

LSA-Modell am Cryring

David Ondreka, SYS
OP-Workshop, 15.09.2017

Inhalt

- Einleitung
- LSA
 - Framework und Konzepte
 - Modellierung des Cryring
- ParamModi
 - Benutzerschnittstelle zum Modell
 - Eingabefelder
 - Trim-Oberfläche

Maschinenmodell: Definition

- Repräsentierung des Beschleunigers über Parameter mit physikalischer Bedeutung (Energie, Tune, Orbit, ...)
- Algorithmen zur Berechnung konsistenter Sollwerte für die Einzelgeräte des Beschleunigers (Strom, Frequenz, Timing, ...)
- Nutzerschnittstelle für die Änderung der Daten zur Einstellung und Optimierung des Beschleunigers
- Betrieb einer komplexen Beschleunigeranlage erfordert funktionsfähiges Maschinenmodell

SISMODI: Nutzeroberfläche

The screenshot shows a software interface with a top status bar displaying '14N 7+ 2000.00' and 'langsam'. Below this are several data tables. The first table lists parameters like 'iEnergie [MeV]: 11.402', 'eEnergie [MeV]: 2000.0', and 'iFrequenz [kHz]: 857.838'. The second table lists 'U-Injektion [kV]: 0.0', 'U-RampA [kV]: 21.0', and 'U-Flattop [kV]: 0.0'. The third table lists 't-Extrakt [ns]: 1008.0', 't-Ramp [ns]: 64.0', and 'Harmon.: 4.0'. The fourth table lists 'eSepBumpAnf [nm]: 31.0', 'eSepBumpEnd [nm]: 31.0', and 'nSepBumpAnf [nm]: 12.0'. At the bottom, there are buttons for 'an Derarte', 'InitWerte', 'alter Zustand', 'BF aktualis', 'INIT', 'SAVE', 'RESTORE', 'SOLL_SOLL', 'COPY', and 'EXIT'.

SISMODI: Konfigurationsdateien

```

01 *****
02 ... nach oben laut e-Beam ...
03 *****
04 *****
05 *****
06 *****
07 *****
08 *****
09 *****
10 *****
11 *****
12 *****
13 *****
14 *****
15 *****
16 *****
17 *****
18 *****
19 *****
20 *****
21 *****
22 *****
23 *****
24 *****
25 *****
26 *****
27 *****
28 *****
29 *****
30 *****
31 *****
32 *****
33 *****
34 *****
35 *****
36 *****
37 *****
38 *****
39 *****
40 *****
41 *****
42 *****
43 *****
44 *****
45 *****
46 *****
47 *****
48 *****
49 *****
50 *****
51 *****
52 *****
53 *****
54 *****
55 *****
56 *****
57 *****
58 *****
59 *****
60 *****
61 *****
62 *****
63 *****
64 *****
65 *****
66 *****
67 *****
68 *****
69 *****
70 *****
71 *****
72 *****
73 *****
74 *****
75 *****
76 *****
77 *****
78 *****
79 *****
80 *****
81 *****
82 *****
83 *****
84 *****
85 *****
86 *****
87 *****
88 *****
89 *****
90 *****
91 *****
92 *****
93 *****
94 *****
95 *****
96 *****
97 *****
98 *****
99 *****
100 *****

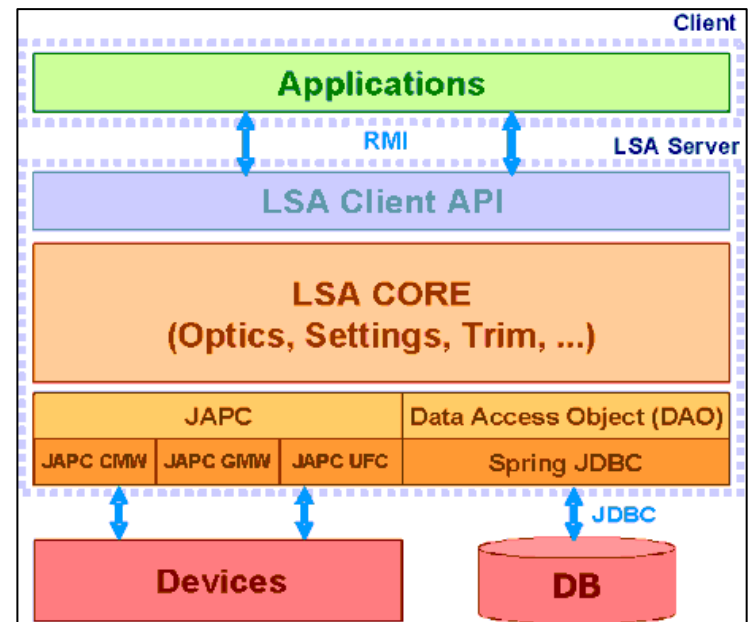
```

LSA: Framework für Modellierung

- LSA – Framework
 - Entwicklung am CERN für Betrieb des LHC
 - Erweiterung für FAIR durch Kollaboration CERN – GSI
 - Strukturen zur Modellierung von Beschleunigern
 - Verwaltung von Geräte-/Layoutdaten und Sollwerten
 - Java-basierte 3-Tier-Architektur mit Datenbank

- Vorteile von LSA
 - Moderne, wartbare Architektur
 - Zugriff auf alle Daten über Standardschnittstellen
 - Trennung von Maschinenphysik und Softwaretechnik

- Vorteile der Modellierung mit LSA
 - Volle Kontrolle über Maschinenmodelle durch Physiker
 - Explizite Parameterhierarchie für Berechnungen
 - Verteiltes Wissen durch gemeinsame Entwicklung
 - Einfacher Zugang durch Entwicklungsumgebung
 - Bessere Integration von SD durch Zugriff auf Sollwerte
 - Nachvollziehbarkeit von Einstellungen durch Historie
 - LSA-basierte Software vom CERN einsetzbar



LSA: Konzepte (I)

- Particle Transfer
 - Räumlicher Abschnitt der Beschleunigeranlage, für den dasselbe Timing gilt
 - Gleichzeitig Timing Group für Timing System

- Beam Process
 - Zeitlicher Abschnitt innerhalb eines Particle Transfers mit bestimmter Funktion (z.B. Injektion, Rampe, Extraktion, Transfer, ...)
 - Atomarer *Kontext* in LSA
 - Unterscheidung zwischen BP mit (BEAM_IN) und ohne Strahl (BEAM_OUT)

- Parameter
 - Physikalische Größe oder Gerätegröße
 - Einem Device zugeordnet
 - Name i.d.R. <DEVICE>/<QUANTITY>

- Setting
 - Wert eines Parameters in einem Beam Process
 - Summe aus *TARGET* und *CORRECTION*
 - Physikparameter haben keine Settings in BEAM_OUT, Geräteparameter schon

Crying Particle Transfers	
YRT1IN1_TO_YRT1LC1	Ionenquelle bis Chopper
YRT1LC1_TO_YRT1MH2	Chopper bis Merger
YRT1MH2_TO_CRYRING	Merger bis Ring
CRYRING_RING	Ring
CRYRING_COOLER	Elektronenkühler

Setting des Energieparameters im Crying	
Parameter	CRYRINGBEAM/E
Beam Process	P.C1.CRYRING_RING.RING_RAMP.1
TARGET	1200000.0
CORRECTION	0.0

LSA: Konzepte (I) am Crying

Paramodi (SEPARATE BUNCHING)

Deutsch 14. September 2017 10:13 Über

Paramodi Paramodi - Resident Trim

Filter: CRYRING

Patterns

CRYRING_RING
YRTI1N_TO_YRTI1Q1
YRTI1Q1_TO_YRTI1M2
YRTI1M2_TO_CRYRING

Select All

Beam Processes Subchains

Beam Production Chains

TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1 (0->165000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_BEAMOUT_INIT.1 (165000->293000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_INJECTION.1 (293000->421000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_RAMP.1 (421000->1971000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_PRE_EXTRACTION.1 (1971000->2079000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_EXTRACTION_FAST.1 (2079000->2207000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_POST_EXTRACTION.1 (2207000->2315000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_BEAMOUT_RESET.1 (2315000->2613000)

Select All

Parameter selection - CRYRING_RING
Parameter G... Type Groups

Parameters

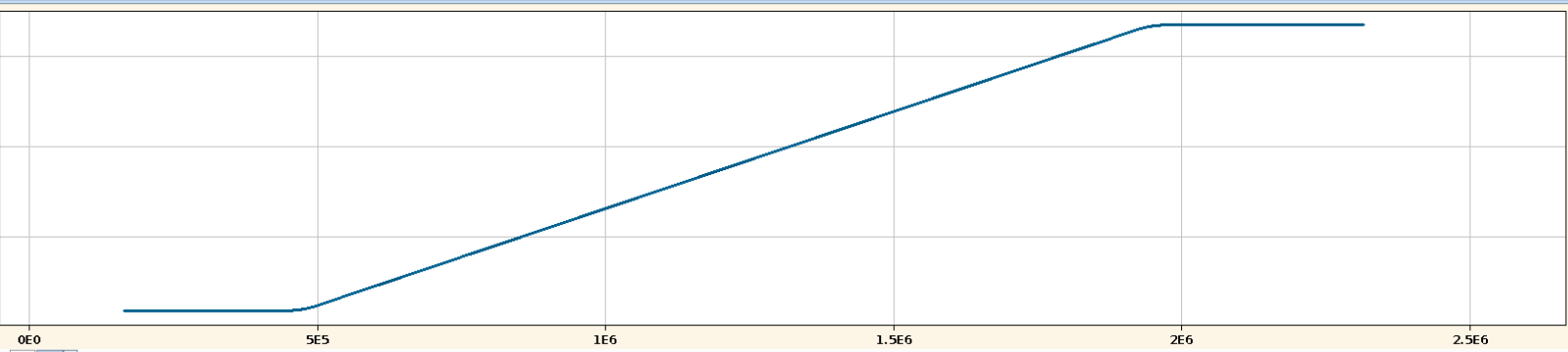
Filter: CRYRINGBEAM/BRHO

Select All

Select All Select All Hierarchy Show Field(s)

Setting part: Value Target Correction Trim History Time base:

Displayed Function: CRYRINGBEAM/BRHO



Graph Table

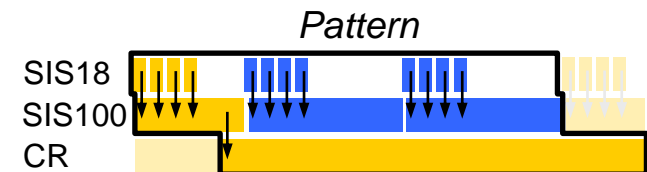
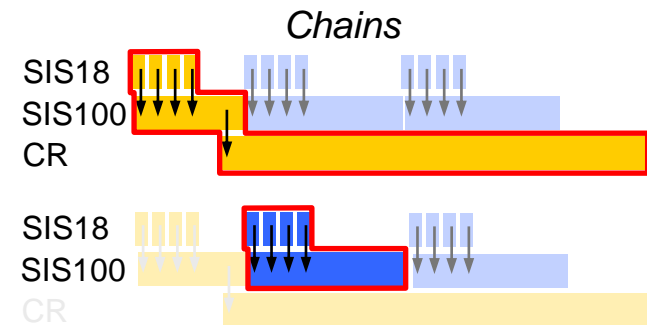
Trim
Trim point
Abort Trim
Cancel Last Trim
Apply
Trim Expert Params

LSA: Konzepte (II)

- Chain
 - Menge und zeitliche Verknüpfung aller für die Erzeugung eines Strahls erforderlichen Beam Processes
 - Verwendet für die Abbildung eines Beschleunigungszyklus inkl. Strahltransport
 - Nicht eigenständig ausführbar
 - *Kontext* zur Aggregation von Beam Processes

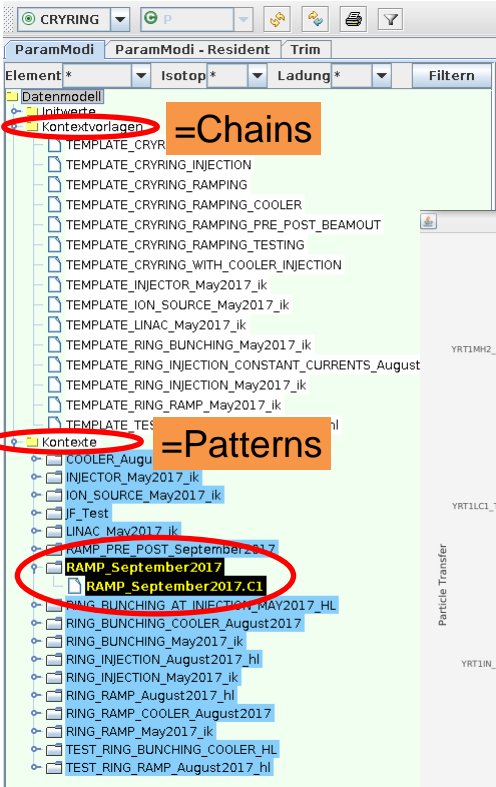
- Pattern
 - Abfolge von Chains
 - Vorgesehen zur Programmierung eines periodisch wiederholten Ablaufs der Produktion von mehreren Strahlen
 - Ausführbare Einheit für das Timing System
 - *Kontext* zur Aggregation von Chains

- Derzeitige Einschränkungen am Crying
 - Nur eine Chain pro Pattern
 - Nur ein aktives (resident) Pattern zur selben Zeit
 - Pattern entspricht damit in etwa einem VirtAcc



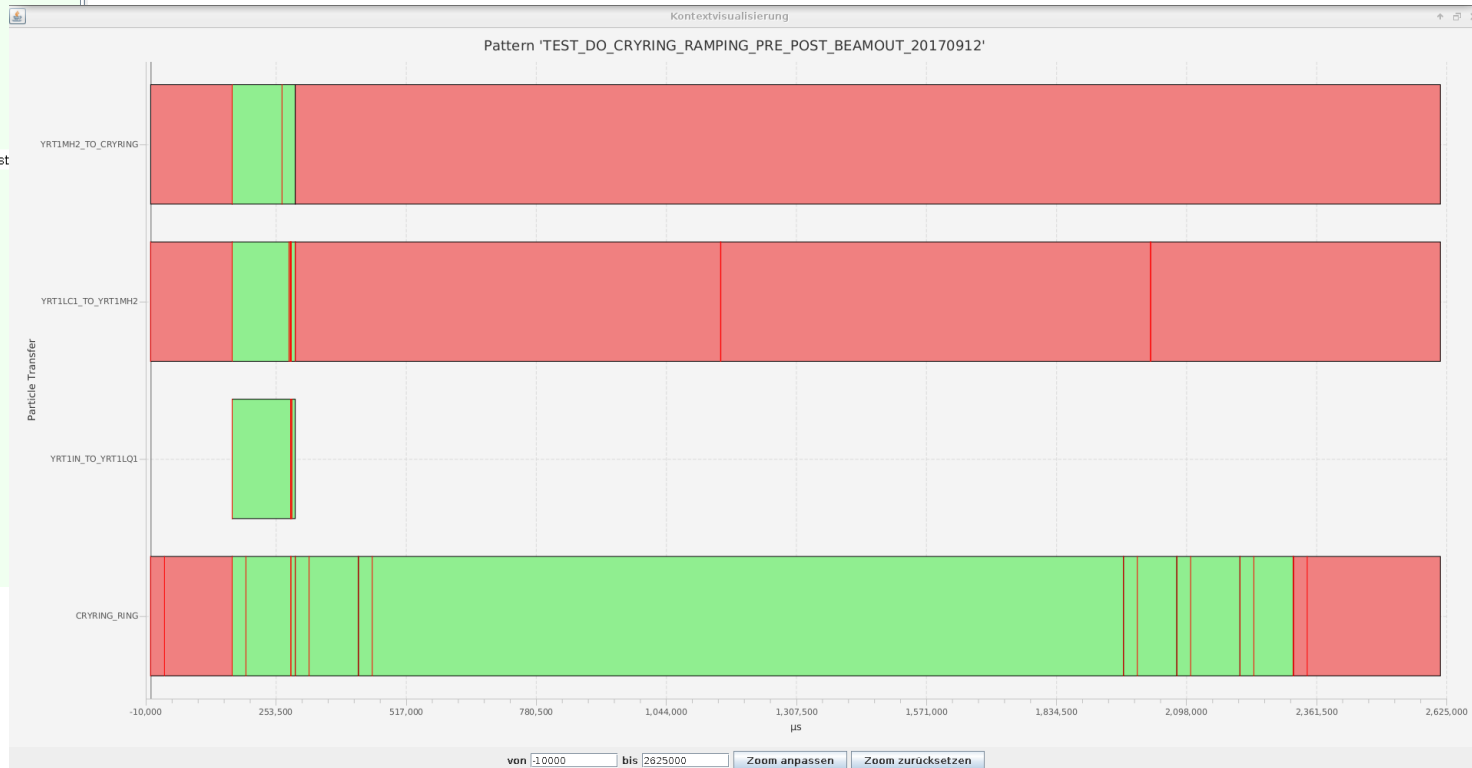
LSA: Konzepte (II) am Crying

ParamModi: Kontext-Auswahl



The screenshot shows the 'ParamModi' software interface. The left pane displays a tree structure under 'Datenmodell' and 'Kontexte'. An orange box highlights the 'Kontextvorlagen' folder with the text '=Chains'. Another orange box highlights the 'Kontexte' folder with the text '=Patterns'. The 'RAMP_September2017.C1' context is circled in red.

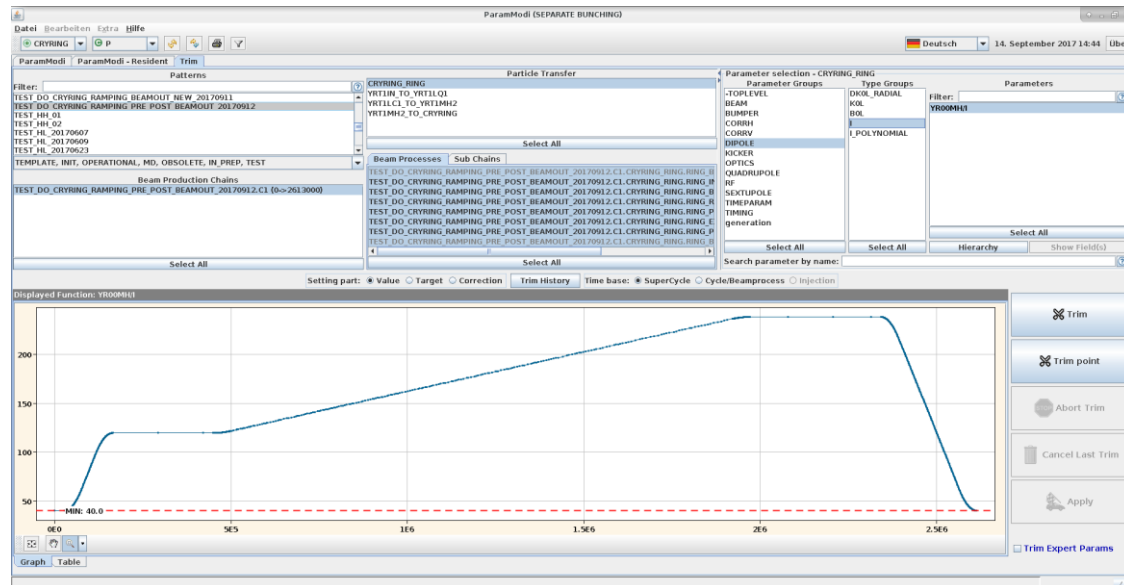
ParamModi: Pattern-Anzeige



Cryring: Modellierung des Zyklus

Paramodi: Cryring-Pattern für Zyklus mit Beschleunigung

- Aufteilung in Beam Processes nach Funktion (*Purpose*)
 - Beam Processes mit Strahl
 - Injektion (*RING_INJEKTION*)
 - HF-Einfang (*RING_BUNCHING*)
 - Beschleunigung (*RING_RAMP*)
 - Speicherung (*versch. Purposes möglich*)
 - Beam Processes ohne Strahl
 - Vorbereitung des Injektionsniveaus (*RING_BEAMOUT_INIT*)
 - Wiederherstellung des Zwischenzyklusniveaus (*RING_BEAMOUT_RESET*)



- Umwidmung nur bedingt möglich
 - Injektion: Kopplung mit Injektor
 - Beschleunigung nur in Rampen-BP
 - Spezielle Abläufe erfordern spezielle Chains (z.B. zwei Rampen)
 - Werden von den Modellierern erstellt

Beispiel-Pattern: Nur Injektion

```

Beam Processes | Sub Chains
-----
test_hi.cl.CRYRING_RING.BEAMOUT_INIT.1 (0->164000)
test_hi.cl.CRYRING_RING.INJECTION.1 (164000->1192000)
test_hi.cl.CRYRING_RING.BEAMOUT_RESET.1 (1192000->1356000)
    
```

Beispiel-Pattern: Beschleunigung

```

Beam Processes | Sub Chains
-----
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_BEAMOUT_NEW_20170911.C1.CRYRING_RING.BEAMOUT_INIT.1 (0->165000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_BEAMOUT_NEW_20170911.C1.CRYRING_RING.RING.INJECTION.1 (165000->293000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_BEAMOUT_NEW_20170911.C1.CRYRING_RING.RING.BUNCHING.1 (293000->421000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_BEAMOUT_NEW_20170911.C1.CRYRING_RING.RAMP.1 (421000->4249000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_BEAMOUT_NEW_20170911.C1.CRYRING_RING.BEAMOUT_RESET.1 (4249000->4414000)
    
```

Beispiel-Pattern: Beschleunigung und Speicherung

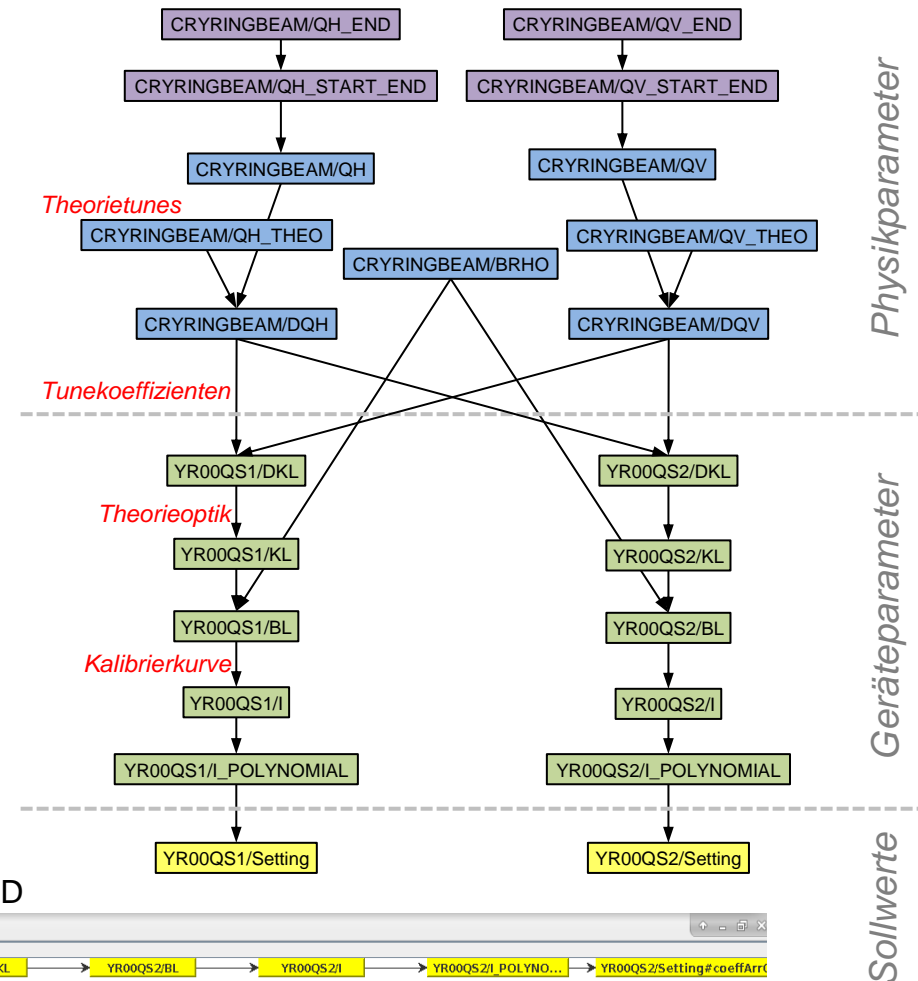
```

Beam Processes | Sub Chains
-----
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.BEAMOUT_INIT.1 (0->165000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING.INJECTION.1 (165000->293000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING.BUNCHING.1 (293000->421000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RAMP.1 (421000->1971000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_PRE_EXTRACTION.1 (1971000->2079000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING.EXTRACTION_FAST.1 (2079000->2207000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.RING_POST_EXTRACTION.1 (2207000->2315000)
TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912.C1.CRYRING_RING.BEAMOUT_RESET.1 (2315000->2613000)
    
```

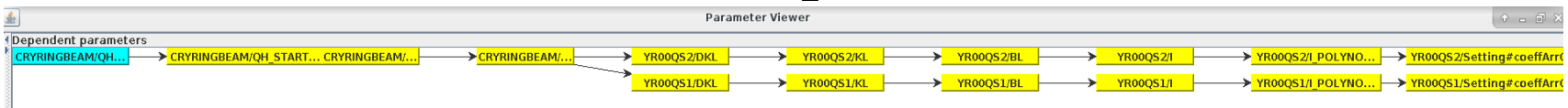
LSA: Parameterhierarchie

- Explizite Abbildung der Abhängigkeiten bei der Berechnung von Werten
- Berechnung immer von Physik zu Hardware
 - Steuerung über physikalische Größen
 - Rechnung mit Daten aus der LSA-DB
 - Modell rechnet *TARGET* aus
 - Additive *CORRECTION* auf jeder Ebene möglich
 - Keine Rückrechnung von expliziten Korrekturen
 - Idee: Korrekturen sind nur dann erforderlich, wenn
 - das Modell nicht hinreichend genau ist
 - Geräte sich nicht wie erwartet verhalten
 - Rückrechnung sinnlos unter diesen Annahmen
- Hierarchie im Kontrollsystem jederzeit einsehbar über Parameter Viewer
 - Z.B. in ParamModi auf dem Trim-Reiter

Cryring: Hierarchie von Tune und Quadrupolen



Parameter Viewer: Hierarchie unterhalb CRYRINGBEAM/QH_END



ParamModi: Schnittstelle zum Modell

- ParamModi: Abstraktionsebene über den Parametern im Modell
 - Eingabefelder für skalare Physikparameter auf der obersten Ebene
 - Kombination aus Parameter und Beam Process
- Gruppierung der Eingabefelder
 - Reiter für verschiedene Funktionalitäten bzw. Beschleunigerabschnitte
 - Gruppierung von Eingabefeldern innerhalb eines Reiters nach Funktionalität
 - Konfiguration vom Modellierer änderbar
- Nachteil der Abstraktion
 - Verknüpfung mit Parameter und Beam Process nicht offensichtlich
 - Derzeit nur über Expertenansicht herauszufinden

ParamModi: Reiter „Beam settings“ für den Crying

TEST_DO_CRYRING_RAMPING_PRE_POST_BEAMOUT_20170912

Ring RF	Ring bunching	Ring injection	Ring magnets	Ring pre extraction	Ring ramp	
Total	Suche	Beam settings			Injection beam-line optics	RF
Element		Element		Energie		
Element		1		Hochspannung der Ionenquelle 20.0 kV		
Isotop		2		Strahlenergie ab der RFQ 300.0 keV/u		
Ladung		1		Strahlenergie 300.0 keV/u		
Element		1		Strahlenergie am Ende 1200.0 keV/u		
Isotop		2				
Ladung		1				
Timing		Teilchenzahl		Emittanz		
Ion-source pulse length 2400.0 µs		1000.0		horizontale Emittanz 1.0E-5 m*rad		
Beam diagnose delay in ion source 200.0 µs		horizontale Emittanz 1.0E-5 m*rad		vertikale Emittanz 1.0E-5 m*rad		
Beam diagnose meas. window in io... 2000.0 µs		longitudinale Emittanz 0.0285895 eVs/u				
Chopped beam <input checked="" type="checkbox"/>						
Chopper Spannung 1.5 kV						
Chopper timing delay 500.0 µs						
Chopper timing window 30.0 µs						
Beam diagnose delay in linac 1.0 µs						
Beam diagnose meas. window in li... 1.0 µs						
RFQ preparation time 400.0 µs						
Pulse length of rf in pause mode in... 2500.0 µs						
Andere Settings		Tune und Chromatizität				
Harmonischenzahl 1		Hor. Tune Qh (Injektion) 2.24				
Harmonischenzahl 1		Ver. Tune Qv (Injektion) 2.48				
Harmonischenzahl 1		Hor. Chromat. Ch (Injektion) -1.75492816				
Umlauffrequenz 140.398479178 kHz		Ver. Chromat. Cv (Injektion) -4.36152463				
Dipol Ramping Rate 0.09, 0.09 T/s		Hor. Tune Qh (Injektion) 2.25				
Rel. Bucketgröße (Injektion) [1.2, 1.2]		Ver. Tune Qv (Injektion) 2.48				
Rel. Bucketgröße (Bunching) [1.2, 1.2]		Hor. Chromat. Ch (Rampenende) -1.75492816				
Rel. Bucketgröße (Rampe) [1.2, 1.2]		Ver. Chromat. Cv (Rampenende) -4.36152463				
Bunchmuster true						
Radiale Ablage 0.0 mm						

Speichern/Übernehmen | Änderungen verworfen

Diese Konfiguration ist sicher noch verbesserungsfähig...

ParamModi: Einstellparameter Ring

- Strahlparameter
 - Energie
 - Injektion, Ende der Rampe
 - Keine automatische Übernahme vom Injektor
 - Tunes Qh, Qv
 - Injektion, Ende der Rampe
 - Chromatizität Ch, Cv
 - Injektion, Ende der Rampe
 - Absolute Chromatizität (d.h. $\Delta Q = C \cdot dp/p$)
 - Radiale Ablage
 - Orbitverschiebung bei konstanter Energie
 - Longitudinale Emittanz
 - Normierte Emittanz bei Injektion
 - Basiseinheit für die HF-Bucketgröße

- HF-Parameter
 - Relative Bucketgröße
 - Angabe der Randwerte in BP
 - Änderung nicht in allen BP möglich (z.B. Injektion)
 - HF-Spannung
 - Automatisch berechnet aus
 - Long. Emittanz und relat. Bucketgröße
 - Ramprate

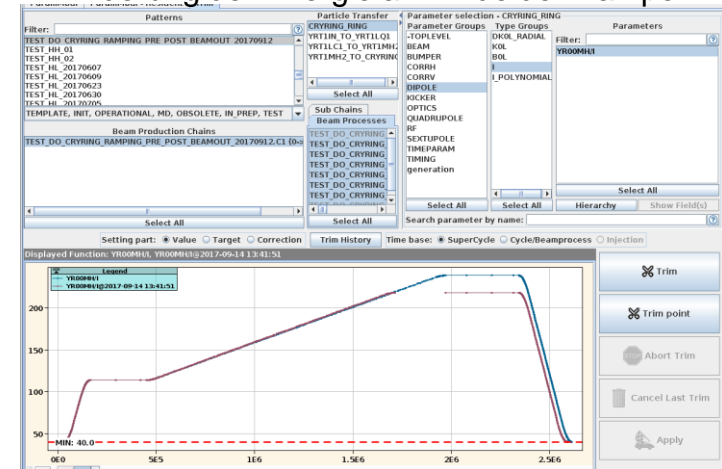
- Zeitparameter
 - Beam Process Dauer
 - Länge des BP für alle BP mit **konstantem Feld**
 - Injektion, Bunching, Speicherung
 - Minimallänge des BP für alle BP mit Feldänderung
 - Rampe, Init, Reset
 - Ramprate
 - Nur in BP mit Feldänderung
 - Wahl der gewünschten Feldänderungsrate dB/dt
 - Angabe für Anfang und Ende der Rampe, d.h. nichtlineare Rampen möglich
 - Multi-Turn-Injektion
 - Bumper Trigger Offset
 - Verschiebung Strahlpuls auf der Bumperflanke
 - Bumper Abfallzeit
 - Änderung der Steilheit der Bumperflanke

- Orbitkorrektur
 - Derzeit nur Eingabewerte für einzelne Steerer
 - Lokale Beulen können implementiert werden

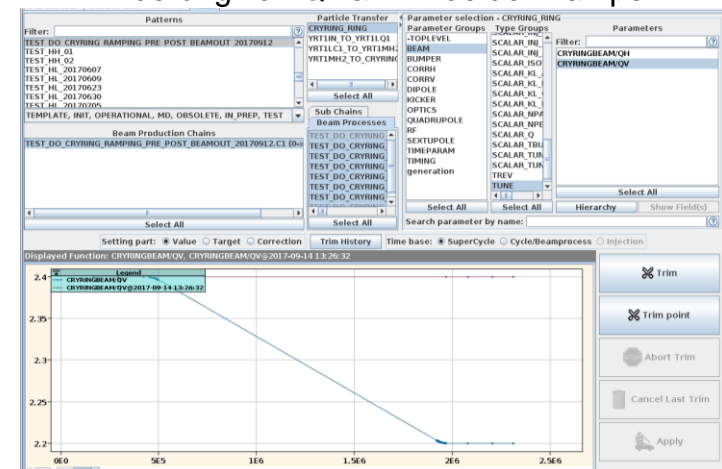
ParamModi: Skalare zu Funktionen

- Eingabefelder im ParamModi definieren i.d.R. Werte in bestimmten Zyklusabschnitten
 - Strahlparameter (Energie, Tune, Chroma, ...): Injektion und Ende der Rampe
 - Ring-HF-Parameter (Bucketfläche): Injektion, Bunching, Rampe, Speicherung
 - Zeitparameter (Rampensteilheit, ...): Rampe, Init, Reset
- Übergang zu Zeitfunktionen durch Regeln und Algorithmen im Modell
 - Strahlenergie
 - Änderung aller Zeitfunktionen außer in Sonderfällen, i.d.R. in mehreren BP
 - Zeitparameter
 - Direkte Änderung aller Zeitfunktionen, z.B. bei Änderung der Rampensteilheit, nur betroffene BP
 - Strahl- und Geräteparameter
 - Änderung während der Rampe
 - Konstant für „Flat-Bottom“ und „Flat-Top“

Änderung der Energie am Ende der Rampe



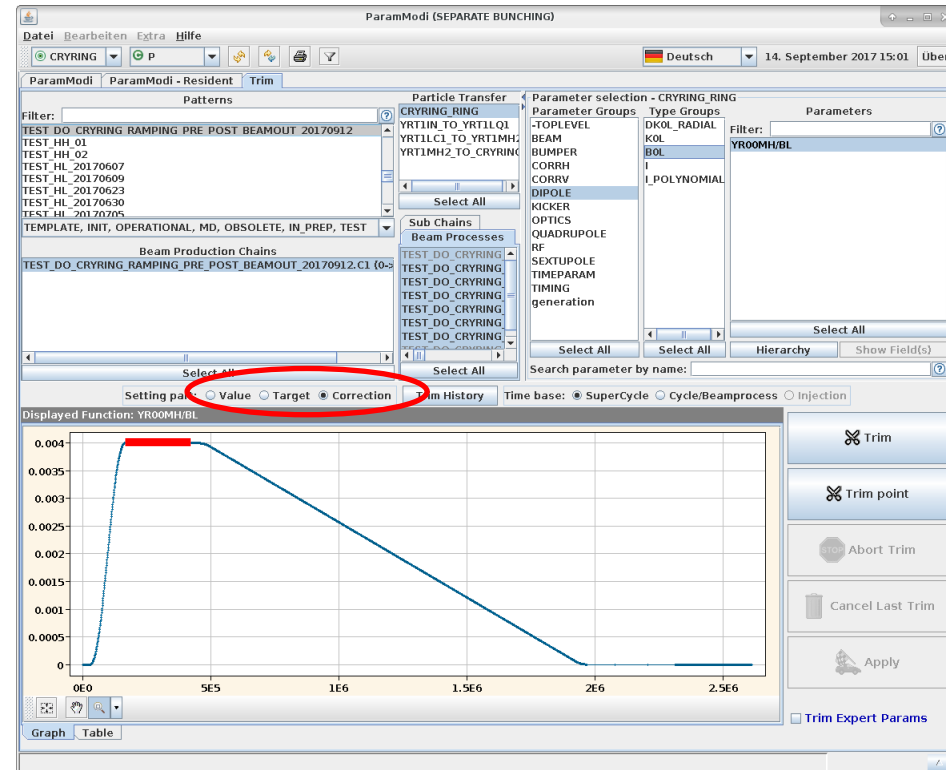
Änderung von Qv am Ende der Rampe



Trim-Oberfläche: Flexibilität für Korrekturen

- Settings haben *TARGET* und *CORRECTION*
 - Summe (*VALUE*) für Berechnung in unteren Ebenen
 - Algorithmen rechnen *TARGET* aus
 - Werte aus Modellrechnung können modifiziert werden durch Verwendung der Trim-Oberfläche
- Modifikation von Zeitfunktionen
 - Ganze Funktion kann manuell verändert werden
 - Änderung in einzelnen BP möglich, automatische Ergänzung nach vordefinierten Regeln (*INCORPORATION* und *LINK*)
 - Möglichkeit zur strahlbasierten Modifikation von Zeitfunktionen (z.B. Orbitkorrektur auf Rampe)
- Nutzung am Crying bisher
 - Anpassung HF-Frequenz bei erster Injektion
 - Anpassung Dipolfeld zur Kompensation der fehlerhaften Skalierung im Netzgerät
- Im Routinebetrieb nur für strahlbasierte Verfahren gedacht

ParamModi: Trim-Oberfläche



CORRECTION Setting von YR00MH/BL nach Trim in den Beam Processes INJECTION und BUNCHING:
Die Änderung wird auf der Rampe automatisch zu Null interpoliert

Generische Modellierung und Datenquellen

- Gleiche Strukturen für gleiche Physik
 - Generische Hierarchie
 - Einheitliche Physikparameter
 - Identische Abhängigkeiten
 - Generische Algorithmen
 - Beschleunigerphysik hängt nicht vom Ring ab
 - Klassifizierung von Geräten nach Funktion
 - Dipol, Hauptquadrupole, C-Sextupole, R-Sextupole
 - Beschleunigungskavitäten

- Gleiche Oberflächen zur Einstellung
 - Wiedererkennbarkeit für Operateure

- Herausforderungen
 - Modell hängt von der Qualität der Daten in der LSA-Datenbank ab
 - Verantwortlichkeit für Daten verteilt
 - Gerätedaten: Fachgruppen
 - Optikdaten: Maschinenexperten
 - Modellierer kann in der Regel die Konsistenz der Daten nicht verifizieren

Modelldaten in der LSA-DB	
Gerätedaten	Grenzwerte
	Parameter
	Kalibrierkurven
Geometriedaten	Layout
	Abstände
Optikdaten	Theoriewerte
	Twissparameter
	Orbitbeulen
	Tunekorrektur
	Chromakorrektur

Fragen?