

MPS, Timing und Injektor-Laser.

Übersicht über das System zur Erzeugung des Bunch-Musters für den Multi-Beamline Betrieb bei FLASH

Christian Grün
für die Laser, Timing und MPS-Teams

Beschleuniger-Betriebsseminar
Travemünde, 02.11.2016

- > Free-electron laser FLASH
 - Multi beamline FEL Operation
 - Beispiele für Betriebszustände
- > Timing System
 - Bunch Pattern Word und Bunch Pattern Table
 - Special Bunches
- > MPS
 - Beam Mode und Section Pattern
 - Limitierung des Bunch Patterns
- > Injektor Laser
 - Anschluss an MPS und Timing
 - Erzeugung des Laser-Pulse-Patterns
- > Hardware
- > Operating Panels
- > Spezielle Anwendungen
- > Operating Issues und Ausblick



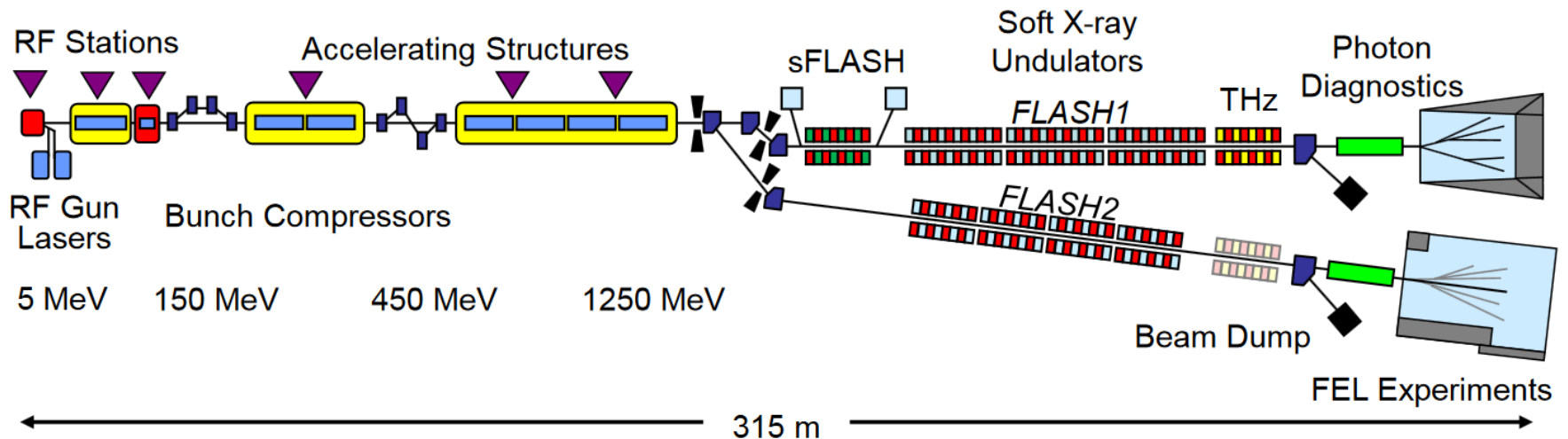
Beteiligte Systeme und Personen

- > Enge Zusammenarbeit der Kollegen aller beteiligter Systeme war maßgeblich für die erfolgreiche Inbetriebnahme des Systems
- > MicroTCA Timing System:
 - Arthur Aghababyan, Holger Kay, Kay Rehlich und Christoph Stechmann
- > Machine Protection System (MPS):
 - Jürgen Jäger, Sven Karstensen, Robert Kunze, Kay Rehlich und Martin Staack
- > Injektor Laser:
 - Christian Grün, Olaf Hensler, Karsten Klose, Juliane Rönsch-Schulenburg, Siegfried Schreiber und Torsten Schulz, Bernd Steffen



Free-electron laser FLASH

- > Multi-user FEL operation (800 μ s bursts / 10Hz Repetition rate)
 - Parallel laufende Experimente mit unterschiedlichen Strahlanforderungen
- > Drei Injektorlaser-Systeme
- > Neuentwicklung: Timing, FLASH2 MPS und Laser-Controller
- > FLASH3 Beamline (FlashForward Project) im Aufbau

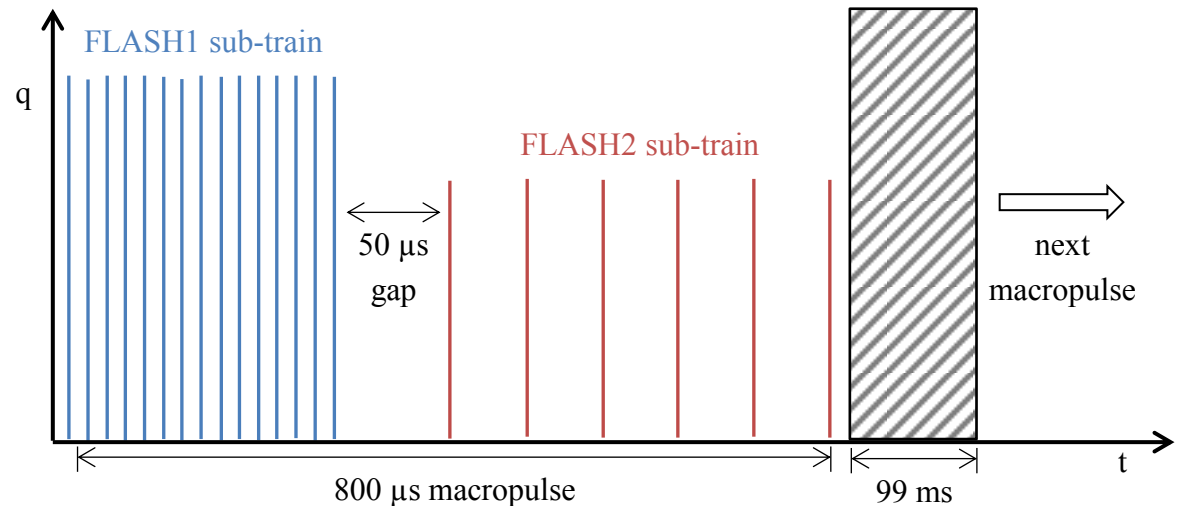


Exemplarisches Bunch-Muster (Standardbetrieb)

➤ Maximale Variabilität des Parameterraumes für jede Beamline

➤ Parameter:

- Ladung
- Repetition Rate
- Anzahl der Bunche
- (Energie)
- (Kompression)



➤ Lücke zwischen den sub-trains für LLRF-Anpassung und Kickerpuls

➤ Unterschiedliche Laser für jede Beamline

➤ Variable Zuordnung der Lasersysteme (Laser1, 2 und 3)

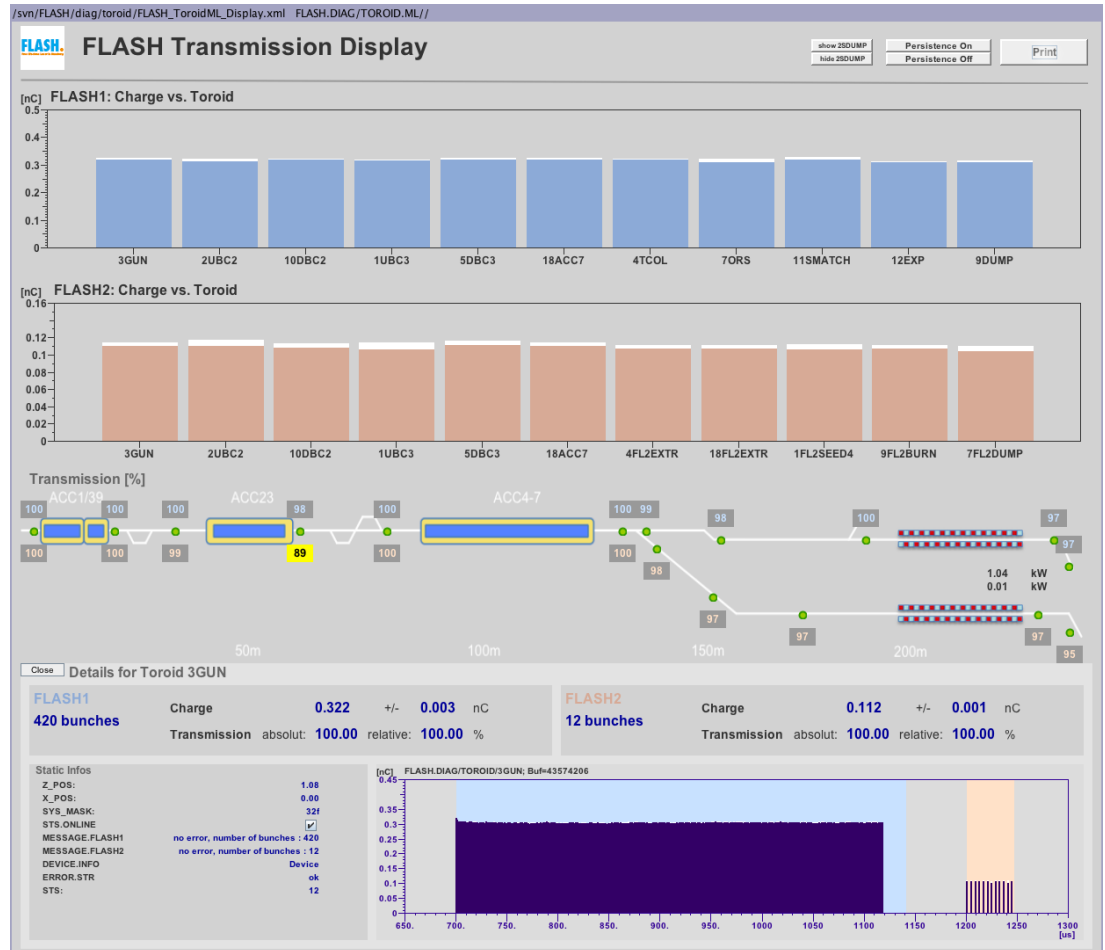
Betriebsbeispiel vom 05.10.2016

> FL1 user run

- 9.8 nm / 812 MeV
- 420 bunches / 1 MHz
- 320 pC
- 100 μ J GMD-T (10/10)
- Laser 2

> FL2 user run

- 20.4 nm / 810 MeV
- 12 bunches / 250 kHz
- 110 pC
- 150 μ J GMD (10/10)
- 12 undulators
- Laser 1



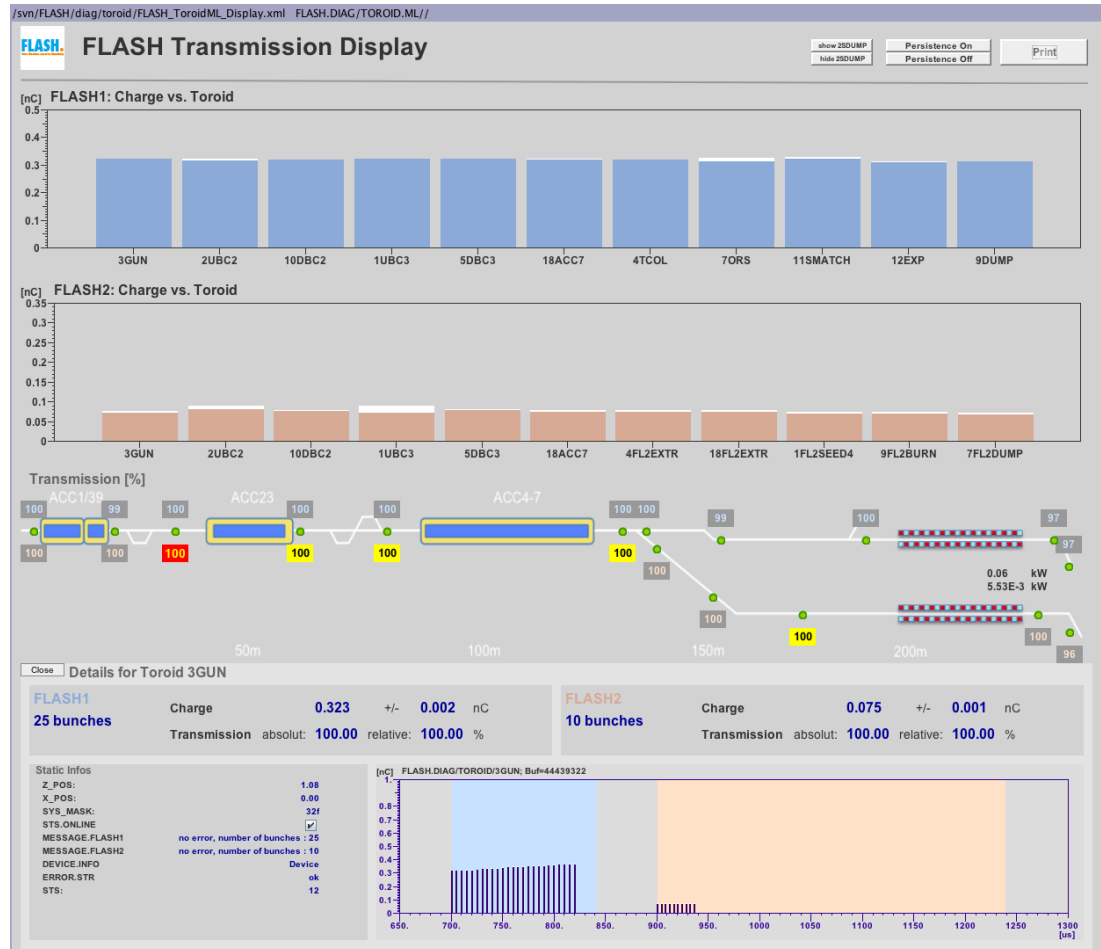
Betriebsbeispiel vom 07.10.2016

➤ FL1 THz operation

- 9.8 nm / 812 MeV
- 25 bunches / 200 kHz
- 320 pC
- 160 μ J GMD-T (10/10)
- Laser 2

➤ FL2 user run

- 20.4 nm / 810 MeV
- 30 bunches / 250 kHz
- 40 pC
- 45 μ J GMD (10/10)
- 12 undulators
- Laser 3



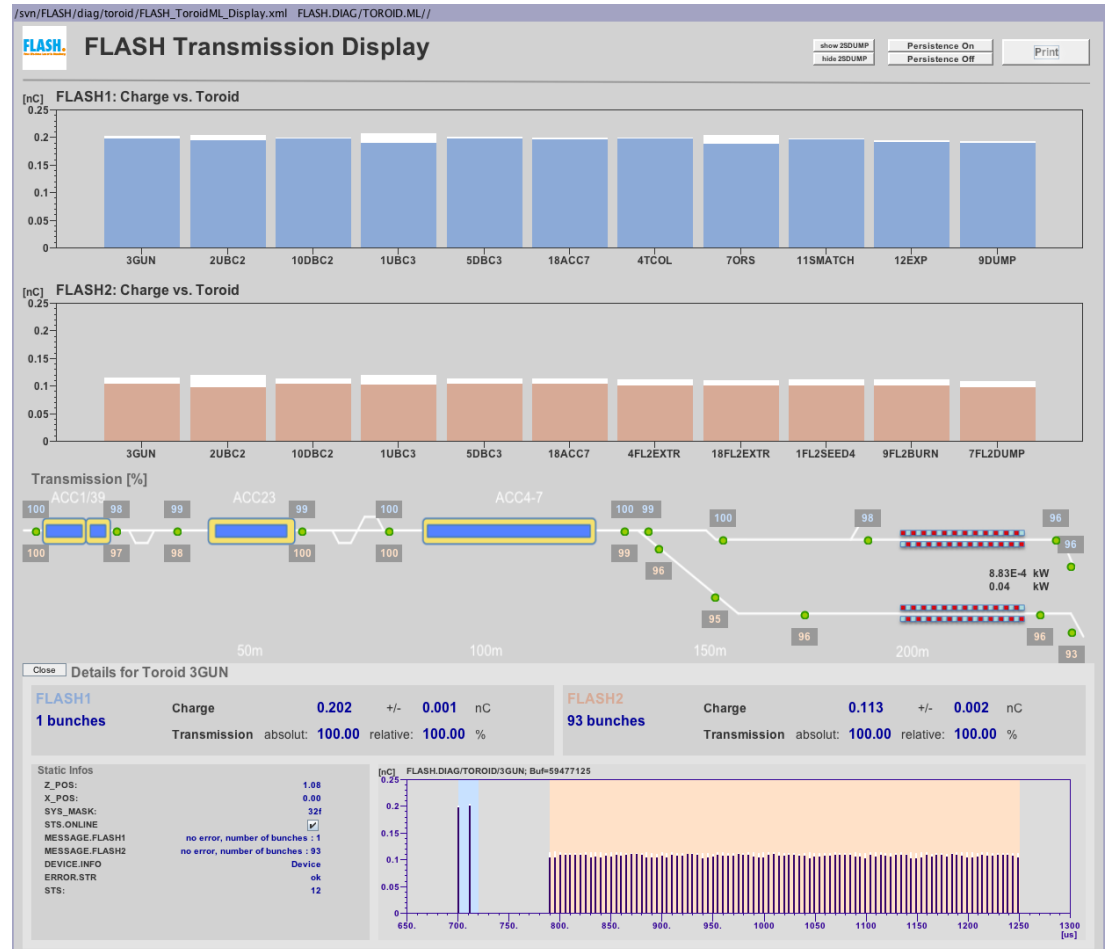
Betriebsbeispiel vom 24.10.2016

> FL1 user run

- 30.3nm / 461 MeV
- 1 bunch
- 200 pC
- 100 μ J GMD-T (10/10)
- Laser 2
- LOLA: 55 fs rms

> FL2 user run

- 51.8 nm / 461 MeV
- 93 bunches / 200 kHz
- 100 pC
- 16 μ J GMD (5/7.5)
- 9 undulators
- Laser 3



MicroTCA.4 Timing System

- Definition der Zeitstruktur des Bunchpatterns jeder Beamline
- Eingabe des Wunschpatterns durch den Operateur (doocs server)
- Erzeugung im Timing-Master und Verteilung an Slave-Module

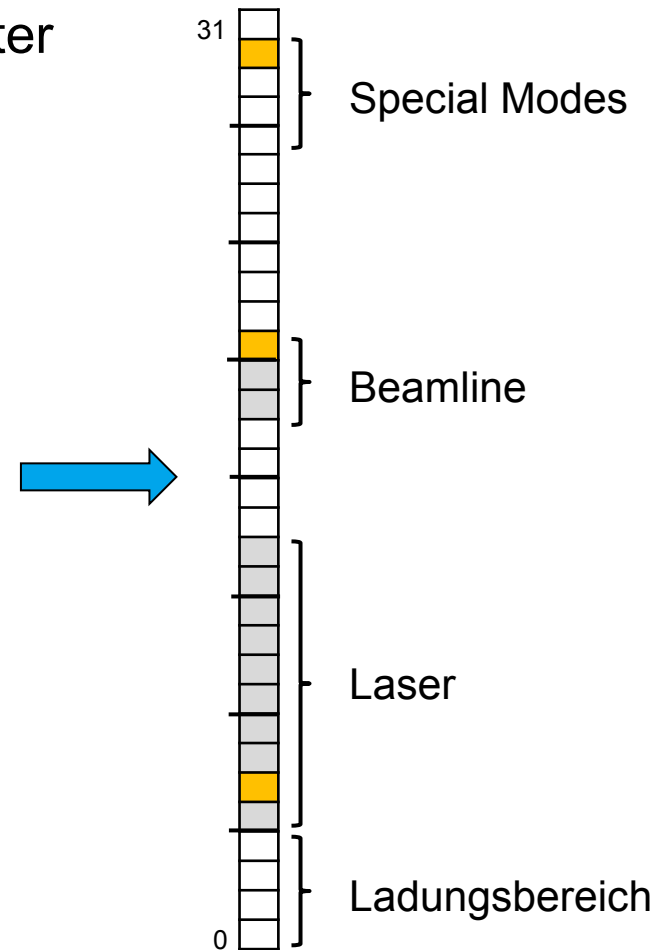
- Wichtige Features:

- 1. Bunch Pos.
- Max. Bunch Duration
- Visualisierung der Beamline Bereiche
- 10 Hz / 1 Hz Operation
- Beamline Enable



Timing System - Bunch Pattern Word

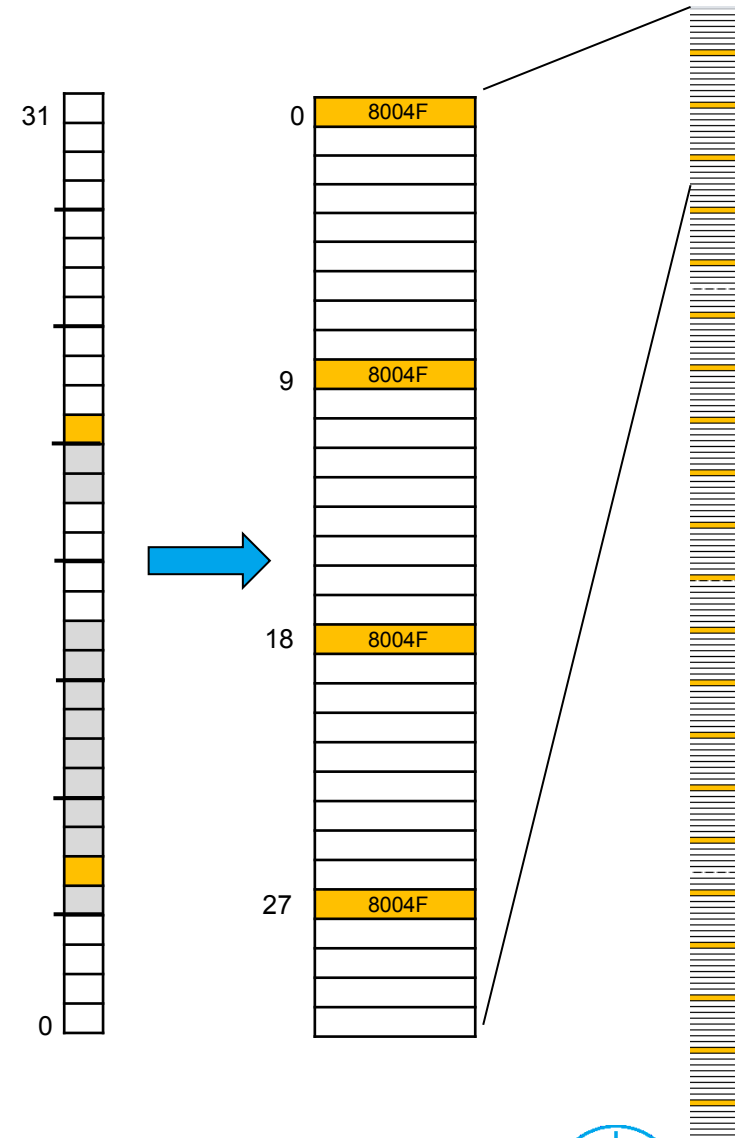
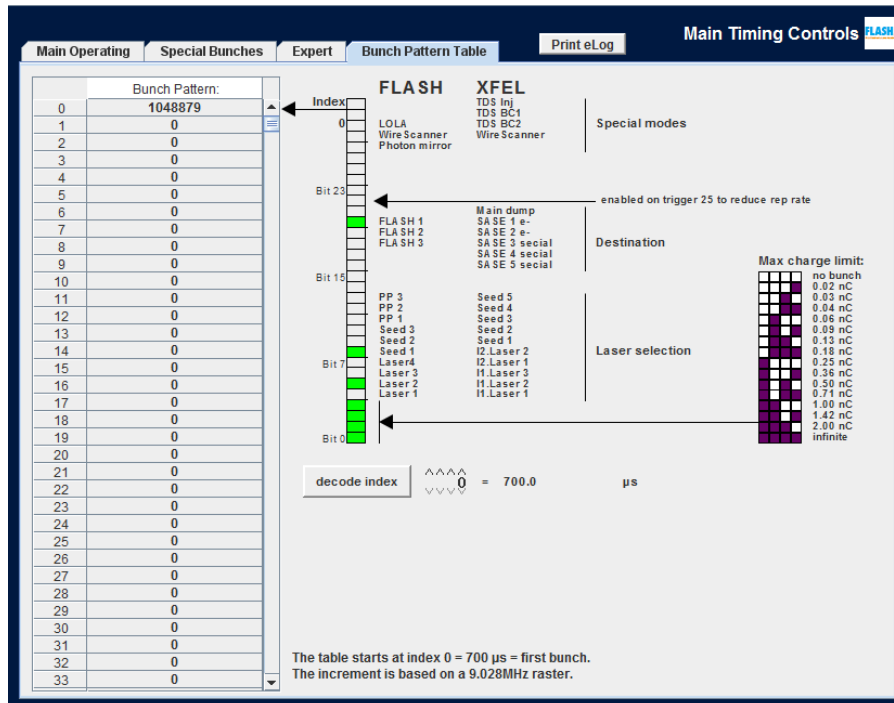
- 32 bit Register definiert eindeutig jeden Bunch
- Eingabe durch Operateur im Timing Master



Timing System – Bunch Pattern Table

➤ Array aus 7222 Bunch Pattern Words

- Abstand 9 MHz, Länge 802 μ s
- Definiert Zeitstruktur des Makropulses
- Ungenutzte/ungültige Positionen sind = 0
- Erzeugung mit 10 Hz



Timing System - Special Bunches

➤ Manuelle Einträge in die Bunch Pattern Table erzeugen:

- CRISP
- LOLA
- Wire Scanner
- Special modes
- Beliebige Pattern
- ...

The screenshot displays the 'Special Bunches' configuration window. At the top, there are tabs for 'Main Operating', 'Special Bunches', 'Expert', and 'Bunch Pattern Table', along with a 'Print eLog' button. The main title is 'Main Timing Controls' with a 'FLASH' logo. Below the tabs, the instruction reads: 'Insert two different special patterns A and B into the bunch pattern table'.

Configuration parameters for patterns A and B are shown in a table:

Parameter	A	B
First Position:	702.99	703.98
Step (9MHz Raster):	9	9
Number:	1	1

Additional settings include: [μs] First Bunch = 700 μs, LOLA / TDS Enabled, Bunch at: 702.9908, Rate: 10 Hz. A note indicates 'enabled on trigger 25 (reduced rep rate)'.

Mode selection includes: FLASH (CRISP Kicker, LOLA, Wire Scanner, Photon mirror) and XFEL (TDS Inj, TDS BC1, TDS BC2, Wire Scanner). A 'Special modes' section is also present.

Destination options include: FLASH 1, 2, 3; Main dump; SA SE 1 e-, SA SE 2 e-, SA SE 3 social, SA SE 4 social, SA SE 5 social.

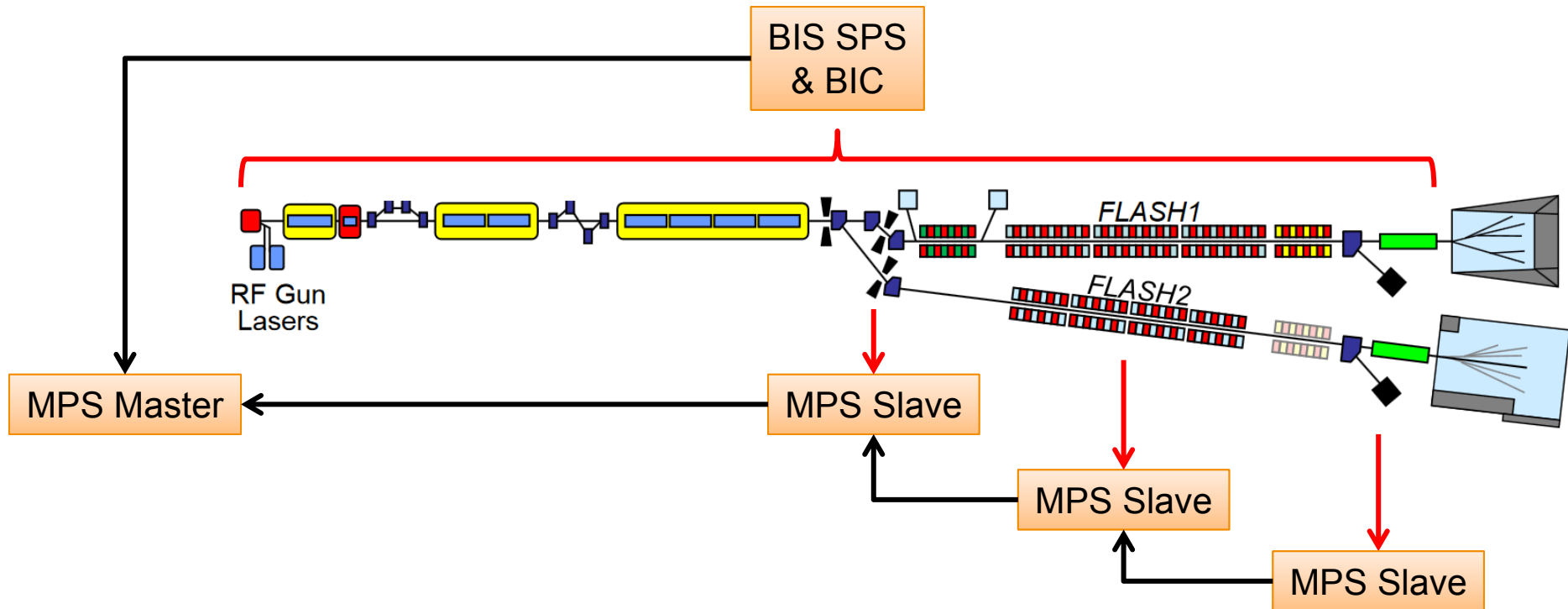
Laser selection options include: PP 3, PP 2, PP 1, Seed 3, Seed 2, Seed 1, I2.Laser 2, I2.Laser 1, Laser 3, I1.Laser 3, Laser 2, I1.Laser 2, Laser 1, I1.Laser 1.

A 'Charge' button is located at the bottom of the interface.



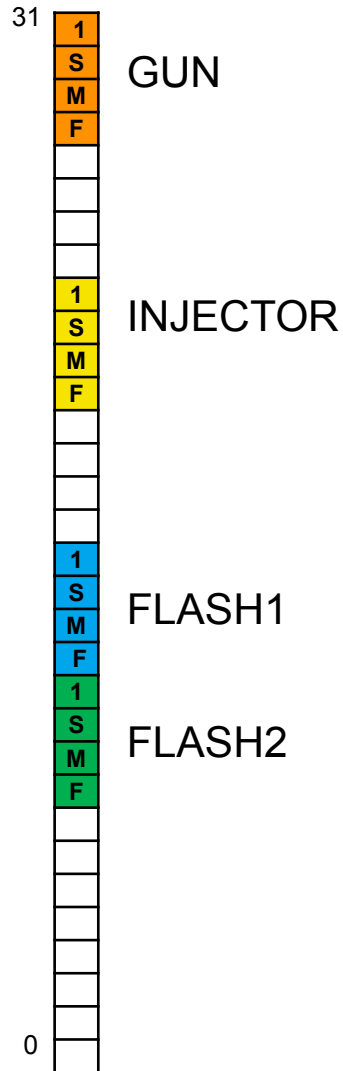
Machine Protection System (MPS)

- Schützt den Beschleuniger vor Beschädigungen
- Sammelt Statusinformationen/Alarmer diverser Komponenten
- Setzt Limitierungen des Bunch-Musters



MPS – Beam Mode und Section Pattern

Beam Mode Vektor

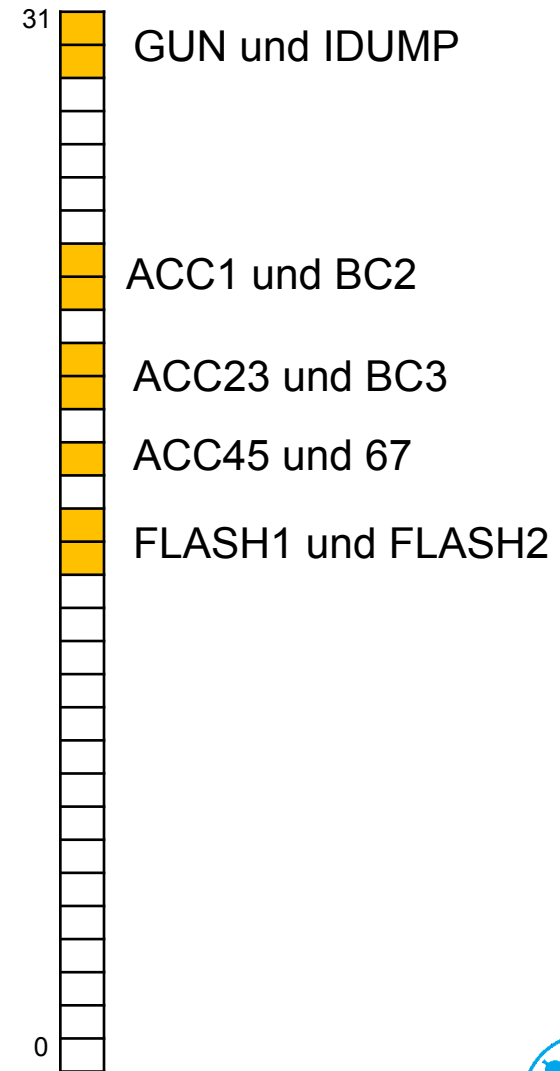


Mode	#bun
Single	2
Short	30
Medium	∞
Full	∞

▪ Limitierungen durch:

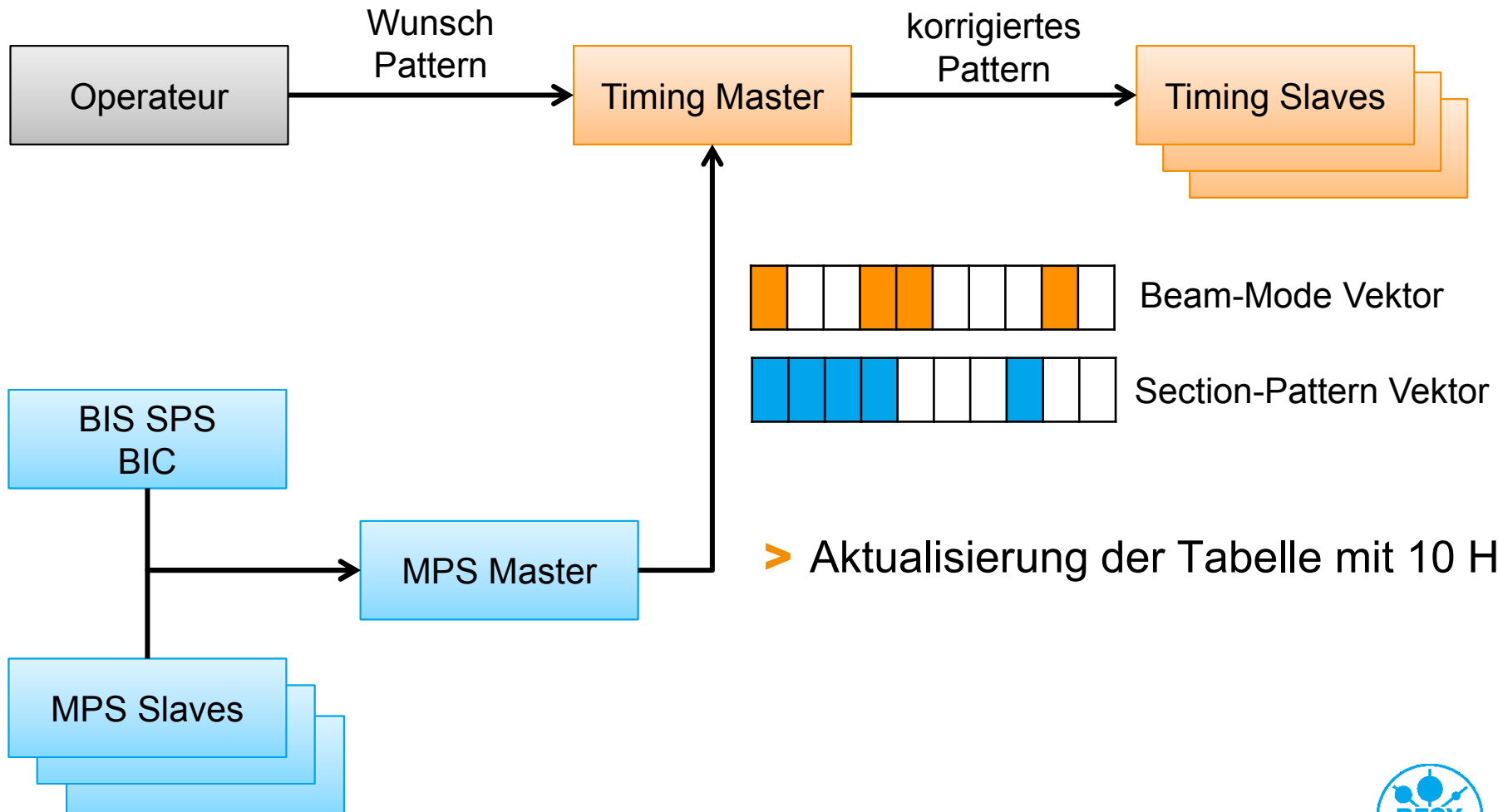
- Schirme
- FS-BT
- D11SMATCH
- D9SMATCH
- Dump-Rotator
- Vacuum Ventile
- BLM slow-protection
- Kollimatoren
- ...

Section Pattern

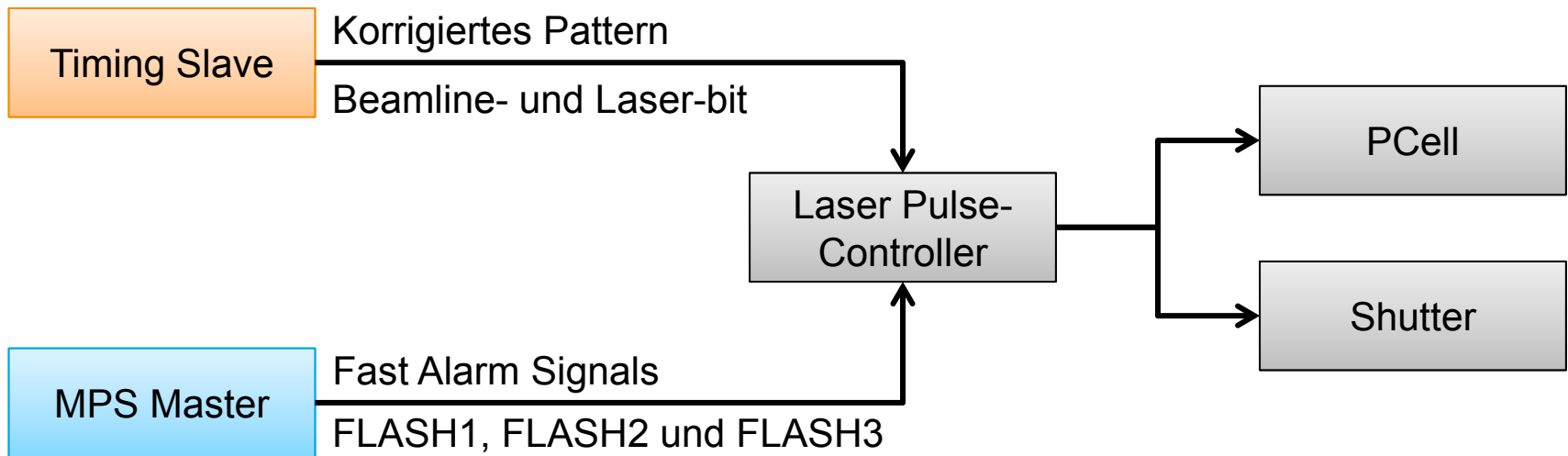


MPS – Limitierung des Bunch Patterns

- > Limitierung im Timing Master durch Beam-Mode und Section Pattern



Verbindung Laser – MPS - Timing



> Timing sendet gewünschtes Bunch Pattern

- Laser und Beamline Information

> MPS sendet Fast Inhibit Signale

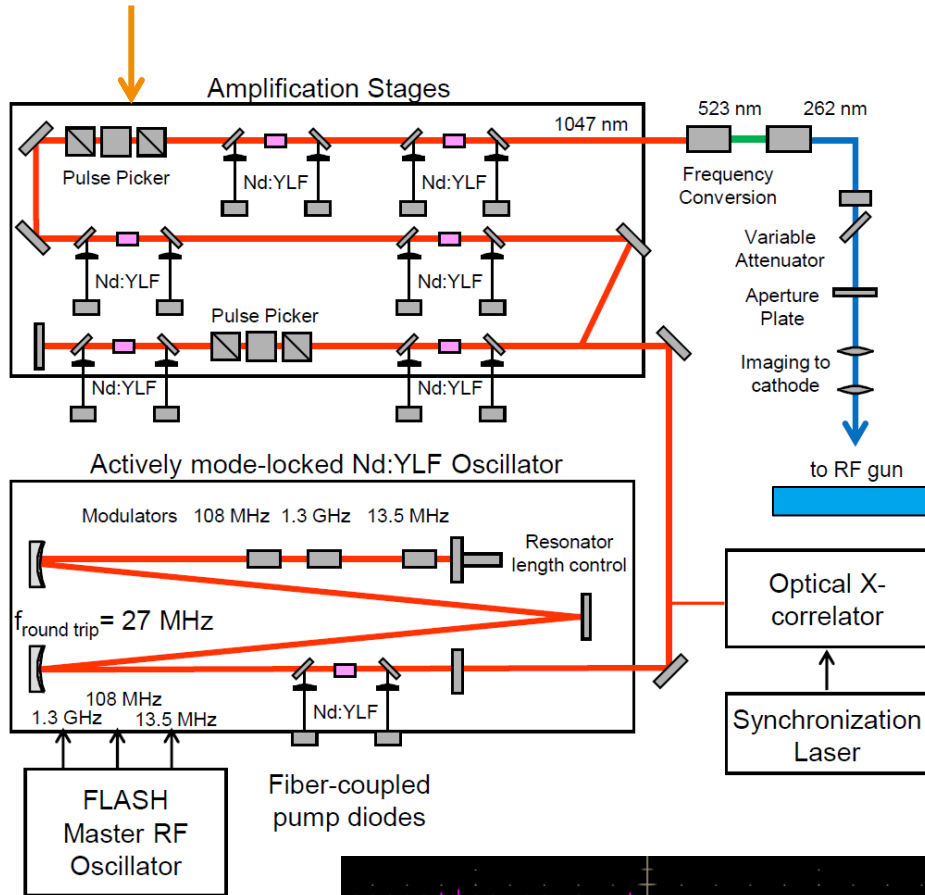
- Signale sind Beamline zugeordnet
- Latenz: max. 4,5 μ s (abhängig von Anzahl der MPS slave Modulen)
- Pcell Inhibit
- Shutter Inhibit

> Laser Pulse Steuerung

- Pockels-Zelle
- Shutter

Erzeugung des Laser Pulse Patterns

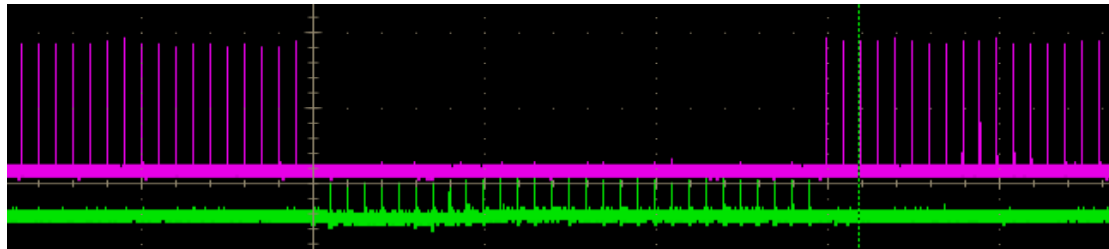
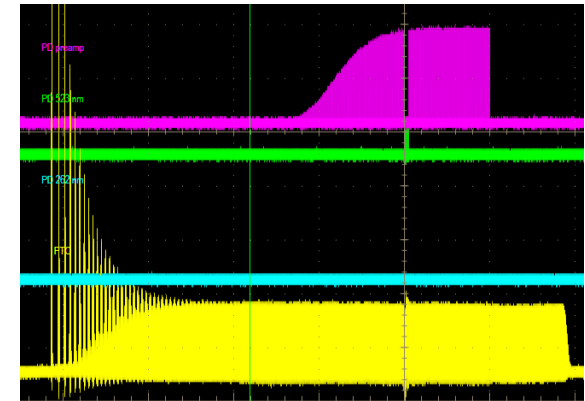
Pockels-Zelle 2



Shutter

> Umsetzung der Timing und MPS Signale

- Ansteuerung Pockels-Zelle
- Ansteuerung des Shutters
- Erzeugung von TPS-Gates
- Sicherheits-Features



MPS und Timing Hardware

Beam Interlock Concentrator
BIC



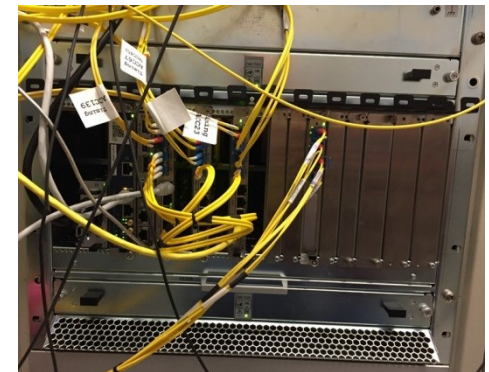
Beam Inhibit System
BIS SPS



MPS Slave (FL2DIAG4)

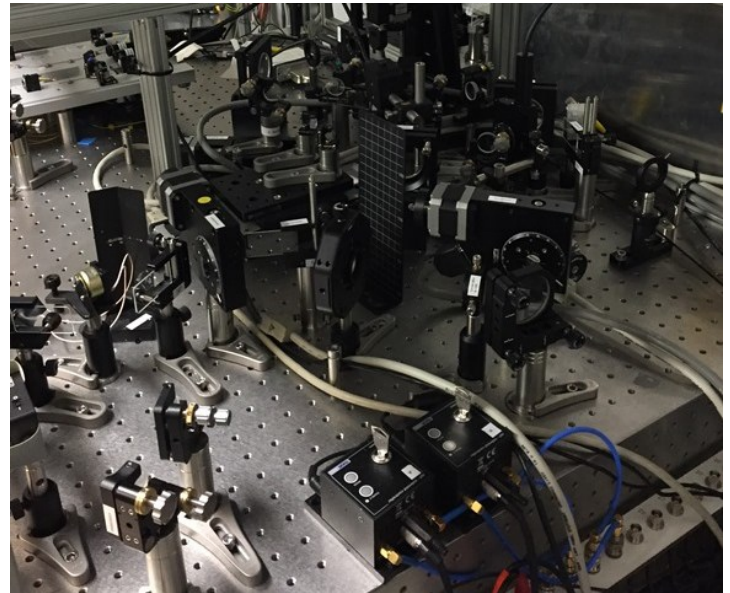


MPS/Timing Master



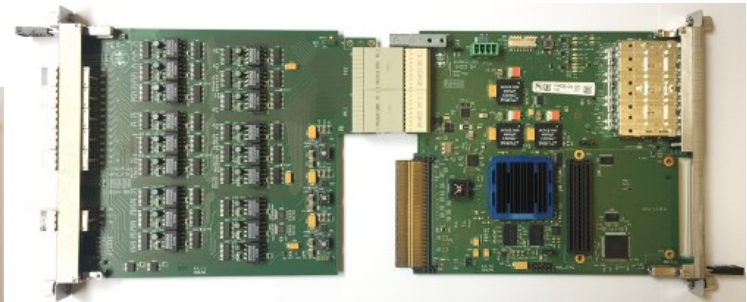
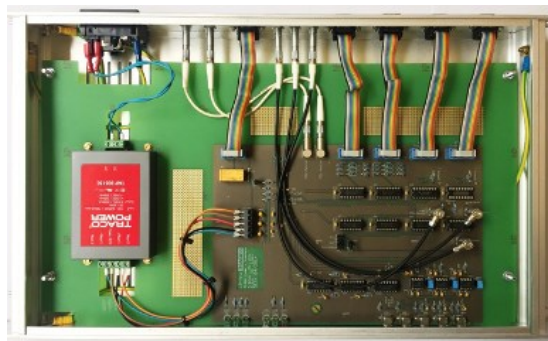
Laser und Timing Hardware

LASER2

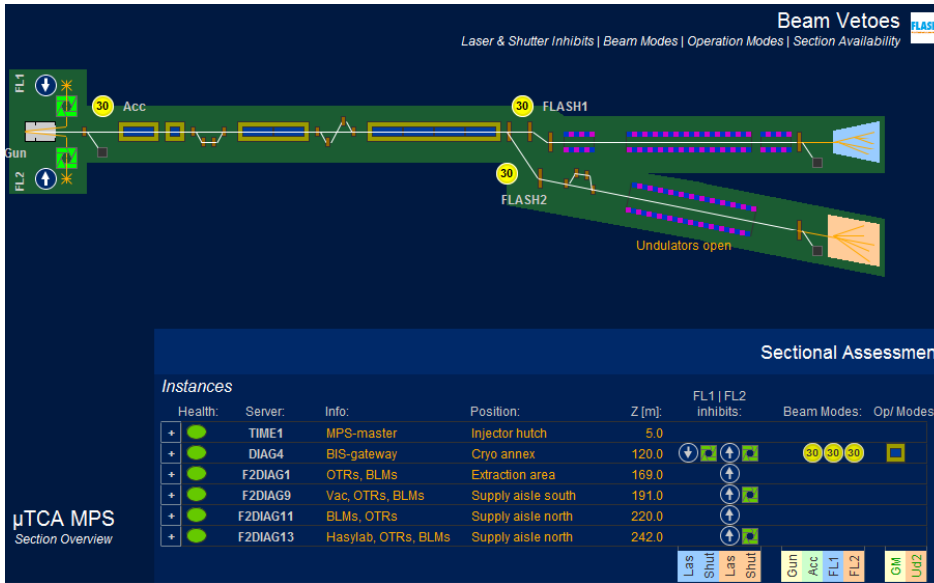


LASER1 Table

Laser Controller



FLASH2 MPS Signale



➤ Übersicht FLASH2 Hardware

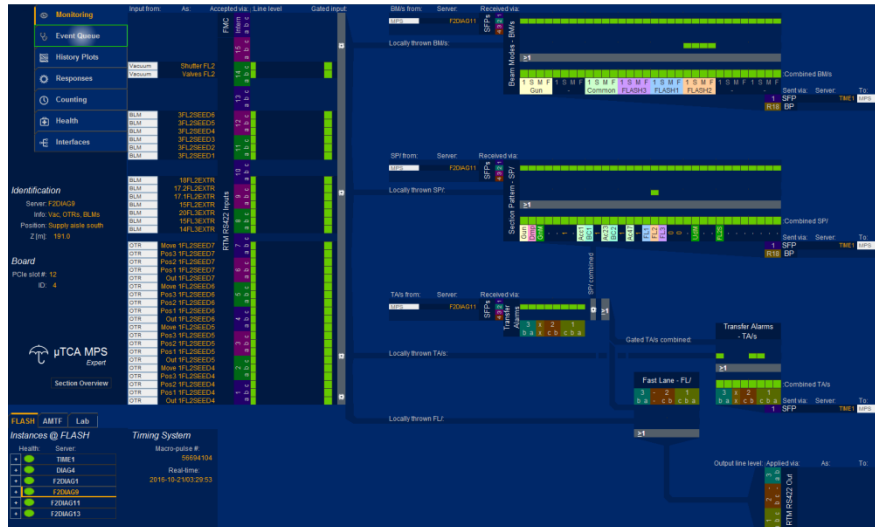
- Beam Mode (FL1 und FL2)
- Limiting Elements

➤ Aufschlüsselung nach MPS Slave-Modulen

- Dezentralisiertes System
- Verarbeitung der Signale im Slave Modul

➤ Expert Details-Panel

- Aufschlüsselung aller Eingänge
- Event-Historien
- Übersicht Transferalarme



Laser Controller Übersichtspanel

➤ Übersicht über die gesamte Signalkette

- Timing > MPS > Laser Controller > Pockels-Zellen Gate (ADC) > Toroid 3GUN
- Schnelle Inhibit-Signale werden künstlich gehalten zur besseren Visualisierung (latch)

The screenshot displays the 'laser pulse controller' interface. It is divided into several sections:

- Main Timing settings:** Contains settings for FLASH1 and FLASH2, including number of bunches, repetition rate (1 MHz), max bunch duration, 1st bunch position, and laser selection.
- Controller Status:** Shows 'LASER1' and 'LASER2' tabs. Under 'LASER1', it indicates 'Laser ID: 2' and a 'block laser' status. A list of status indicators includes 'Laser inhibit FEL3 (fast)', 'Laser inhibit FEL2 (fast)', 'Laser inhibit FEL1 (fast)', 'pulse_limiter', 'INT shutter inhibit', 'mode block', 'not used (MPS input)', 'Shutter inhibit FEL3', 'Laser inhibit FEL3 (latch)', 'Shutter inhibit FEL2', 'Laser inhibit FEL2 (latch)', 'Shutter inhibit FEL1', 'Laser inhibit FEL1 (latch)', 'shutter error', 'shutter is closed', and 'shutter is open'.
- incoming timing signal:** A graph titled 'mTCA Timing signal to Laser Controller' showing a single pulse at approximately 700 ns.
- Controller output gates:** A graph titled 'MTCA Gate to ns-delay' showing a single pulse at approximately 700 ns.
- toroid 3GUN:** A graph titled 'toroid 3GUN' showing a pulse at approximately 700 ns, with a shaded region from 1000 to 1200 ns.
- BIS Data:** Shows operation mode FL1 (FEL mode), beam mode FL1 (Short mode), and beam mode FL2 (Short mode).
- TPS delays:** Shows delays for FLASH1 Module, FLASH2 Module, and Injector Module.
- server:** Shows the server name 'FLASHCPULASER2_SVR' and a 'watchdog' button.
- toroid data:** Shows charge @ 700 (1099) and 1.03 nC, and charge @ 1099 (0.00 nC).



Spezielle Betriebszustände – LOLA Bunch

➤ LOLA Panel nutzt Special Bunch A Einstellungen (siehe Timing):

- Extra-Bunch kann mit 1, 2, 5 oder 10 Hz erzeugt werden
- Beliebige Position in der Bunch-Pattern-Table
- Repetition-Rate wird durch Main-Timing vorgegeben

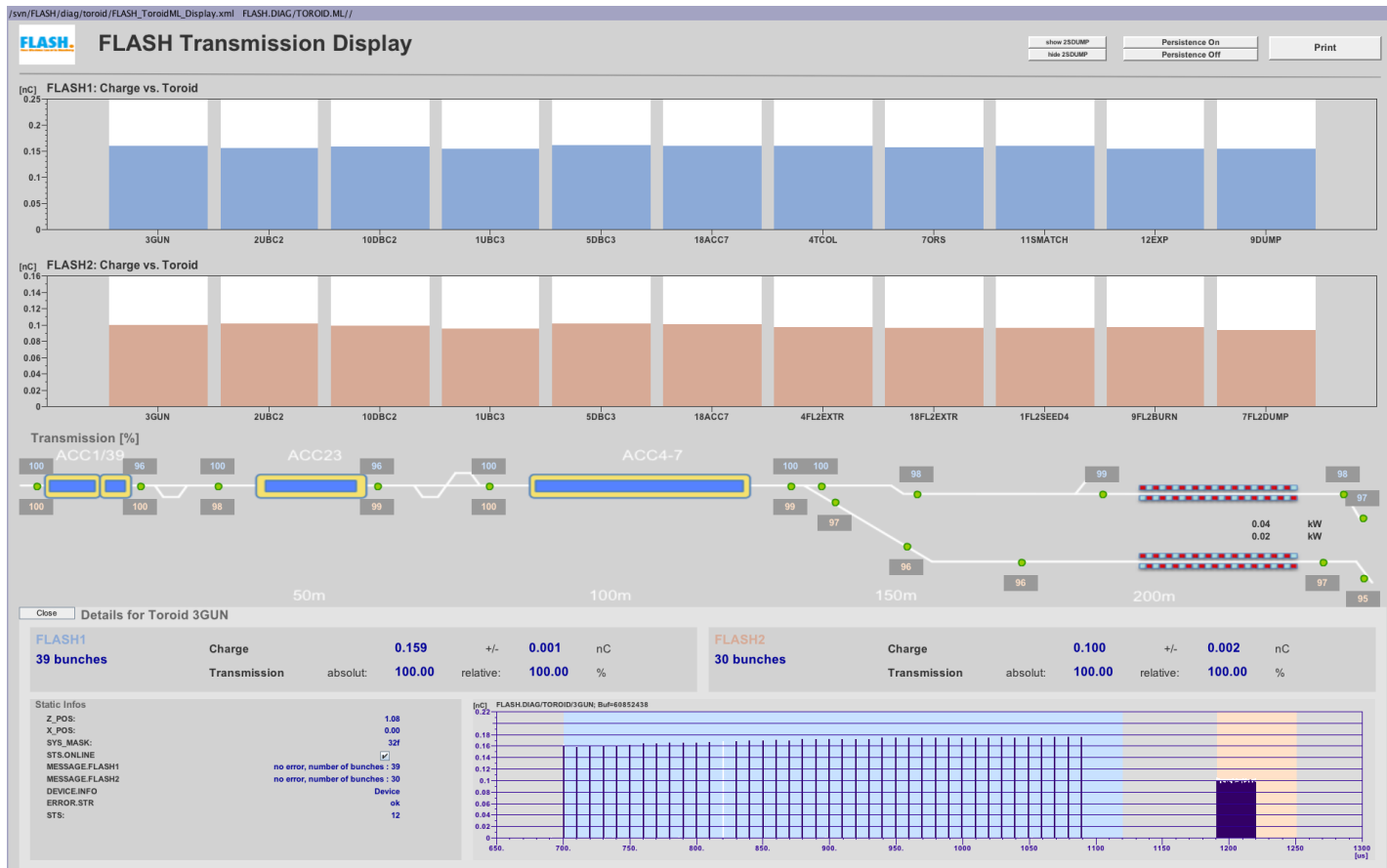
The screenshot shows the 'LOLA Bunch Length Monitor Settings' interface. At the top, it displays the URL '/svn/FLASH/diag/LOLA/LOLA_bunch_length_monitor_settings.xml' and the contact information 'matthias.scholz@desy.de, phone: 1889'. The main title is 'LOLA Bunch Length Monitor Settings' with a subtitle '(all relevant timing except for LOLA)'. The interface is divided into several sections:

- General Settings:** Total Bunches: 40, LOLA Bunch #: 13. Buttons: Set Bunch, Set Kicker Timing, Set LOLA Timing. Select LOLA repetition rate: 1 Hz. LOLA timing expert button. LOLA bunch: 1 LOLA bunch.
- Kicker Control:** direction: LOLA (pos), CTR2 (neg), LOLA. Voltage: 5850.0 V (limit 13kV), rbv: 5850.4. suggest: 4206 V @ 657.3 MeV. Mains: ON, OFF, ON. HV Switch: ON, OFF, ON.
- Timing Control (Expert):** IP timer. BLM MASK: EN, 3.23754 H, set bunch #1: 3.11766. TPS MASK: EN, 3.23643 H, set bunch #1: 3.11660. Camera Timing: EN, 3.23654 H, set bunch #1: 3.11670. Kicker Timing: EN, 3.23105 H, set bunch #1: 3.10301. Kicker Timing: EN, 3.23487 H, set bunch #1: 3.11499.
- LOLA:** LOLA phase FB (checked). HV: ON, HV Control. PFN: ON, ON, OFF. HV rbv: 44.6 kV. LOLA TDS. Phase: -115.4 H, switch to the other zero-crossing 1st. Amplitude: 1.250 H, limit 1.25. Interlocks: Alarm, Vacuum P.Width Reflection.
- Dipole D9SMATCH:** Magnet on / off (unchecked), rbv: -0.000, cycled, D9SMATCH.
- Tools:** Matlab: Measurement GUI, Phase calculator, Camera Watchdog. jddd: LOLA Display, LOLA Phase FB, Bunch length, LOLA section. Clean Up: Switch off ALL, test.



Spezielle Betriebszustände – LOLA Bunch

- FL1: 100kHz, 40 Bunches 10Hz
- 13. Bunch: LOLA mit 1Hz

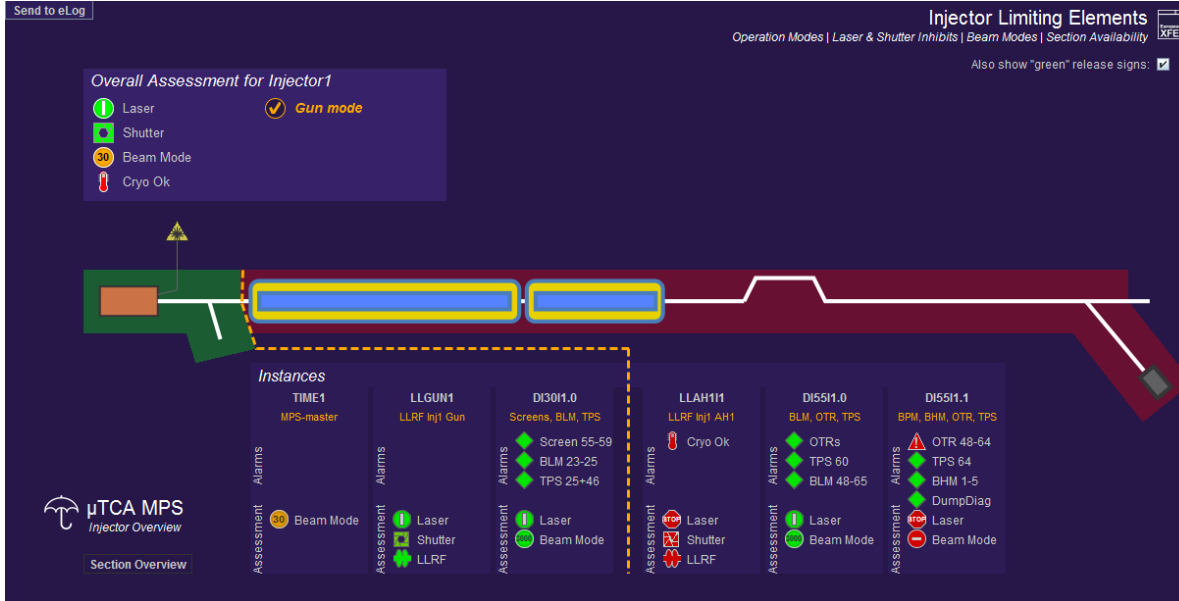


Operating Issues – Was man wissen muss:

- > Short Pulse Mode in FLASH1 und FLASH2 Beamline
 - Injektor steht ebenfalls auf short (30 bunches)
 - Summe der FL1 und FL2 Bunche darf maximal 30 betragen
- > Lücke im Bunchtrain von LASER1 und LASER2 nicht möglich
 - Pumpdioden laufen weiter auch wenn keine Leistung entnommen wird (in der Pause)
 - Laserenergie der Pulse nach der Pause ist deutlich größer/unvorhersehbar
 - Laseroptiken können zerstört werden/zu hohe Bunchladung in der Maschine
 - Pulse-Picker hinter Vertsärken im UV wäre optimale Lösung
 - Bisher nicht abgefangen im Controller
- > Variables Füllen der Bunch-Pattern-Tabelle soll einfacher werden
 - Neues Interface über den Timing-Server ist definiert worden
- > Pulse-Train-Cutting im Injektor verhindert FLASH2 Strahl komplett
 - BLM Alarme sind circa 1 ms gültig (bisher keine FL1/FL2 unterscheidung)
 - Upgrade des BLM Systems in FL1 ist geplant



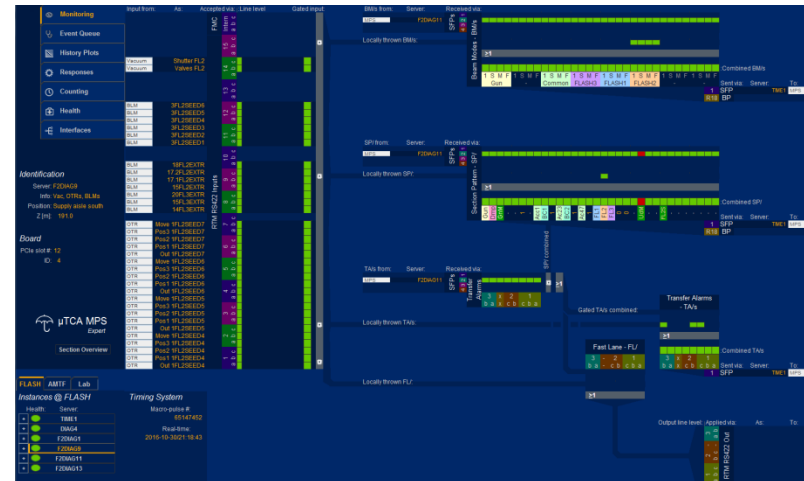
MPS Experten und Operator Panels



- Limiting Elements werden angezeigt
- Aufschlüsselung nach Subsystem mit Alarm
- Feinere Aufschlüsselung bei FLASH als bei XFEL ist gewünscht

➤ Neue FLASH Panels nach Upgrade der FPGA Firmware im DEZ 2016

- Einfachere Panels sollen den Operateuren die Fehlerdiagnose erleichtern



Vielen Dank
für Eure Aufmerksamkeit!

