

PAUL SCHERRER INSTITUT



Thomas Schietinger :: SwissFEL :: Paul Scherrer Institut

# Workshop Betriebsoptimierung und Risikobewertung der PSI Grossforschungsanlagen Zusammenfassung SwissFEL

GFA-LOG Seminar, 9. April 2018

## Betriebsoptimierung

- Noch keinerlei Erfahrung mit Nutzerbetrieb zur Zeit des Workshops (Sept. 2017 – erste Pilotexperimente waren im Dezember 2017)
- Sinnvolle Betriebsoptimierung nur möglich aufgrund von Betriebserfahrung.
- Am Workshop wurden daher **Betriebsziele** für 2018–2020 gezeigt.

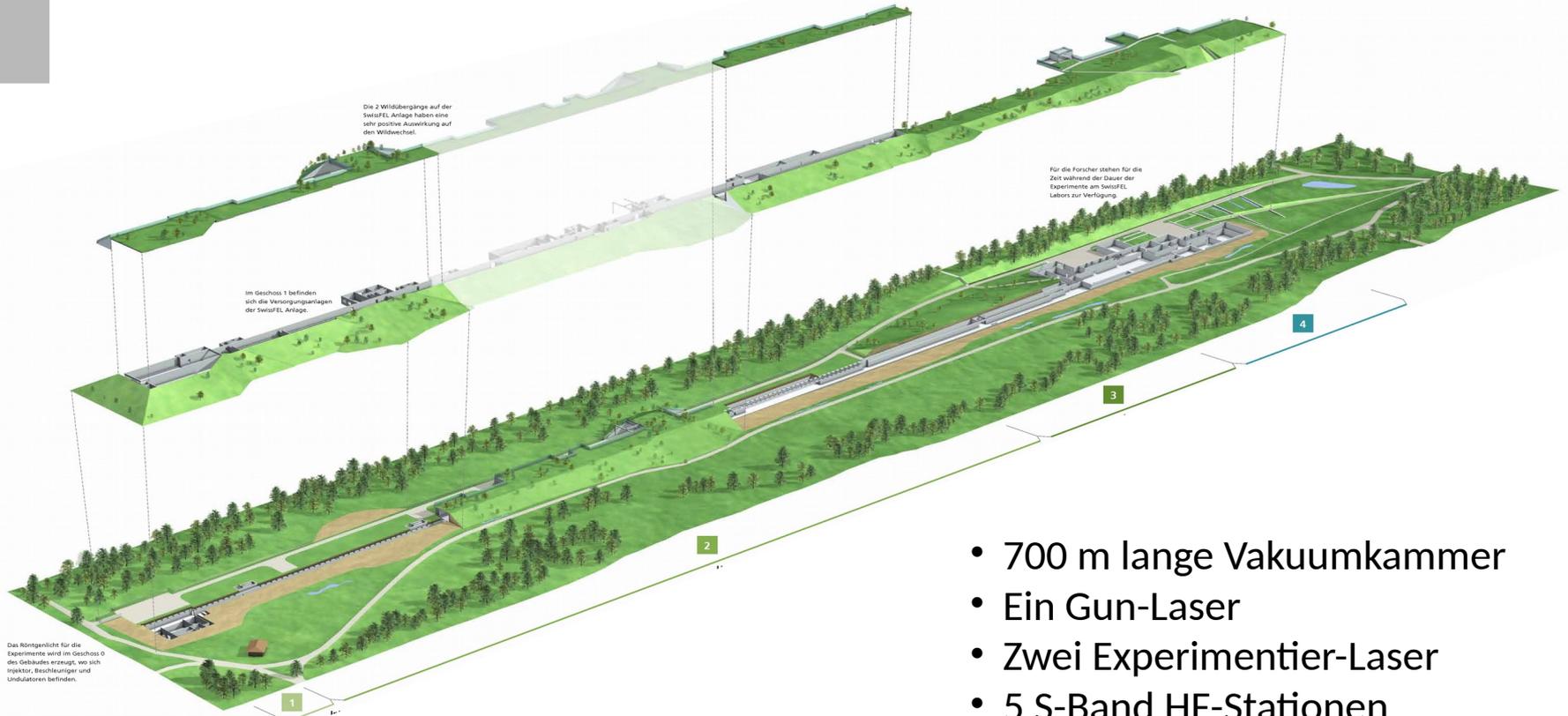
## Betriebsrisiken

- Die wesentlichen Betriebsrisiken lassen sich auch ohne Betriebserfahrung identifizieren und wurden am Workshop thematisiert.
- In dieser Zusammenfassung:
  - **rot** = hohes Betriebsrisiko
  - **orange** = vertretbares Betriebsrisiko
  - **grün** = kleines oder kein Betriebsrisiko
  - *kursiv* = Situation aus heutiger Sicht

## Pikettdienste

- Liste der während der Inbetriebnahmephase verfügbaren Pikettdienste (*unverändert bis heute*).

# SwissFEL in a nutshell



- 700 m lange Vakuumkammer
- Ein Gun-Laser
- Zwei Experimentier-Laser
- 5 S-Band HF-Stationen
- 26 C-Band HF-Stationen
- Strahldiagnostik (z.B. 117 BPMs)
- 13 Undulatoren

Stunden	2018	2019	2020
Total	8760	8760	8760
Shutdown	2328	1272	1272
Verfügbar	6432 (100%)	7488 (100%)	7488 (100%)
Entwicklung und Konsolidierung (Beschleuniger)	2040 (32%)	1872 (25%)	1872 (25%)
Entwicklung und Konsolidierung (Photonics)	2040 (32%)	1872 (25%)	1872 (25%)
Photonics	2352 (36%)	3744 (50%)	3744 (50%)

- Photonics-Strahlzeit weiter unterteilt in Pilotexperimente (0% in 2020), PRC-Experimente (70%), In-House-Strahlzeit (25%) und „Director's Time“ (5%).
- Ziel für die ersten Betriebsjahre sind **3744 Nutzerstunden pro Jahr**, längerfristiges Ziel sind **5000 Nutzerstunden pro Jahr**.
  - Die Verfügbarkeit sollte an diesen Zahlen gemessen werden!
  - Bis jetzt keine explizite Zielverfügbarkeit definiert...
- Mögliche Betriebszyklen noch in Diskussion...

## SwissFEL ist primär eine Hochfrequenzanlage!

- **Elektronenquelle (S-Band Gun)**
  - Einmaliges, essentielles System
  - Ersatzgun in Fertigung (Kavität)
  - Ein Wechsel hätte zweimonatigen Betriebsunterbruch zur Folge
  - Im Moment keine Anzeichen für Probleme...
  
- **S-Band Stationen (Injektor)**
  - **Modulatoren:**
    - Behelfsmässig aufgerüstete Modulatoren, die in der Testanlage in Betrieb waren
    - Sollten so schnell wie möglich ersetzt werden
    - Keine kompletten Ersatzsysteme, nur Ersatzteile vorhanden
  - **Klystrone:**
    - Häufige Überschläge, kurze Lebensdauer führen zu hohen Kosten bei sinkender Qualität
    - Suche nach einem anderen Hersteller

## SwissFEL ist primär eine Hochfrequenzanlage!

- **X-Band-System (Injektor)**

- Einmaliges, essentielles System (unerlässlich für [lineare] Kompression und somit für Lasing)
  - mit Deflektor für Athos wird ein zweites dazukommen
- **Klystron:** im Moment keine Reserve!
  - Ersatzklystron bestellt (700 kCHF), Lieferzeit beträgt 18 Monate(!)
  - Lebensdauer Klystron unbekannt!
- **Modulator:** benötigt Stabilitäts-Upgrade (oder Ersatzbeschaffung)
  - Noch keine Erfahrung mit 100 Hz-Betrieb
- **Vorverstärker:**
  - Weist ungenügende Stabilität auf
  - Ersatzsystem (Bonn) im Prinzip vorhanden, hat jedoch gravierende Mängel
  - Mittelfristig Ersatz durch Solid-State-System  
(*neuer Vorverstärker von Microwave Amps letzte Woche am PSI eingetroffen!*)
- Langfristig: Ersatz der ganzen Anlage durch passives System?
  - Nachweis der Machbarkeit noch ausstehend! Überraschungen von Wake-Feldern?

## SwissFEL ist primär eine Hochfrequenzanlage!

- **C-Band-Systeme (Linac)**

- **Modulatoren:**

- Risiko von verbleibenden Designfehlern während der Inbetriebnahme (Ampegon: mangelhafte Transformerisolation, Zersetzung der IGBT-Kühlschläuche; Scandinova: noch keine Erfahrung...)
- Unterhalt von zwei verschiedenen Systemen (Ampegon und Scandinova)
- Neue Systeme – noch keine Erfahrung mit Alterungseffekten...
- Im Normalbetrieb relativ geringes Risiko, da viele gleichartige Systeme und Ersatzteile vorhanden.

- **Klystrone:**

- Erwarteter Verschleiss von 3.5 Einheiten pro Jahr (entsprechend ~630 kCHF pro Jahr)

- Mit LEM (Linac Energy Management) und Energiereserve im Prinzip nahtloser Betrieb nach HF-Ausfall möglich...

- Demonstration noch ausstehend... Linac 1 und 2 müssen über eigene Energiereserve verfügen, da die Energie bei BC2/Extraktion konstant gehalten werden muss!

# Betriebsrisiken (übrige SwissFEL-spezifische Systeme)

- **Gun-Laser** (M. Huppert)
  - Kritisch für Strahlbetrieb!
  - Keine vollständige Redundanz beim Gun-Laser-System
    - Ersatzlaser vorhanden (Jaguar), wird jedoch vom Hersteller nicht mehr unterstützt
  - Yb:CaF<sub>2</sub> Lasertechnologie (Alcor-Laser) noch relativ jung – Langzeitverhalten?
- **Undulatoren** (R. Ganter)
  - Vertretbare Betriebsrisiken (*bis jetzt keine grösseren Probleme festgestellt*):
    - Detuning durch Entmagnetisierung (beobachtet bei SACLA) oder mechanische Deformation
    - Strahlungsschäden an Encodern und Netzwerkkarten (Beckhoff), Motorausfälle, Vakuumlecks etc.
  - Ausfall eines einzelnen Undulators nicht kritisch für den Betrieb der Anlage!
- **Timing & Synchronization** (S. Hunziker)
  - Kritische Systeme für die gesamte Anlage!
  - Noch nicht alle Systeme redundant vorhanden (aber geplant)
  - Ersatz zum Teil noch umständlich (Verbesserungen geplant)
- **Dose Rate Protection System (DRPS)** (kein eigener Vortrag)
  - Neues Kontrollsystem (BSF) wurde zum Zeitpunkt des Workshops eingebaut
  - Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit noch weitgehend unbekannt, jedoch essentiell für weitere Inbetriebnahme
  - *Heutige Sicht: abgesehen von einigen Kinderkrankheiten sehr zuverlässiges System*

# Betriebsrisiken (übrige allgemeine Systeme)

- **Diagnostik** (V. Schlott)
  - Noch zu wenig Betriebserfahrung, Identifikation der wichtigsten betriebsrelevanten Systeme/Parameter noch ausstehend.
  - *Heutige Sicht: Strahl Lage- und Kompressionsmonitore (BPM und BCM) von zentraler Bedeutung für die Betriebsstabilität! (→ Pikettdienst?)*
- **Controls** (M. Janousch)
  - Technische Probleme unter Kontrolle, aber zum Teil betriebskritische Personalengpässe!
- **Magnete** (A. Gabard)
  - Es sind genug Ersatzteile vorhanden
- **Magnetspeisegeräte** (R. Künzi)
  - Wenig Ausfälle, man hat aus einigen Schwachstellen bei der SLS gelernt!
  - Service-Netzwerk erlaubt schnelle Ferndiagnosen.
- **Vakuum** (M. Hahn)
  - Keine Ersatzpumpen vorrätig (kombinierte SIP/NEG-Systeme) – Reserveteile sollten beschafft werden!
  - Zweites Beschichtungssystem für Photokathoden wäre nützlich.
  - Optimierung der Gun-Beschickungsanlage sollte angegangen werden.

# Betriebsrisiken (allgemein)

- BAG-Bewilligungsverfahren
  - Verzögerungen sind grundsätzlich immer möglich...
- Athos-Installation und -Inbetriebnahme
  - Planungsunsicherheiten bezüglich Athos-Komponenten
  - Einfluss der Athos-Inbetriebnahme auf Aramis-Betrieb noch unbekannt
- Maschinendriffs
  - Langzeitdriffs weitgehend unbekannt – welche Feedbacks werden am dringendsten benötigt?
- Routinebetrieb durch Operateure
  - Bis zum Workshop noch keine Erfahrung mit Betrieb durch Operateure
  - Reicht der Automatisierungsgrad der Maschine für eine minimal interaktive Bedienung durch Operateure?
  - *Heutige Sicht: ermutigende erste Erfahrungen anlässlich der Pilotexperimente! Stetige Fortschritte seither.*
- Braindrain!
  - Spezialwissen (FEL Setup) auf ganz wenige Experten verteilt. Abgänge können unter Umständen gravierende Auswirkungen haben.

Quelle:  
M. Pedrozzi,  
On-Call during the SwissFEL Commissioning  
Period and preparation for the user operation,  
FEL-PM16-021-09

## Marcos Wunschliste:

Dienst	Status (Inbetriebnahme)	Kommentar
Lasersysteme	Verfügbar 8:00–22:00* (Gun Laser)	In Zukunft ein Pikett für Gun- und Experimentierlaser; genug Personal für 24/7?
Photondiagnostik	Noch keine Erfahrung	Geplant? Personal?
Strahldynamik	Kein Bedarf während Inbetriebnahme	Nicht genug Personal für 24/7; Bedarf?
Kontrollsysteme	Verfügbar 8:00–20:00	Essentiell für Nutzerbetrieb
Hochfrequenz	Verfügbar 6:00–22:00*	Essentiell für Nutzerbetrieb
Hochfrequenzregelung (LLRF)	Verfügbar 6:00–22:00*	Essentiell für Nutzerbetrieb
Diagnostik	Kein Pikettdienst, da nicht kritisch	Neubeurteilung nach Betriebserfahrung?
Timing & Synchronisation	Bis jetzt kein Pikettdienst – keine signifikante Auswirkung	Nicht genug Personal für 24/7
Vakuum	Bestehender Pikettdienst	
Hallendienst	Bestehender Pikettdienst	
Strahlenschutz (SU)	Bestehender Pikettdienst	
Wasserkühlung	Bestehender Pikettdienst	
Speisegeräte	Bestehender Pikettdienst	
Steuerungssysteme (PLC)	Bestehender Pikettdienst	

*Neu ab April 2018:  
"Wochenkoordinator" Pikettdienst*

\* Wochenende: 8:00–20:00

- SwissFEL in der Inbetriebnahmephase
- Keine belastbaren Angaben zu Verfügbarkeit, Piketteinsätzen etc. möglich...
- Langfristiges Ziel ist die Bereitstellung von 5000 Nutzerstunden pro Jahr
- Wichtigste Betriebsrisiken sind einmalige HF-Systeme sowie allgemeine Unsicherheiten bzgl. des Betriebs eines Freielektronen-Lasers.
- Wo erhebliche Risiken bestehen, wurden bereits Massnahmen eingeleitet (HF).

