



Kurzes Update Strahldiagnose 2025 / 2026

O. Chorniy, H. Bräuning, W. Kaufmann,
C. Krüger, K. Lang, A. Reiter
und R. Hari (BPM FESA Klasse, Cosylab)

Dezember 2024

Oktober 2025

Detektoren für die schnelle Extraktion:

Strahllagemonitore (BPM) / SEM-Grids in TE-Linie / Trafos (RT + FCT)

- 1 - Status Entwicklung BPM Datenerfassung
 - Test von FAIR HEBT Hardware inkl. Software (Version V2)
 - Kontrollsyste-Integration (Timing, Datenversorgung LSA, etc.) für spätere Anwendungen
- 2 - Profilgitter in TE-Linie – Prüfung Polarität
 - Juni 2025: Dedizierte Messung mit 7 Gittern – Vergleich Gitter mit anderen Positionsmessungen
- 3 – Schnelle (FCT) und resonante Strahltrafos (RTs)
 - Effizient SIS18 – ESR Transmission
 - Umstellung RT DAQ: Messungen mit GTE5DT1 (und GHTPDT1C) und neuer Datenerfassung
- 4 - Vorschlag Extraktionsmonitor SIS18
 - Ersatz HKR Oszi

Andere Detektoren

- Leuchtschirme
 - Hardware: Umrüstung alter analoger Leuchtschirme in HEST läuft weiter, siehe Shutdown-Plan
 - Software: No news
- SIS18 IPM
 - Hardware: Austausch MCPs geplant
 - Software: No news
- ESR
 - Standard-BPMs: Einbau neuer hochohmige Verstärker geplant
 - Kühler-BPMs: Ausstattung mit neuen Vorverstärkern und Integration in DAQ geplant

Detektoren für die schnelle Extraktion:

Strahllagemonitore (BPM) / SEM-Grids in TE-Linie / Trafos (RT + FCT)

- 1 - Status Entwicklung BPM Datenerfassung
 - Test von FAIR HEBT Hardware inkl. Software (Version V2)
 - Kontrollsysteem-Integration (Timing, Datenversorgung LSA, etc.) für spätere Anwendungen

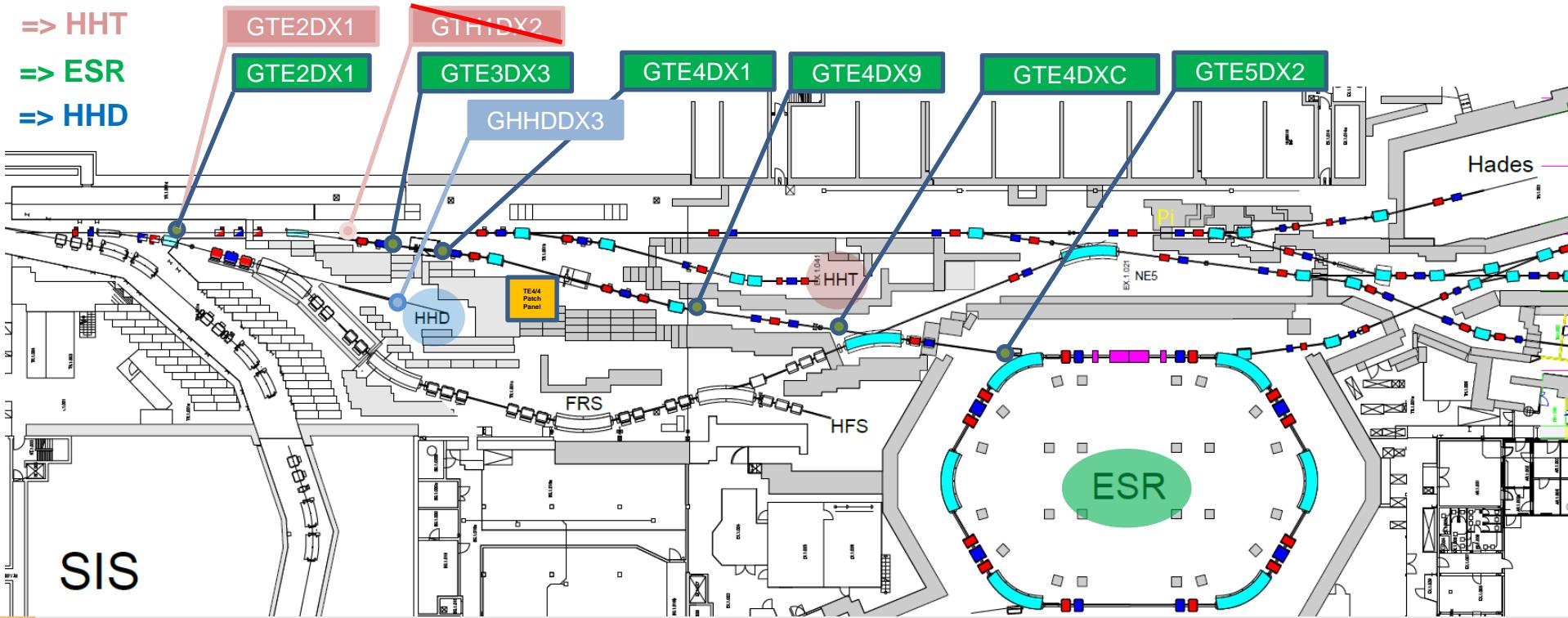
1 – BPM: Übersicht & Aufbau der Datenerfassung



BPM@GSI HEST

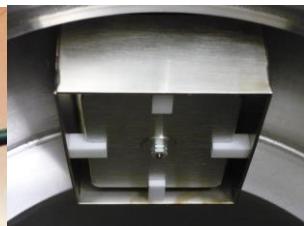
Überblick BPM Detektoren

Okt. 2025: GTE2DX1 wurde einige Meter strahlabwärts versetzt wg. neuer Strahlführung T1S1



BPM Hardware Setup

Gleches Auslesekonzept wie in SIS18 (, HEBT, SIS100,..)



HEST BPMs sind segmentierte Phasensonden mit nicht-linearer Antwort auf Positionsablagen.

Aktuell: HPA110 mit 50 Ohm Eingängen (wie ehem. DAQ), so dass die Signalableitung erfasst wird.

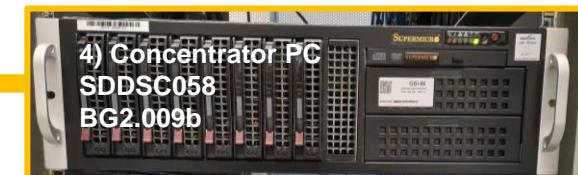
Option: Hochohmige Vorverstärker für niedrigere Intensitäten (aktuelle Entwicklung BEA-ELD für ESR)
=> Upgrade für ESR geplant für Strahlzeit 2025 (Austausch der alten Verstärker)



2) Front-end: HPA110 Verstärker
50 Ohm, BW = 55 MHz, Gain = [-50,+60] dB



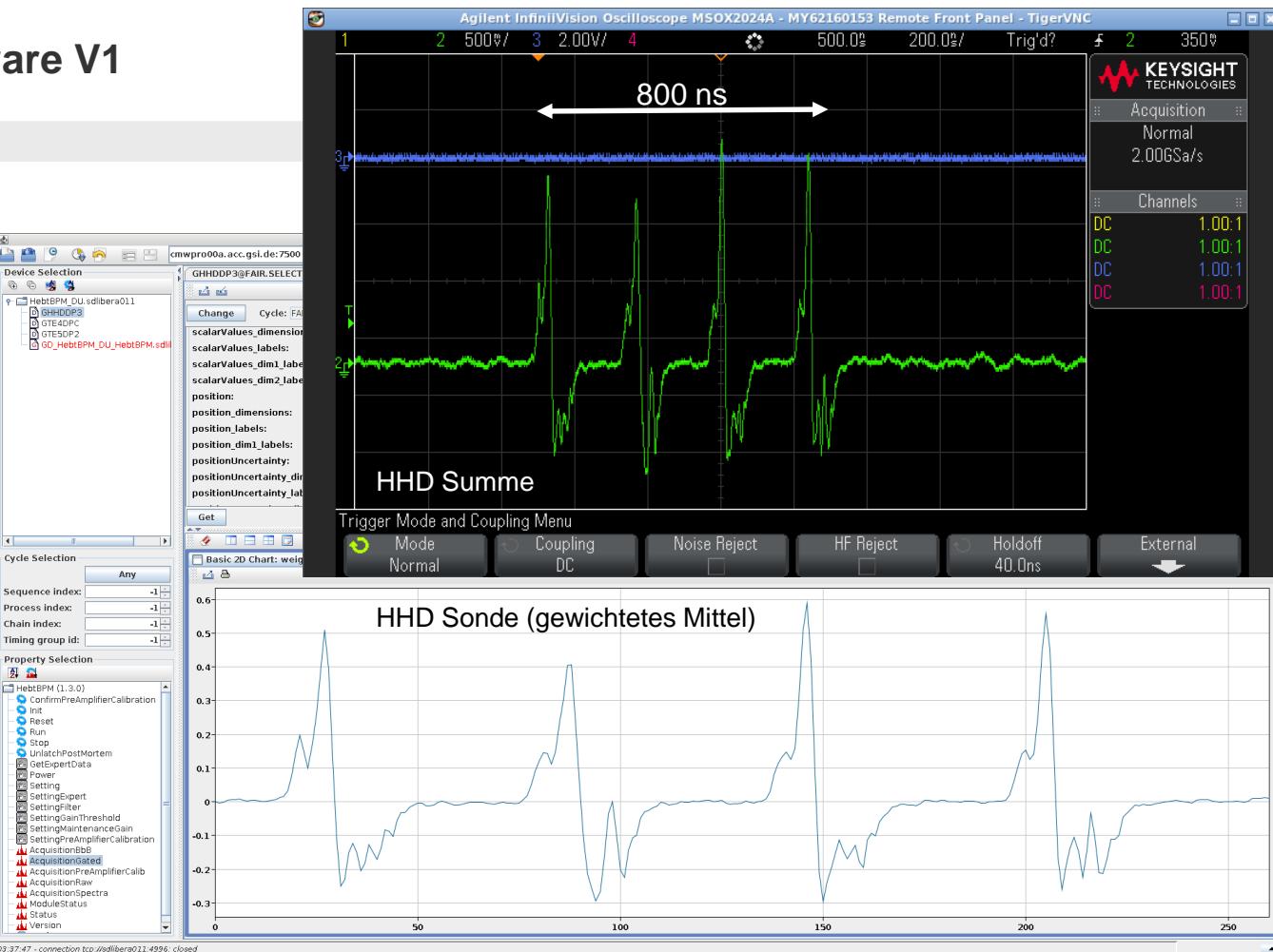
3) DAQ system: 2x Libera Hadron HEBT
(250 MSa/s, 16 nom./12 eff. bits)



Datenerfassung – Software V1

Grobes Schema

- **1) Filterung** der Rohdaten verbessert die Signalqualität
 - HPA110 hat schaltbaren Filter am Ausgang: Bandbreite 55 MHz => 7 MHz
 - Basis-Software enthält rekursive Filter (Hoch-/Tiefpass, Notch, gleitender Mittelwert)
- **2) Gating** selektiert Strahlpuls
 - DAQ erfasst < 50 μ s (12500 Punkte)
 - Umlaufzeit SIS18 ~ 1 μ s
 - V1: Zuschneid des interessanten Bereichs durch einfache Schwellenanalyse und Kenntnis der Umlaufzeit
 - **V2: Automatische Gate-Berechnung per LSA-Anbindung (Flugzeit, Umlauffrequenz, etc.) ab 2025**
- **3) Positionsberechnung**
 - Messung der Asymmetrie mit Ansatz:
 $x = \text{Differenz über Summe}$
 $= \Delta/\text{Sum}$
 - Alte Koeffizienten werden benutzt für Polynom 2. Ordnung
 - **Pos (m) =**
$$0,0348 x^2 + 0,0171 x - 0,0015$$



BPM Software Integration

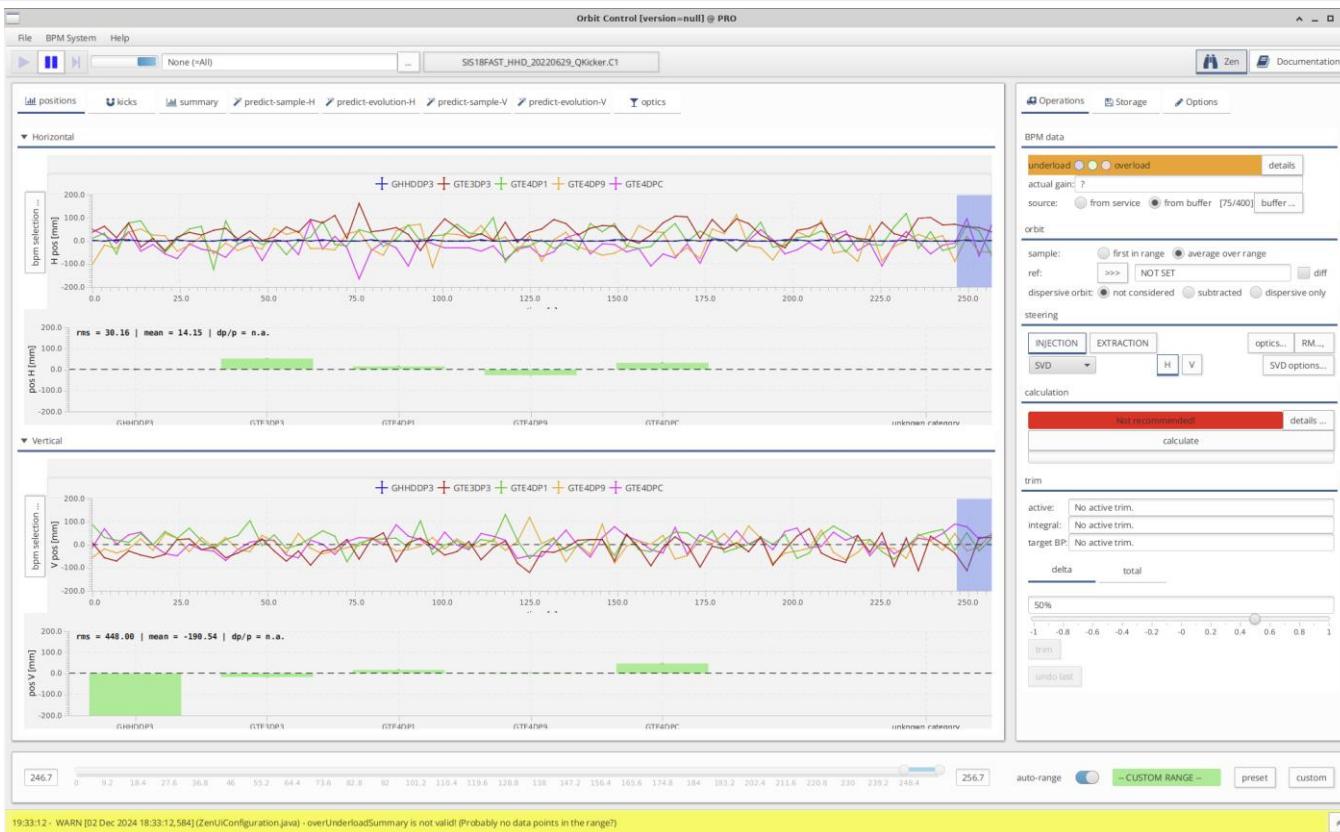
Orbit Control HEBT



- HEST BPMs sind in Orbit Control verfügbar
- Anwahl des gewünschten Zyklus liefert Positionsdaten als Bar-Chart oder zusätzlich als Trenddaten.

Fehlende Funktionen:

- Betriebliche Handhabung
- Steuerung der DAQ Systeme (Start, Stop, Reset, Setzen von Standard-Einstellungen für Messung, Anzeige Plattensignale)



Wieder-Inbetriebnahme BPMs 2023 / 2024 / 2025

Erste Ergebnisse & Ausblick



November 2023 – erste Tests

- Basis-Software V1 erfolgreich getestet mit BPM in HHD (ausreichend für „einfache“ SIS18 – SIS100 Inbetriebnahme) ~ OK
- HW und SW Filter wirkungsvoll bei Unterdrückung von Störungen und Reduktion von Rauschen ~ OK
- HHD Scan: Vergleich der Positionen von BPM und SEM-Grid ~ OK

Strahlzeit 2024 – erste Messungen

- Winterpause: Störungen weitestgehend eliminiert durch verbesserte „Erdung“ der BPMs ~ OK
- Strahlzeit: Erste Messungen während verschiedener Strahltransfers ~ OK

Strahlzeit 2025 – weitere Entwicklung

- Für FAIR:
 - Test der Software V2 (LSA Datenversorgung und automatische Gate-Berechnung mittels Flugzeit) => Erfolgt in Zus.-Arbeit mit Ingrid Kraus
 - Integration in Kontrollsysteem: FESA Front-End und Concentrator Software wie bei Ring-Systemen => Erfolgt in Zus.-Arbeit mit Oleksandr & Cosylab
 - SW GUI / Anwendung: Orbit Control => Läuft in Zus.-Arbeit mit Oleksandr & Kajetan
- Für OPE: Nutzung von Orbit Control Applikation ist grundsätzlich möglich => GUI nur bedingt für weiteren Betrieb nutzbar
- Für BEA: Prüfung GTEx Profilgitter! => Erfolgt in Zus.-Arbeit mit Christoph Hessler
- Für HEST: Entwicklung einer Steering-Applikation mittels BENNO (C. Hessler)

Strahlzeit 2026 – Ziele / Wünsche

- Einfache Möglichkeit, die HEST BPM DAQ zu steuern (Setzen Standard-Messmodus, Start, Stop, etc.) => Absprache mit Kajetan & OPE nötig
- Möglichkeit der Anzeige von Plattensignalen (Prüfung Signalqualität, Extraktion TE1DX1, Sondentreffer z.B. wegen ESR-Folienstripper)

Detektoren für die schnelle Extraktion:

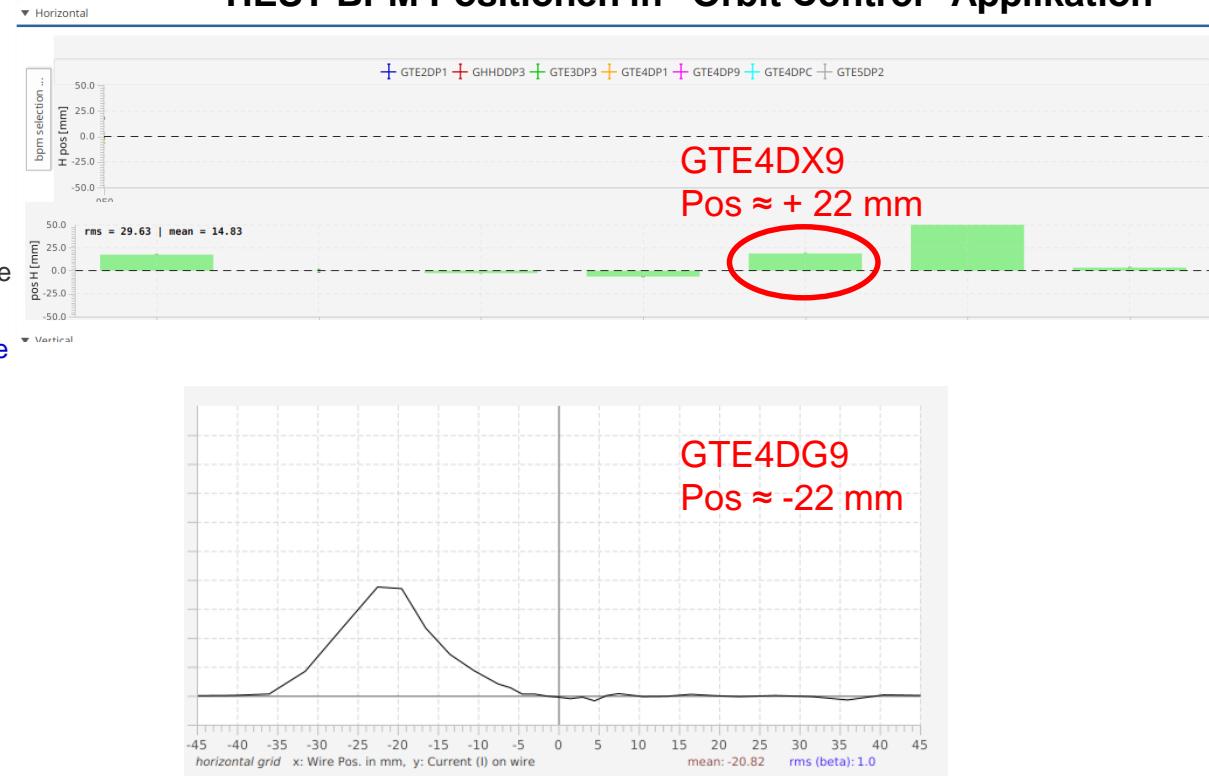
Strahllagemonitore (BPM) / SEM-Grids in TE-Linie / Trafos (RT + FCT)

- 1 - Status Entwicklung BPM Datenerfassung
 - Test von FAIR HEBT Hardware inkl. Software (Version V2)
 - Kontrollsysteem-Integration (Timing, Datenversorgung LSA, etc.) für spätere Anwendungen
- 2 - Profilgitter in TE-Linie – Prüfung Polarität
 - Juni 2025: Dedizierte Messung mit 7 Gittern – Vergleich Gitter mit anderen Positionsmessungen

Ergebnisse 2024: "Richtungsstreit"

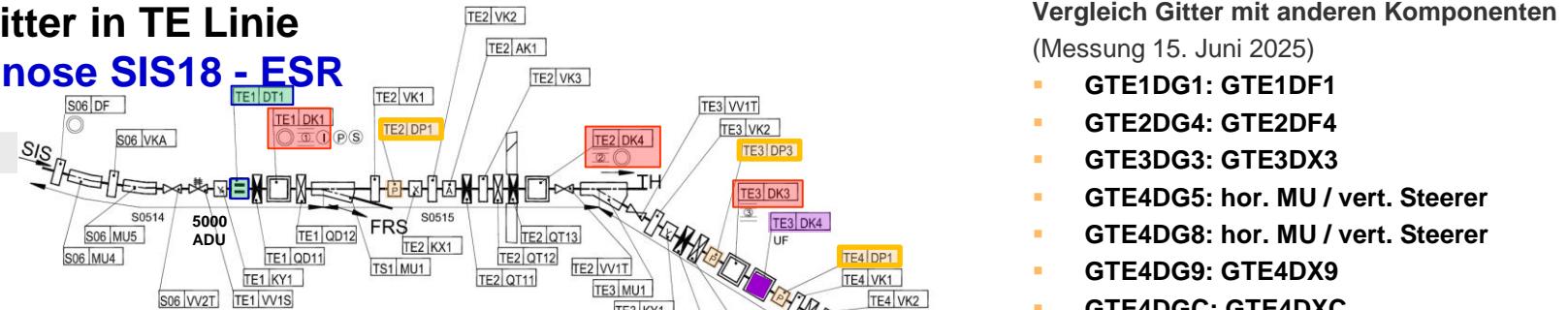
Vergleich BPM und SEM-Grid HHDDG3 (ver.) & GTE4DG9 (hor.)

HEST BPM Positionen in "Orbit Control" Applikation



- GHDDG3 (ver.):
 - BPM DX & Leuchtschirm DF zeigen in die gleiche Richtung
 - SEM-Grid DG zeigt in die andere Richtung
- GTE4DG9 (hor.):
 - BPM und SEM-Grid zeigen in verschiedene Richtungen bei ähnlichem Wert der Strahlablage
 - GTE4DX9: Test im Shutdown OK
 - GTE4DG9: Test im Shutdown deutet auf falsche Konfiguration hin.
 - Diese Vermutung gilt auch für 3 andere Gitter in GTE-Linie.**
- Prüfung mehrerer GTEx Gitter in nächster Strahlzeit ratsam!
(C. Hessler im Austausch mit OPE)

2 – Profilgitter in TE Linie Strahldiagnose SIS18 - ESR



Maschinenexp. Nr. 264

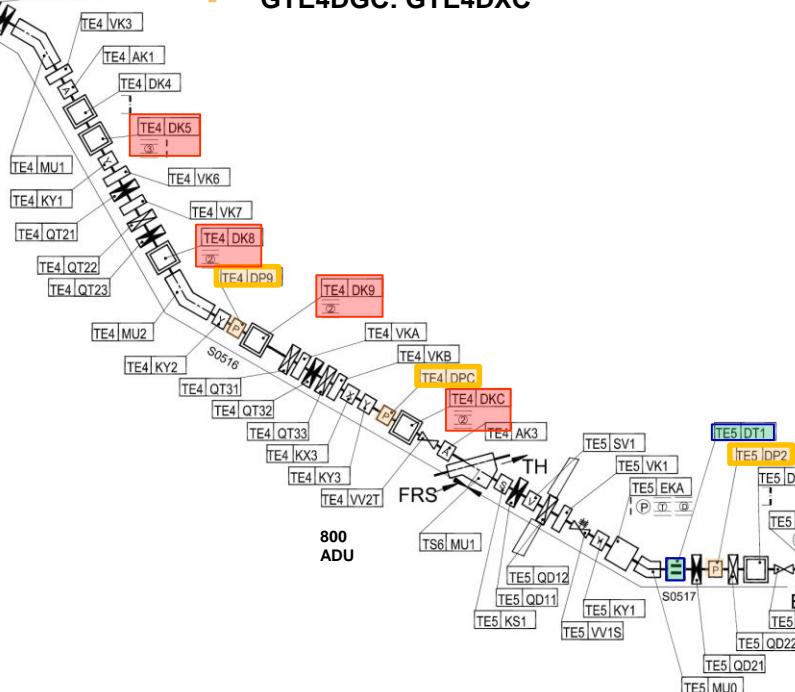
HEST/TE Linie

Strahlrichtung →

BENNO Entwicklung (c. Hessler)

Messung mit allen Profilgittern entlang der TE-Linie

- Vergleich Gitter mit anderen Komponenten**
(Messung 15. Juni 2025)
- GTE1DG1: GTE1DF1
 - GTE2DG4: GTE2DF4
 - GTE3DG3: GTE3DX3
 - GTE4DG5: hor. MU / vert. Steerer
 - GTE4DG8: hor. MU / vert. Steerer
 - GTE4DG9: GTE4DX9
 - GTE4DGC: GTE4DXC



Überblick Profilgitter – Ergebnisse (Messung Juni 2025)

Name	Typ	Dim	Einbau Antrieb	Fehler	Bemerkung	
GTE1DG1	SIS DG 010	1	H: vert. oben, Kabel rechts	Keine	Sollte eigentlich invertiert sein laut Konfig ?!?!?!?!	Konsistent mit Leuchtschirm
GTE2DG4	SIS DG 010	1	H: vert. oben, Kabel links V: hor. links, Kabel oben	Ver. invertiert	Fehler konsistent mit Konfig	
GTE3DG3	T DG 090	2	Vert. oben, Kabel links	Keine	Konsistent mit Konfig	
GTE4DG5	T DG 090	2	Vert. oben, Kabel links	Keine	Konsistent mit Konfig	
GTE4DG8	SIS DG 010	1	H: vert. oben, Kabel rechts V: hor. links, Kabel unten	Hor. invertiert	Fehler konsistent mit Konfig	
GTE4DG9	SIS DG 010	1	H: vert. oben, Kabel rechts V: hor. links, Kabel unten	Hor. invertiert	Fehler konsistent mit Konfig	
GTE4DGC	SIS DG 010	1	H: vert. oben, Kabel rechts V: hor. links, Kabel unten	Hor. invertiert	Fehler konsistent mit Konfig	

Korrektur der Fehler aktuell noch offen.

Detektoren für die schnelle Extraktion:

Strahllagemonitore (BPM) / SEM-Grids in TE-Linie / Trafos (RT + FCT)

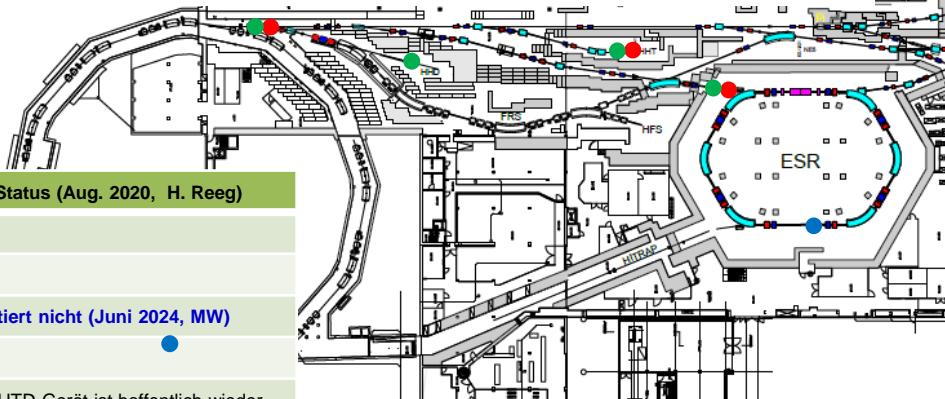
- 1 - Status Entwicklung BPM Datenerfassung
 - Test von FAIR HEBT Hardware inkl. Software (Version V2)
 - Kontrollsyste-Integration (Timing, Datenversorgung LSA, etc.) für spätere Anwendungen
- 2 - Profilgitter in TE-Linie – Prüfung Polarität
 - Juni 2025: Dedizierte Messung mit 7 Gittern – Vergleich Gitter mit anderen Positionsmessungen
- 3 – Schnelle (FCT) und resonante Strahltrafos (RTs)
 - Effizienz SIS18 – ESR Transmission
 - Umstellung RT DAQ: Messungen mit GTE5DT1 (und GHTPDT1C) und neuer Datenerfassung

3 - Trafos FCT & RT @GSI HEST

Current Situation (2025)

FCT: 2025: Neue DAQ für GTE1DT1F und GTE5DT1F
 2026: Erweiterung um SIS18 Trafo GS1DT1FP und HHT Trafo geplant

RT: Old DAQ delivers charge value only (no signal trace!!!).
 Recurring maintenance efforts and trouble!
 2025: Upgrade April: New FAIR DAQ tested with GTE5DT1C & GHTPDT1C
 2026: Umrüstung GTE1DT1C, GHHTDT1C, GHHTDT6C geplant



- Resonant Trafo (RT)
- Fast Current Trafo (FCT)
- SIS18/ESR: FCTs

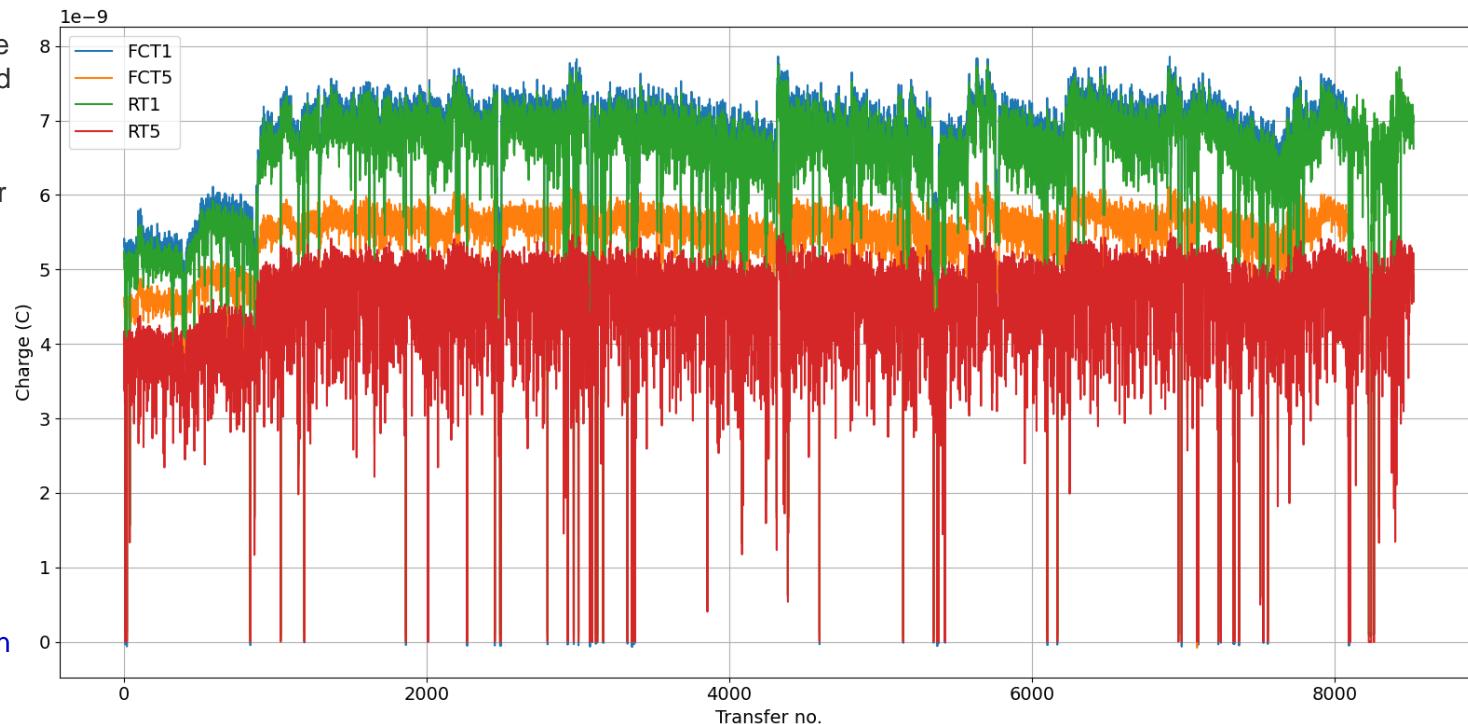


Nomenclature	Status (Aug. 2020, H. Reeg)	Nomenclature	Status (Aug. 2020, H. Reeg)
GTE1DT1C		GTE1DT1FP	Kabelverbindung von dort zum BG2.009/R46 und weitergeschleift zum HKR/SIS18-Rack
GTE5DT1C		GTE5DT1FP	im ESR über dem Durchgang an der Injektion, nie angeschlossen (es liegt evtl. ein fremdes verwendbares RG214 in der Nähe, MW weiß was dazu)
GHHTDT7C	Existiert nicht (Juni 2024, MW)	GHHTDT7FP	im Cave in einem vom Exp. selbstgezimmerten Nicht-SD-Gehäuse zusammen mit RT GHHTDT7C eingebaut, ein Kabel geht von dort in die Messhütte HHT, hier ist evtl. ein Splitter montiert, der das Signal weiter nach BG.009/ELR verteilt. Kann erst überprüft werden, wenn die Messhütte mal offen ist (->Varentsov, Tauschwitz)
GHTPDT1C		GHTPDT1FP	im Cave zusammen mit GHTPDT1C in einer GSI-Kammer verbaut, Kabel führt nur in die AP-Hütte
GHTDDT1C	Das HTD-Gerät ist hoffentlich wieder bei uns eingelagert (= Ersatzteil), könnte aber auch noch in Leichtbau- oder Testinghalle stehen.		
GHHDDT1C			
GHHTDT6C			

Transfer Efficiency (Au beam, Feb. 2025)

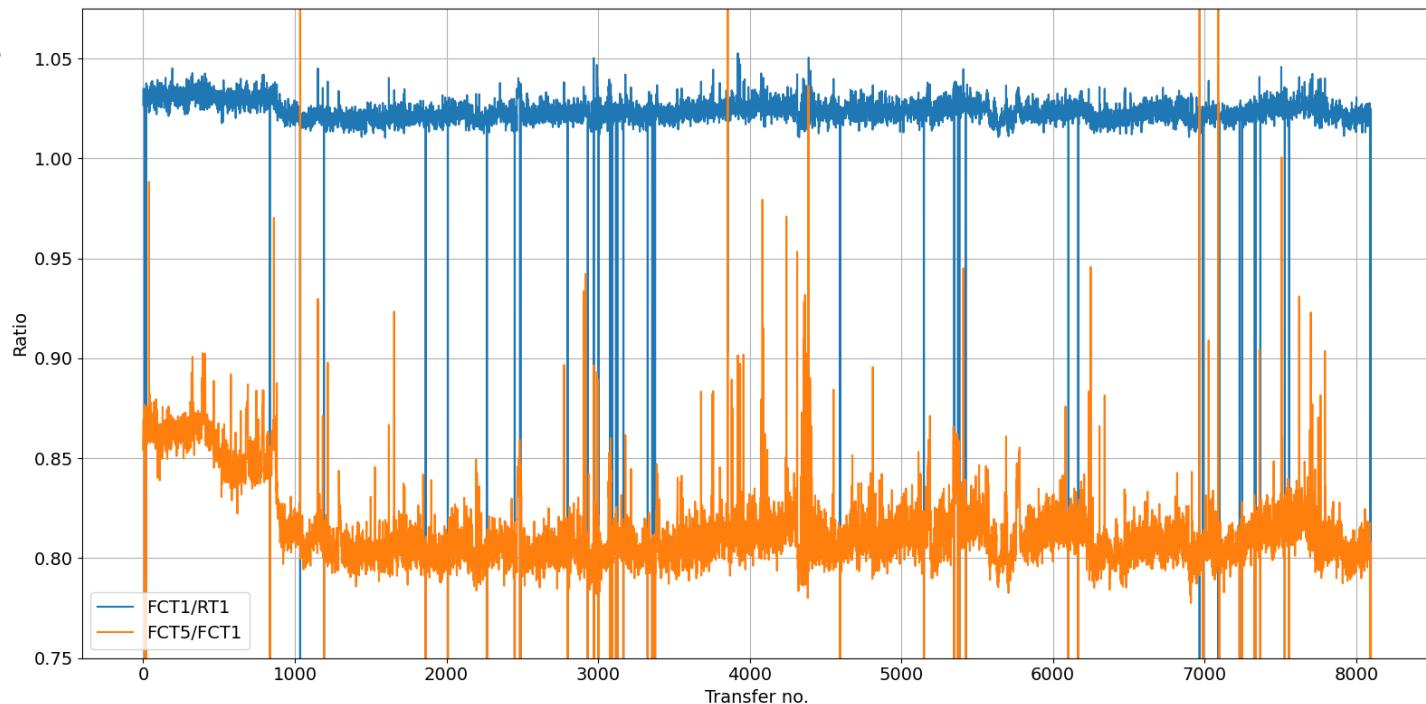
trend data of ~8200 beam transfers from SIS18 to ESR

- One transformer of each type in section TE1 (SIS extr.) and TE5 (ESR inj.)
- RT: resonant transformer
- FCT: fast current transformer
- After 800 transfers the particle number increased significantly in TE1
- Data in TE1 in agreement, while $Q(\text{RT5}) < Q(\text{FCT5})$
- **RT5 data scatter much more than other data**
- RT5 was checked and calibrated during shutdown in Sept. 2024

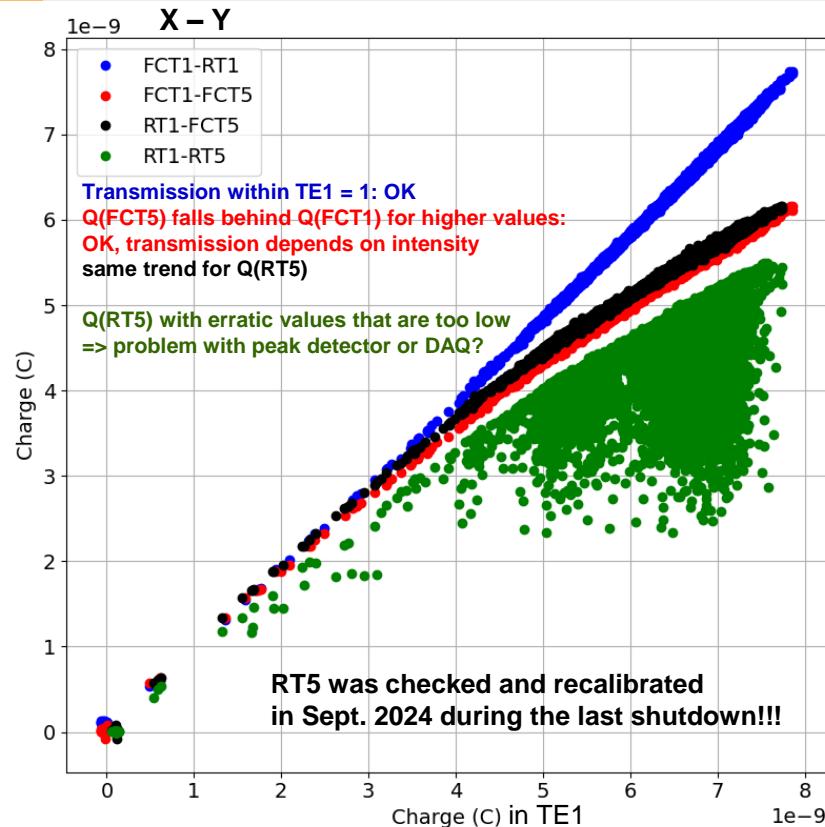


Signal ratios – trend of transmission

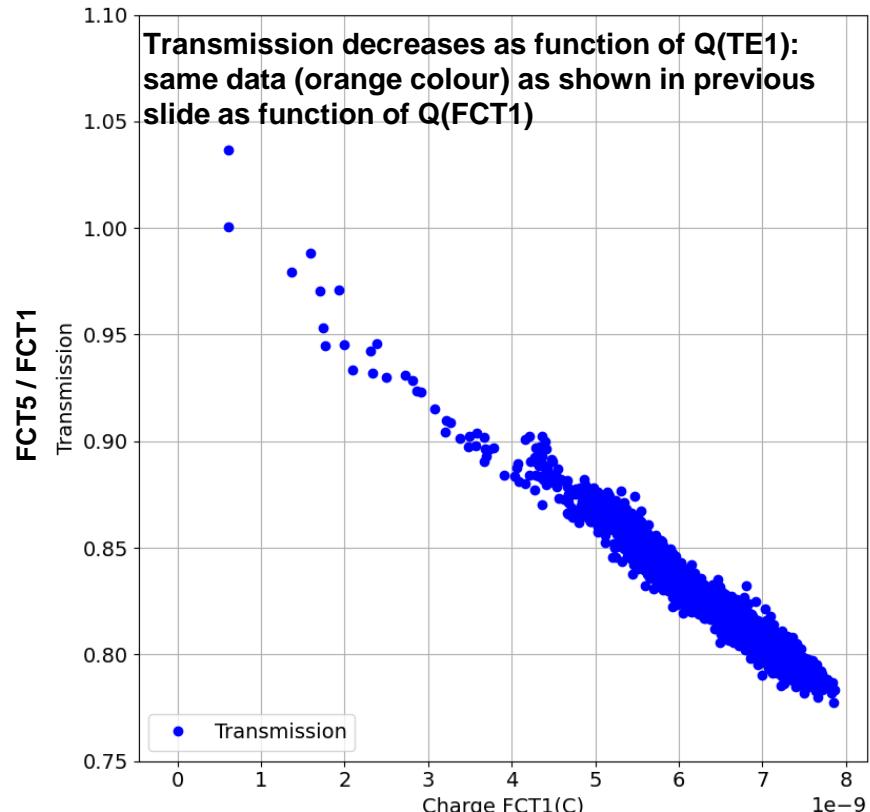
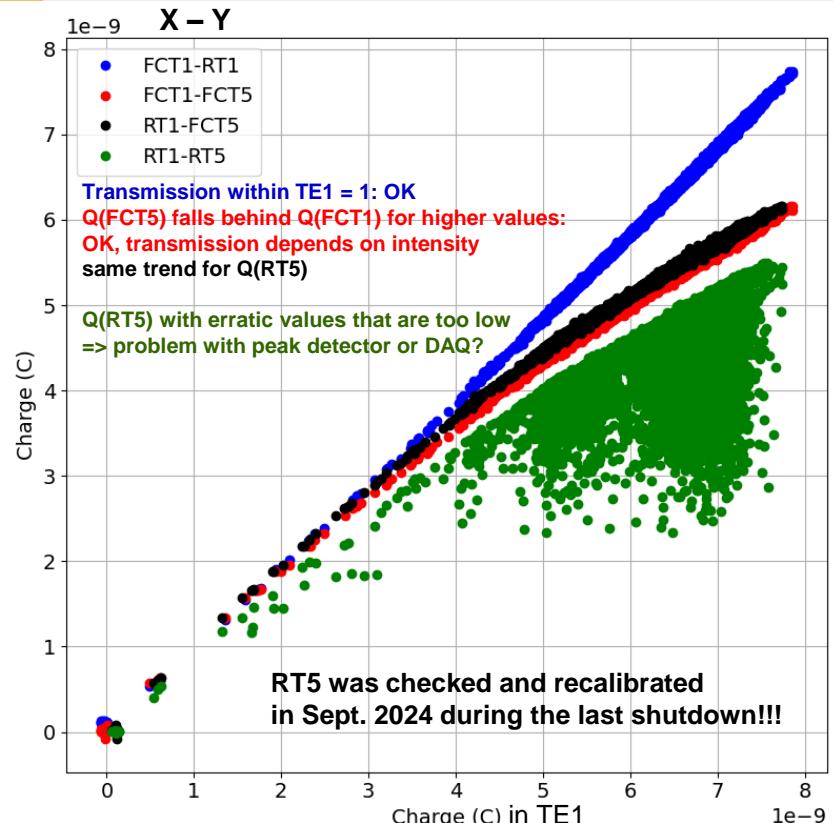
- Ratio of transformers in sections TE1 is quite constant around a value of 1.025
- Transmission to ESR given by ratio $FCT5/FC1 \sim 0.8/0.85$**
- Transmission drops when particle number in TE1 goes up at no 800.**



Charges as function of extracted intensity in TE1



Charges and transmission as function of extracted intensity in TE1

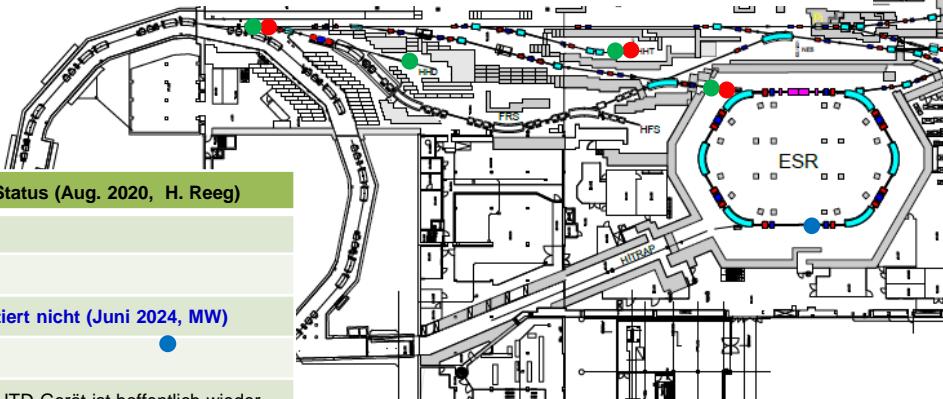


3 - Trafos FCT & RT @GSI HEST

Current Situation (2025)

FCT: 2025: Neue DAQ für GTE1DT1F und GTE5DT1F
 2026: Erweiterung um SIS18 Trafo GS1DT1FP und HHT Trafo geplant

RT: Old DAQ delivers charge value only (no signal trace!!!).
 Recurring maintenance efforts and trouble!
 2025: Upgrade April: New FAIR DAQ tested with GTE5DT1C & GHTPDT1C
 2026: Umrüstung GTE1DT1C, GHHTDT1C, GHHTDT6C geplant



- Resonant Trafo (RT)
- Fast Current Trafo (FCT)
- SIS18/ESR: FCTs



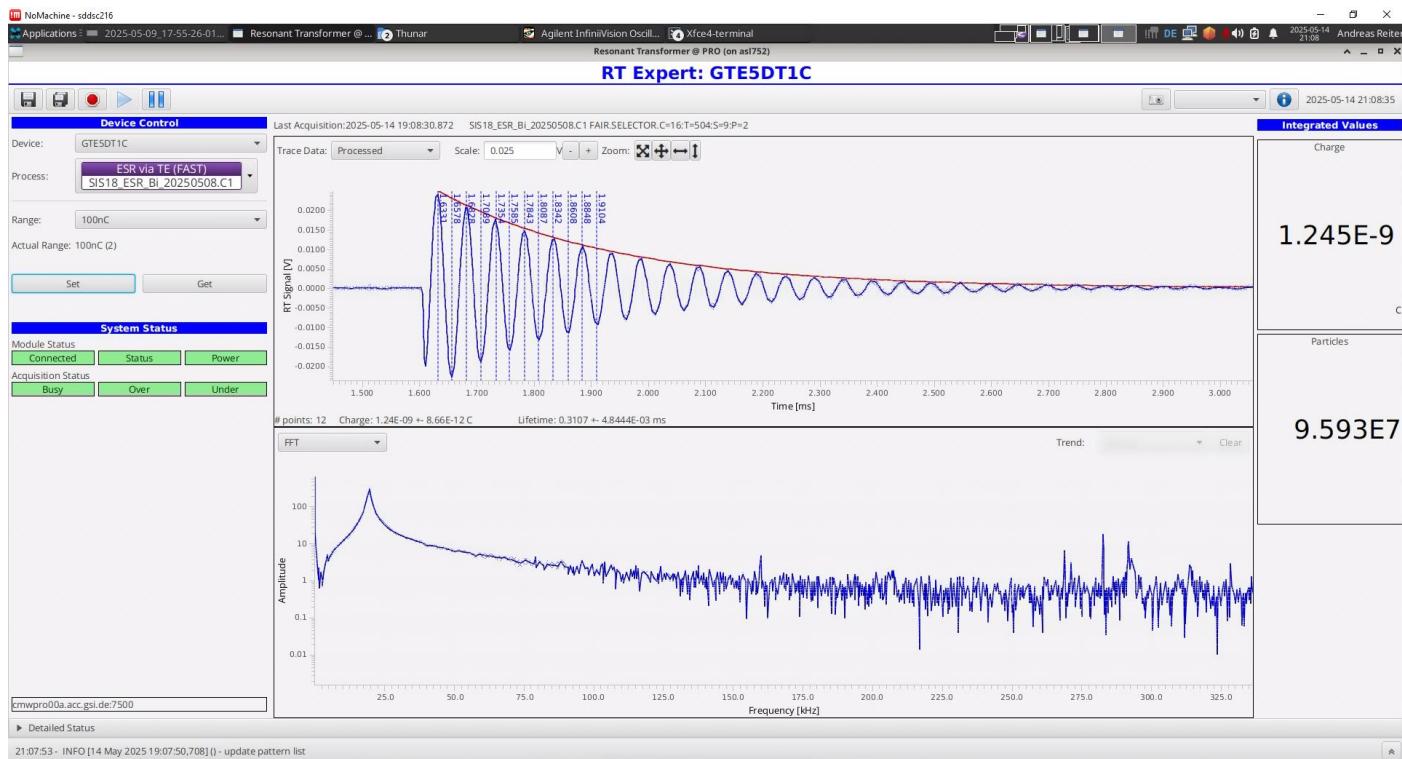
Nomenclature	Status (Aug. 2020, H. Reeg)	Nomenclature	Status (Aug. 2020, H. Reeg)
GTE1DT1C		GTE1DT1FP	Kabelverbindung von dort zum BG2.009/R46 und weitergeschleift zum HKR/SIS18-Rack
GTE5DT1C		GTE5DT1FP	im ESR über dem Durchgang an der Injektion, nie angeschlossen (es liegt evtl. ein fremdes verwendbares RG214 in der Nähe, MW weiß was dazu)
GHHTDT7C	Existiert nicht (Juni 2024, MW)	GHHTDT7FP	im Cave in einem vom Exp. selbstgezimmerten Nicht-SD-Gehäuse zusammen mit RT GHHTDT7C eingebaut, ein Kabel geht von dort in die Messhütte HHT, hier ist evtl. ein Splitter montiert, der das Signal weiter nach BG.009/ELR verteilt. Kann erst überprüft werden, wenn die Messhütte mal offen ist (->Varentsov, Tauschwitz)
GHTPDT1C		GHTPDT1FP	im Cave zusammen mit GHTPDT1C in einer GSI-Kammer verbaut, Kabel führt nur in die AP-Hütte
GHTDDT1C	Das HTD-Gerät ist hoffentlich wieder bei uns eingelagert (= Ersatzteil), könnte aber auch noch in Leichtbau- oder Testinghalle stehen.		
GHHDDT1C			
GHHTDT6C			

GTE5DT1C (100 nC)

Transfer of ~1 nC Bi(81+) ~1E8 particles after stripping



- New DAQ: Acquisition of several RT oscillation periods
- Software analyses several maxima and minima to calculate total charge
- The amplitudes are extracted from a P2 fit around the maximum position
- Max. no. of extrema used: 30
- If signal falls below a threshold, the peak search is stopped.
- The resulting amplitude envelope is shown as red line on top of the processed data.
- FFT spectrum up to 325 kHz
- Processed data: DC excluded and upper limit 1 MHz



4 nC beam (Ar-18+, 397 MeV/u)

10 nC



- New DAQ delivers charge and number of particles
- Data is available for Beam Transmission Monitoring (BTM)
- Attention: Joda DTC GUI used for transmission calculation.
- Raw data intended for monitoring purposes. Larger noise was observed when certain HEST beam lines were active.
- DAQ installation as before in HEST power supply room
EX.2.007, rack 100



4 – Extraktionsmonitor SIS18

Vorschlag Ersatz HKR Oszilloskop

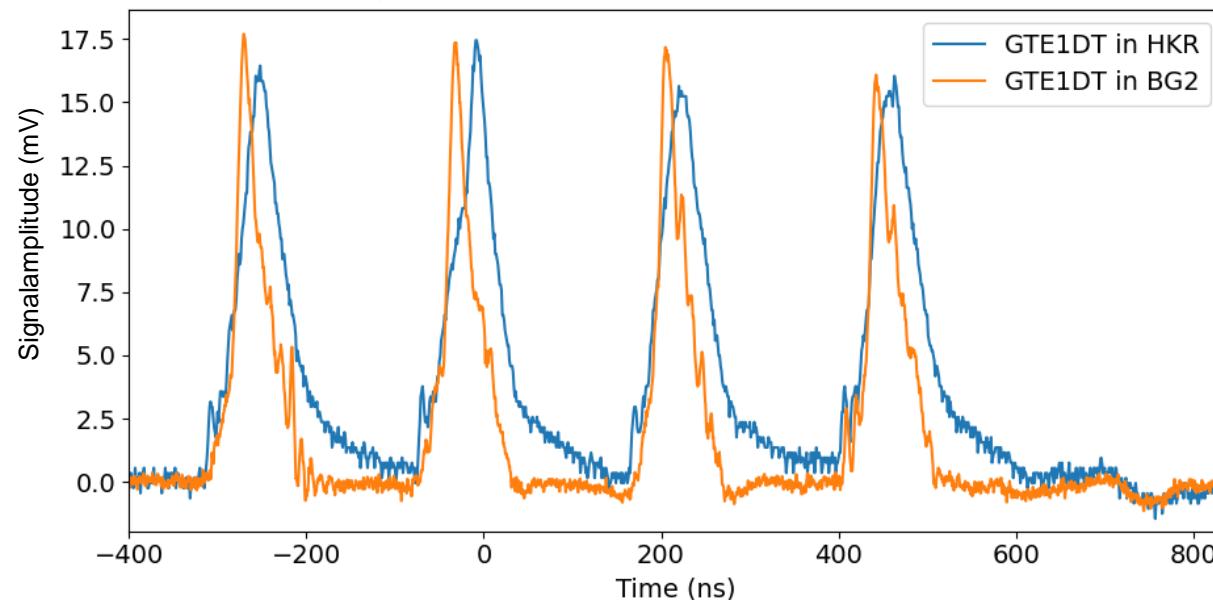


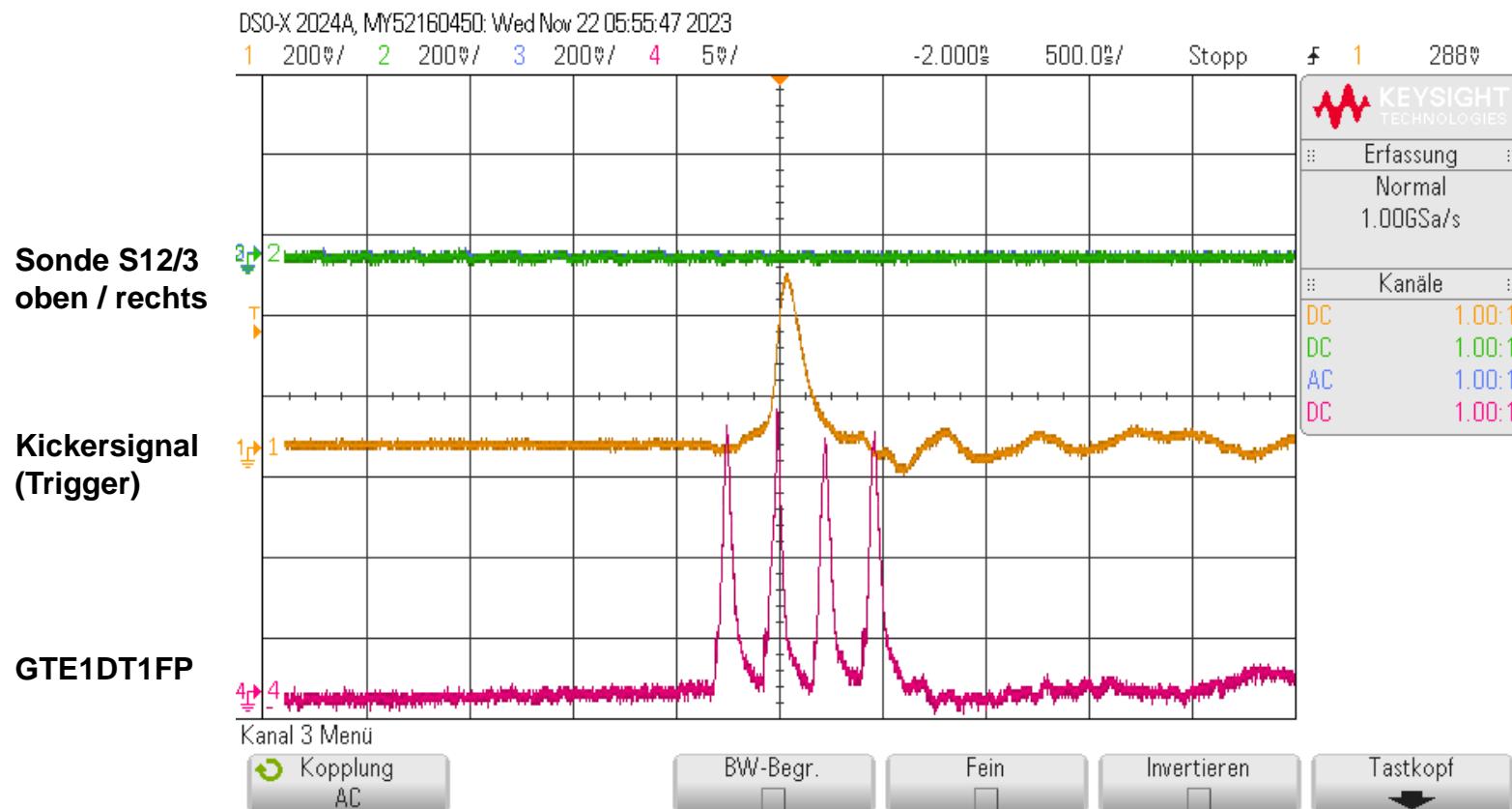
- **Ziel:** Überwachung der schnellen Extraktion aus dem SIS18 mit Hinblick auf das Timing des Extraktions-Kickers
- **Geräte:** SIS-Kicker (Ableitung), S12 Sondensignale, GTE1DT1FP
- **Messung:** Zeitfenster um Extraktion an Digitaloszilloskop in SIS18 Konsole des HKR
- **Nachteile:**
 - keine Auslese der Daten
 - keine Anpassung der Signalverstärkung bzw. des Messbereichs
 - Nutzung verschiedenartiger Signale (kein direkter Vergleich möglich)
 - lange Kabelstrecke über BG2 zum HKR (HEST FCT Signal deutlich „verrundet“)

GTE1DT1FP – Signal transmission DAQ system test (21st November 2023)

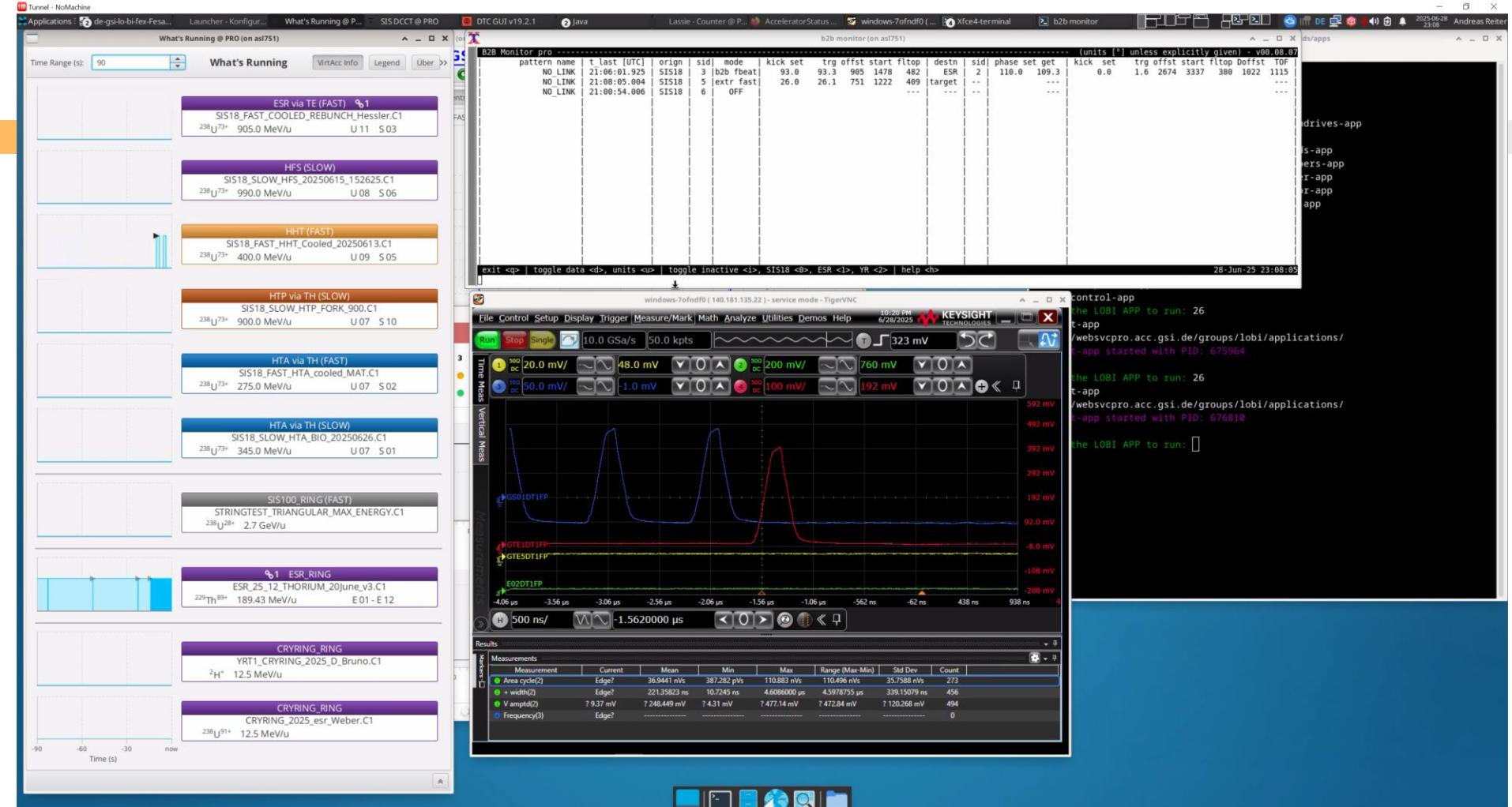
- Beam: N2, ~ 1E9 particles, 500 MeV/u
- HKR signal: SDAOSZI005 (2 GSa/s, 8 Bit)
- BG2 Signal: FCT DAQ (2.5 GSa/s ADC, 14 Bit) with Femto-Verstärker DUPVA-1-60
- Transmission to main control room causes significant signal distortion (reduced amplitude, longer tail, less signal structure).
- Signals in BG2 are well separated by a clean baseline between bunches.

Offset-corrected signals shown. GTE1DT BG2 signal was scaled to HKR signal for better comparison of the pulse shape.





- **Ziel:** Überwachung der schnellen Extraktion aus dem SIS18 mit Hinblick auf das Timing des Extraktions-Kickers
- **Geräte:** schnelle Strahltransformatoren FCTs in SIS18 und HEST
GS01DT1FP, GTE1DT1FP, GTE5DT1FP
- **Messung:** Zeitfenster um Extraktion zur Erfassung der FCT Signals im BG2 Elektronikraum
Nutzung des neuen Timing Events 2052 als Referenz-Zeitpunkt für Kick
 - Pulsformen in SIS18 und Transferlinie GTE_{Ex} => Korrekte Einstellung Kicker-Timing
 - Extraktionseffizienz SIS18/GTE1 => Optimierung Extraktion
 - Transfereffizient TE-Linie GTE1/GTE5 => Optimierung Transfer (zusätzlich zu den resonanten Trafos in GTE1 und GTE5)
- **Geleistete Vorarbeiten:** FCT µTCA DAQ für HEST im Testbetrieb
Alle FCT Signale vorhanden; Aufbau in BG2, Rack 27
FESA Klasse für den Kicker existiert, siehe Anwendung B2B Monitor

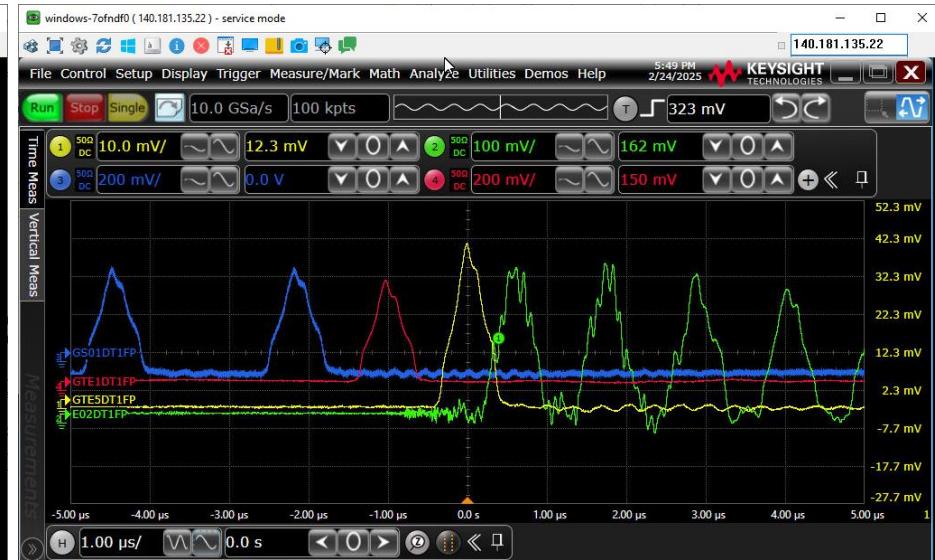
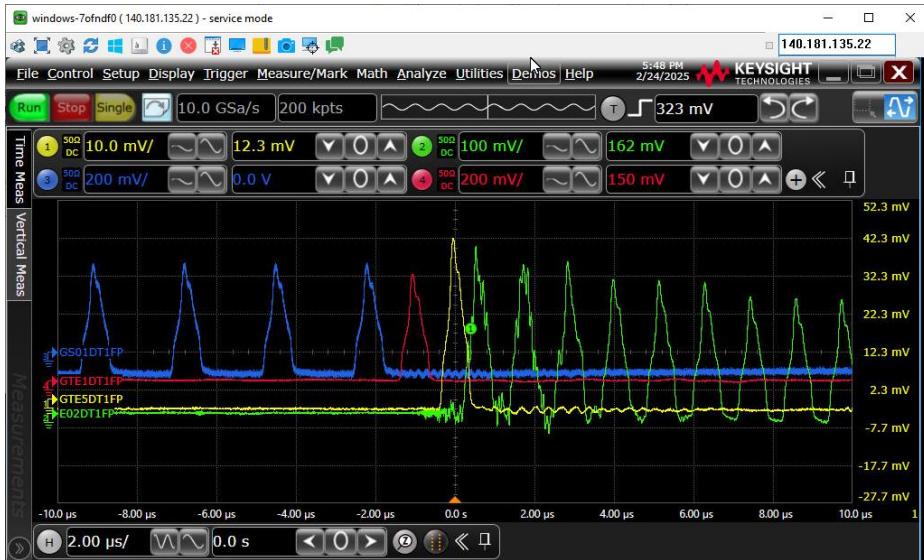


Beispiel 1

FCT Signale ESR Transfer (h=1) – korrekte Kicker-Einstellung



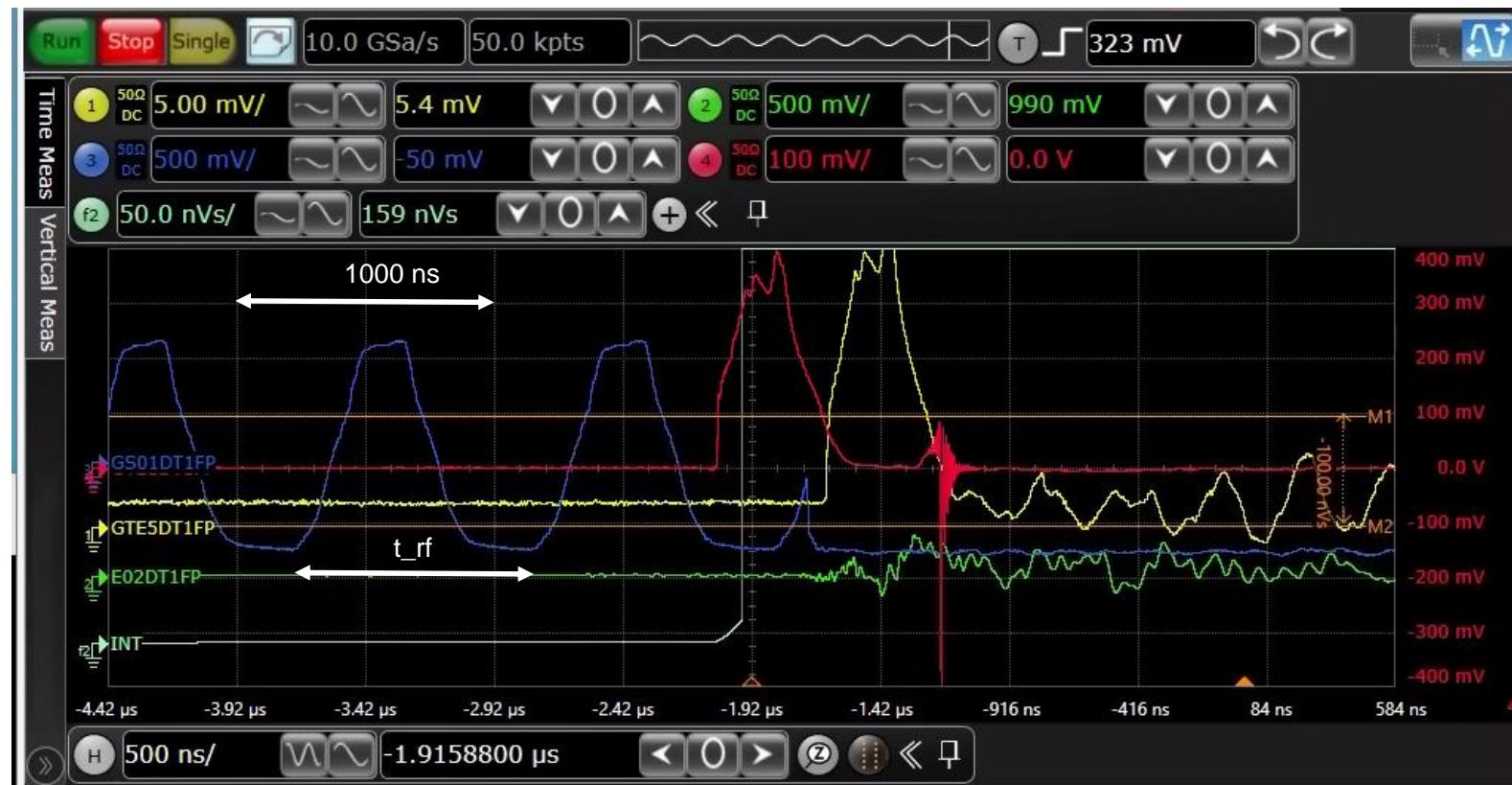
GS01DT1FP => GTE1DT1FP => GTE5DT1FP => (E02DT1FP)
SIS18 FCT SIS18 Ausschuss ESR Einschuss (ESR FCT)



- Erfassung für Testzwecke an Oszilloskop im BG2 Elektronikraum
- Ext. Trigger = Evt. 2052 des SIS18 Extraktionskickers (CMD_B2B_TRIGGEREXT); stabil bzgl. Kickzeitpunkt (wenige ns)
- FCT Signale hier nur als Beispiel; alternativ Nutzung von Sondensignalen S12, o. ä. wäre möglich
- E02DT1FP wird für SIS18 Überwachung nicht benötigt und zeigt noch Kickerstörungen auf den ersten Umläufen.

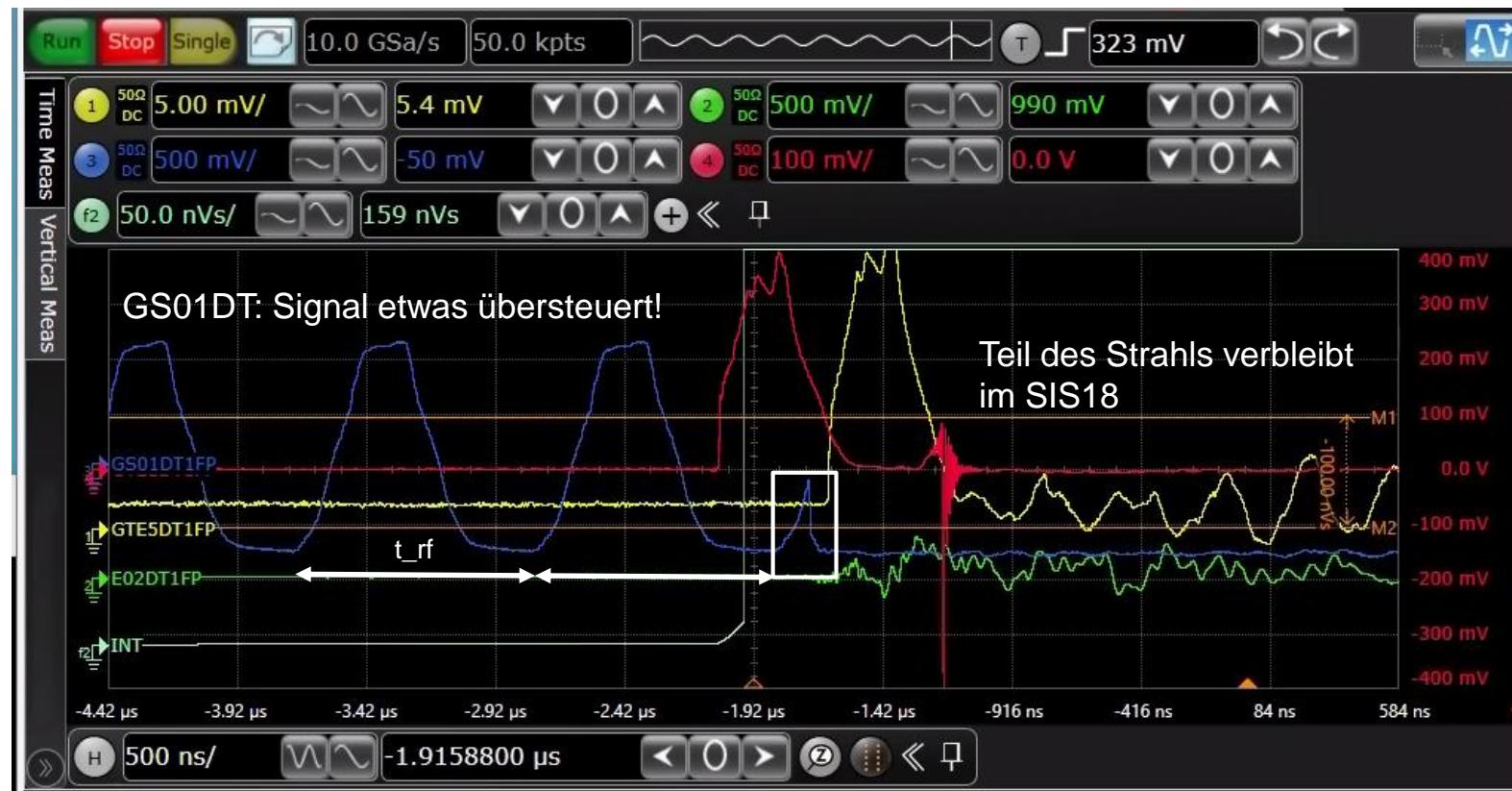
Beispiel 2

FCT Signale ESR Transfer (h=1) – falsche Kicker-Einstellung



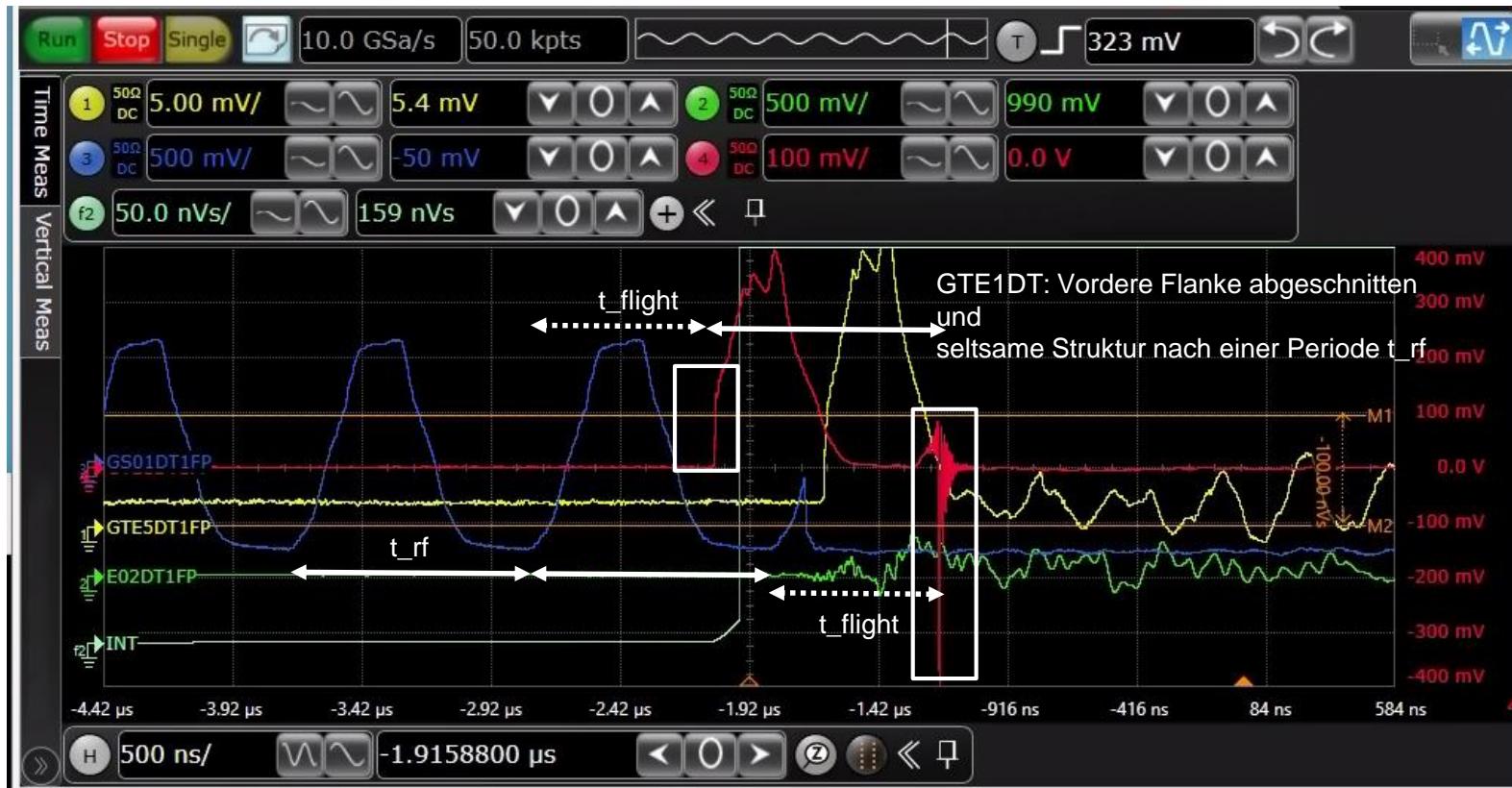
Beispiel 2

FCT Signale ESR Transfer (h=1) – falsche Kicker-Einstellung



Beispiel 2

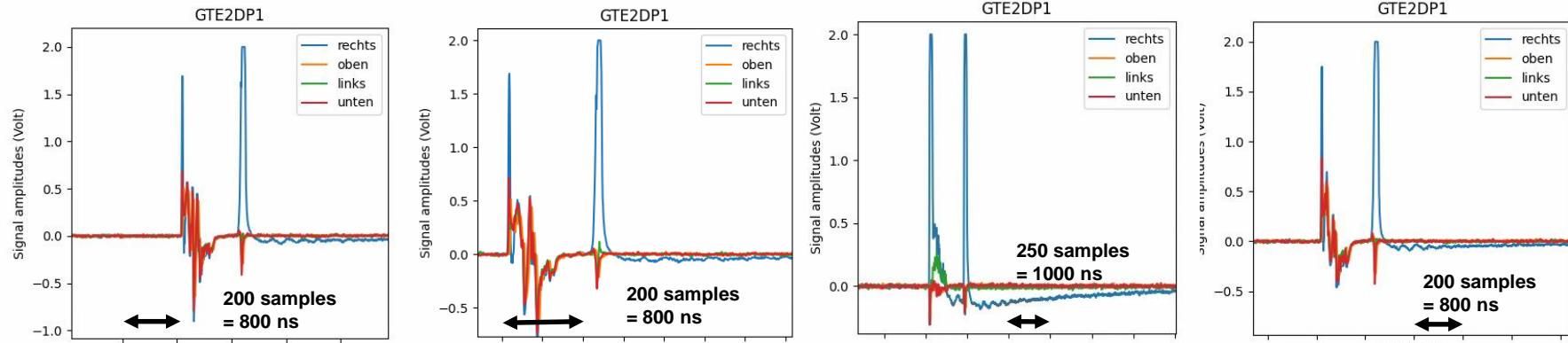
FCT Signale ESR Transfer (h=1) – falsche Kicker-Einstellung



Beispiel 2

BPM Signale in GTE1 – falsche Kicker-Einstellung

Vier Beispiele verschiedener Extraktionen

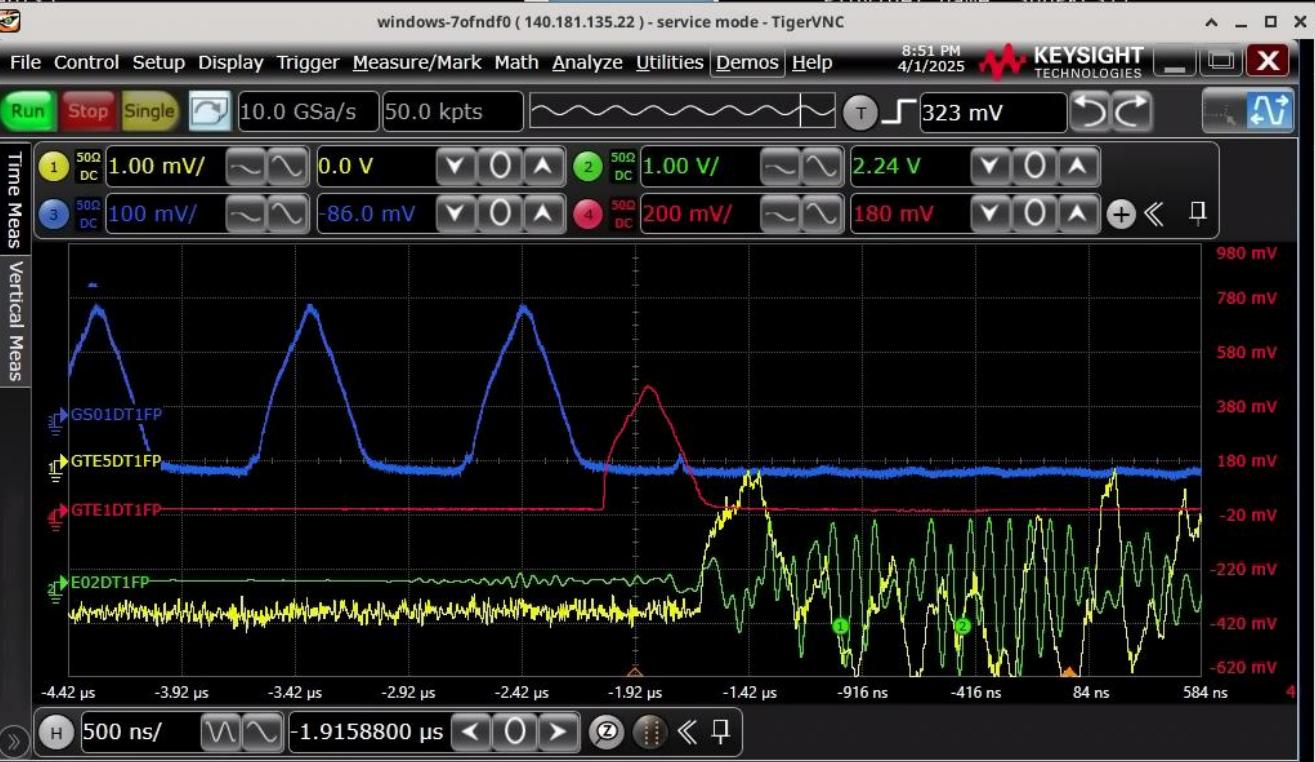


Erster HEST BPM GTE2DP1 zeigt große Signalamplitude auf rechter Elektrode nach einem Umlauf, da Strahl nicht komplett extrahiert wurde. Siehe FCT Signal auf letzter Folie.
Einbauort des BPM liegt in der Nähe des FCT.

Beispiel 3

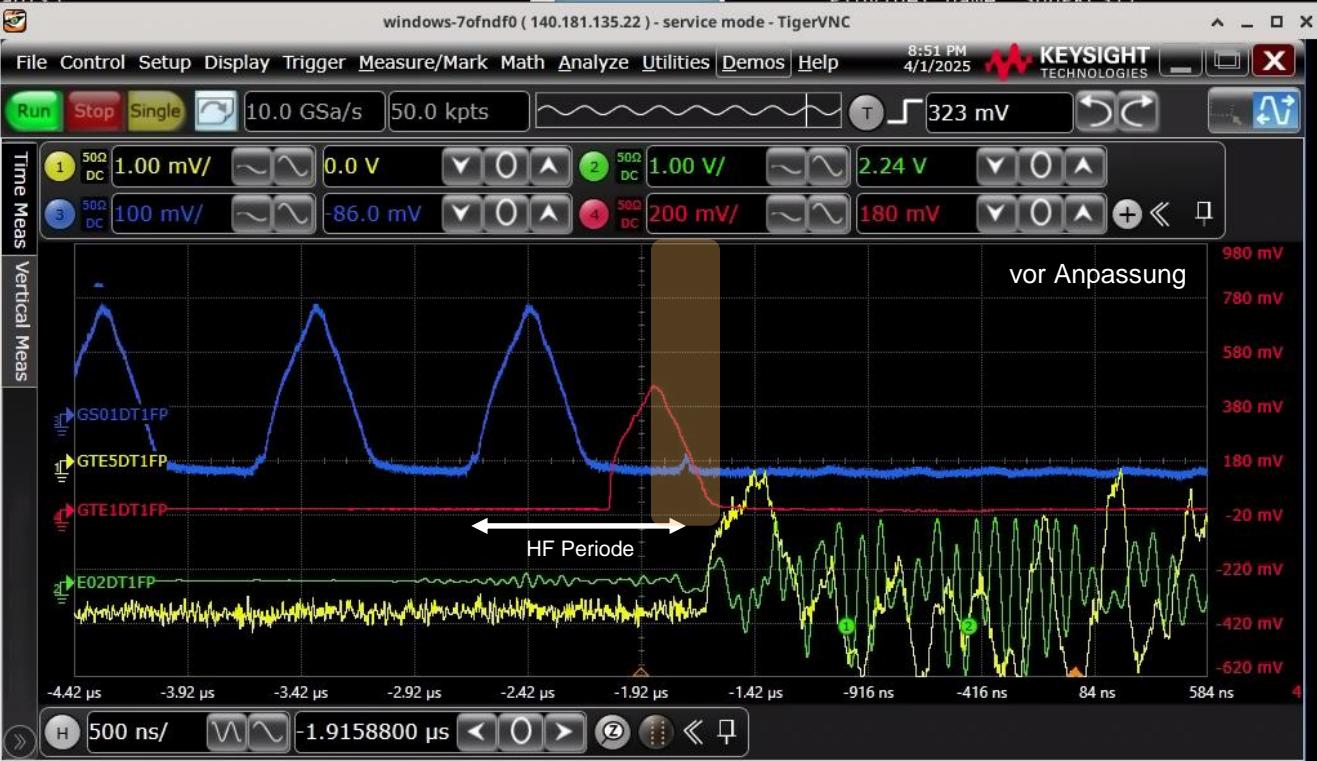
Test im Betrieb

- Beobachtung: Der letzte Puls in SIS18 stimmt am Anfang nicht mit dem Puls in GTE1 überein.
- GTE1: Hier zeigt der Puls eine fast senkrechte Kante und scheint abgeschnitten zu sein, während die Form im SIS18 noch eine kleine Stufe zeigt.
- GTE5: FCT in GTE5 (vor ESR Einschuss) zeigt ebenfalls die steile Flanke am Anfang.
- SIS18: Nach der Extraktion ist ein kleiner Puls zu sehen, da anscheinend das Kicker-Timing nicht stimmt und noch Strahl im Ring verblieben ist.



Beispiel 3

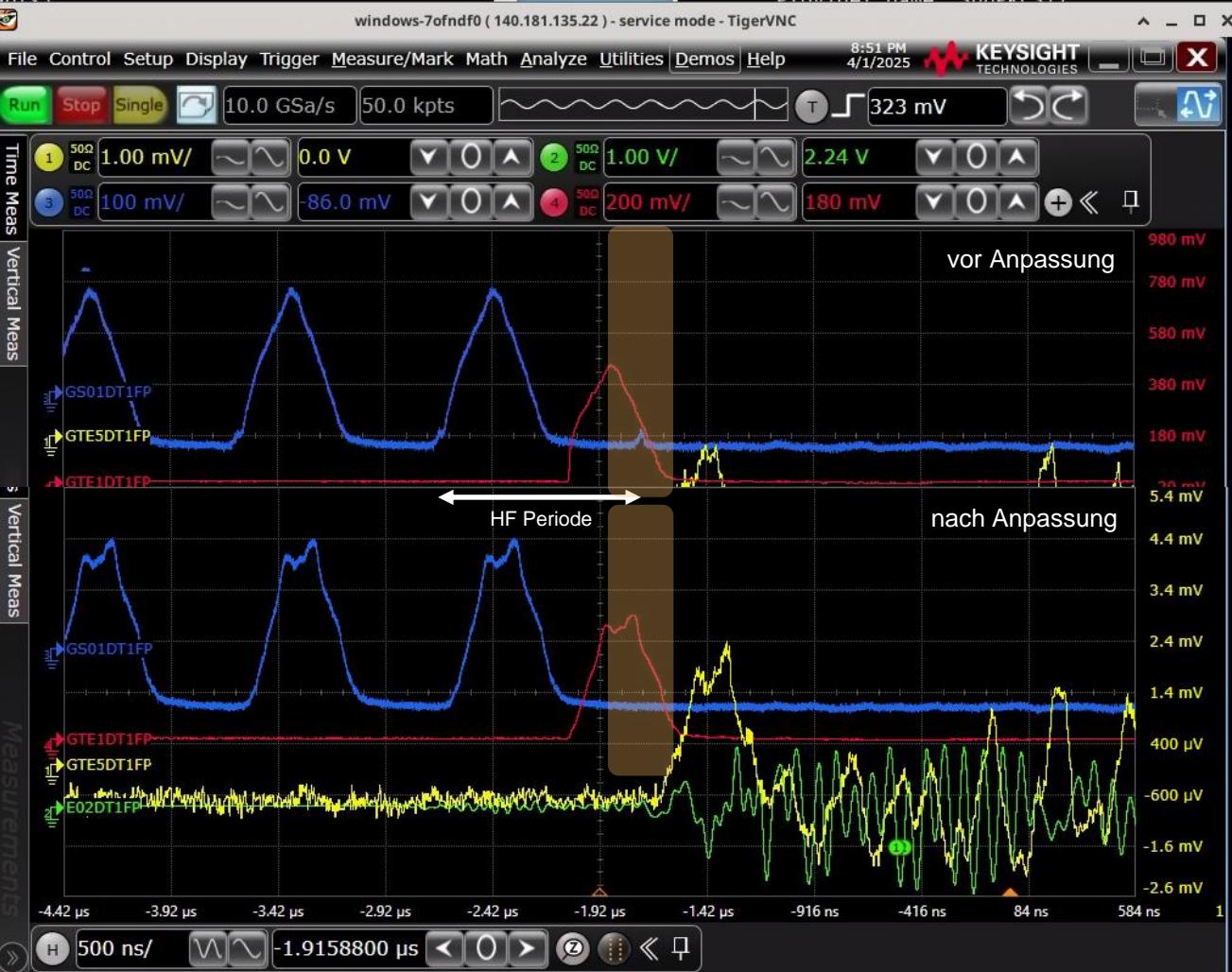
- Beobachtung: Der letzte Puls in SIS18 stimmt am Anfang nicht mit dem Puls in GTE1 überein.
- GTE1: Hier zeigt der Puls eine fast senkrechte Kante und scheint abgeschnitten zu sein.
- SIS18: Nach der Extraktion ist ein kleiner Puls zu sehen, da vermutlich das Kicker-Timing nicht stimmt und noch Strahl im Ring verblieben ist.
- **Anpassung Kicker-Timing um 20° in drei Schritten von 5° / 5° / 10° durch Hansi Rödl.**
- **Die ersten beiden Schritte brachten keine sichtbare Verbesserung.**



Beispiel 3

Beobachtung: Der letzte Puls in SIS18 stimmt am Anfang nicht mit dem Puls in GTE1 überein.

- GTE1: Hier zeigt der Puls eine fast senkrechte Kante und scheint abgeschnitten zu sein.
- Anpassung Kicker-Timing um 20°
- Anpassung in drei Schritten von 5° / 5° / 10°
- Nach 20° Anpassung waren die steigenden Flanken von GTE1 und GTE5 nicht mehr abgeschnitten.
- GS01 zeigt nach Extraktion kein Signal mehr.
- Bemerkung: Die Pulsform war im Betrieb recht variabel wie die Bilder zeigen. (Das Kicker-Timing war nicht die Ursache.)



- Neue Datenerfassung für schnelle Extraktion im Testbetrieb (RT, FCT, BPM) läuft seit einigen Strahlzeiten
- RT Umstellung Hardware in 2026
- Nächster Schritt: Diskussion zur Einbindung in Betriebsanwendungen
 - BPM Integration
 - RT & FCT Integration (Ersatz HKT Oszi, BTM System, ...)
- Alte Datenerfassung
 - Profilgitter in TE-Linie mit einigen Fehler in Anzeige

Ende der Diagnose
& vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Vergleich SIS18 GS09DT_ML & GS01DT1FP

- $Q(\text{DCT})/Q(\text{FCT}) \sim 0.926$
- $Q(\text{DCT})$ measured via cursor function in GUI before extraction
- $Q(\text{FCT})$ corrected for long cable (factor 1.05)
- 82 extractions shown in scatter plot
- Time slice = 8 μs , contains 4 bunch periods
- Charge calculation after offset correction (droop due to AC coupling) in range 5000 to 11000 samples (2nd period)
- Average over last 11 time slices (shown below)
- Average charge quite stable, e.g. $(3.10 \pm 0.04) \text{ nC}$

