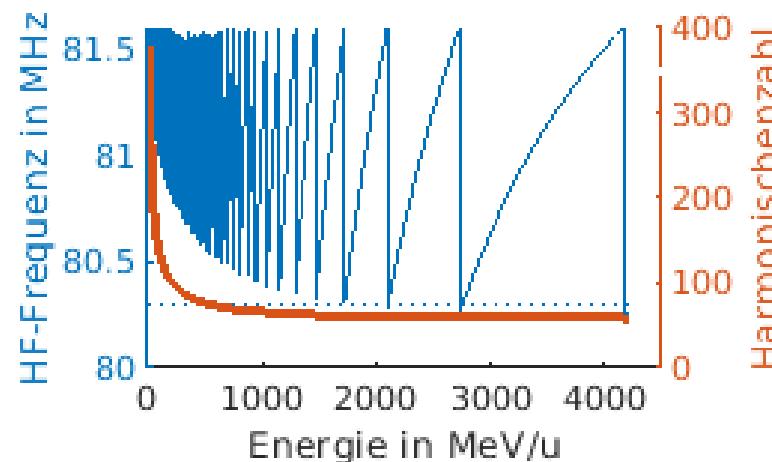
- Bis zur Verfügbarkeit (Aufbau, Implementierung und Tests) der Resonanzfrequenz-Einstellung über das Kontrollsysteem gibt es zwei Möglichkeiten:
  - feste Resonanz- und Betriebsfrequenz von 81.4 MHz
  - vorherige Absprache RRF (K. Groß) zum Einstellen der Frequenz(en)



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** ( $\approx 10$  s)
- Einheitliche Lösung für mechanischen Tuner (z.B. GS02BB1) angestrebt



- Tauchkolbenregelung durch Linac HF und Ring RF angepasst



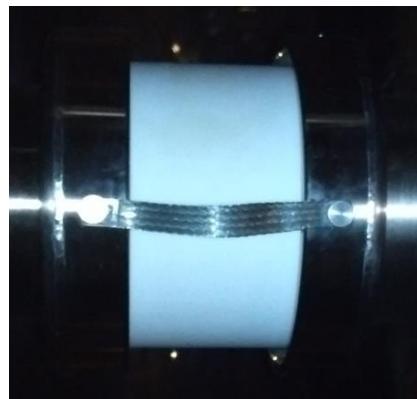
## Betriebsfrequenz - Ausblick

- angepasste DDS für die Betriebsfrequenz ist eingebaut

# Kontrollsystemanbindung

## Kurzschluss und Strahlstrom (Stand und Ausblick)

- Hochstrombetrieb → Kurzschluss notwendig
- erfolgreicher Test mit  $2 \cdot 10^{10}$  N<sup>7+</sup>, 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)



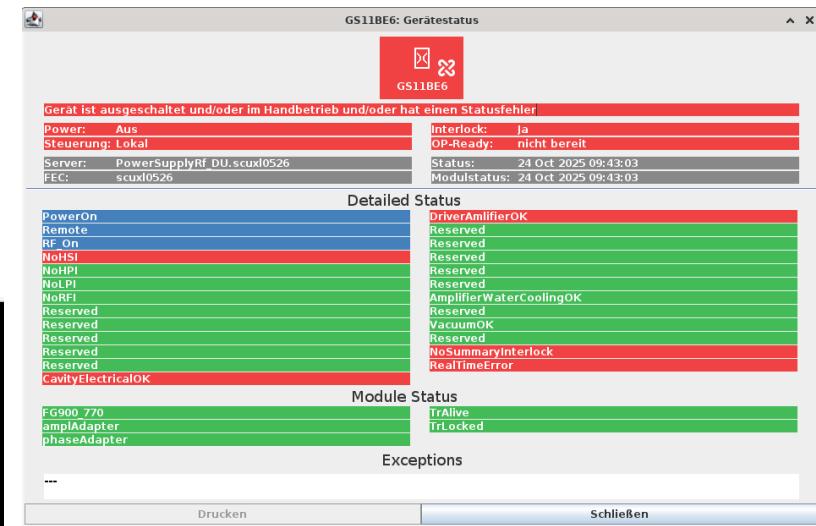
# Kontrollsystemanbindung

## Statusmeldungen

- 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)
```



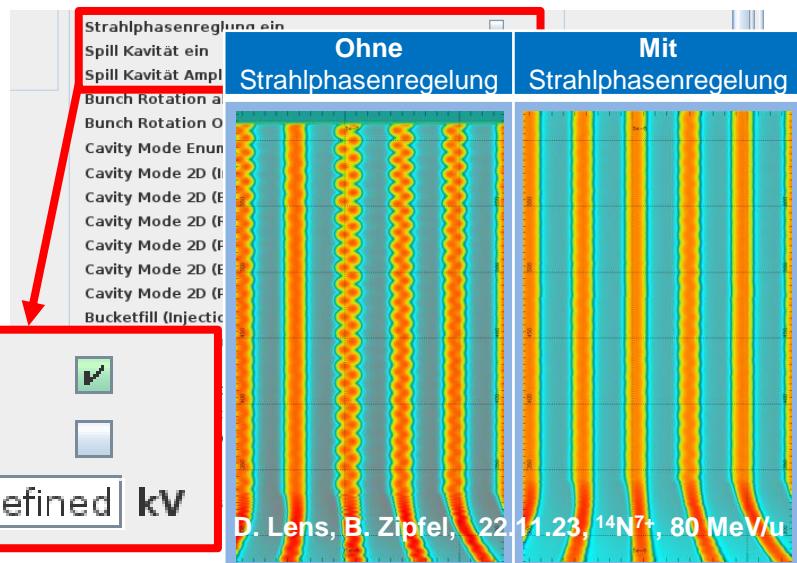
## Off-Topic: Strahlphasenregelung

- 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

**Strahlphasenreglung ein**

**Spill Kavität ein**

**Spill Kavität Amplitude**  **Undefined** **kV**



## 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

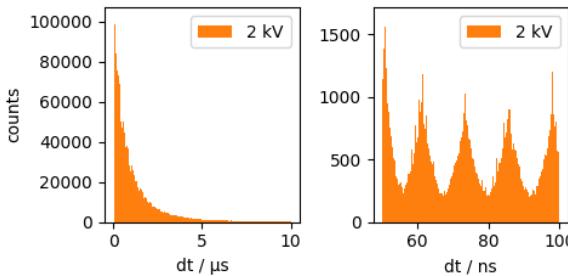
## Betriebsrelevante MDEs (ohne Konditionierung, wenige W) zur Untersuchung

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

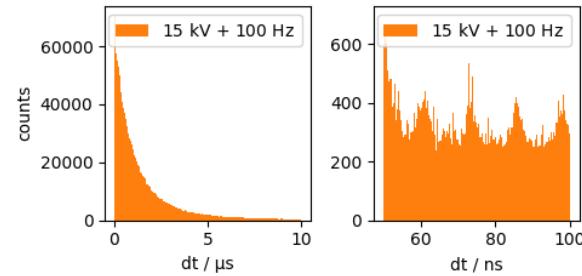
Einsatz sinnvoll, wenn

- 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

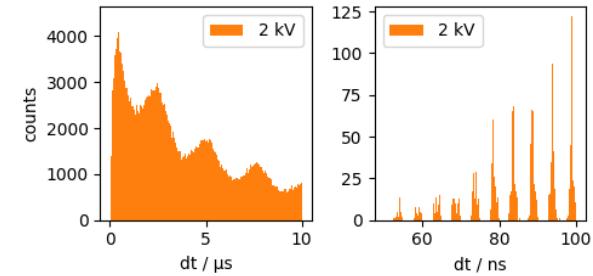
Slow, 2 kV



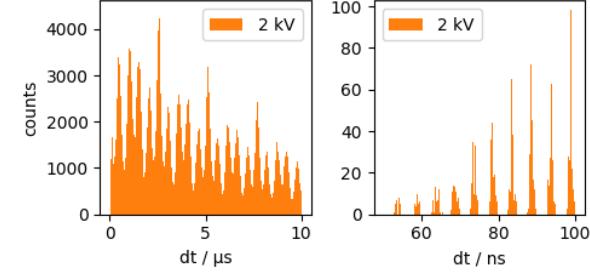
Slow, 15 kV + 100 Hz



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



KO, 2 kV + SOS / noise++

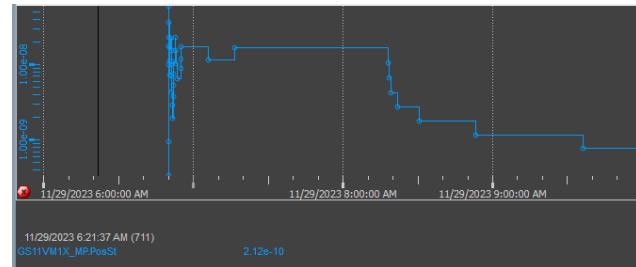
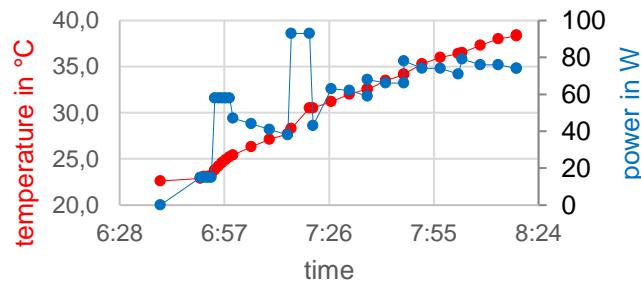


## Danksagung

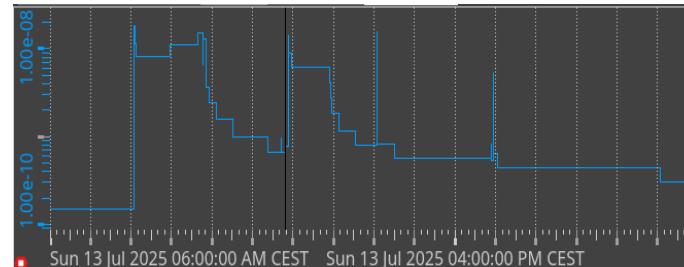
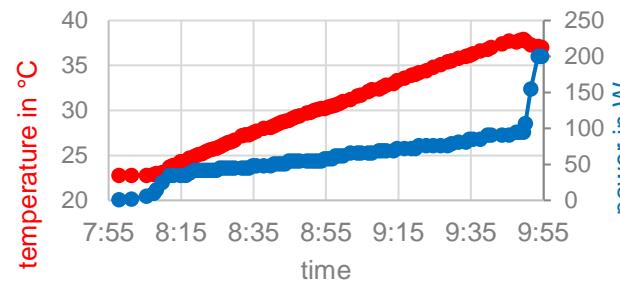
- Entwicklung und Inbetriebnahme: SRP, ATP, BAU (B. Benz, J. Kalenda), LRF (B. Schlitt, G. Schreiber, W. Vinzenz, J. Zappai et al.), MEW (A. Ackermann, M. Romig, T. Schneidler), RRF (R. Balß, B. Breitkreutz, C. Christoph, O. Disser, M. Hardieck, P. Hülsmann, H. Klingbeil, H.G. König, U. Laier, D.E.M. 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. Kamerdzhev, H. Kummerfeldt, F. Lorenz, S. Reimann, Y. Valdau), SYS (H. Liebermann, D. Ondreka)

# Backup – Temperatur und Vakuum

29.11.2023



13.07.2025

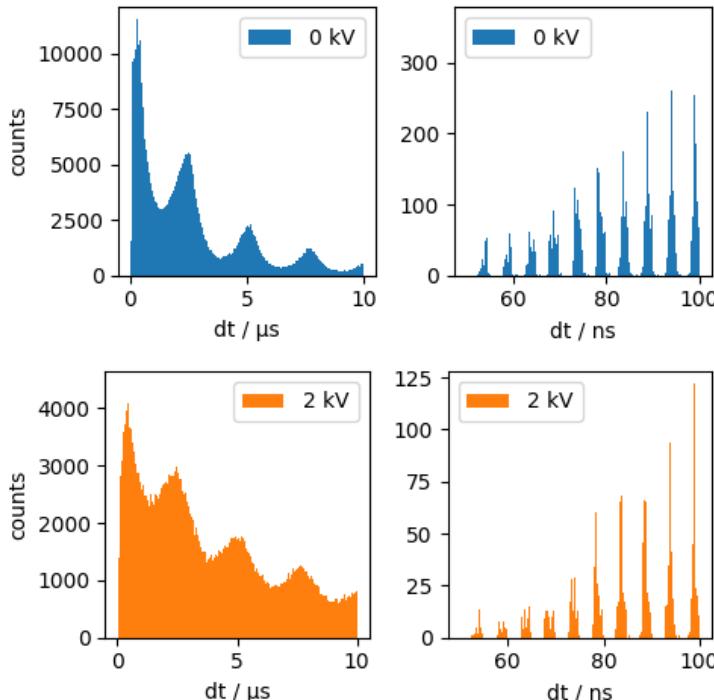


Gleichgewichts-temperatur ohne / mit Leuchten:

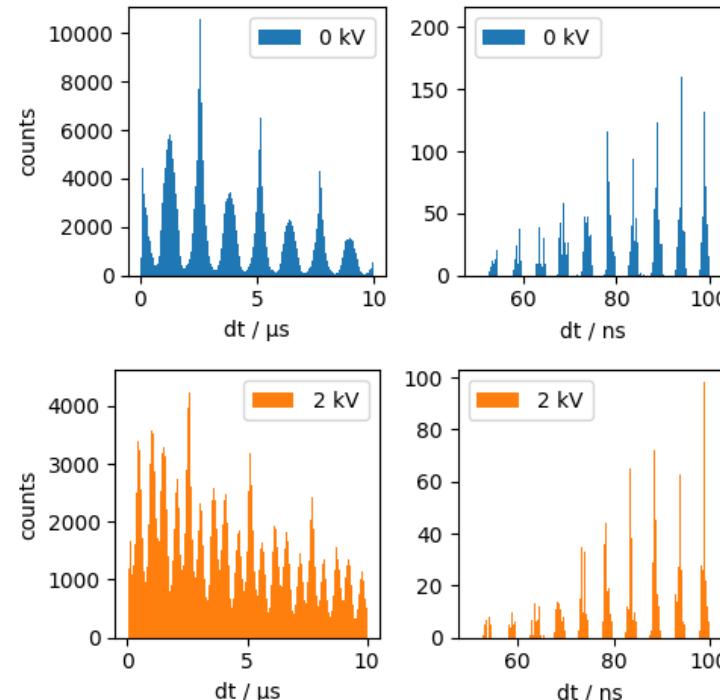
- 100 W, 10 kV:  
40°C / 45°C
- 200 W, 14 kV:  
50°C / 55°C
- 400 W, 20 kV:  
75°C / --

# Backup – Anregungsfrequenzen

KO, Macro Spill Feedback

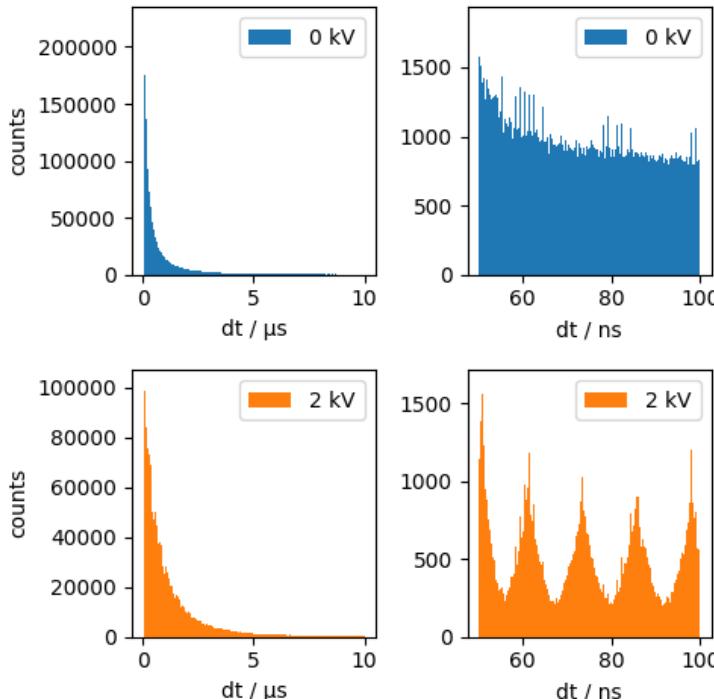


KO, 2 kV + SOS / noise++

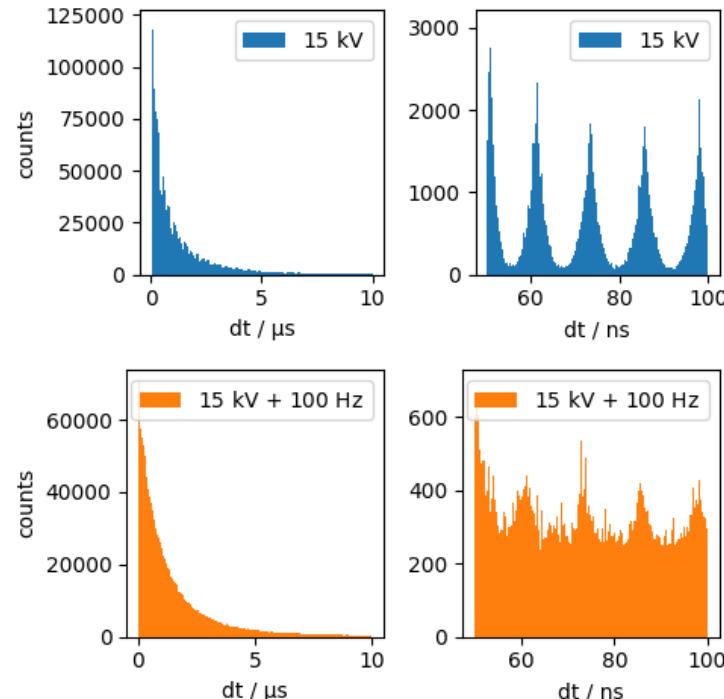


# Backup – Anregungsfrequenzen

Slow



Slow, 15 kV + Verstimmung



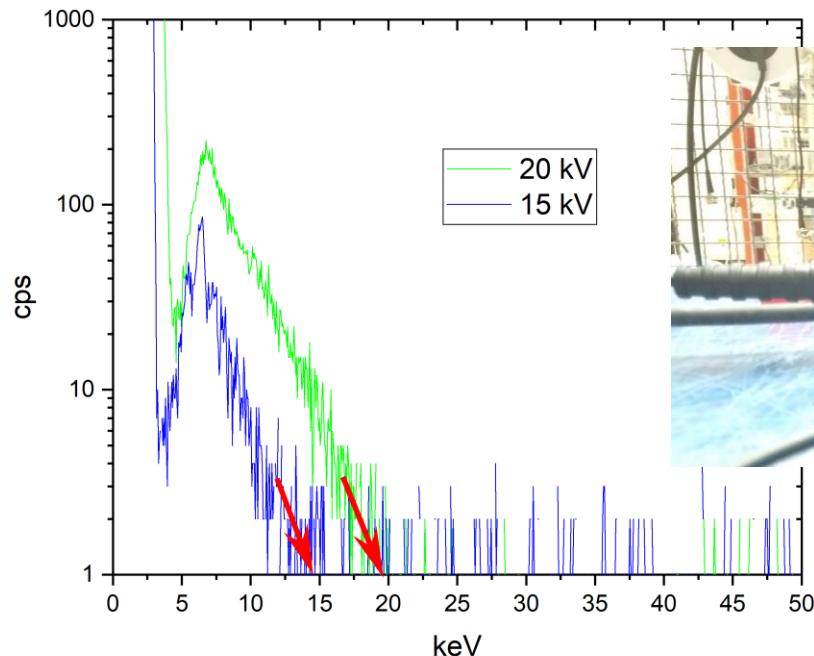
- Resonator:  $500 \text{ k}\Omega$
- Leitungen/Verstärker:  $50 \Omega$
- Es wird über  $1/100\text{stel} (\sqrt{50 \Omega / 500 \text{ k}\Omega})$  des magnetischen Flusses eingekoppelt.

# 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)



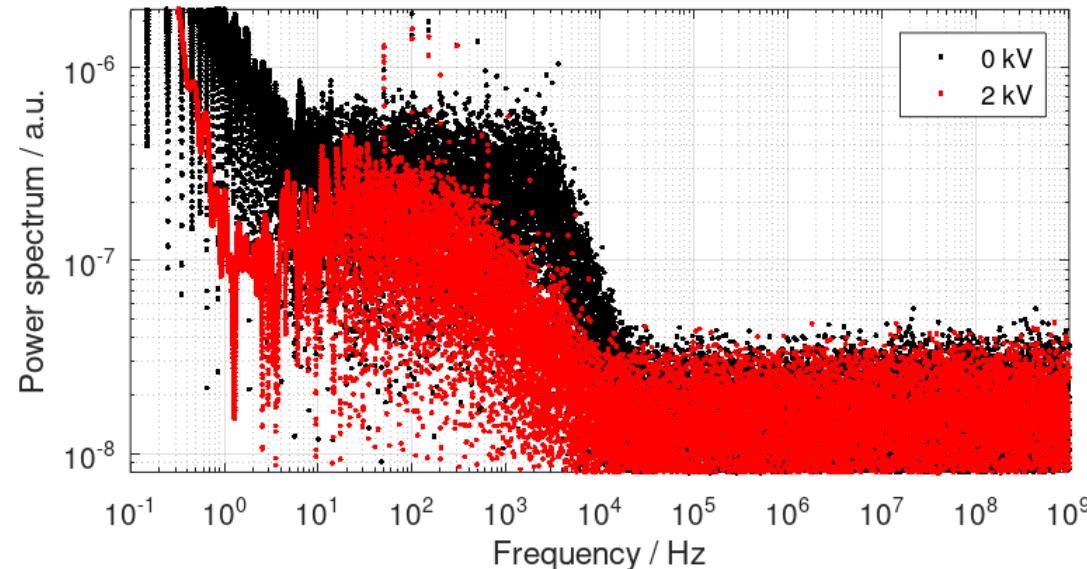
# Gap Voltage Calibration



# Experimental Results from Operation with Beam

## Dedicated MDE 29.11.2023

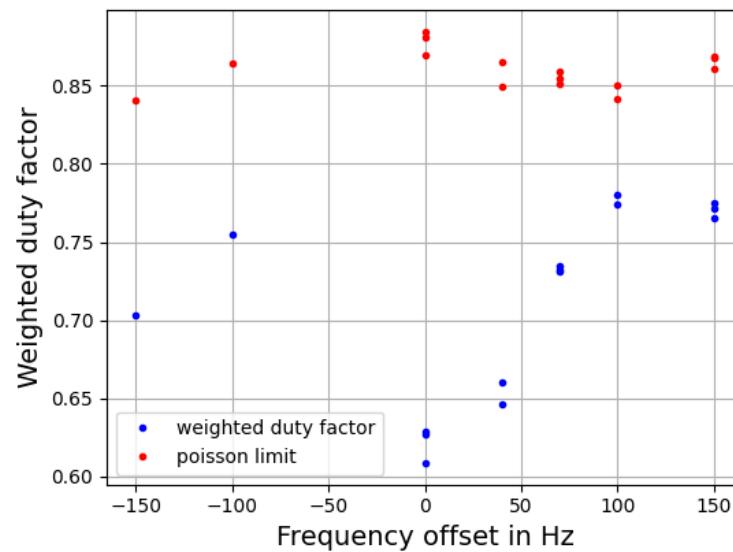
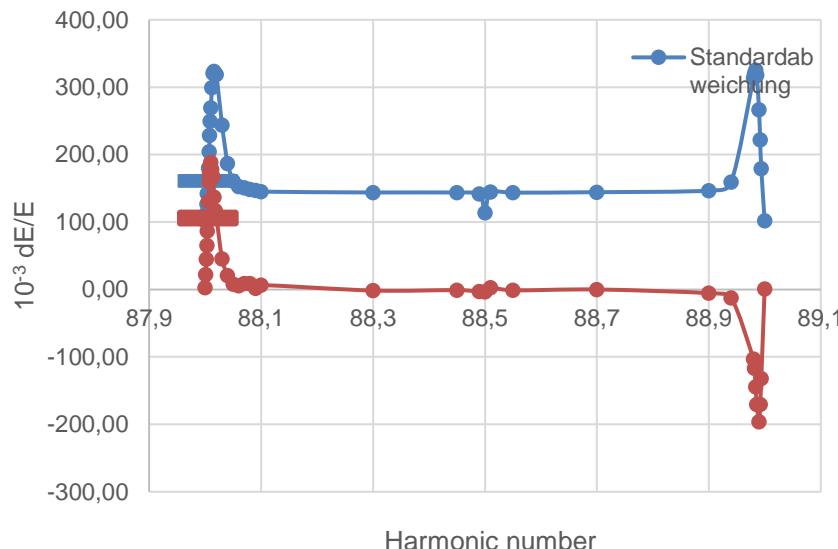
- Spectrum of extracted beam
- Improvement  
for all  
frequencies



# RF Frequency Variation

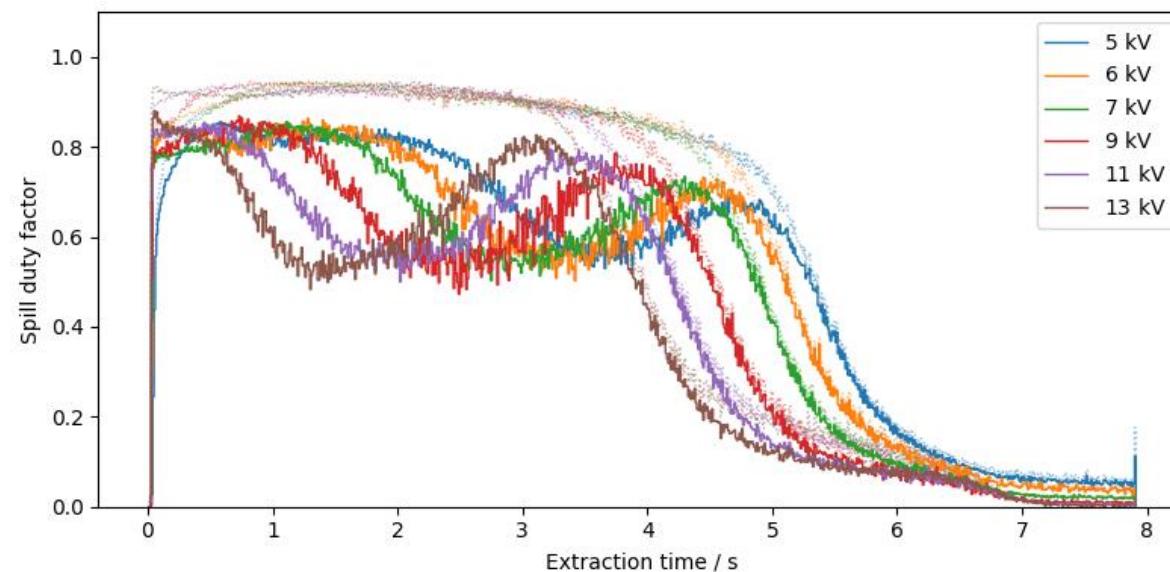
A shift of 100 Hz means a change in the harmonic number by 0.005  
(marked with the bar in the figure – different setup simulation, calculation and measurement)

Mean and standard deviation



# Experimental Results from Operation with Beam Dedicated MDE 29.11.2023

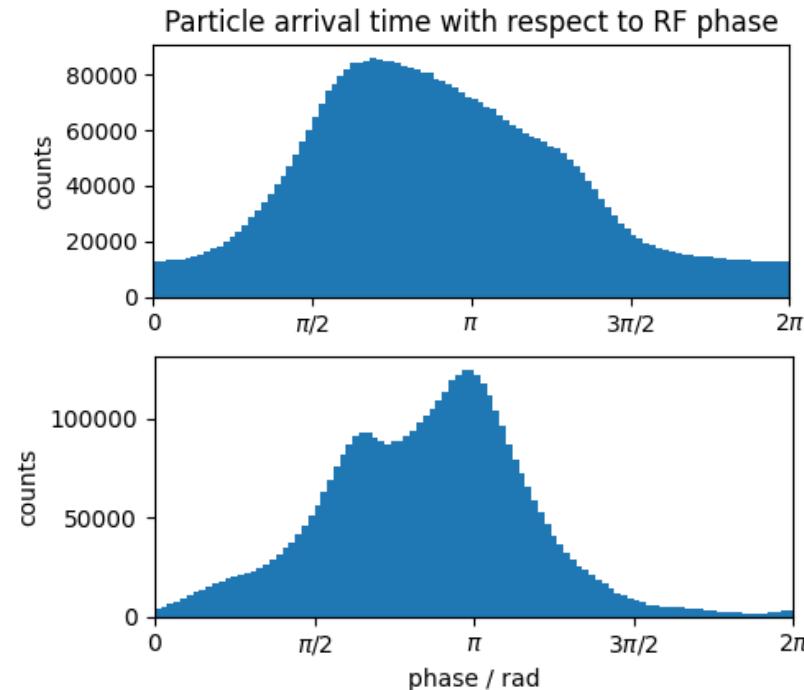
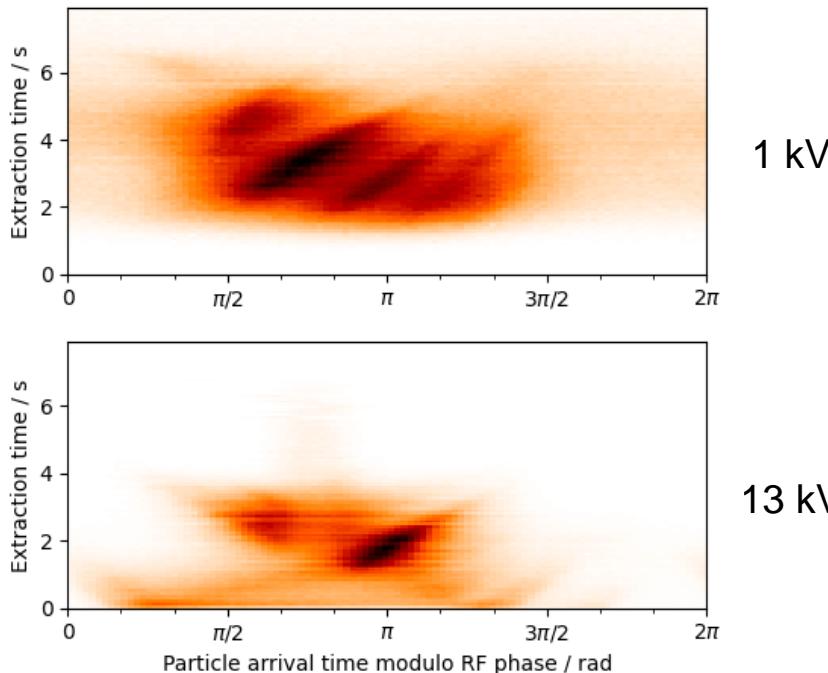
- Spill duty factor over time – 5 to 13 kV
- Position of second local max. seems to depend on tune shift
- Further evaluation necessary



# Experimental Results from Operation with Beam

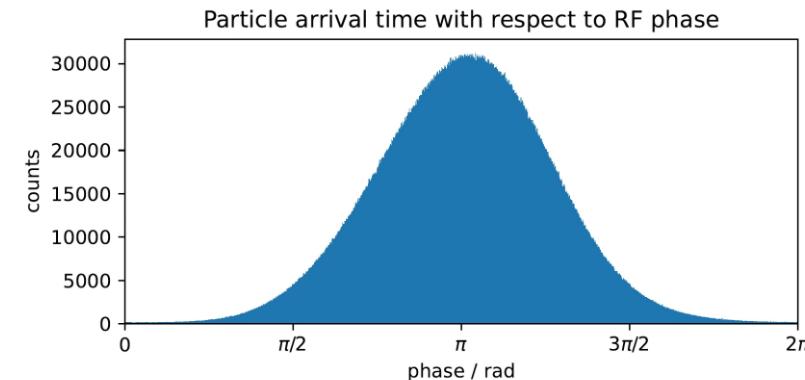
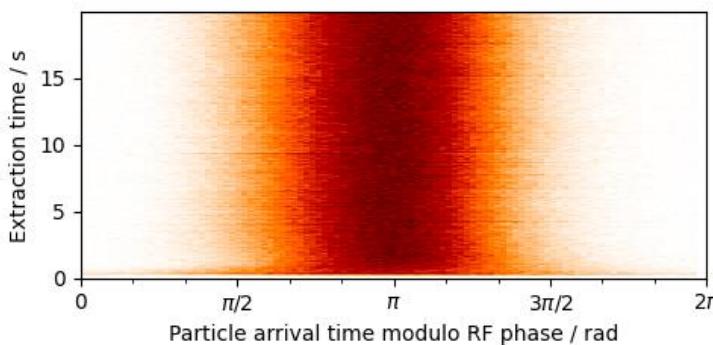
## Dedicated MDE 29.11.2023

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



# 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

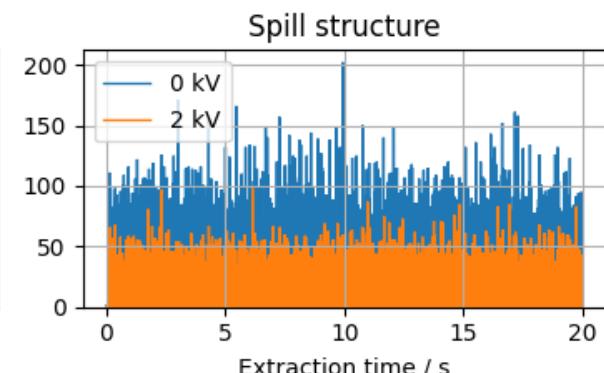
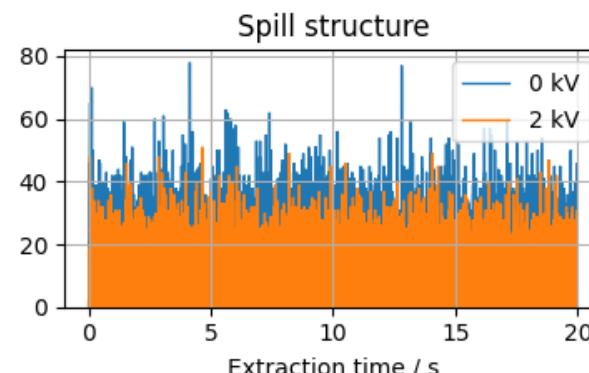
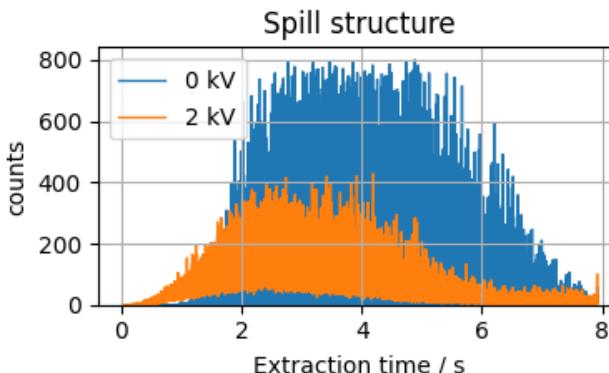
$$10^7 \text{ ions} / (20 \text{ s} \cdot 81.63 \text{ MHz}) = 0.006 \text{ ions}$$

→ 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.

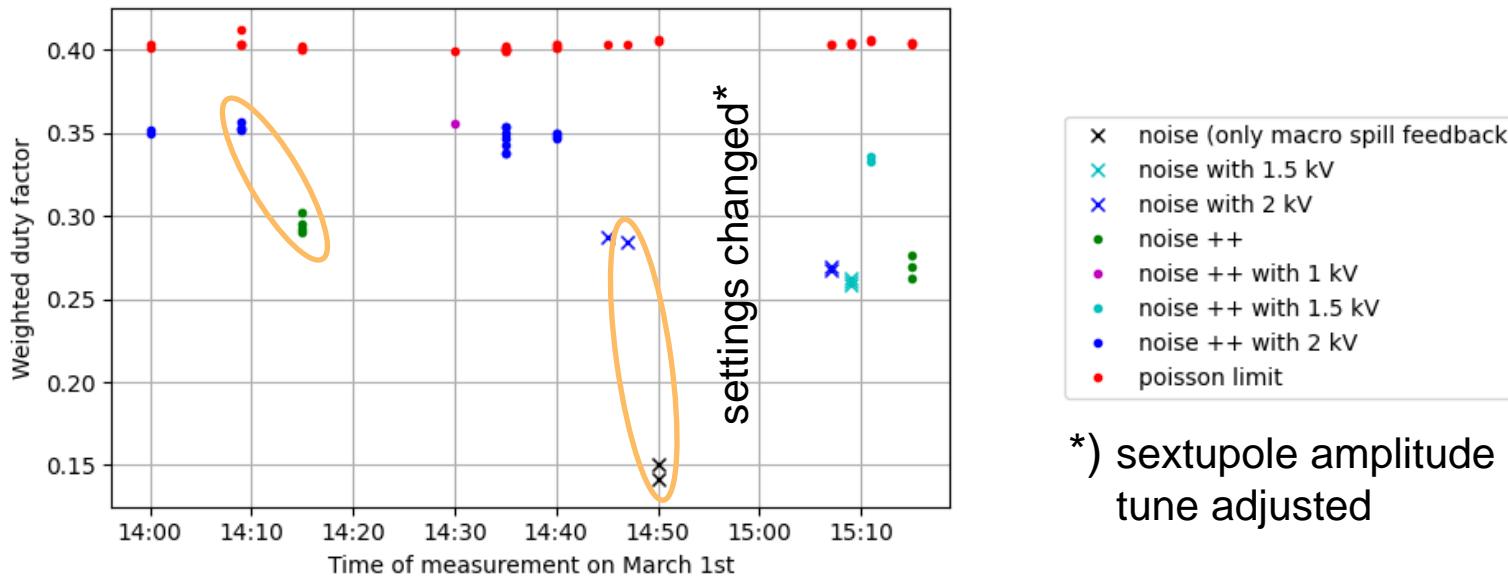
# Experimental Results from Operation with Beam Time Structure of Spill

- 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



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