

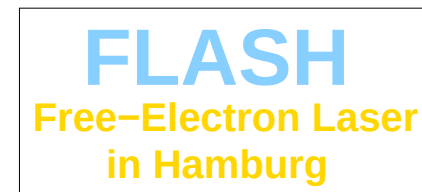
GRÖMITZ 2015

Status FLASH/1/2

Mathias Vogt (DESY–MFL)

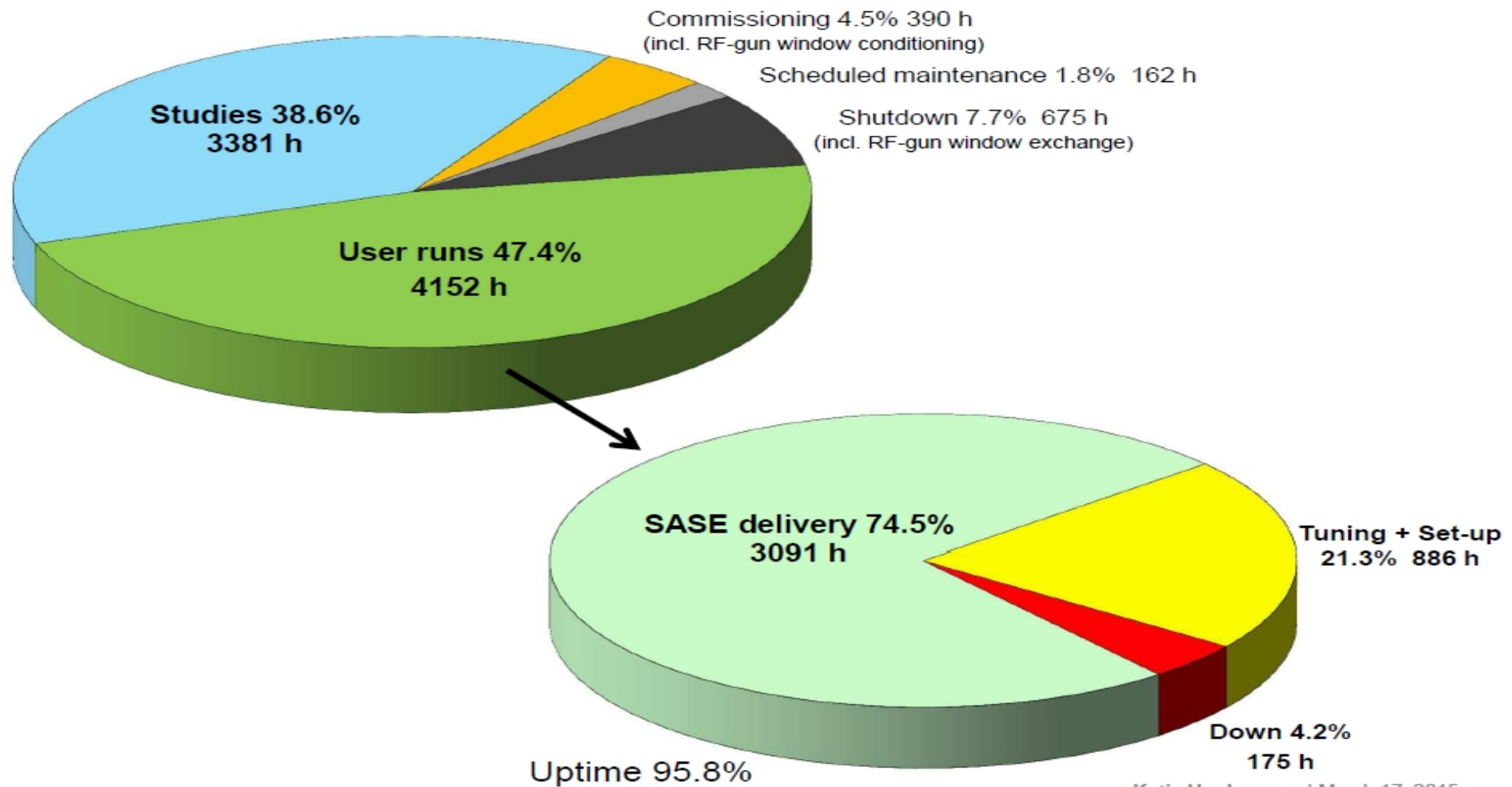
für das FLASH Kern–Team : A. Brinkmann, B. Faatz, C. Grün,
K. Heuck, K. Honkavaara, K. Klose, M.Scholz, S. Schreiber,
J.Zemella; sowie alle, die sonst noch mitgeholfen haben !!!

- Statistik (K.H.)
- Highlights FLASH1
- FLASH2: Überblick, Inbetriebnahme, Parallelbetrieb(→ Matthias talk später)
- Ausblick, Zusammenfassung



FLASH run Statistik 2014

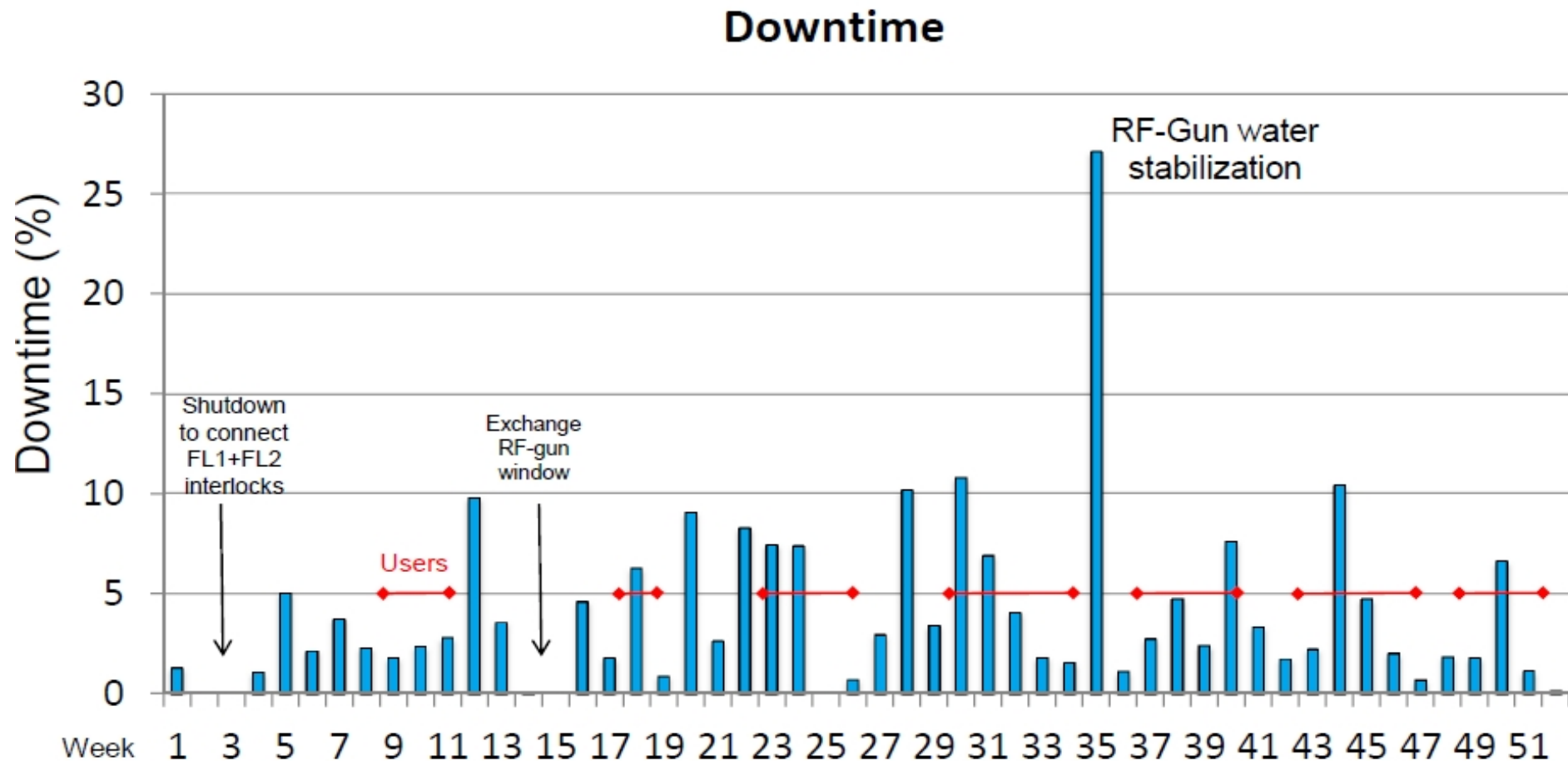
Siehe auch Katja's talk **direkt im Anschluss!**



Katja Honkavaara | March 17, 2015

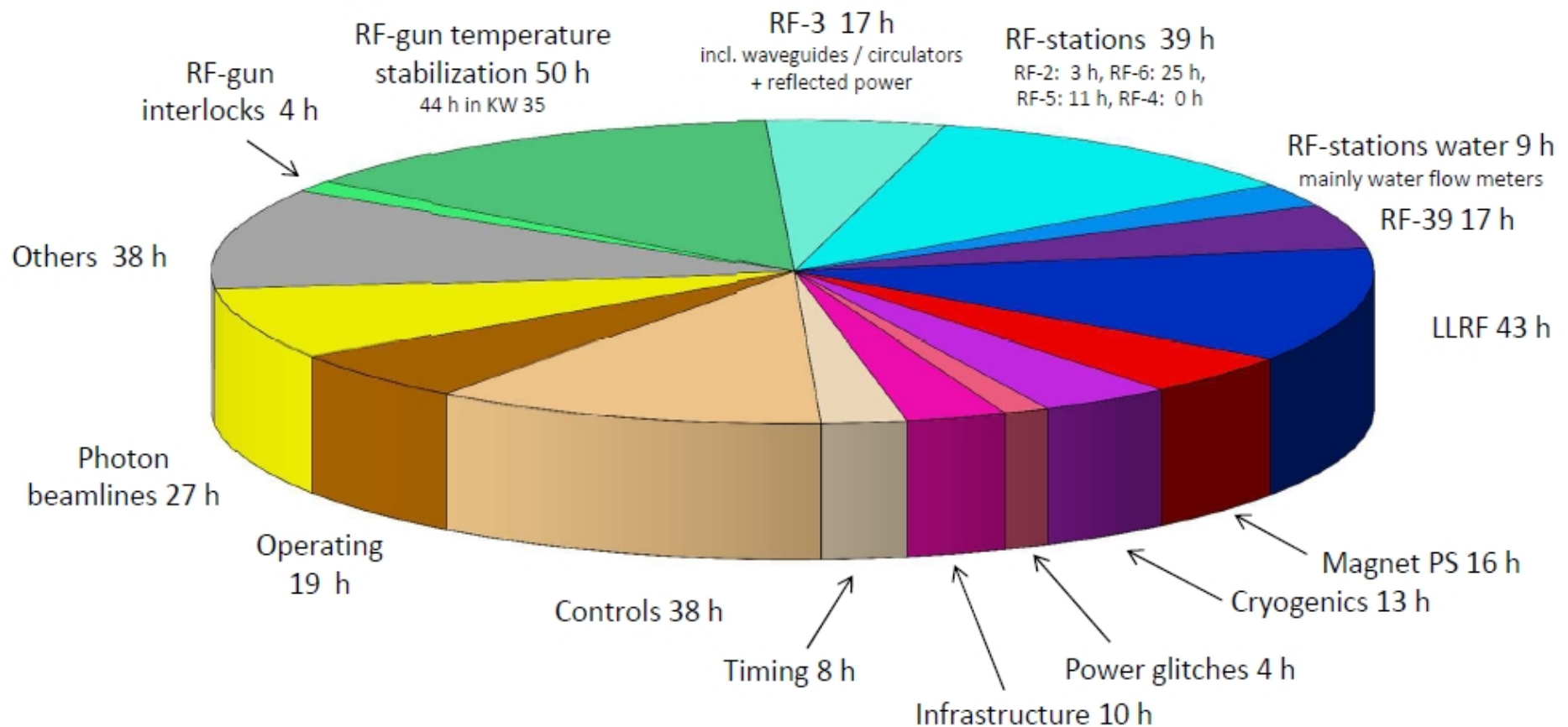
Downtime pro Woche (2014)

> 7791 Operation hours, Downtime 352 h = 4.5 %



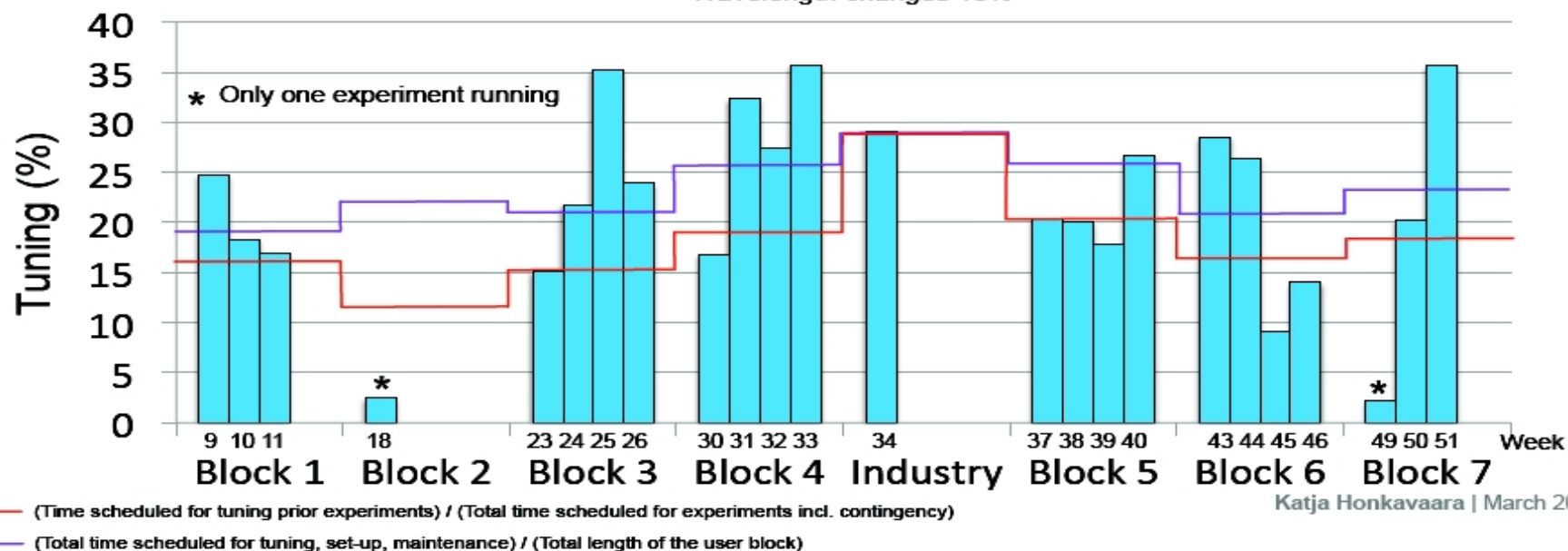
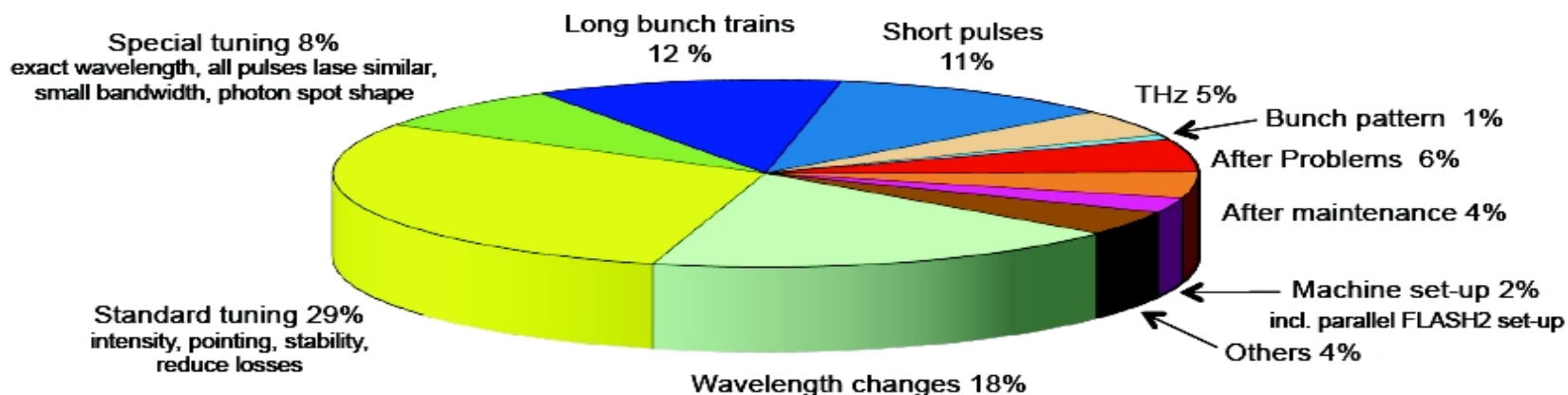
FLASH downtime (2014) : Zuordnung auf die Versch. Gewerke

> 7791 Operation hours, Downtime 352 h = 4.5 %



SASE-Tuning & machine set up im user run (2014)

> Total tuning and set-up: 886 hours (21.3%)



Katja Honkavaara | March 20, 2015

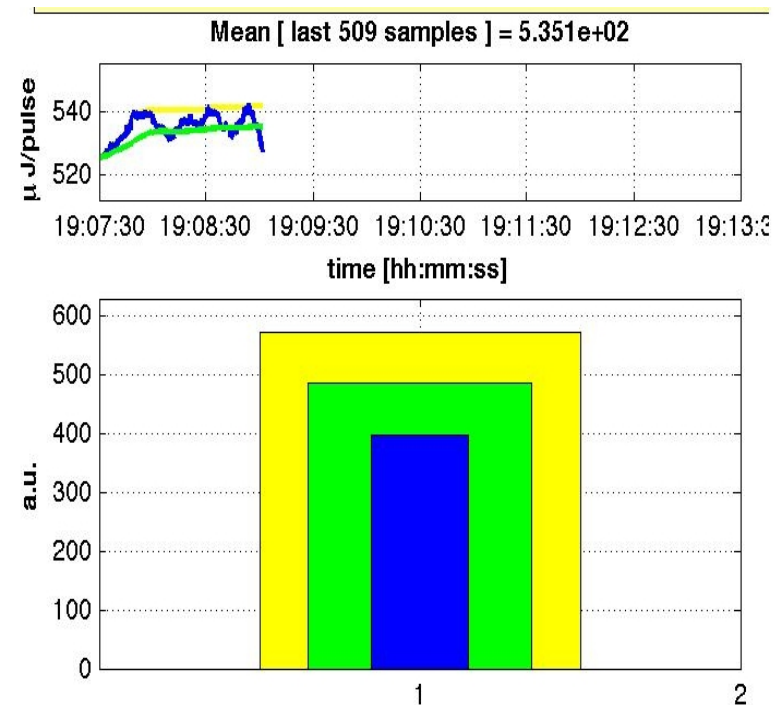
Highlights FLASH1: Die herzallerliebste (!) FLASH-gun

diesmal tatsächlich überhaupt kein Grund zur Klage!

- Gun in Betrieb seit **August 2013** → die gun & das Fenster haben's (bis jetzt) immer überlebt!
- Letzter Fenstertausch
(→ G-type) **April 2014** → Trotzdem: Vorsicht ist die Mutter der Porzellankiste!
- Zuverlässig gelaufen
- Zugegebenermaßen bei flat top $\approx 470 \mu s$ (nicht 800!)
- Letzte Augustwoche 2014 : > 40 h downtime wegen Instabilität der **Wassertemperatur-Regelung**
- Bei flat top → 500 μs : Probleme mit Zirkulator und Wellenleiter! → Blende getauscht (!)
- Trotzdem: Vorsicht ist die Mutter der Porzellankiste! ⇒ Wassersystem verbessert (Diagnose/Redundanz)
- Ein paar "events" getriggert durch Unachtsamkeit oder software bugs
- Ach ja: Finger weg von unserer gun :-)

Neuer SASE Rekord

- Nach nur ca. 2 Wo. Wiederanlauf
(nach FLASH2 Anschluss)
 - Gun Solenoid BBA
 - Optik im “Haupt-linac”
(=ACC45/67):
Doublet → **FODO**
- ← Matthias' talk **später**
- 08.02.2014 19:00 :
540 μJ bei 8.4 nm
(1 bunch mit 0.6 nC)

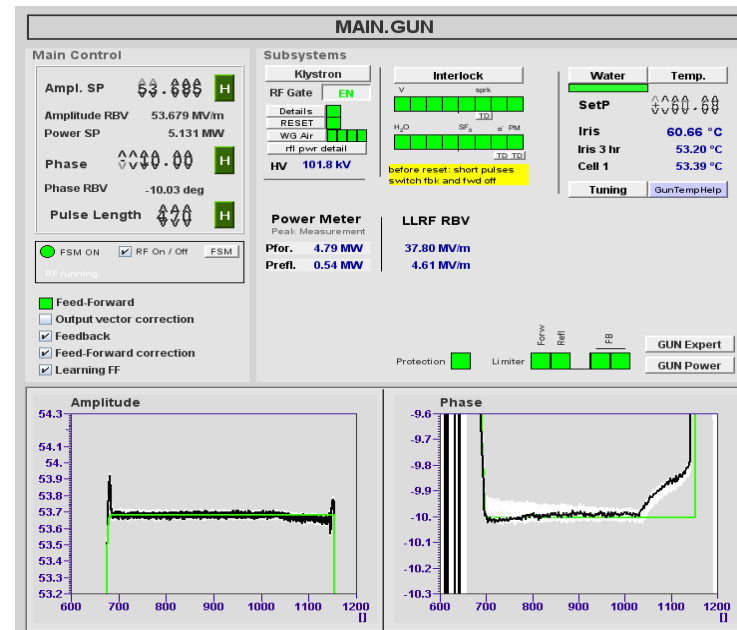
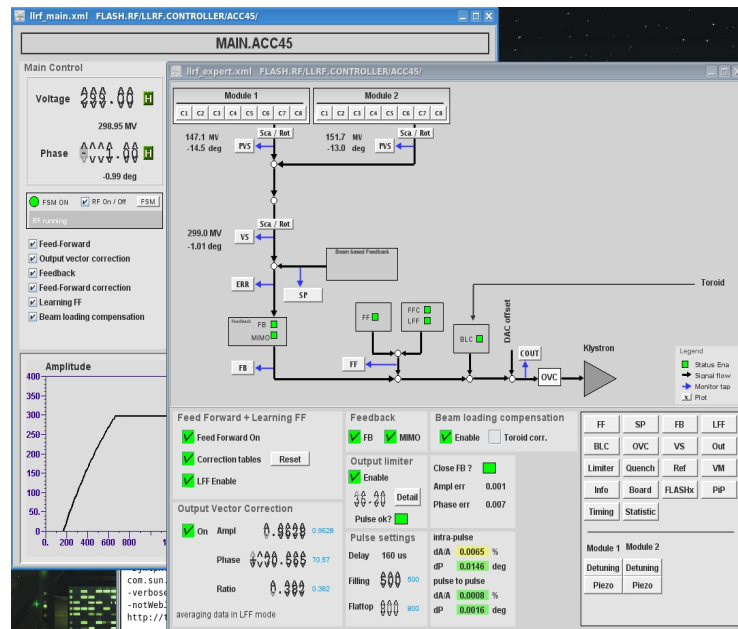


GUN LLRF $\rightarrow \mu$ TCA

Erfahrung mit μ TCA LLRF

- Läuft jetzt (m.o.w.) zuverlässig
- Ampl./Phasen-jitter ohne beam based feedback mindestens um Faktor 2 Reduziert!

$\rightarrow$ Christian's talk **morgen**



- Seit Jahresbeginn : auch die GUN-LLRF auf μ TCA

$\rightarrow$ Sven's talk **morgen**

- **jddd** "Amplitude = Amplitude" (SP ca. 50–55 MeV/m)
- **ddd** weiterhin "Amplitude = Leistung" (SP ca. 4.5-4.7 MW)

FLASH Studien

- FLASH2 commissioning !!!
- Kurz-Puls LASER : Erfolgreich ultra-kurze bunche zum lasen gebracht!!! → J.Roensch-Schulenburg et al.
“single spike mode” → ca. 3–5 fs
- Operateursausbildung : neues Konzept : Kurse (nur 4 people) auf Einladung
- Tools development → Raimund morgen
- Optics → Matthias später
- Pflege: Laser, Kathode, LLRF, Netzgeräte, e -beam Diagnostik, software, γ -beamlines
- Gäste: ODRI messung in FL2 aufgesetzt & reentrant-cavity BPMs
- Kommerzielle Nutzer

Seeding bei sFLASH: “Coherent Harmonic Generation”

Letzte Schichten dieser März $\Rightarrow$ Zusammenfassung **thanx to J.Boedewadt!**

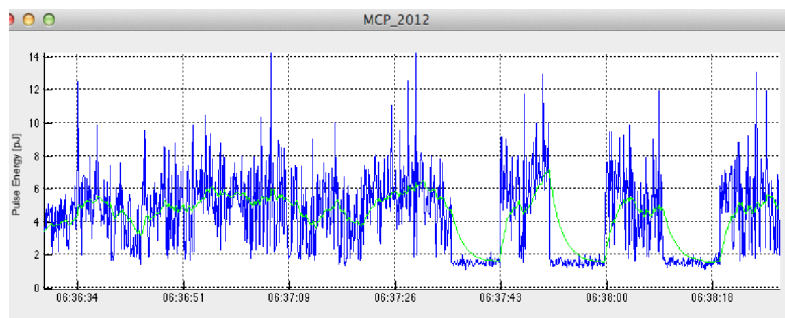
- Im Januar : Quads SFUND **aus**

$\rightarrow$ Ballistischer Orbit durch SFUND

- Seed Laser $\rightarrow$ 266 nm & SFUND**1** auf 7te Harmon. ($\rightarrow$ 38 nm)

$\Rightarrow$ MCP-Kontrast (Seed an/aus) ca. 3–4

Bild: Nachtschicht 27. Januar

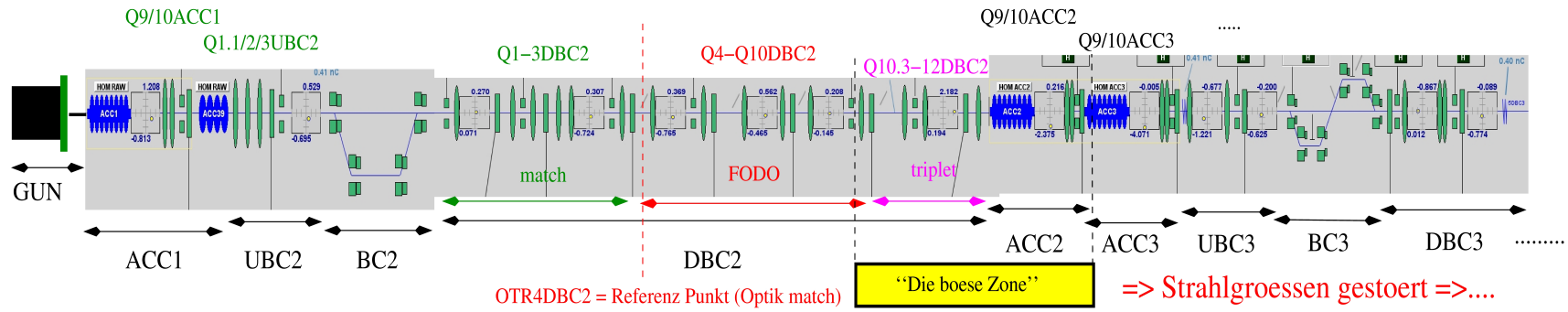


- Anfang März: wie Januar, aber
- Beamwaist mit ORS gematched ($\rightarrow$ **Johann's tool**)
- Strahl auf 200 A komprimiert
- Dabei Überlapp mit Raimunds (**slow orbit FB**) gehalten

$\Rightarrow$ **MCP-Kontrast (Seed an/aus) ca. 500**

$\rightarrow$ power gain: $\approx 10-20 \rightarrow$ gain-Länge ≈ 1.5 m

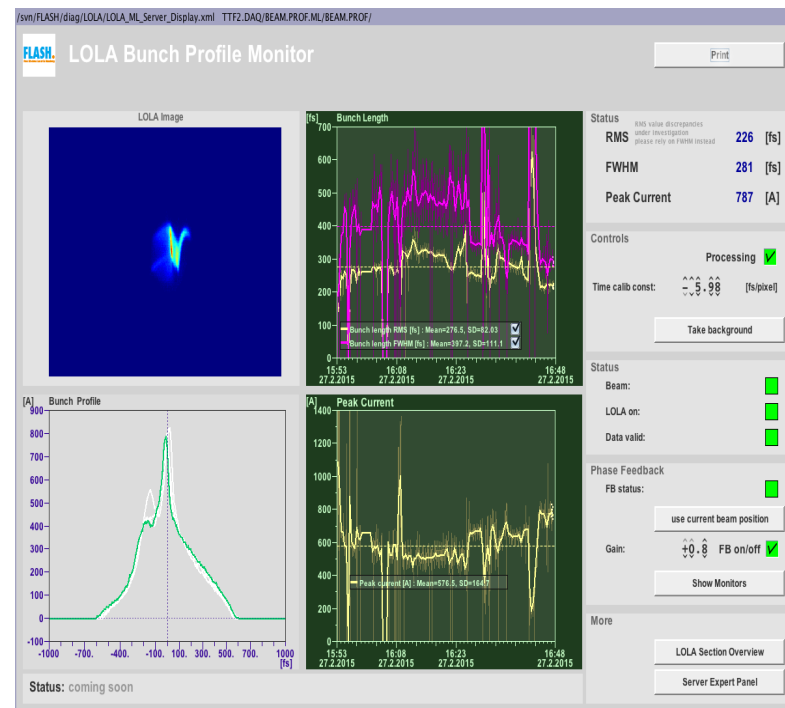
Konsolidierung der Strahloptik



- Seit langem bekannt (und immer wieder untersucht. . .):
- Strahloptik prima gematched in OTR4/6/8/10DBC2 →
- “geht kaputt” spätestens nach ACC23 :- (
- z.B. Schirmbilder DBC3
- spurious dispersion nach ACC1
- ORMs (plus Kopplung)
- Mehr ORMs mit:
 - Q10.3/Q11/Q12DBC2 **aus** → nicht besser
 - ACC2 Doublet **aus** → nicht besser
 - ACC23 **aus** (cav's) → nicht besser
 - u.s.w. . . .
- **Vorläufiges** Ergebnis: Kopplung vielleicht von Q9/10ACC2 & Hauptsörung zwi. Q12DBC2 & Q9ACC2 (in Kryostat?)

Operationelles: LOLA-Online

- “LOLA-geradeaus” :
- Middlelayer server (DAQ) : evaluiert die Daten online
- Läuft (meistens) stabil — wenn niemand die 13SMATCH Kamera kaputt gespielt hat. . .
- Macht die vielen (polling!) matlab und camera (device) monitore überflüssig



Operationelles: “RFSumVoltageControl”

- Wenn die on-crest Phasen stimmen
- und das E -Profil zur on-crest Messung passt...

→ Schnelles, doccs-server-basiertes Panel zum **systematischen** tunen der Kompression!

- (ACC1.ampl, ACC1.phase, ACC39.ampl, ACC39.phase)

↔

$$(E\text{-gain} = \Delta E, \text{chirp} = \frac{d\Delta E}{E_0 dz},$$

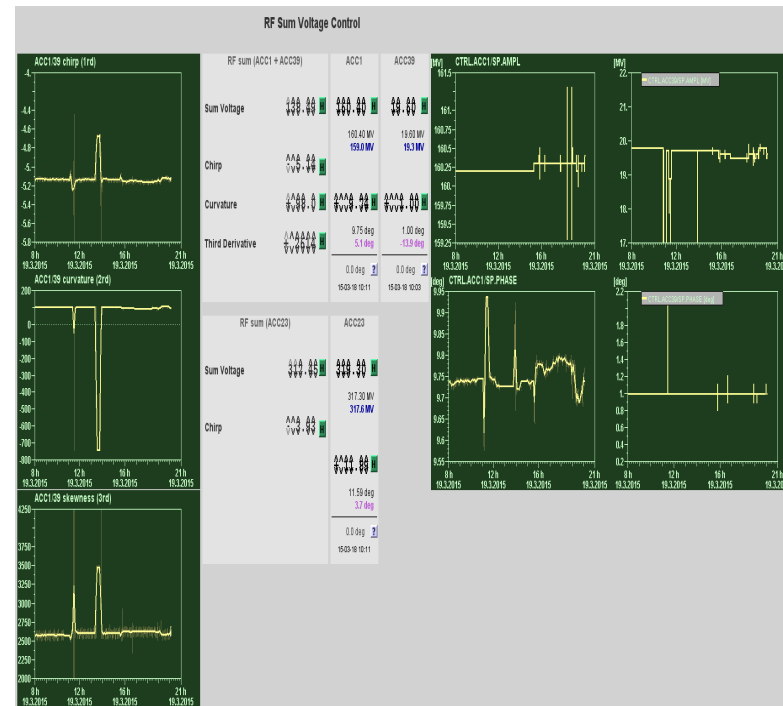
$$2\text{-te Abl.} = \frac{d^2 \Delta E}{E_0 dz^2},$$

$$3\text{-te Abl.} = \frac{d^3 \Delta E}{E_0 dz^3})$$

- Server ⇒ kann auch von anderen server benutzt werden

→ **chirp** = alternativer bunch Kompressions Aktuator im slowLongitudinalFB

→ Raimund's talk **morgen**



FLASH Energy Overview

Energy gain per module

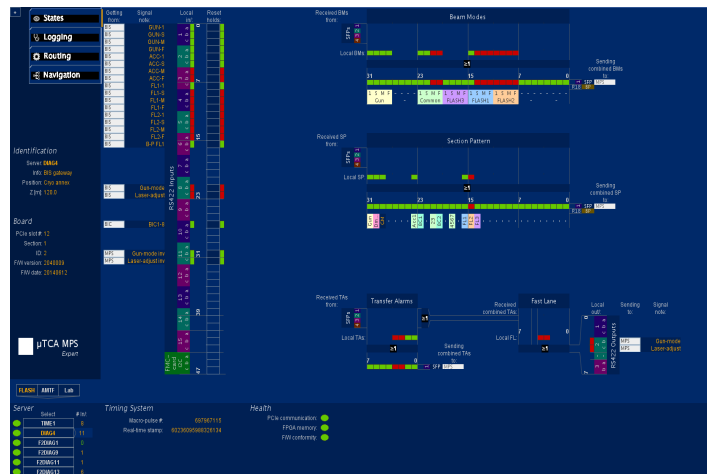
Module	Energy gain per module
G0N	~5
M1ACC1	~175
M1ACC2	~140
M1ACC4	~175
M1ACC5	~140
M1ACC7	~140

Total energy gain

Module	Total energy gain
G0N	~150
M1ACC1	~150
M1ACC2	~280
M1ACC4	~600
M1ACC5	~750
M1ACC7	~950

Signal Path Energy Gain

Point	Energy gain (RBV Vector Sum)	Energy gain (SET Vector Sum)	Dogleg Energy Server
1	150.1	150.1	968.1
2	150.1	150.1	967.2
3	142.5	142.5	974.4
4	104.9	104.9	962.5
5	104.9	104.9	962.5
6	104.4	104.4	962.5
7	111.1	111.1	962.5
8	148.9	148.9	962.5
9	148.9	148.9	962.5
10	104.4	104.4	962.5
11	111.1	111.1	962.5
12	148.9	148.9	962.5
13	148.9	148.9	962.5
14	104.4	104.4	962.5
15	111.1	111.1	962.5
16	148.9	148.9	962.5
17	148.9	148.9	962.5
18	104.4	104.4	962.5
19	111.1	111.1	962.5
20	148.9	148.9	962.5
21	148.9	148.9	962.5
22	104.4	104.4	962.5
23	111.1	111.1	962.5
24	148.9	148.9	962.5
25	148.9	148.9	962.5
26	104.4	104.4	962.5
27	111.1	111.1	962.5
28	148.9	148.9	962.5
29	148.9	148.9	962.5
30	104.4	104.4	962.5
31	111.1	111.1	962.5
32	148.9	148.9	962.5
33	148.9	148.9	962.5
34	104.4	104.4	962.5
35	111.1	111.1	962.5
36	148.9	148.9	962.5
37	148.9	148.9	962.5
38	104.4	104.4	962.5
39	111.1	111.1	962.5
40	148.9	148.9	962.5
41	148.9	148.9	962.5
42	104.4	104.4	962.5
43	111.1	111.1	962.5
44	148.9	148.9	962.5
45	148.9	148.9	962.5
46	104.4	104.4	962.5
47	111.1	111.1	962.5
48	148.9	148.9	962.5
49	148.9	148.9	962.5
50	104.4	104.4	962.5
51	111.1	111.1	962.5
52	148.9	148.9	962.5
53	148.9	148.9	962.5
54	104.4	104.4	962.5
55	111.1	111.1	962.5
56	148.9	148.9	962.5
57	148.9	148.9	962.5
58	104.4	104.4	962.5
59	111.1	111.1	962.5
60	148.9	148.9	962.5
61	148.9	148.9	962.5
62	104.4	104.4	962.5
63	111.1	111.1	962.5
64	148.9	148.9	962.5
65	148.9	148.9	962.5
66	104.4	104.4	962.5
67	111.1	111.1	962.5
68	148.9	148.9	962.5
69	148.9	148.9	962.5
70	104.4	104.4	962.5
71	111.1	111.1	962.5
72	148.9	148.9	962.5
73	148.9	148.9	962



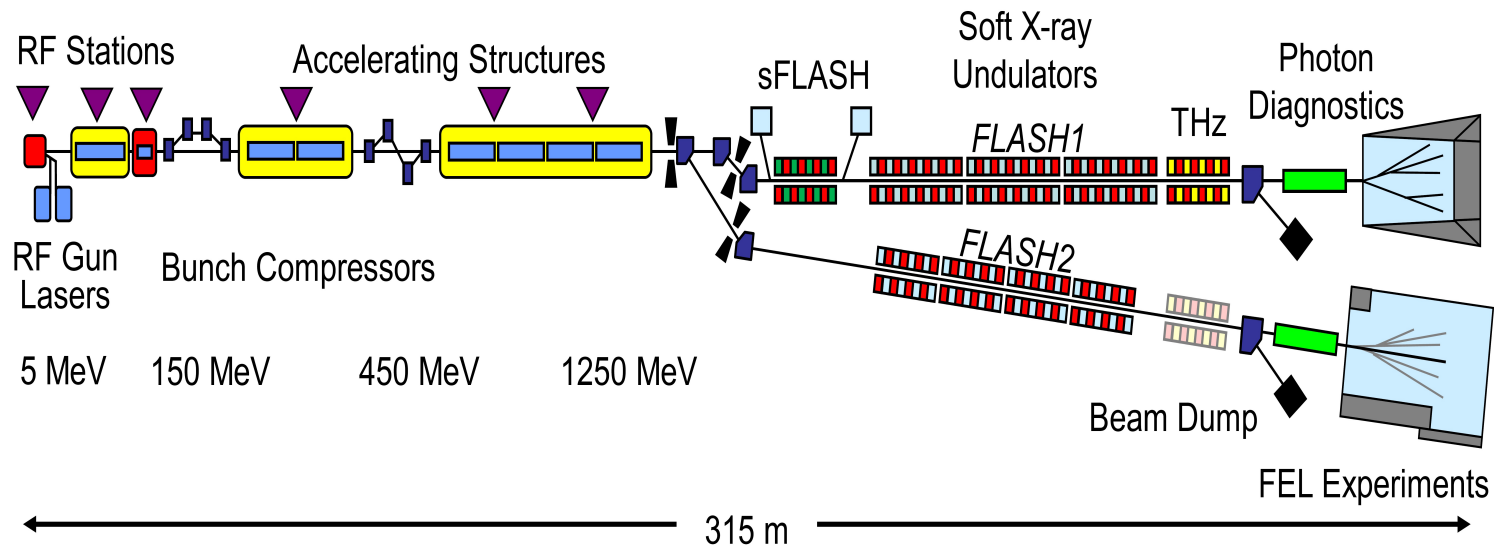
- Slow longitudinal FB erweitert
→ Raimund's talk **morgen**
- Neues μ TCA basiertes MPS
→ Kai's talk **morgen**
- LLRF → E -Profil über linac

Überblick: FLASH mit FLASH1 und **FLASH2**



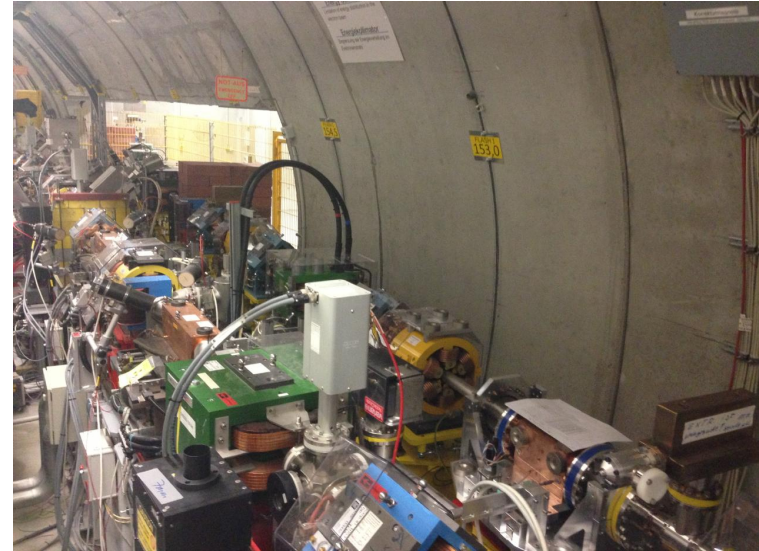
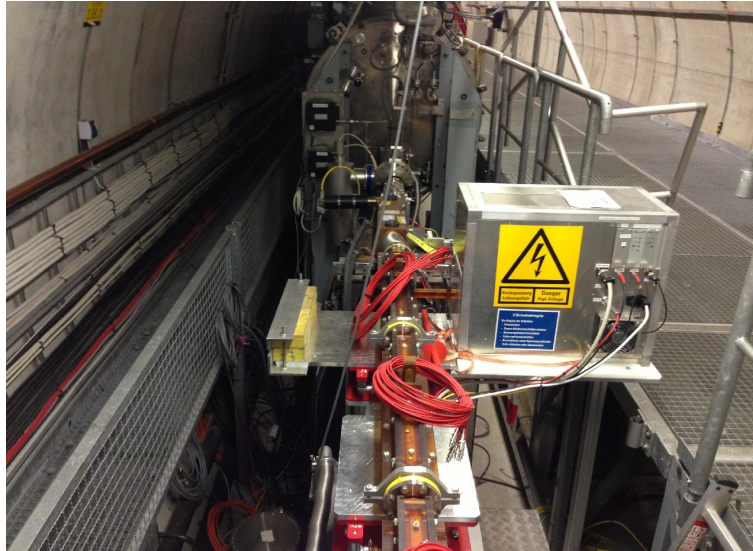
Überblick FLASH (**nach** dem Umbau)

- FLASH = FLASH-Injektor → FLASH-LINAC → { **FLASH1** & **FLASH2** }
- Gemeinsame gun & gemeinsame Module (→ split flat tops) & gemeinsame Magnete in Injektor und LINAC



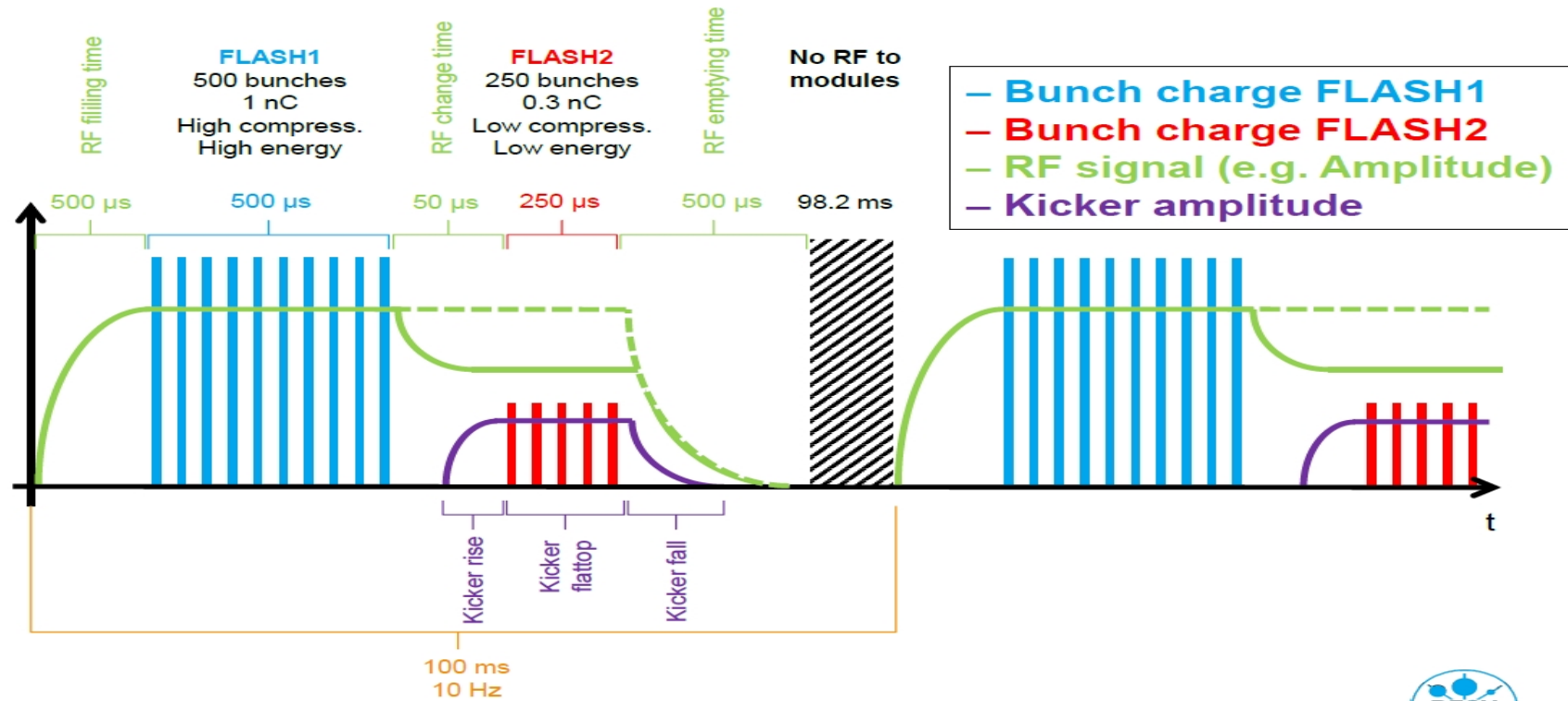
- 2 (ev. 3) unabhängige Injektor-LASER
- **FL2**: variable gap Undulatoren
⇒ **FL2** Wellenlänge (m.o.w.) unabhängig von **FL1**
- **FL1**: fixed gap Undulatoren

Das Herzstück der Zweigleisigkeit : Die Extraktion



- Nach dem letzten Modul:
 - 2 (3) vertikale Kicker mit extrem glatten flat top
 - FL1 ungekickt
 - FL2 nach oben
- Lambertson Septum (kein Bild) :
- unteres Strahlrohr
 - geradeaus → FLASH1
 - oberes Strahlrohr
 - 6.5° nach rechts → FLASH2

Beispiel für neue Zeitstruktur mit 2 beam lines



- bis 800 μ s nutzbares flat top (Wiederholt mit 10Hz)
- LASER : Bunche mit max 1 MHz
 $\Rightarrow$ max 800 bu/RF-Puls

- Kicker rise time : ca. 30 μ s & Zeit für HF: : $> 50 \mu$ s
- Jeder bunch train $\rightarrow$ FL1 & FL2

Die FLASH2 Undulatorhalle ("FL2 Tunnel")

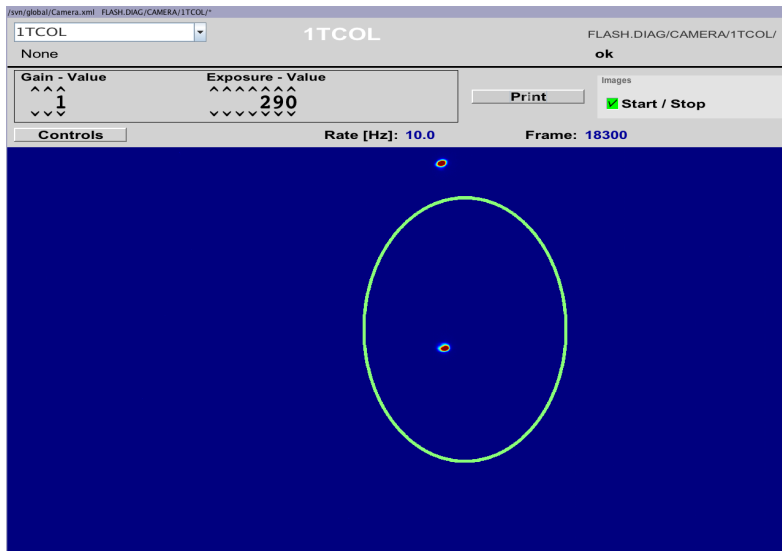
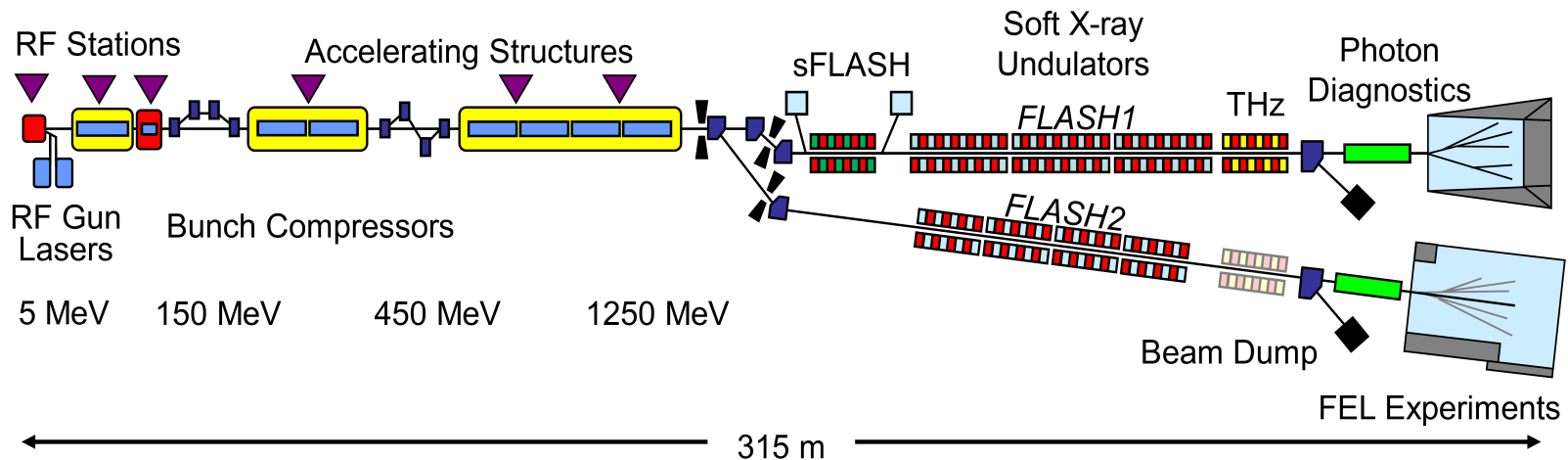


Die FLASH2 Undulatoren



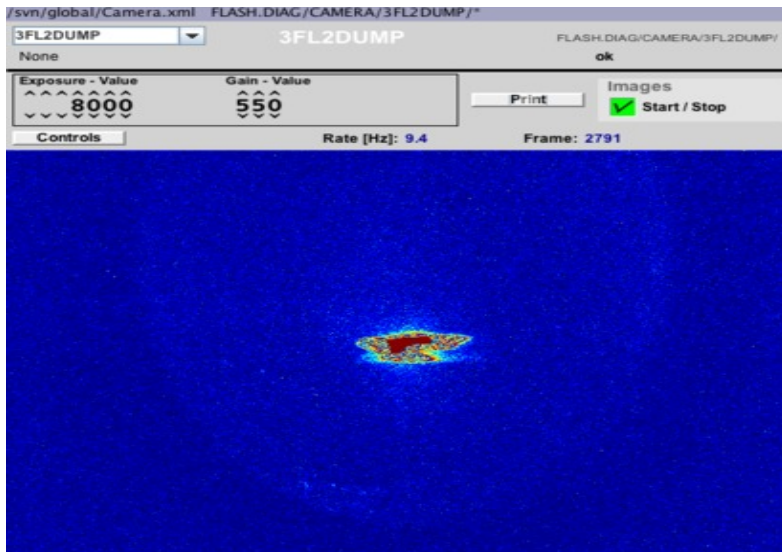
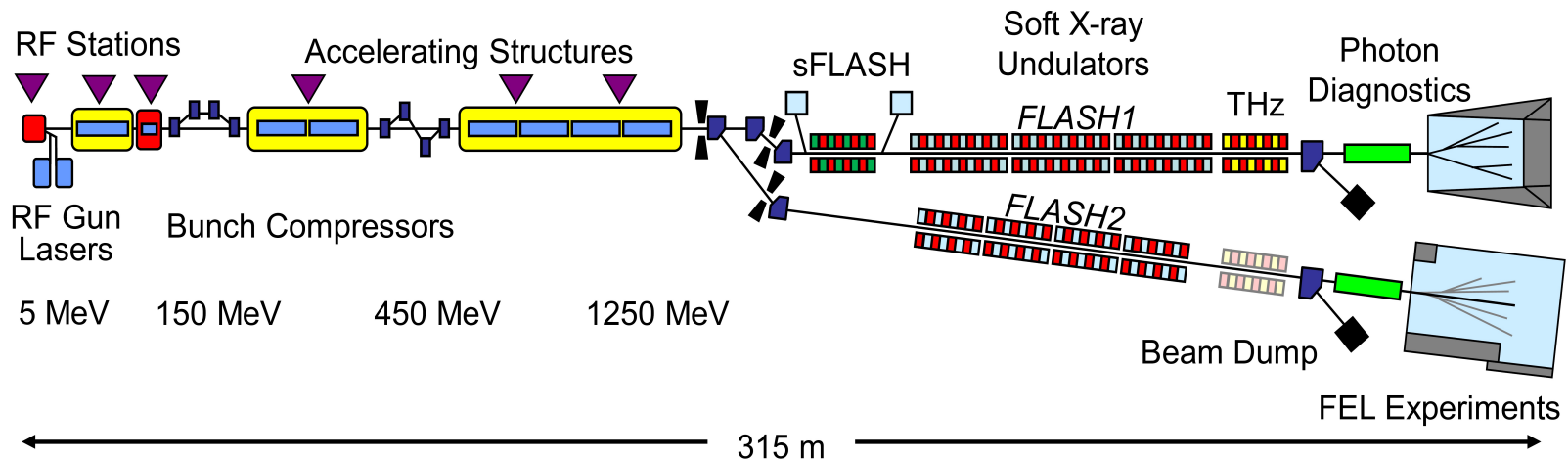
- Variables Undulator gap $\Rightarrow$ für gegebene e^- -Energie : FEL-Wellenlängenbereich
- 0.7 GeV : 10 nm $\rightarrow$ 40 nm
- 1.0 GeV : 6 nm $\rightarrow$ 20 nm
- 1.2 GeV : 4.5 nm $\rightarrow$ 13.5 nm

FLASH2 Inbetriebnahme : 04.03.2014 : Erster Strahl durchs Septum



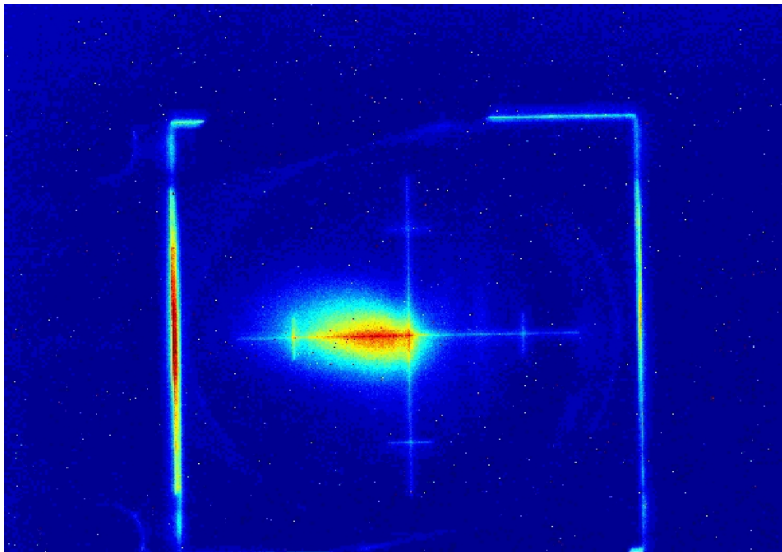
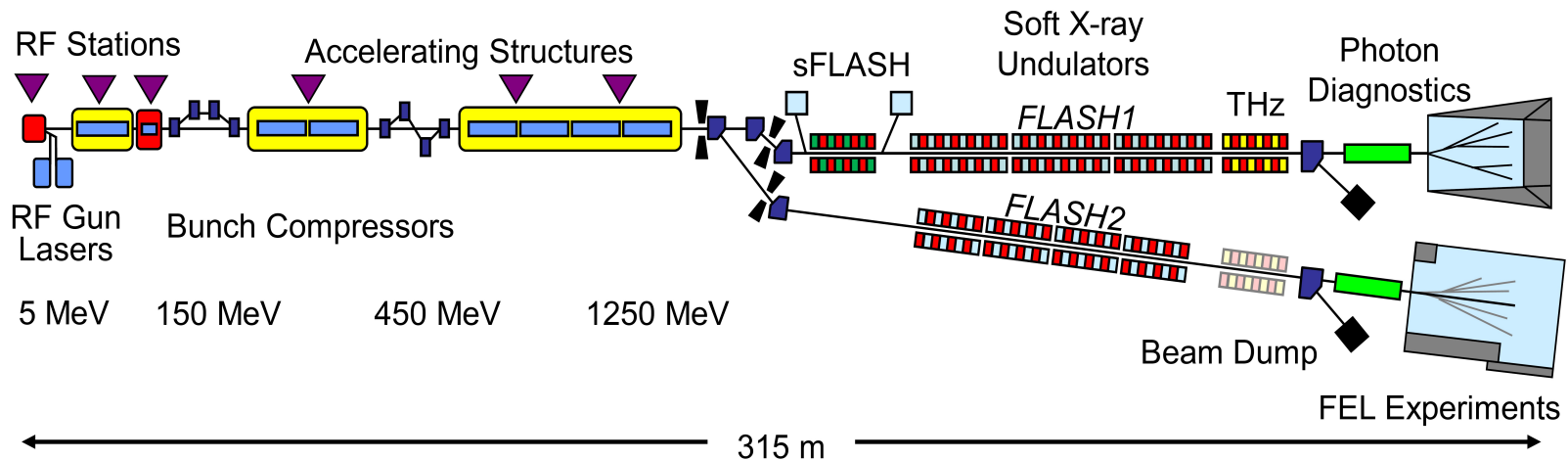
- Optik **vor** dem Septum!
- Orbit **vor** dem Septum!
- Septum Winkel (Strom)!
- Bild: **FL1 (unten)** & **FL2 (oben)**
Bunch (auf OTR Schirm)

FLASH2 Inbetriebnahme : 23.05.2014 : Erster Strahl im Dump

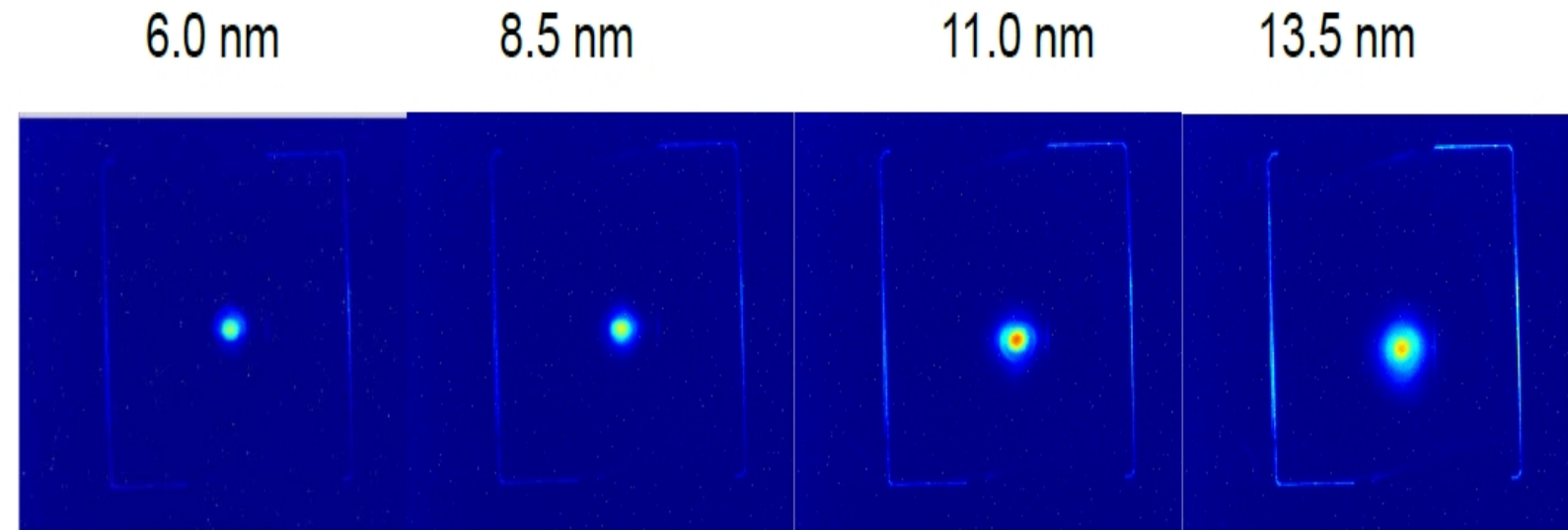


- FLASH2 Diagnostik (BPMs, Schirme, Strahlstrom-Monitore)!
- Optik & Orbit in Extraktion!
- Optik & Orbit in FL2 beam line!
- Undulatoren noch offen (= "aus")
- Bild : Bunch auf OTR vor Dump

FLASH2 Inbetriebnahme : 20.08.2014 : First Lasing



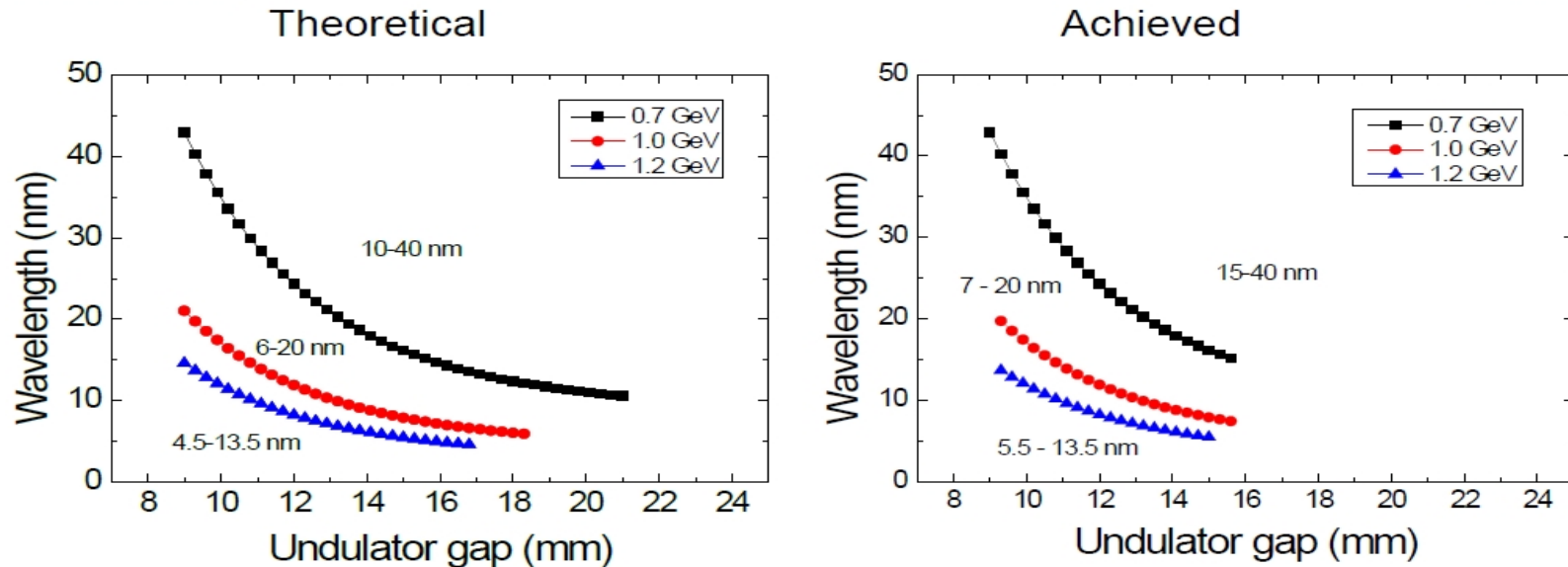
- Parallelbetrieb : **FL1** mit **250 bu** bei 13.5 nm
- 4 (von 12) Undulatoren (ganz) geschlossen
- Entschärfte Optik
- Kompression wie in FLASH1
- **FL2: 700 MeV $\Rightarrow$ 40 nm**

Seither: Kontinuierlicher Fortschritt

- e^- -Diagnostik stabilisiert
 - Dispersion (Wirkung der Ablenkmagnete bei abweichender Energie) optimiert
 - Optik verbessert
 - Orbits besser verstanden
 - Vorläufige γ -Diagnostik in Betrieb
- Lasing optimiert bei verschiedenen Wellenlängen
- Bild : FEL Strahlung auf Schirm in γ beam line

FLASH2 Inbetriebnahme : work in Progress

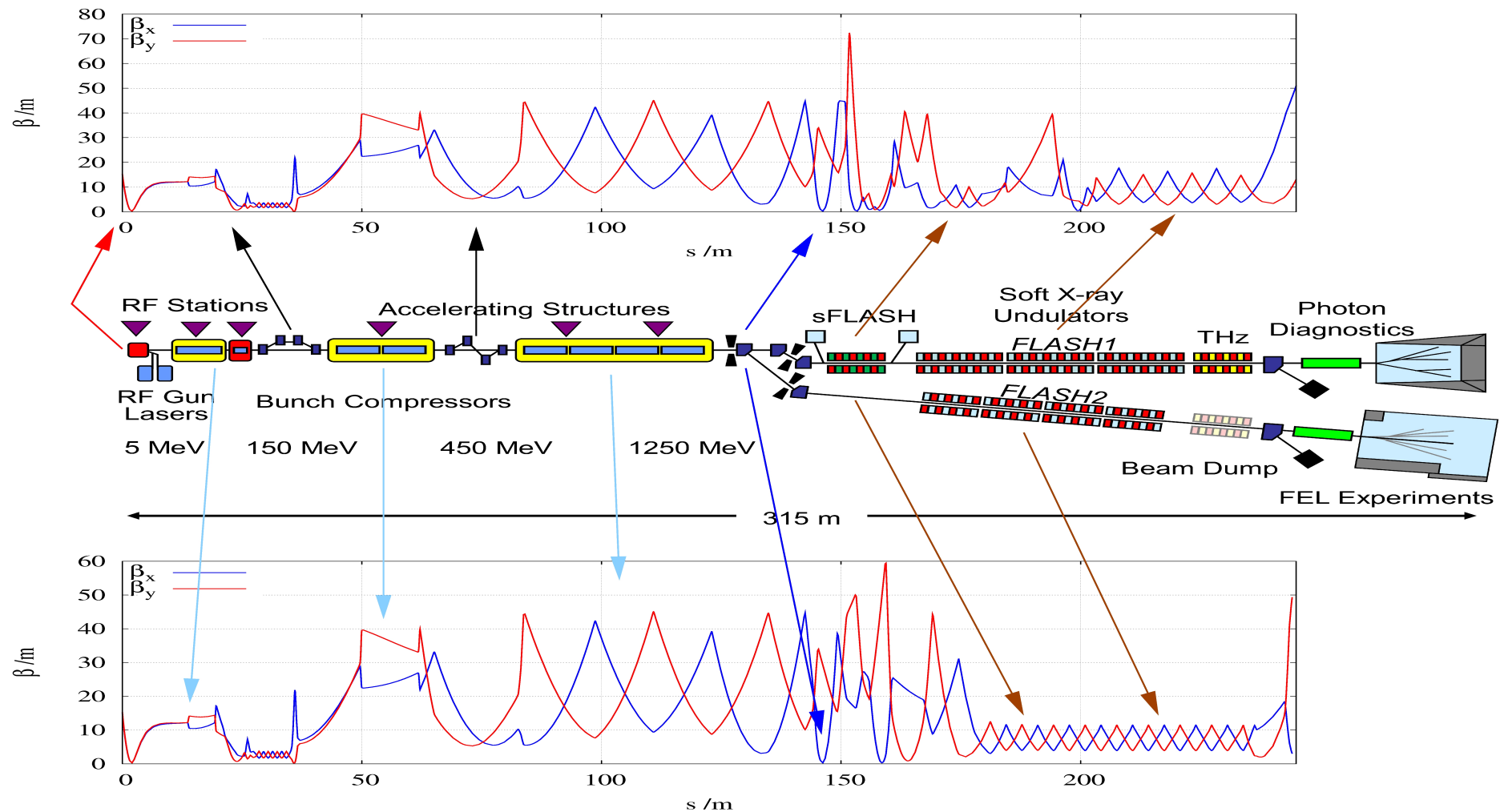
Inbetriebnahme geht weiter. Optimierung noch nicht abgeschlossen.



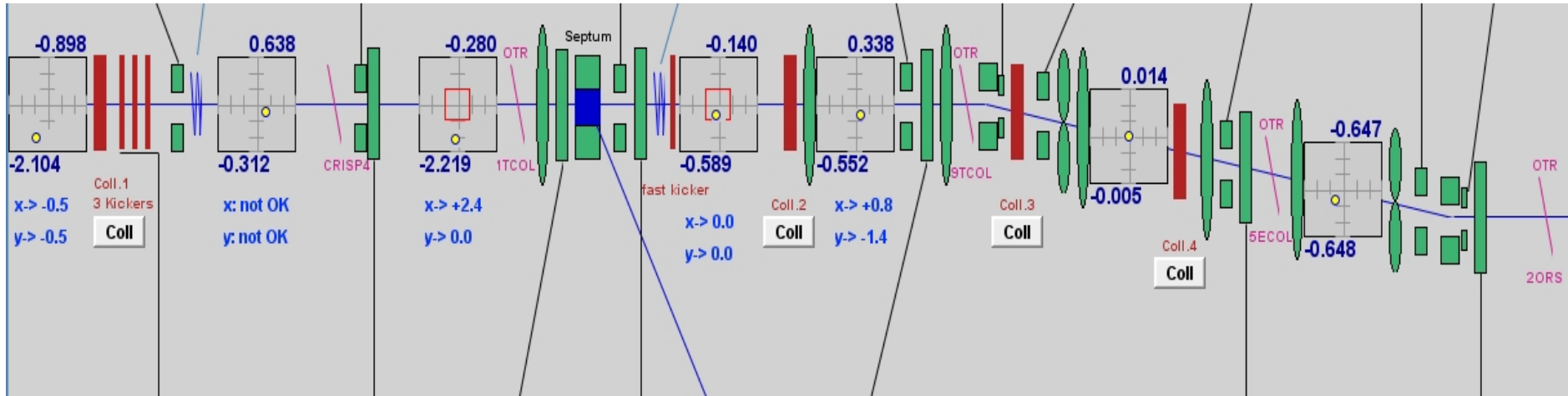
- Optik (Anpassung der Extraktion)
- Dispersion (Anpassung Extr.)
- Orbit im Undulator
- Operating (siehe unten)
- Neue γ -Diagnostik
- Verbesserung der e^- -Diagnostik
- Inbetriebnahme der γ beam line in der neuen Experimentierhalle

Parallelbetrieb: FL & FL2: (→ Matthias talk **später**): Optik

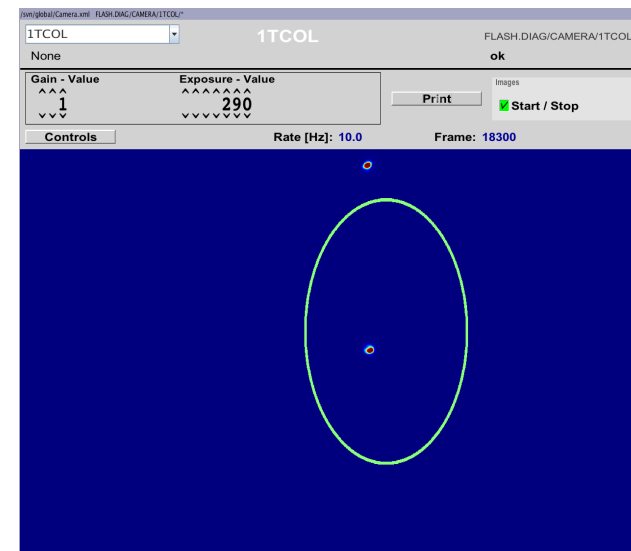
Optik (DC-Magnete!) muss für Injektor/LINAC, FLASH1 und FLASH2 passen!



Betrieb mit 2 Beam Lines : Orbit

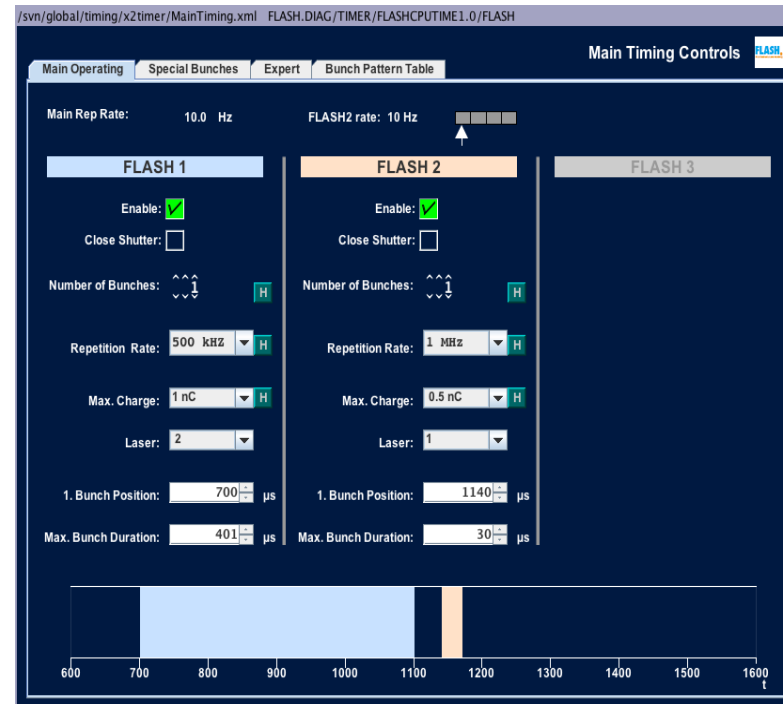
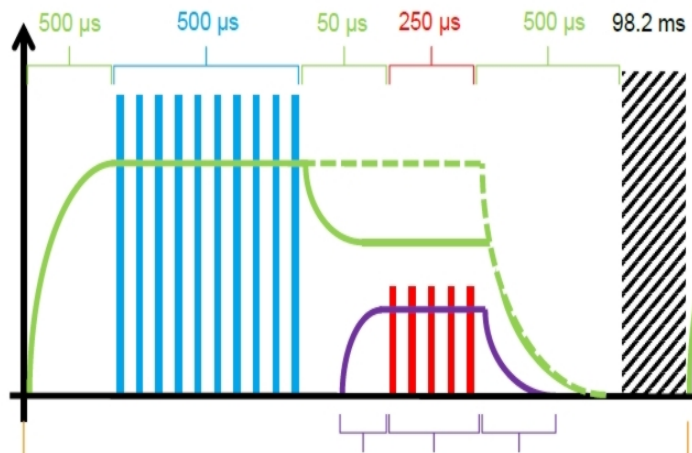


- Orbit vor Septum $\rightarrow$ FL1 & FL2
 - Sensitiver Knopf beim SASE tunen!
 - Sensitiver Knopf für Transmission zu FL2
- $\rightarrow$ Operating !!!



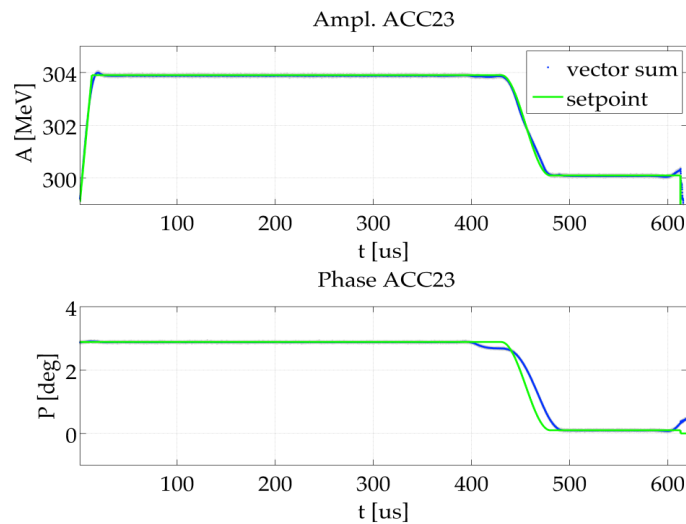
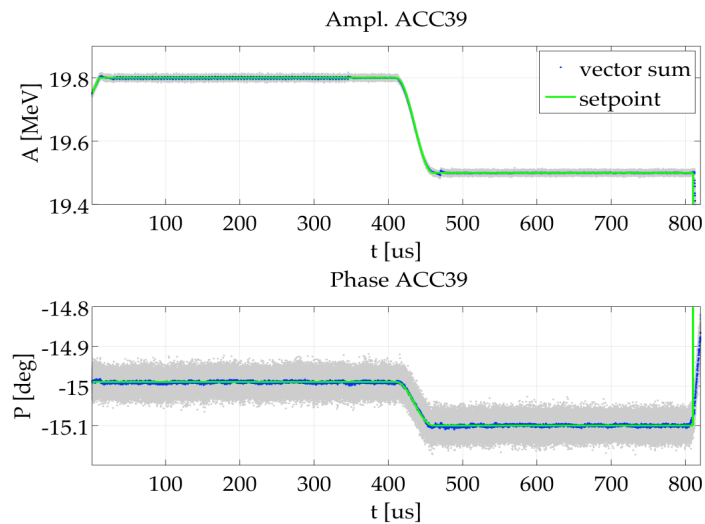
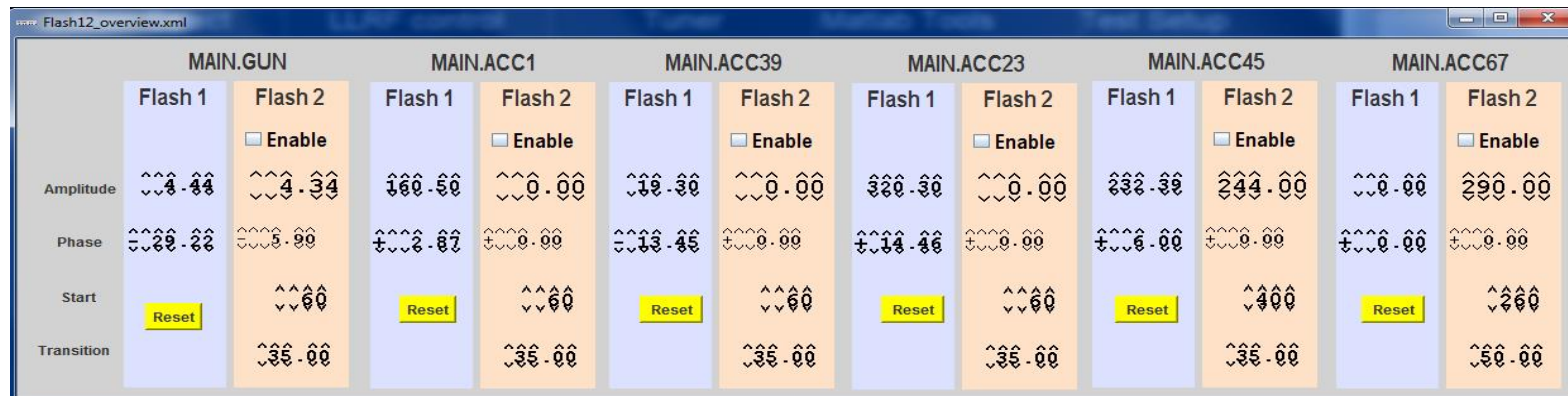
Betrieb mit 2 Beam Lines : Timing & Kontrollsystem

- Variable bunch patterns
- Variable Injektor-LASER Steuerung
- 2 (statt 1) “Referenzbunch(e)”
- Neues (komplizierteres) Machine-ProtectionSystem

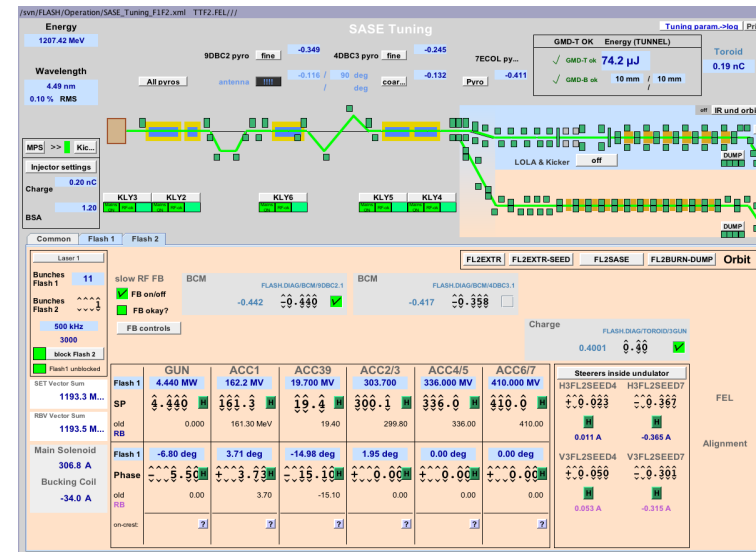
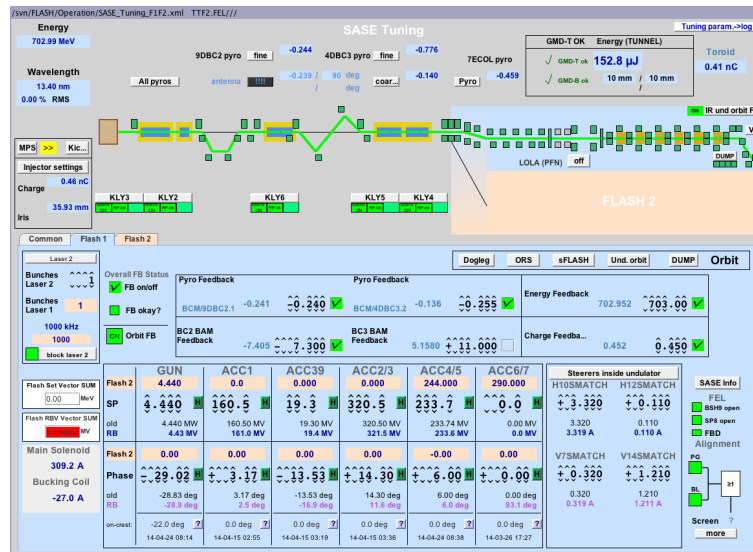


Betrieb mit 2 Beam Lines : RF (split flat tops)

Höhere Ansprüche and Bandbreite und Flexibilität der Regelung!



Betrieb mit 2 Beam Lines : Operating



- “Größerer” Beschleuniger
- ⇒ **mehr** Hardware, Parameter, Prozeduren, Panels
- ⇐ Jetzt standardmäßig **2** Operateure für FLASH

- Kopplung der 2 Undulator beam lines durch den **gemeinsamen Teil (Injektor & LINAC)**
- ⇒ erhöhte Komplexität / mehr Nebenbedingungen
- Umdenken der Operateure (kein “losgelöstes Gepfriemel” mehr!)

Ausblick

- Momentan wird die FL2 γ beam line an die FL2 Exp-Halle angeschlossen
- Wenn alles gut geht: Mitte April wieder Strahl nach FL2
- Mai : die letzten 800 to Sand werden in's Bermuda-Dreieck gefahren

⇒ 3 Wochen shutdown (ganz FLASH)

- Danach: m.o.w. Durchlaufen bis Ende 2016!
- Vielleicht Ende 2015 FEL Pilotexperiment (friendly users) bei **FLASH2**
- Ab 2016 user run in **FLASH1** & **FLASH2**

Zusammenfassung

- FLASH ist 2014/Anfang 2015 sehr gut und stabil gelaufen.
- Insbesondere die RF-gun ist mit 60 % der design flat top Länge extrem stabil gelaufen.
- FLASH2 wurde erfolgreich “angeschlossen” und hatte erste SASE im Parallelbetrieb.
- Wir hatten Rekord-SASE, Rekord-kurze bunche und erste Ansätze für HGHG seeding in sFLASH.
- Die Konsolidierung der Strahloptik geht voran.
- Das Kontrollsystem erscheint bereit für den Parallelbetrieb von **FLASH1** & **FLASH2**.
- **Vielen Dank an alle, die mitgeholfen haben, FLASH/1/2 voran zu bringen!!!**

Veelen Dank og för't Tohöörn!