

# Status European XFEL and SASE3

SQS Early User Workshop, February 12-13, 2018

Serguei Molodtsov

European XFEL, Scientific Director



+



soon....

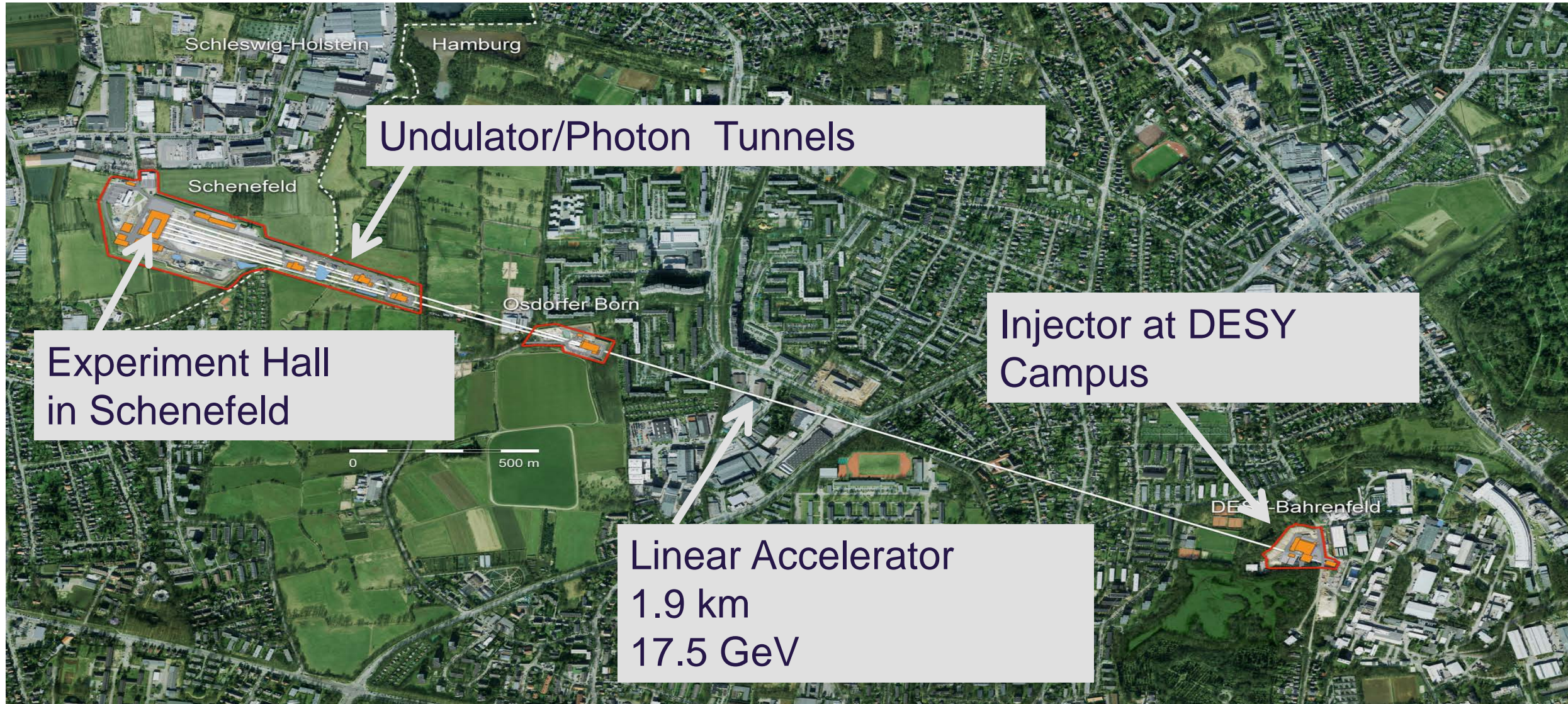


## About the European XFEL

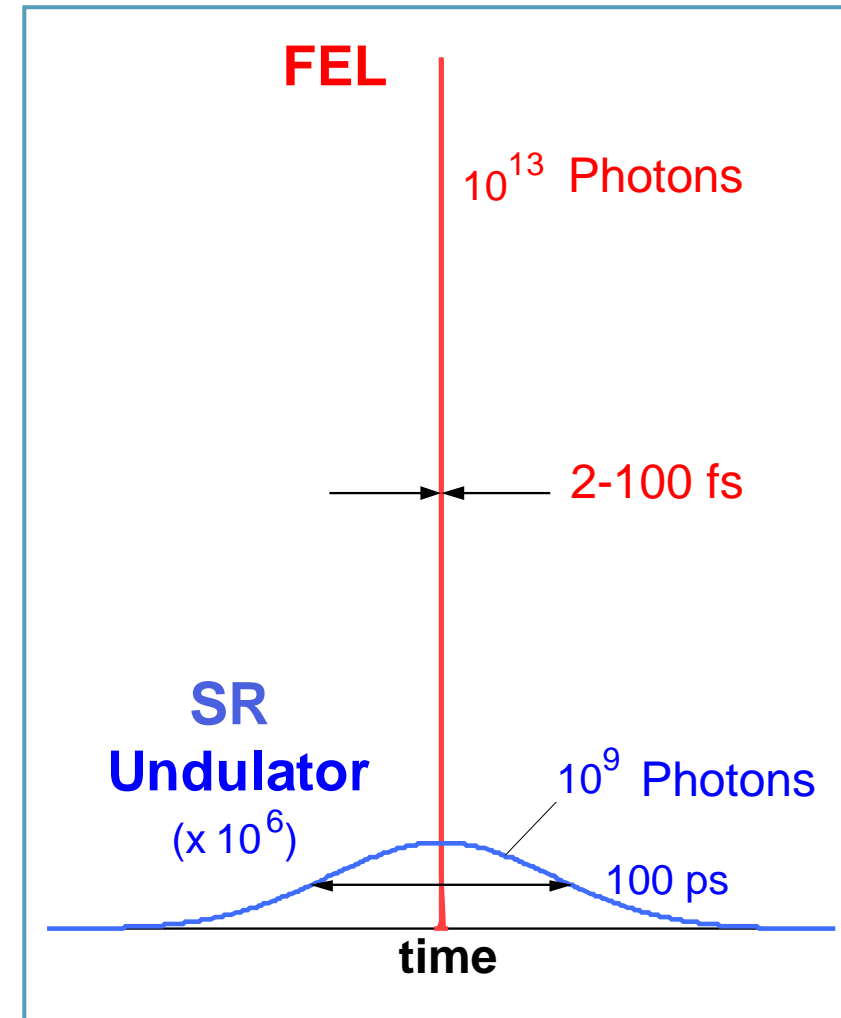
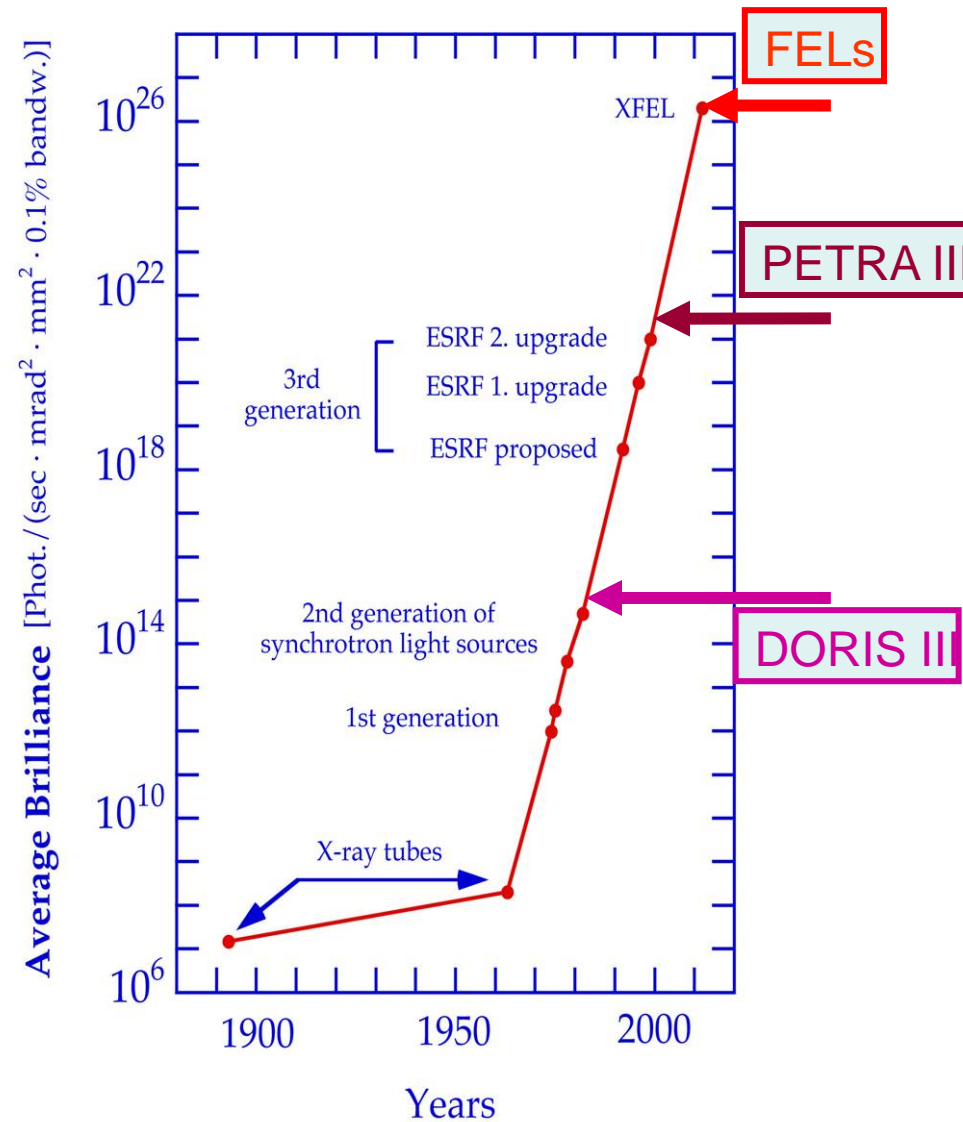
- Start 2009
- Task : Construction and running of the X-ray Laser Facility
- Germany (Bund, Hamburg (65 M€) und Schleswig-Holstein (25M€) ) 58%, Russia 27 %, Italy 3%, others 1–3%
- DESY operates the accelerator
- Staff XFEL about 350, Staff @ DESY about 250
- Start of operation 1. July 2017
  - 1,22 Mrd. € (2005 prices)
  - 600 Mio € in cash, 600 Mio € in-kind
  - Yearly running costs 117,6 Mio € (2018)



## General layout of the European XFEL



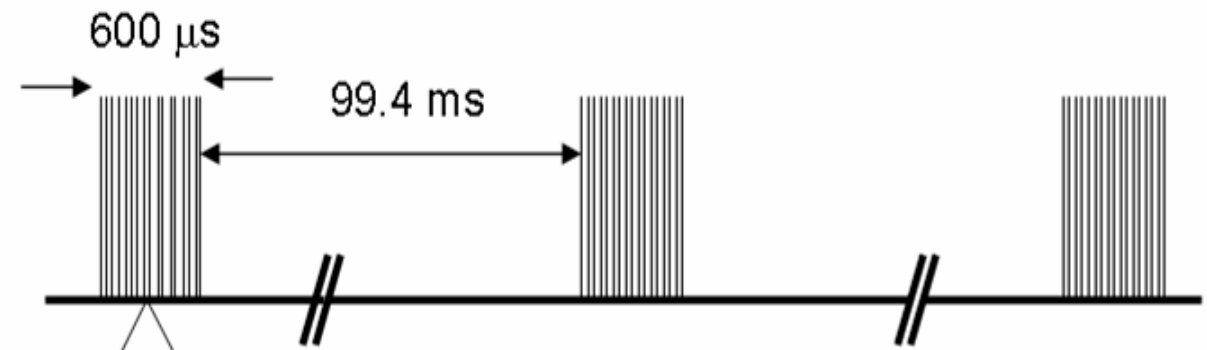






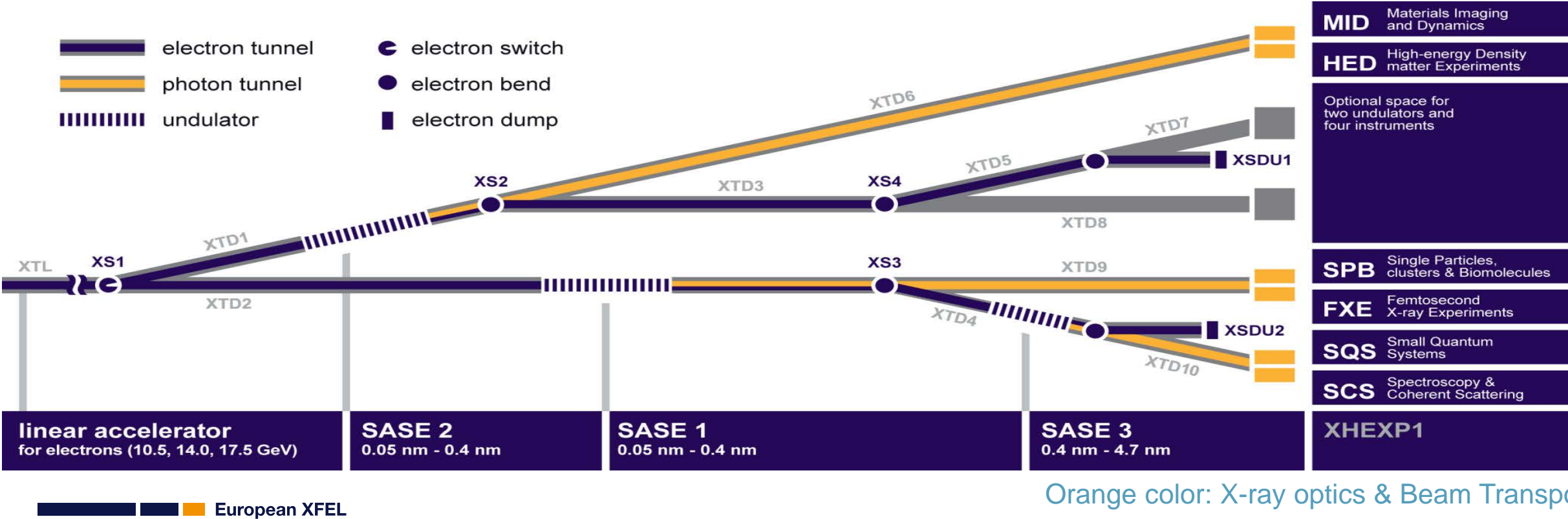
## Key parameters of European XFEL

Parameter	Value
Electron Energy	8.5 – 17.5 GeV
Photon energy	0.26 - >25 keV
Pulse duration	2 – 100 fs
Seeding	In preparation
# of pulses	27000 /s
# of FELs	3
# of instruments	6
Start of operation	2017



- Specific electron & x-ray beam delivery pattern
  - Follows from pulsed RF system
  - Trains of  $e^-$ /x-ray pulses
  - Max. = 2.700 per train / 27.000 per sec
- High average brilliance
- Feedback & time and space stabilization
- Dedicated pulse delivery

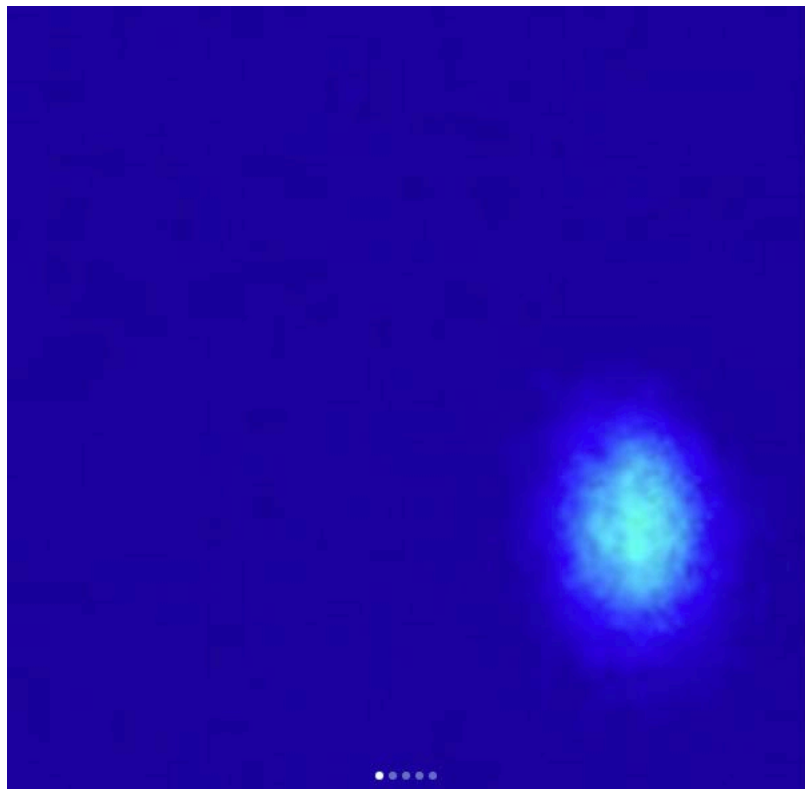
Undulator Segment	FEL radiation energy [keV]	Wavelength [nm]
SASE 1	3 - over 24 (Hard XR)	0.4 - 0.05
SASE 2	3 - over 24	0.4 - 0.05
SASE 3	0.27 – 3 (Soft XR)	4.6 – 0.4



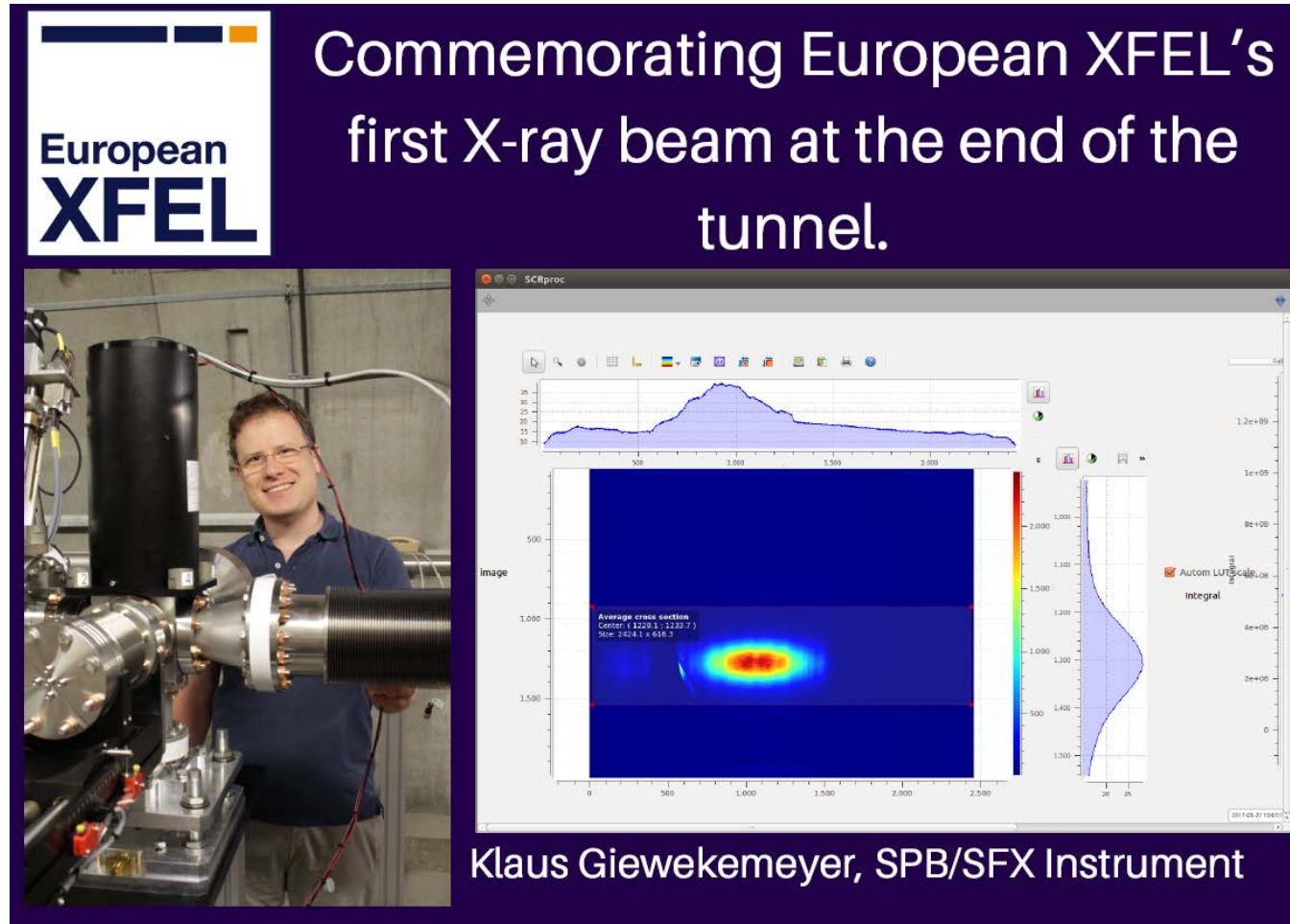
Orange color: X-ray optics & Beam Transport



## First lasing May 2, 2017 at 9 Å



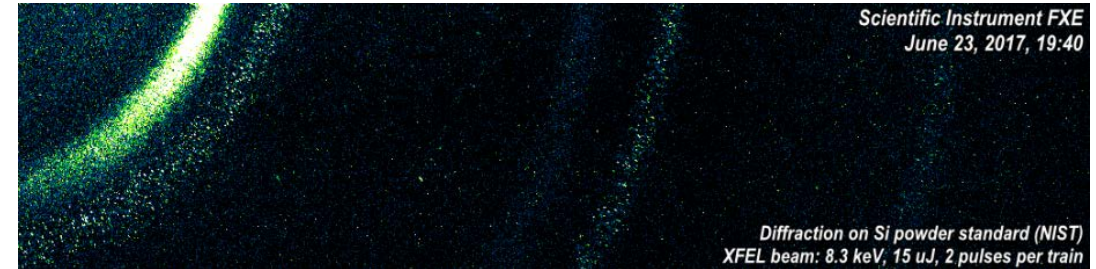
## Lasing at 2 Å on May 24 and beam at the end of tunnel May 27



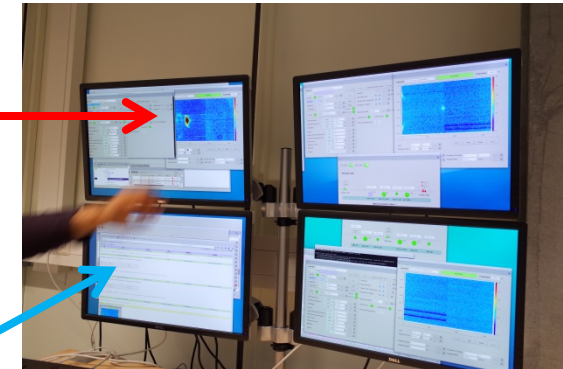


## ■ Beam in Experimental Stations SPB/FXE and FXE June 23

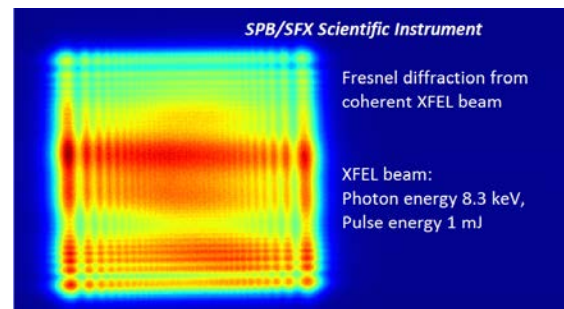
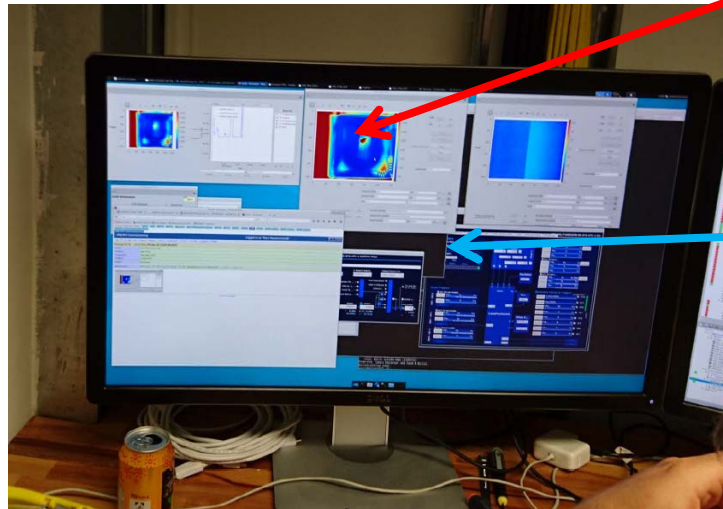
- Interlock test on June 6 cancelled due to cable problems
- Interlock TÜV test made successfully June 20



■ Beam



■ Karabo

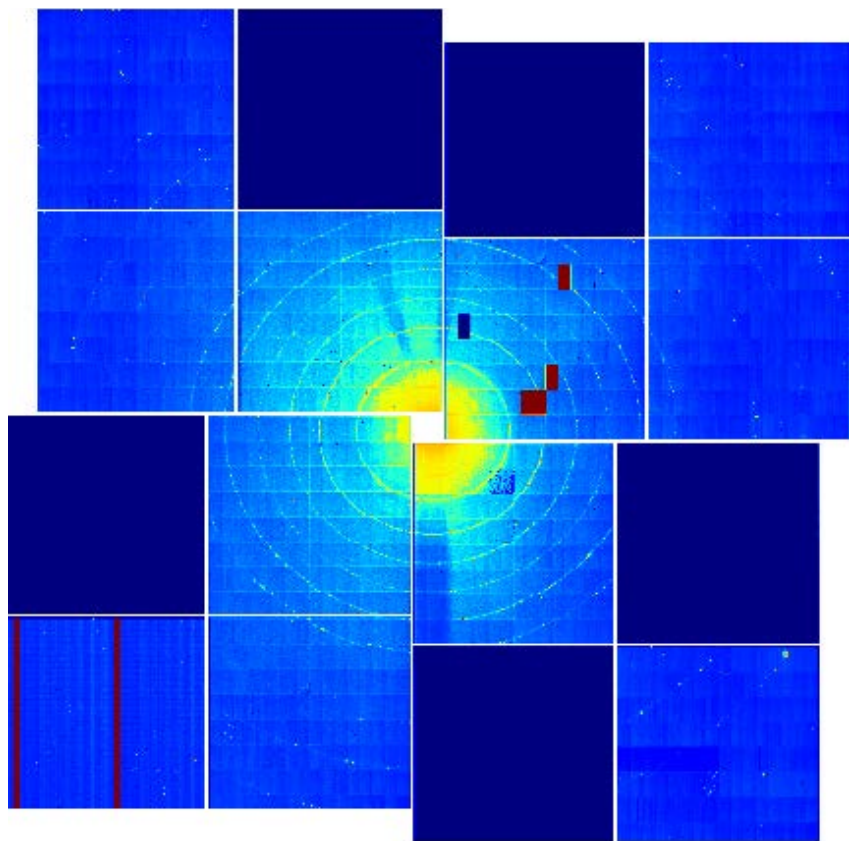




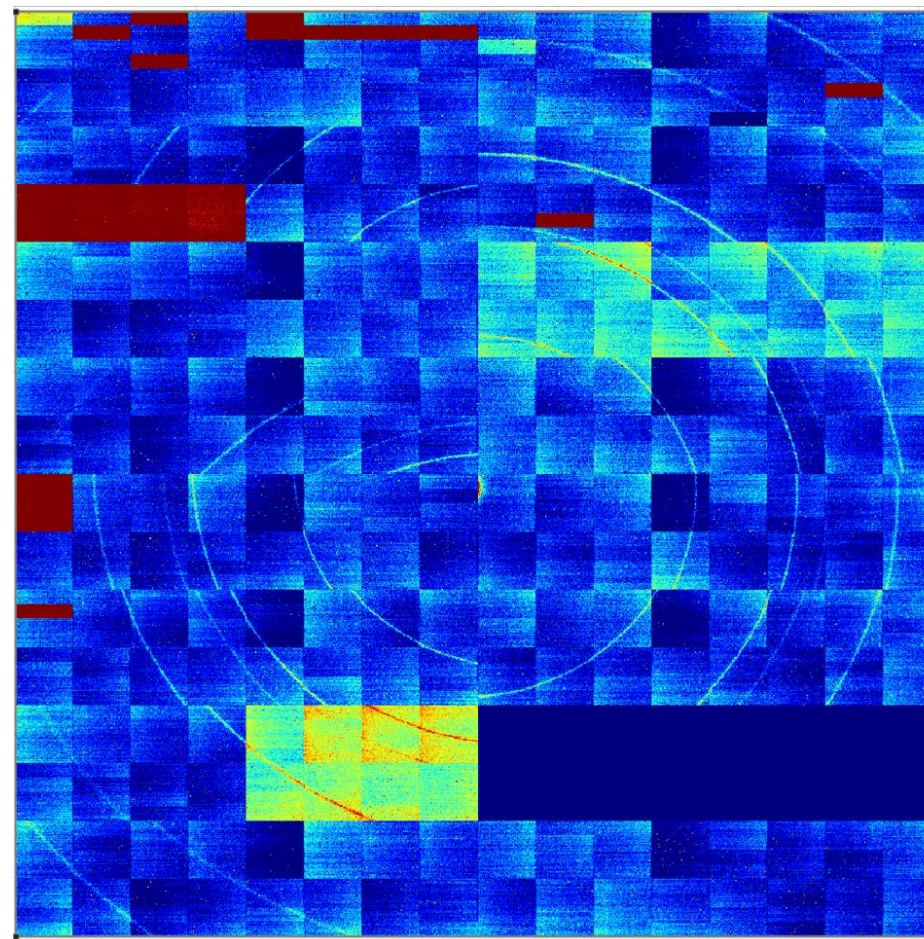
## LPD tests at FXE, 12-13.08

LaB<sub>6</sub> calibration powder, ~140 mm to detector

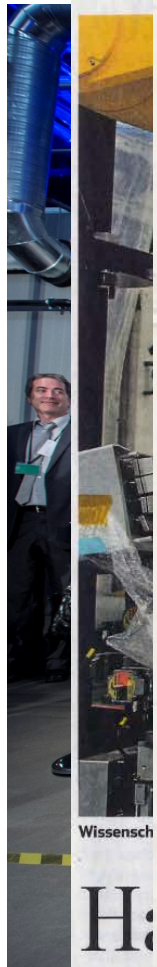
LPD single shot image;



## First scattered FEL beam in AGIPD on 1 September







Wissenschaft

# Na

„Basis

# ПРЕОДОЛЕТЬ ПРЕДЕЛ

Торжественная церемония открытия европейского рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL прошла первого сентября в Гамбурге. Россию представляла на ней помощник президента РФ А.А. Фурсенко. Первыми российскими учеными, которые проведут с помощью лазера свои эксперименты уже в сентябре этого года, будут сотрудники Южного федерального университета из МИЦ «Интеллектуальные материалы».

Рентгеновский лазер на свободных электронах XFEL, благодаря своим параметрам, станет уникальным инструментом для исследования сверхмалых структур, очень быстрых процессов и экстремальных состояний. С помощью лазера ученые, в частности, планируют разрабатывать новые лекарства и материалы, его будут использовать в исследованиях по энергетике, электронике и химии.

В строительстве и эксплуатации XFEL участвуют Венгрия, Германия, Дания, Испания, Италия, Польша, Россия, Словакия, Франция, Швейцария и Швеция, в конце года к проекту присоединится Великобритания. Строительство установки началось в 2009 году и завершилось в 2016 году, ее общая стоимость составила 1,22 миллиарда евро (в ценах 2005 года).

## ЧТО ТАКОЕ XFEL

Туннель XFEL длиной 3,4 км начинается в крупнейшем в Германии исследовательском центре по физике частиц DESY в Гамбурге и тянется до города Шенефельд в земле Шлезвиг-Гольштейн. В Шенефельде расположен исследовательский центр.

## Накануне старта эксперимента

На церемонии открытия Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL первым пользователем вручили символические пропуски в лабораторию, где будет происходить эксперимент. Международный коллектив, в составе которого ведущие научные сотрудники МИЦ «Интеллектуальные материалы» Южного федерального университета Григорий Смоленцев и Александр Гуды (на фото в центре), выиграл в конкурсе на право провести измерения диэлектрических металлоорганических комплексов меди — новых материалов для органических светодиодов OLED.



Сверхпроводящий линейный ускоритель частиц длиной в 1,7 км в составе XFEL будет разогнать электроны до энергии в 17,5 ГэВ (гигаэлектронвольт). После разгона до таких высоких энергий электроны направляются через специальные магнитные системы — окулаторы. При этом частицы испытывают излучение, которое постепенно усиливается до очень коротких и интенсивных рентгеновских вспышек.

XFEL будет производить рекордные 27 тыс. вспышек в секунду, каждая длительностью менее 100 фемтосекунд (фемтосекунда — одна квадриллионная доля секунды). Аналогичный американский лазер производит 120 таких вспышек в секунду, швейцарский — 100, японский и корейский — 60.



## УЧАСТИЕ РОССИИ

Доля России, которую в проекте представляет НИЦ «Курчатовский институт», в расходах на строительство установки составила 26 процентов (крупнейшая после Германии с 57 процентов). Российские специалисты представлены во всех управляющих органах XFEL и формируют программу его научных экспериментов.

Ученые Южного федерального университета, МФТИ и других российских вузов и институтов в составе первых экспериментальных групп начнут работу с комплексом в



ближайшее время. «Курчатовский институт» рассчитывает получить статус центра обработки данных XFEL, а в будущем Россия может создать в комплексе и собственные исследовательские станции.

«Стоя на пороге организаций мы входим в тройку лидеров наряду с Германией и США среди первых победителей в конкурсе на право проводить исследования. Германия — понятно,

что, синхротронный источник четвертого поколения, нам точно нужно понимать, кто будет нам проектировать эти станции, кто будет их создавать и на них работать. Наша задача, в том числе с учетом возможностей XFEL, — сформировать такие команды молодых ученых, которые бы затем перенесли этот опыт, работая на новых установках на территории России», — подчеркнул Попов.

## ПЕРВЫЕ РОССИЙСКИЕ ПРОЕКТЫ

Руководитель одного из первых российских проектов на XFEL Григорий Смоленцев, представляющий российский Южный федеральный университет и институт Пауля Шеррера в Швейцарии, рассказал ТАСС, что его группа давно ведет предварительные исследования, а сейчас готовится к началу работы на установке 28 сентября. Группа Григория Смоленцева и Александра Гуды изучает материалы для органических светодиодов (OLED-материалы).

«Традиционная технология для таких материалов, базирующаяся исключительно на органических элементах, имеет фундаментальный предел в 25% по квантовому выходу эмиссии. Это означает, что в лучшем случае каждый четвертый рекомбинирующий электрон в таких устройствах используется для того, чтобы материал светился, тогда как три из четырех просто его нагревают», — пояснил Смоленцев.

Чтобы преодолеть этот предел, в материал можно добавить тяжелый химический элемент, например, иридий, но такие элементы дороги и редки, что ограничивает распространение этой технологии. Смоленцев и его коллеги изучают альтернативные OLED-материалы на основе меди.

«Ключевую роль в излучении света этим материалом играет синглетное состояние, которое является короткоживущим, его время жизни около 10 пикосекунд (одна триллионная доля секунды — прим. ТАСС). В силу малого времени жизни наблюдать это состояние, используя традиционные рентгеновские методы, например, с использованием синхротронных источников, практически невозможно. Поэтому и необходимо применение лазера на свободных электронах. Знать структуру синглетного состояния нужно, чтобы понять, как минимизировать потери энергии на процессы, не связанные с излучением света», — сказал Смоленцев.

ТАСС



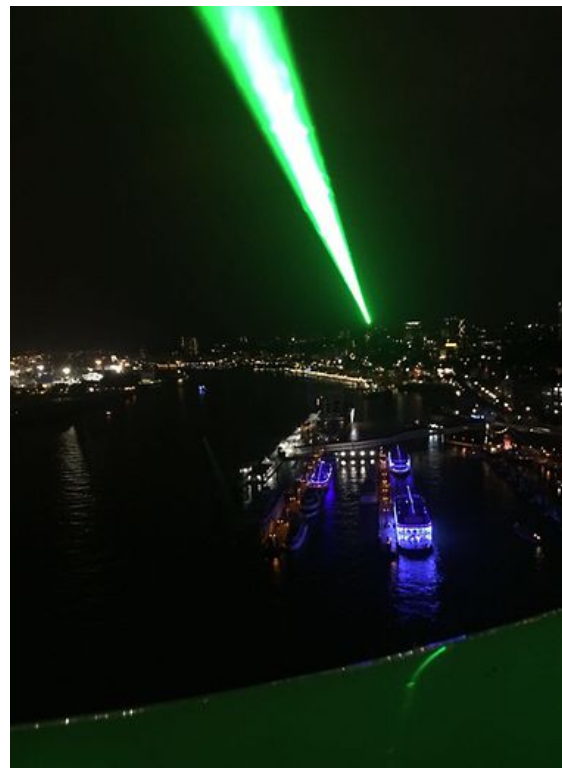
eines Experimentes Roland Magunla

anlage in Betrieb



## Inauguration September 1, 2017

### Hamburg shines for the European XFEL





## Campus development

Guest house, start soon



Workshop and storage finished soon

High-power Laser, UC, offices

Science / conference center

Undulator hall, start soon

Canteen, ready late fall 2018



## 1<sup>st</sup> Call for Proposals (CfP)

- Opened: Jan 2017; Deadline : Mar 2017; PRP: May 2017; Info: Jul 2017; Allocation: Sep – Nov 2017
- At deadline 63 proposals (37 FXE; 26 SPB/SFX incl. 3 community proposals) had been received
- Technical feasibility, safety assessments and initial assessment by PRPs in parallel.
- PRP in-person meeting on May 11+12, 2017 in Schenefeld to establish a final ranking
- PRP lists were used to make a final allocation of experiment proposals to beam time
  - Technical feasibility
  - Modified availability of all subsystems
  - Maximize number of user groups provided experiment time
  - Definition of shifts
- Allocation of 14 experiment proposals (out of 63) corresponds to ~20%
- Information was sent to Users by end of June



## Many thousands of frames of diffraction data was collected and successfully analysed to give a structure!

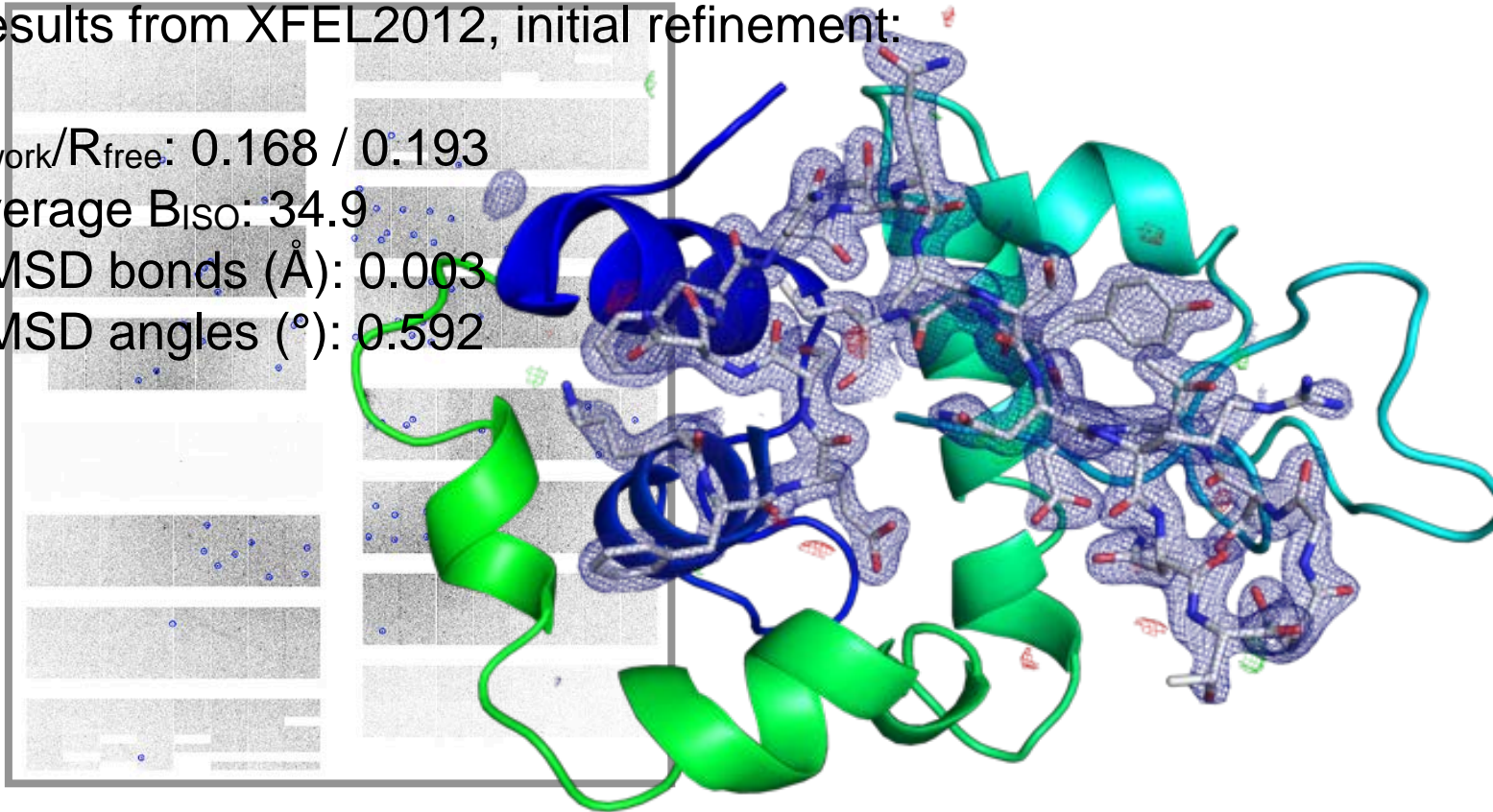
Results from XFEL2012, initial refinement:

$R_{\text{work}}/R_{\text{free}}$ : 0.168 / 0.193

Average  $B_{\text{iso}}$ : 34.9

RMSD bonds (Å): 0.003

RMSD angles (°): 0.592



- This is the first realisation of the European XFEL's purpose—a complete experiment from start-to-end demonstrated in the very first user experiment at the facility at the SPB/SFX instrument (Data September 2017, Analysis November 2017). That is, structural biology works at XFEL!



## First users in structural biology – September 14



**Four Months from first lasing to user operation !**

## Some user statistics

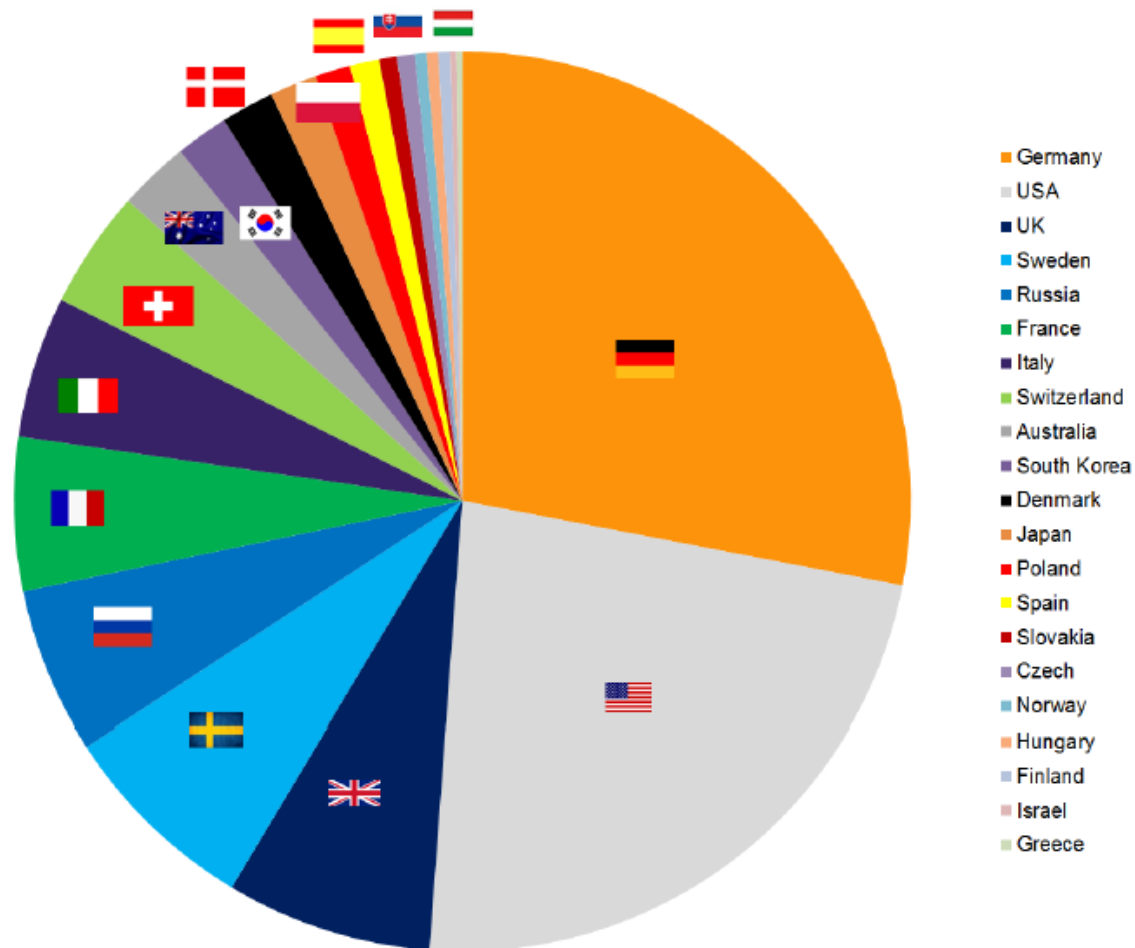


Figure 11: Number of co-proposers per country (except European XFEL)

European XFEL

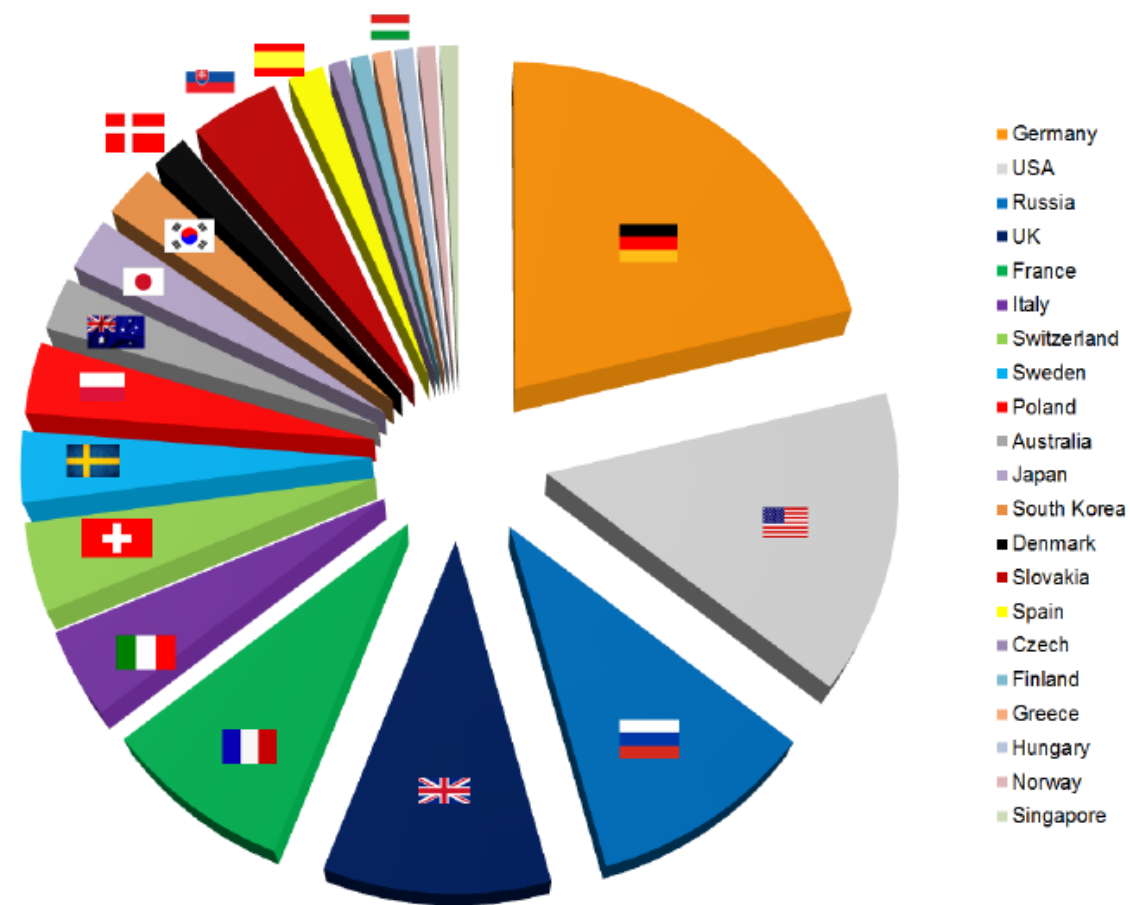


Figure 12: Institutions on proposals per country (excluding international institutions)

## 2018 Calls for Proposals

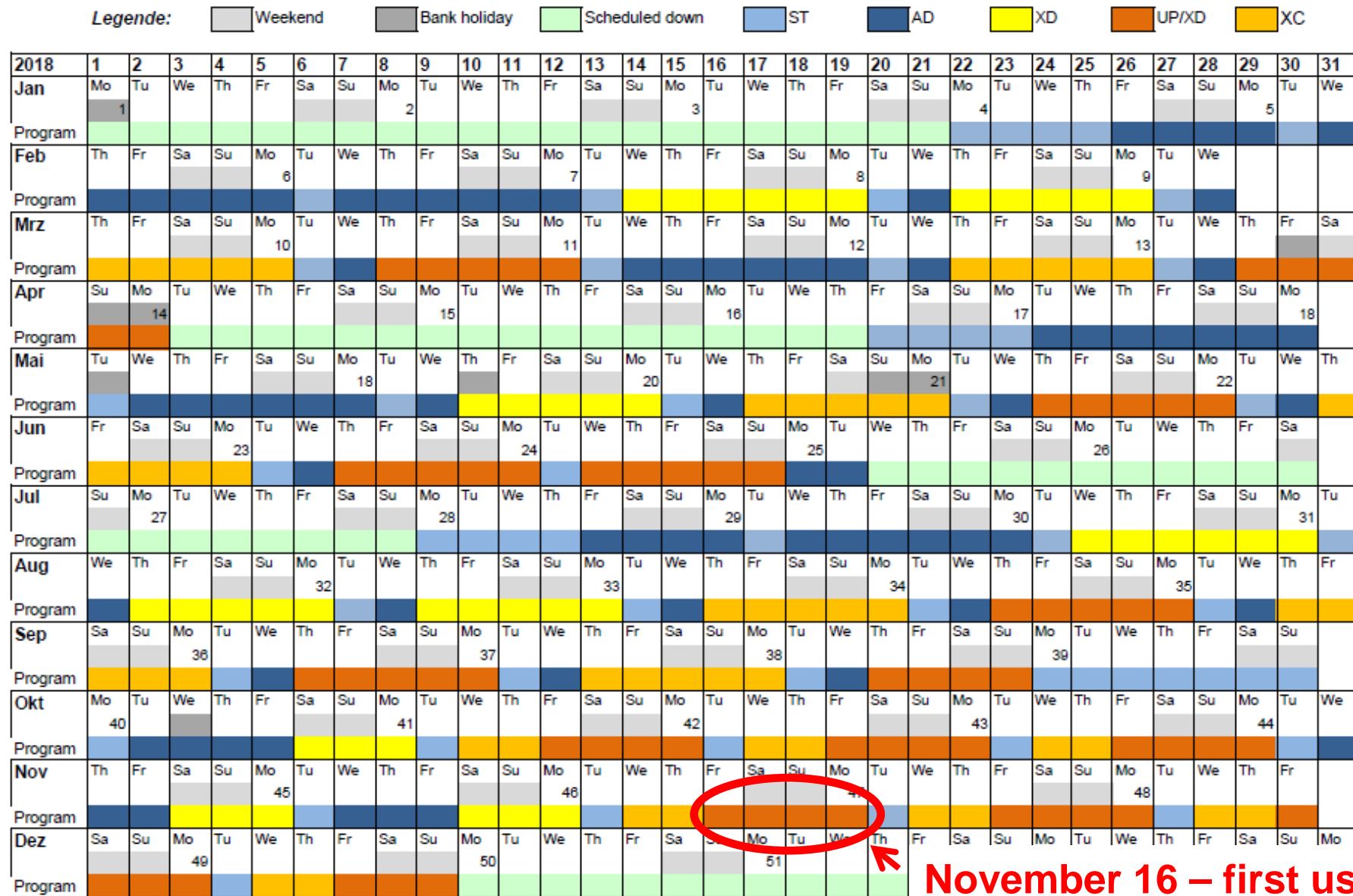
### 2<sup>nd</sup> CfP

- Opened: Oct 2017; Deadline: 16 Nov 2017; PRP: Jan 2018; Info: Mar 2018; Allocation: May/Jun 2018
- 5 wks; ~600 hrs; only FXE & SPB/SFX
- New parameters: add. options: 300 pulses, 7 – 14 keV
- New instrumentation: FXE: timing tool, mono, single-shot spectrometer

### 3<sup>rd</sup> CfP

- Open: Mar 2018; Deadline: Apr 2018; PRP: Jun 2018; Info: Aug 2018; Allocation starting Nov 2018 until Jun 2019
- At least 9 - 10 wks; all instruments: FXE, SPB/SFX, SQS, SCS, MID, (HED)
- New parameters: to be defined
- New instrumentation: add. instruments, SPB: KB mirrors, tbd

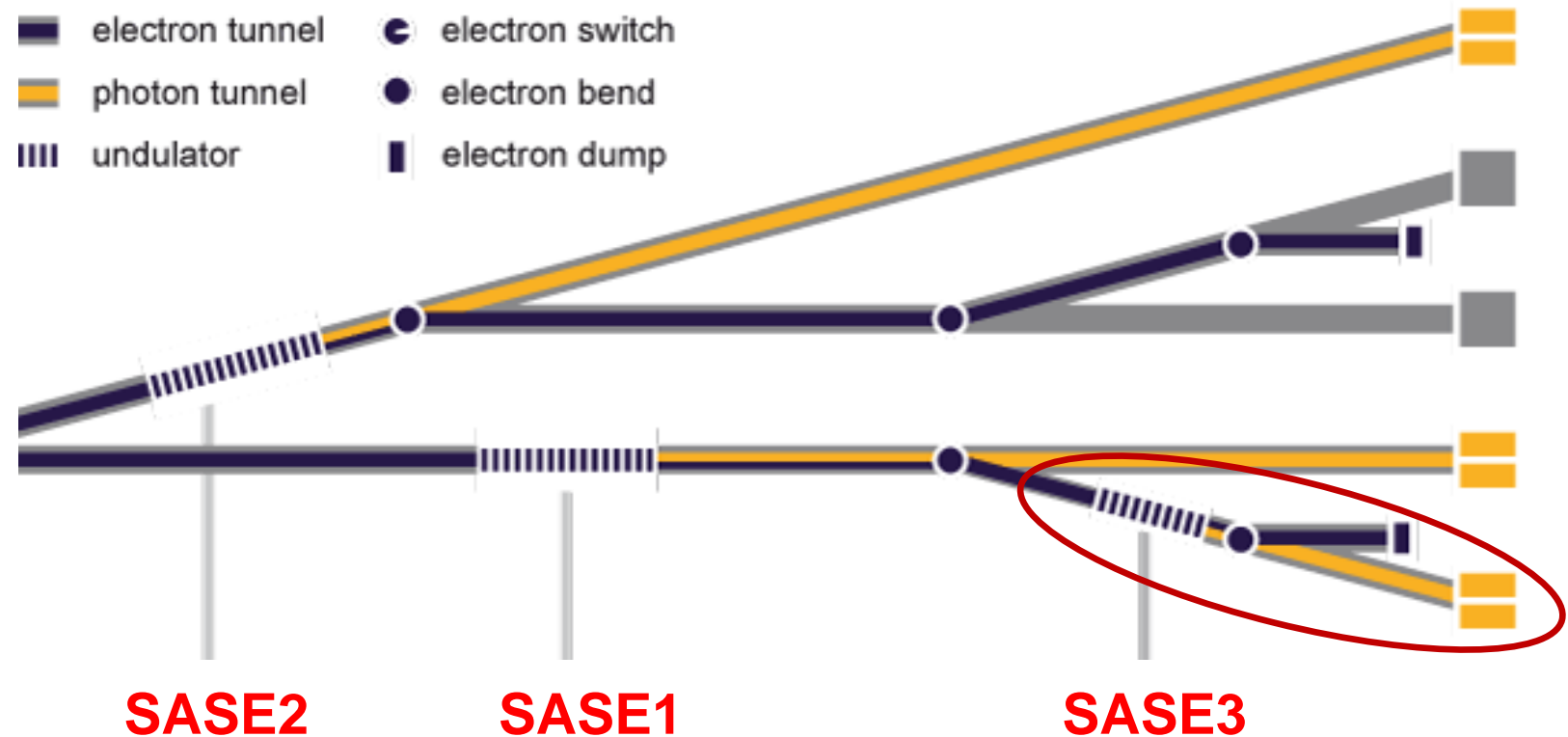




**November 16 – first users at SASE 3**

## Overview

- Undulator systems
- Optics and diagnostics
- Experimental hutches
- Optical lasers
- Detectors
- Sample environment
- SQS instrument



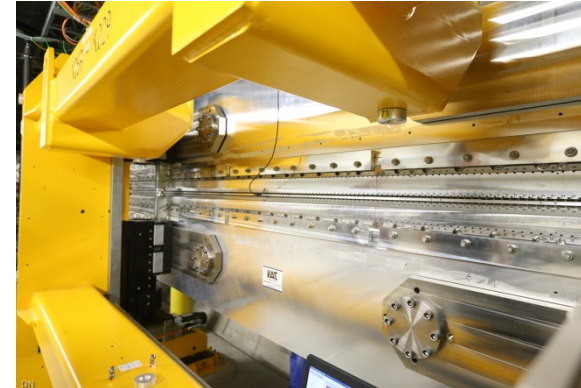




SASE System without



With enclosure

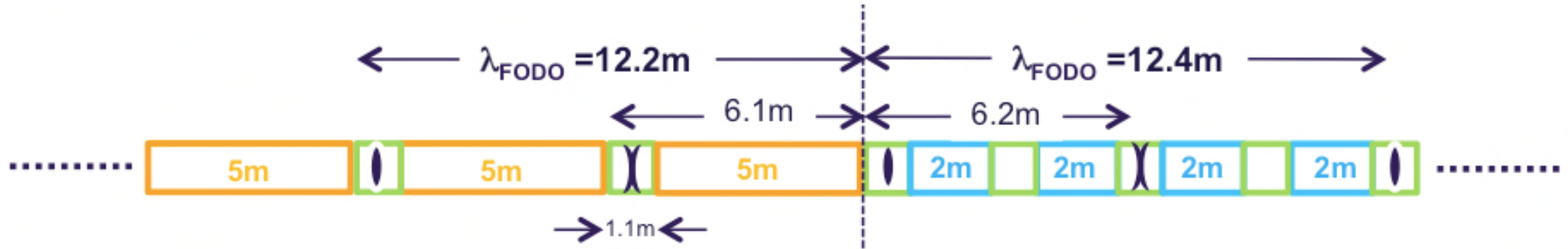


All gaps closed to 10 mm

- Hardware installed & aligned
- Control system & remote controls operational
- Air conditioning commissioned & operational
- All gaps can be closed to 10 mm
- System is fully operational
- Final system tests were done

**SASE3 undulator is fully operational since the end of March 2017**  
**First lasing was achieved on Thursday last week !!!**

## Implementation of circular polarization in 2020, cooperation with SwissFEL



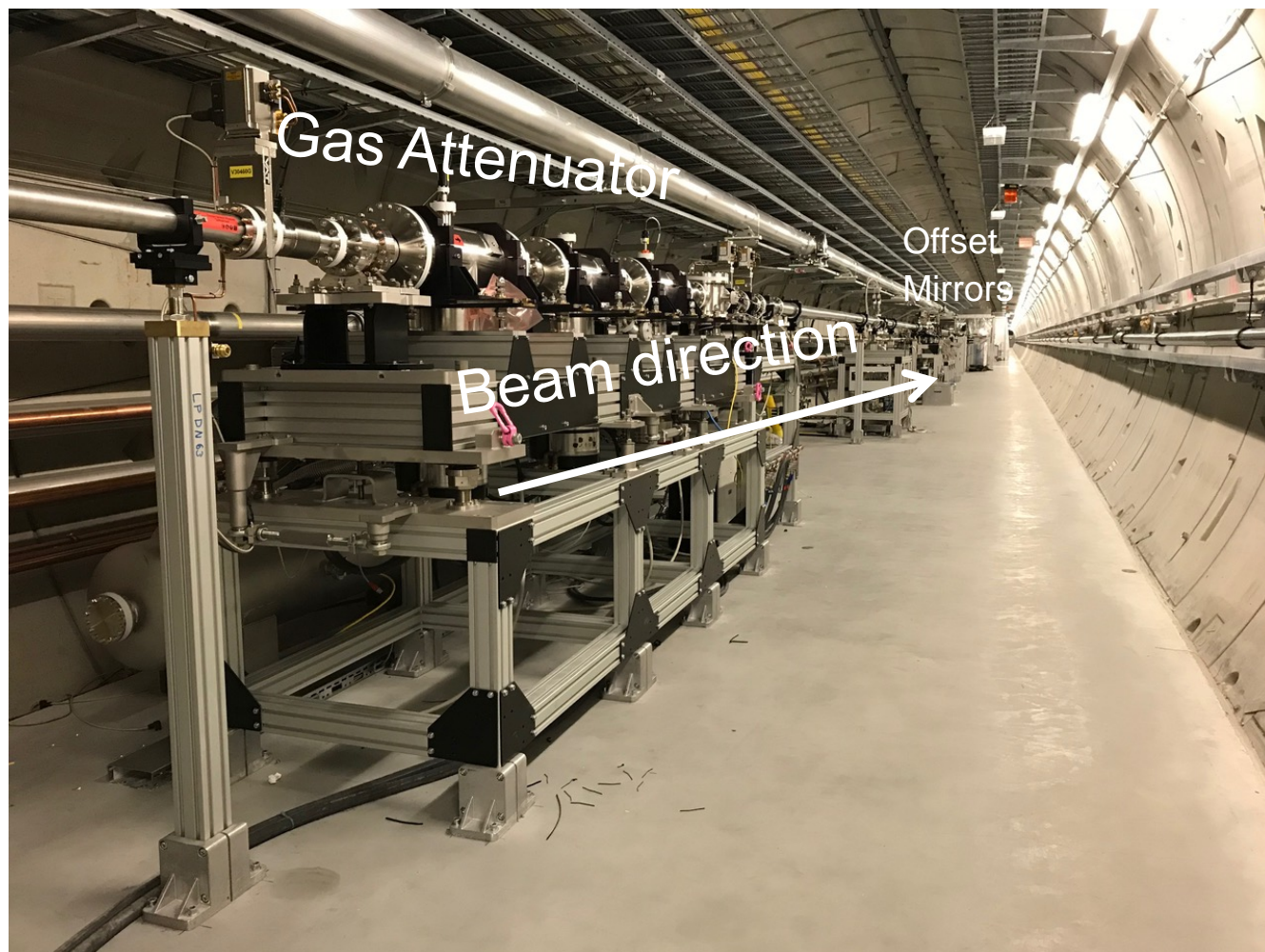
- Boundary condition of the design considered was minimum invasiveness to the SwissFEL/PSI undulator layout with the main goal to decrease implementation costs.
- Afterburner sections length (2 m) and the precise mechanics were selected to be the same in both cases for the European XFEL afterburners and the undulator of SwissFEL/PSI.
- Solution presented allows using intersections, phase shifters, and quadrupole movers already used at the European XFEL.

## Optics & vacuum components installation summary SASE3

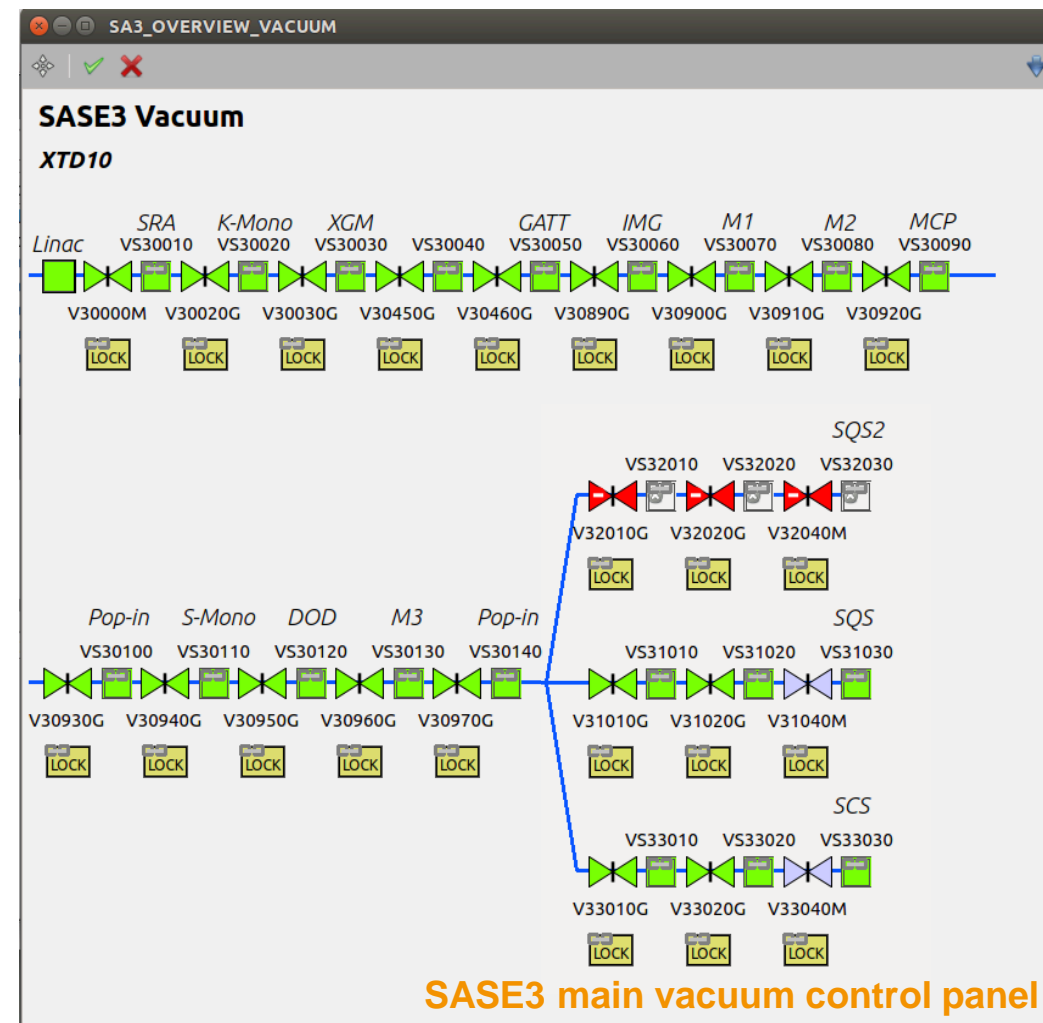
- All components are delivered and installed.
- Racks & cables: Most essential cables for first commissioning are in place.
- Vacuum system is complete and closed.
- Controls: Vacuum complete and in operation. Motion control under local testing and Karabo projects are being set up.
- Optics: Two offset mirrors and optics for soft-X-ray monochromator (2 pre-mirrors, 1 short grating, 1 long grating blank) are installed.
- Commissioning of beam transport in XTD10 will start on February 14.



## Current view of SASE3, XTD10 tunnel



## Vacuum Control System (PLC/Karabo)



## Diagnostics installation summary SASE3

### ■ Systems:

FILT, IMGTR, KMONO, IMGSR, XGM, DP (PES related differential pumping), PES, IMGFEL, MCP-detector, IMGPIII, IMGPII90, IMGPII45, 2 x IMGES, 3 x IMGPI

### ■ Mechanics / UHV chambers

■ All supports installed and surveyed

■ All vacuum chambers installed and connected to beamline vacuum

### ■ Gas supply system installed, tested, flushed; operational for XGM

### ■ All electronics and cabling installation completed (except PES)

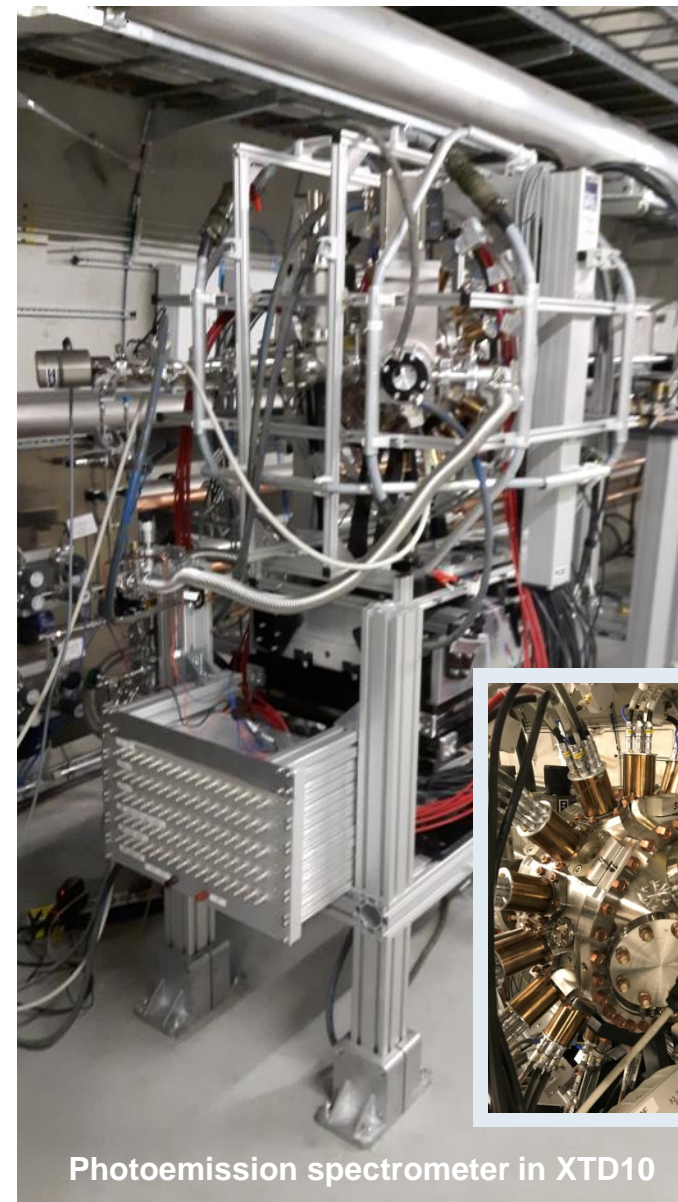
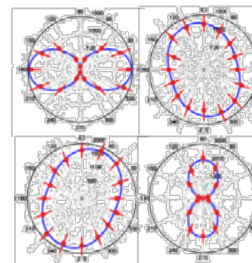
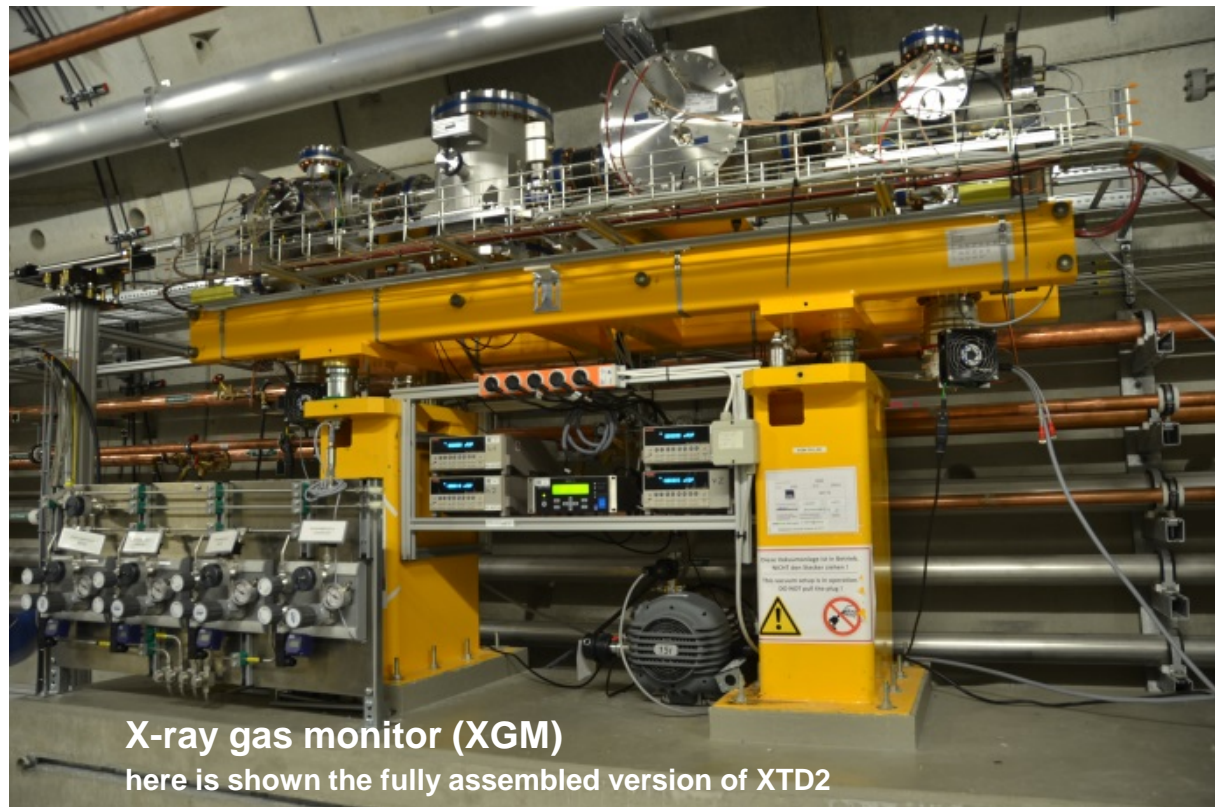
### ■ Technical commissioning without beam

■ Completed for XGM, DP, Imagers. Ongoing for MCP, KMONO

■ not started for PES (on locally controlled vacuum operation)

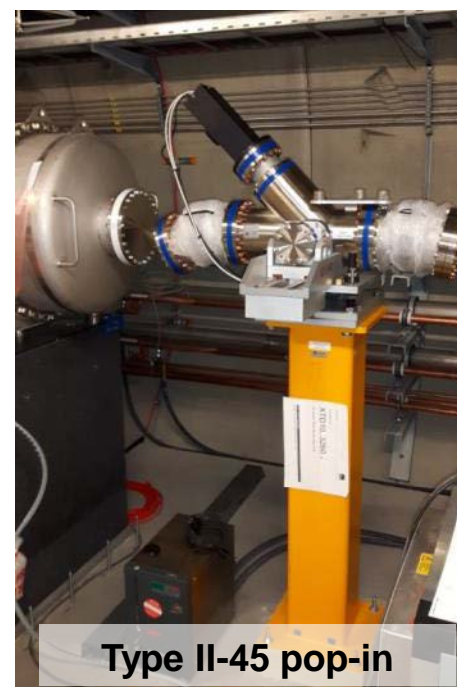
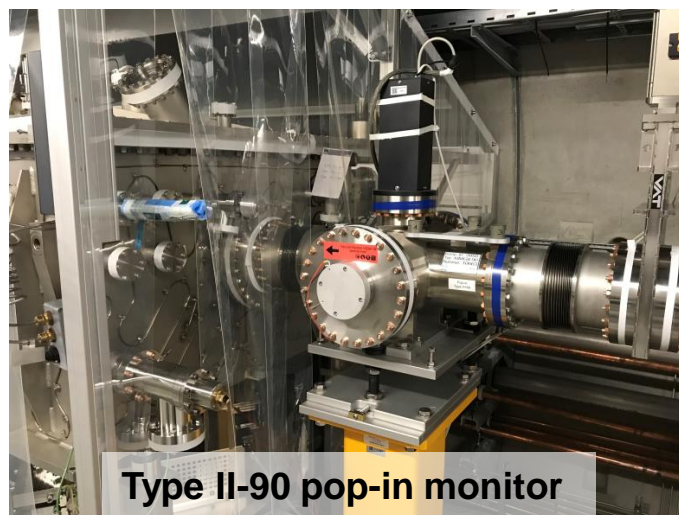
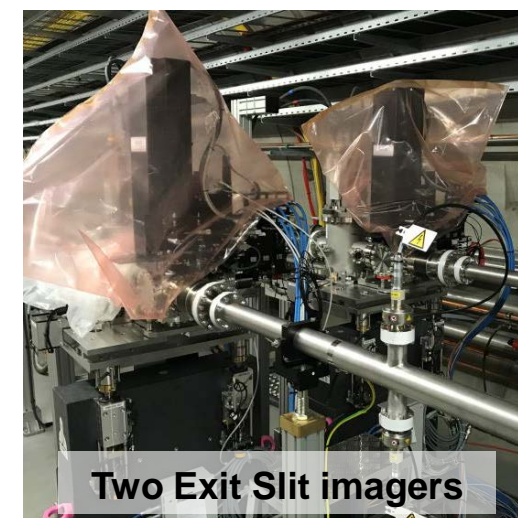
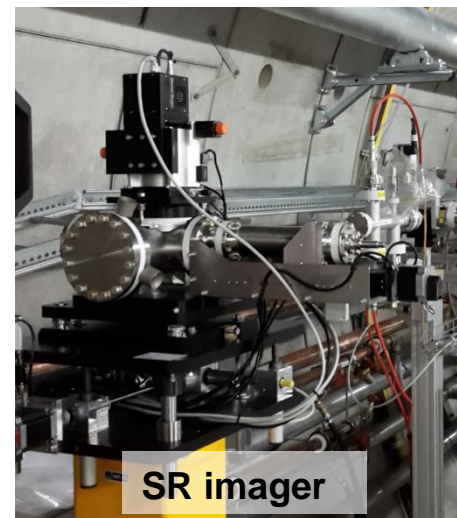
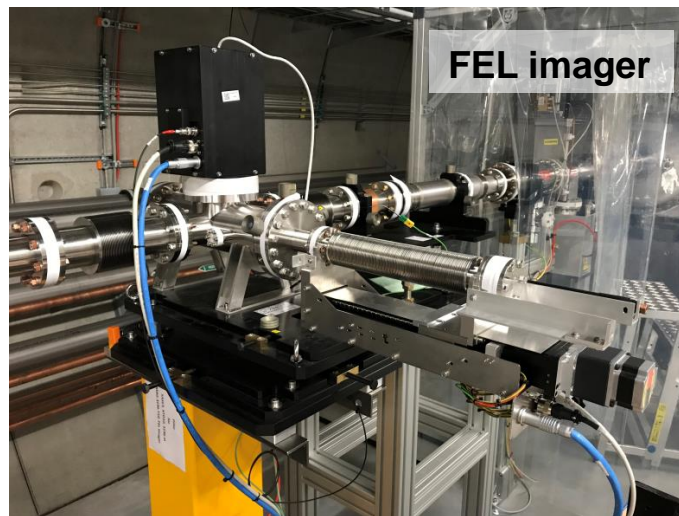
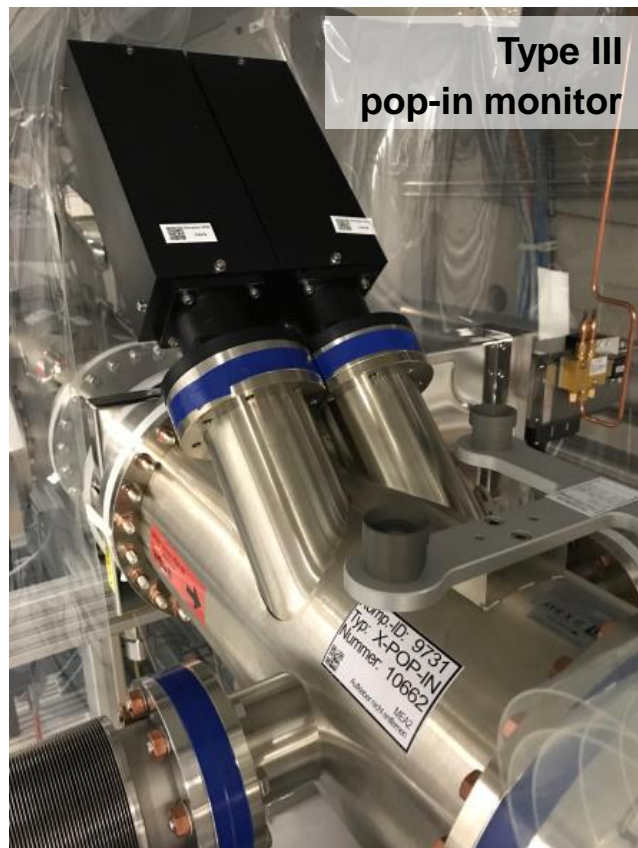


## SASE3 photon diagnostics





## SASE3 photon diagnostics: imagers



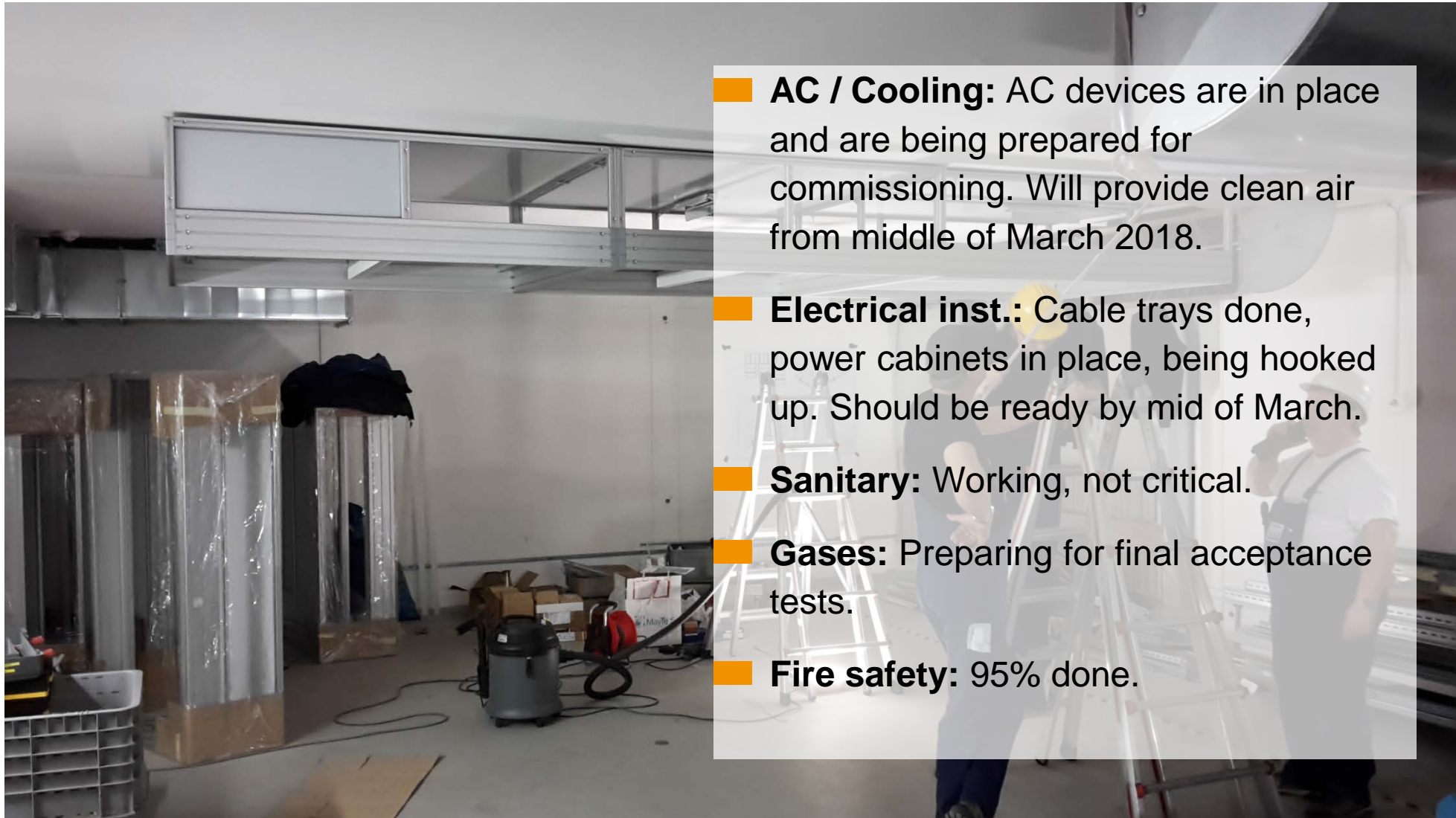


## SASE3: Status of the civil construction

- **Laser hutches:** Done.
- **Experimental hutches:** Done.
- **Control and rack hutches:** Done.



## SASE3: Status of the technical infrastructure installation

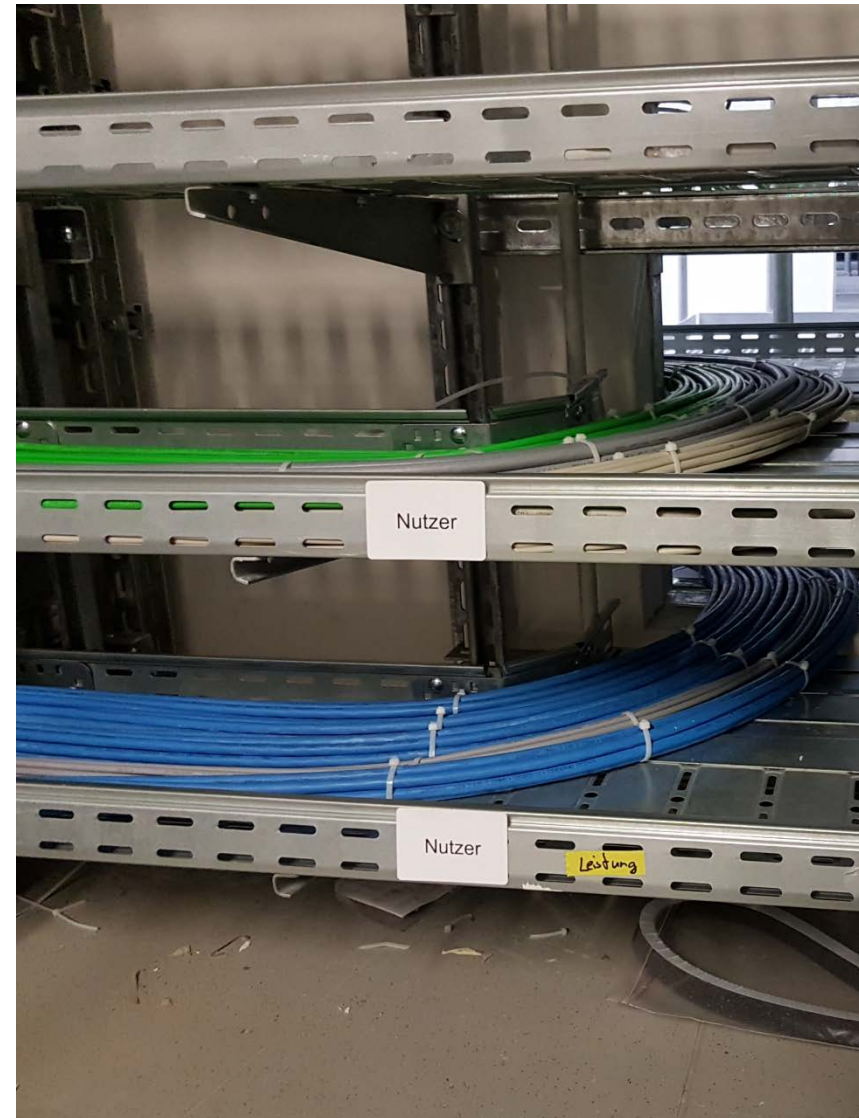


- **AC / Cooling:** AC devices are in place and are being prepared for commissioning. Will provide clean air from middle of March 2018.
- **Electrical inst.:** Cable trays done, power cabinets in place, being hooked up. Should be ready by mid of March.
- **Sanitary:** Working, not critical.
- **Gases:** Preparing for final acceptance tests.
- **Fire safety:** 95% done.



## SASE3: Status of the cabling / PLC planning

- **IT cabling:** Done, final acceptance test planned for the middle of Feb. IT connectivity available mid of March.
- **PLC modules production:** ca. 80% produced & tested. Remaining modules produced until March.
- **Phase II cabling (motors, sensors...):** All cabling done in April 2018.
- **Scope of planning & work:** 160+ PLC modules + 3200+ associated cables (not counting power or IT)!
- **Start of electronics and cabling commissioning:** April 2018



## SASE3: 2018 schedule

- First Lasing in February 2018, beam brought up to the end of photon tunnels
- Major infrastructure works will finish in March/April
- Day 1 instrument installation starting in full swing in March/April
- Commissioning of instrument controls & electronics without beam in May/June/July
- Instrument commissioning with beam in August/September
- Very first trial experiments in October
- Potential first scheduled users in middle of November



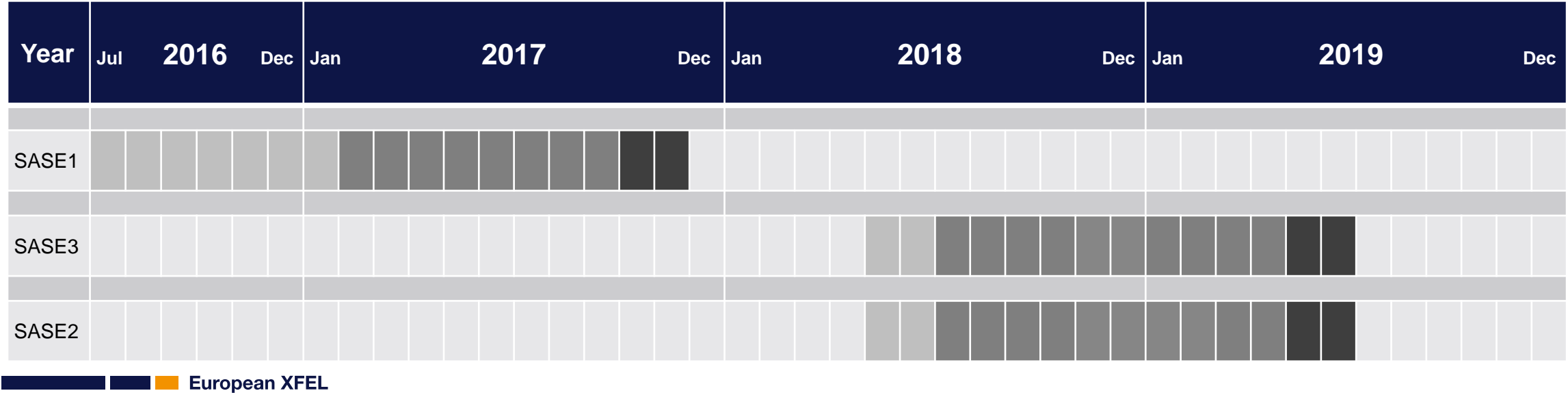
# PP-laser installation schedule

■ **General PP-laser installation schedule:**

- Task 1:** Laser tables and infrastructure in PP and ILH-hutches
- Task 2:** Components + commissioning in PP and ILH-hutches
- Task 3:** Beam to experiment

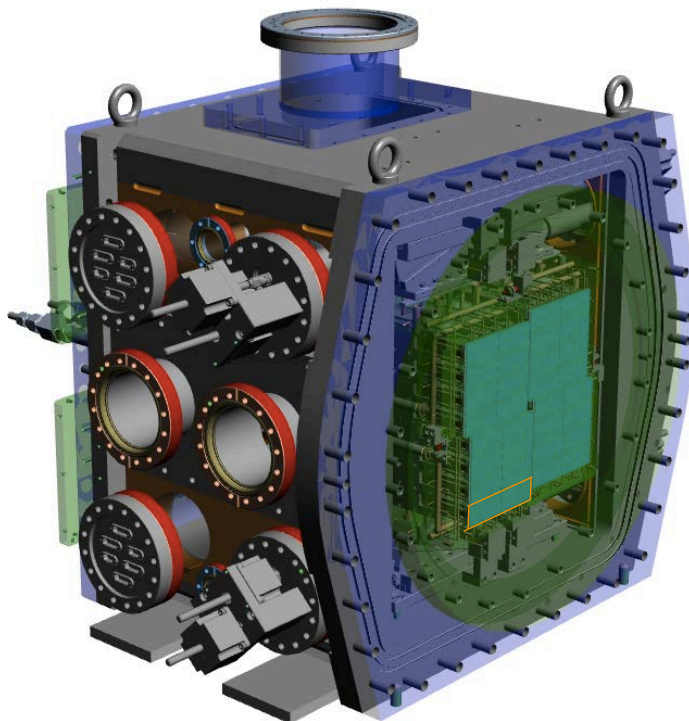
- **Challenges:**
- Parallel installation at SASE 2 and 3
  - Simultaneous operation at SASE 1

■ **SASE-specific schedules:**





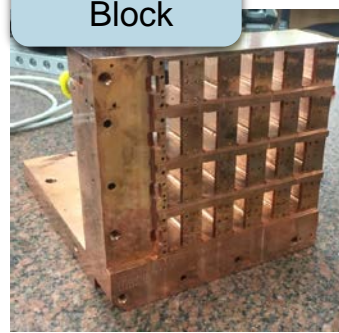
# DSSC MiniSDD1 Mpix Detector



Vacuum  
Vessel



Cooling  
Block



Electronics/Power

Courtesy DSSC Collaboration



MPOD Crates with  
29-m long Cables &  
Strain Relief

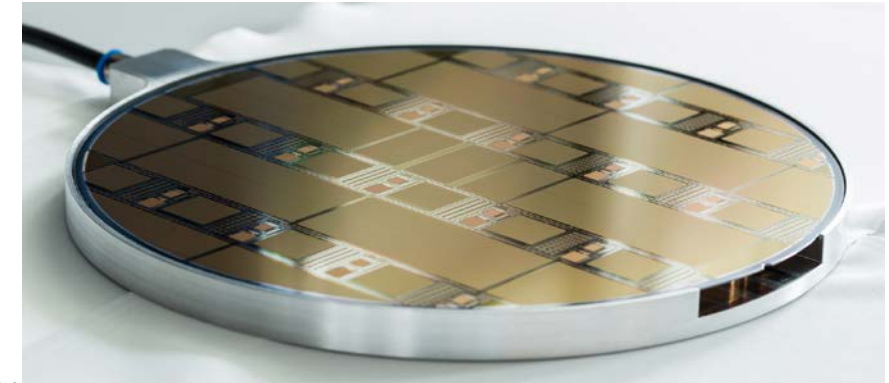


Cables connected to Patch Panels  
mounted to the Support Frame



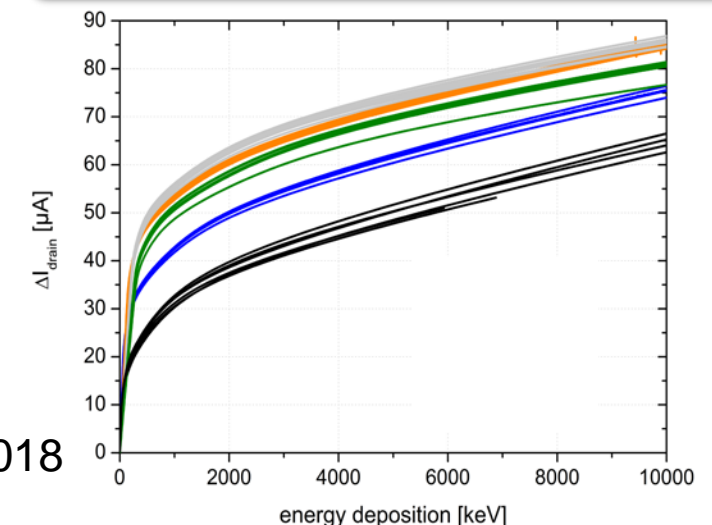
Patch-Panel Flex Cables connected to  
Patch Panels

Processed DEPFET Wafer



Provided by pnSensor GmbH

Measured DEPFET Characteristics



Provided by pnSensor GmbH

- Project started one year later
- Production of detector components almost completed
- Front-end electronics produced and successfully tested
- Collaboration is focused on integrating, calibrating and commissioning of the first full size 1 Mpix camera based on MiniSDD sensors, to be ready in Q3 2018
- Full specs DEPFET based camera will follow in January 2020

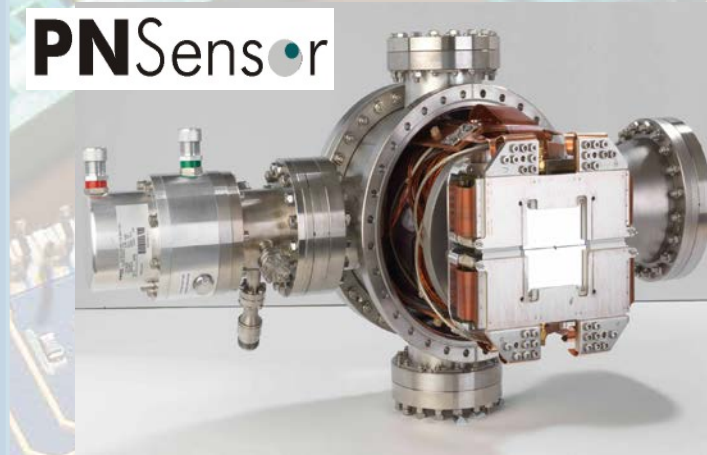
**FastCCD**

Detector arrived at XFEL  
 Beamline integration at SCS  
 is in progress  
 Calibration is in progress  
 Ready for installation at  
 experiment May 2018

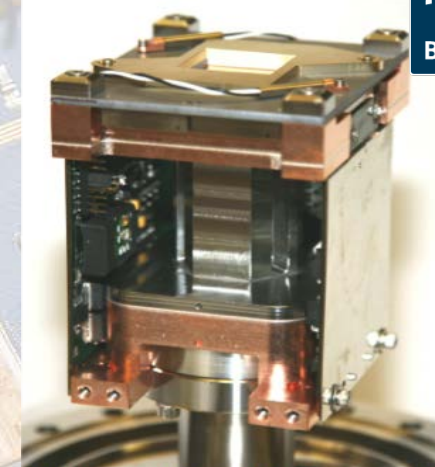
**pnCCD**

Detector for soft- and hard X-  
 ray imaging experiments.  
 Procurement and testing of  
 first components started.  
 Detector available in autumn  
 2018.

Primary experiments  
 SQS and SCS

**pnCCD****PN**Sensor

Energy Range  
 0.03 – 25 keV  
 Pixel Size 75 x 75  $\mu\text{m}^2$   
 1024 x 1024 Pixels<sup>2</sup>  
 Dynamic Range  
 6000 ph@1.keV  
 Frame Rate  
 up to 150 Hz  
 Noise  
 6 e<sup>-</sup> at high gain

**FastCCD**

Energy Range  
 0.25 – 6 keV  
 Pixel Size 30 x 30  $\mu\text{m}^2$   
 1920 x 960 Pixels<sup>2</sup>  
 Dynamic Range  
 Approx. 350 ph@1 keV  
 Frame Rate  
 up to 200 Hz  
 Noise  
 25 e<sup>-</sup> at high gain



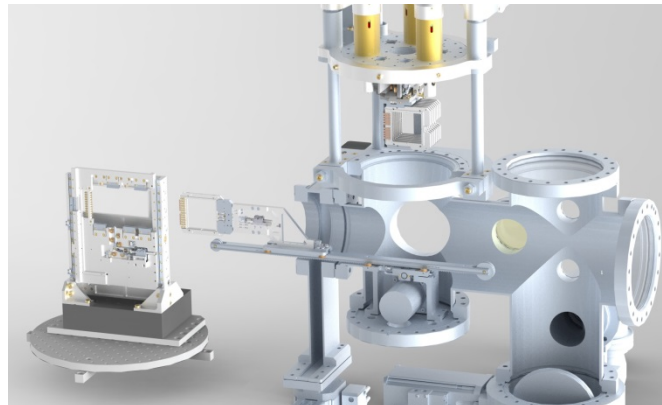
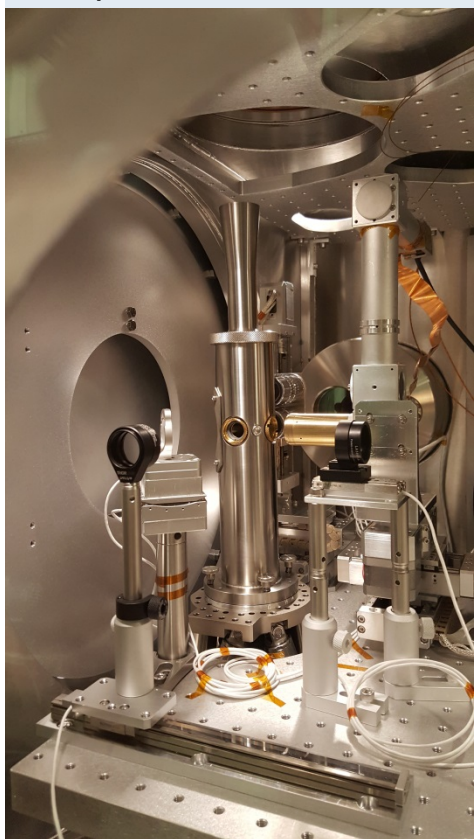
## XFEL.EU Biolabs





## Highlights from the Sample Environment group

SPB/SFX liquid jet sample environment



Fast solid sample scanner with load-lock sample changer for SCS. Versions for MID and HED in preparation



Compact pulsed magnet for MID and SCS:  
15 Tesla 0.6 ms pulse length  
sample at 4.2 – 300 Kelvin

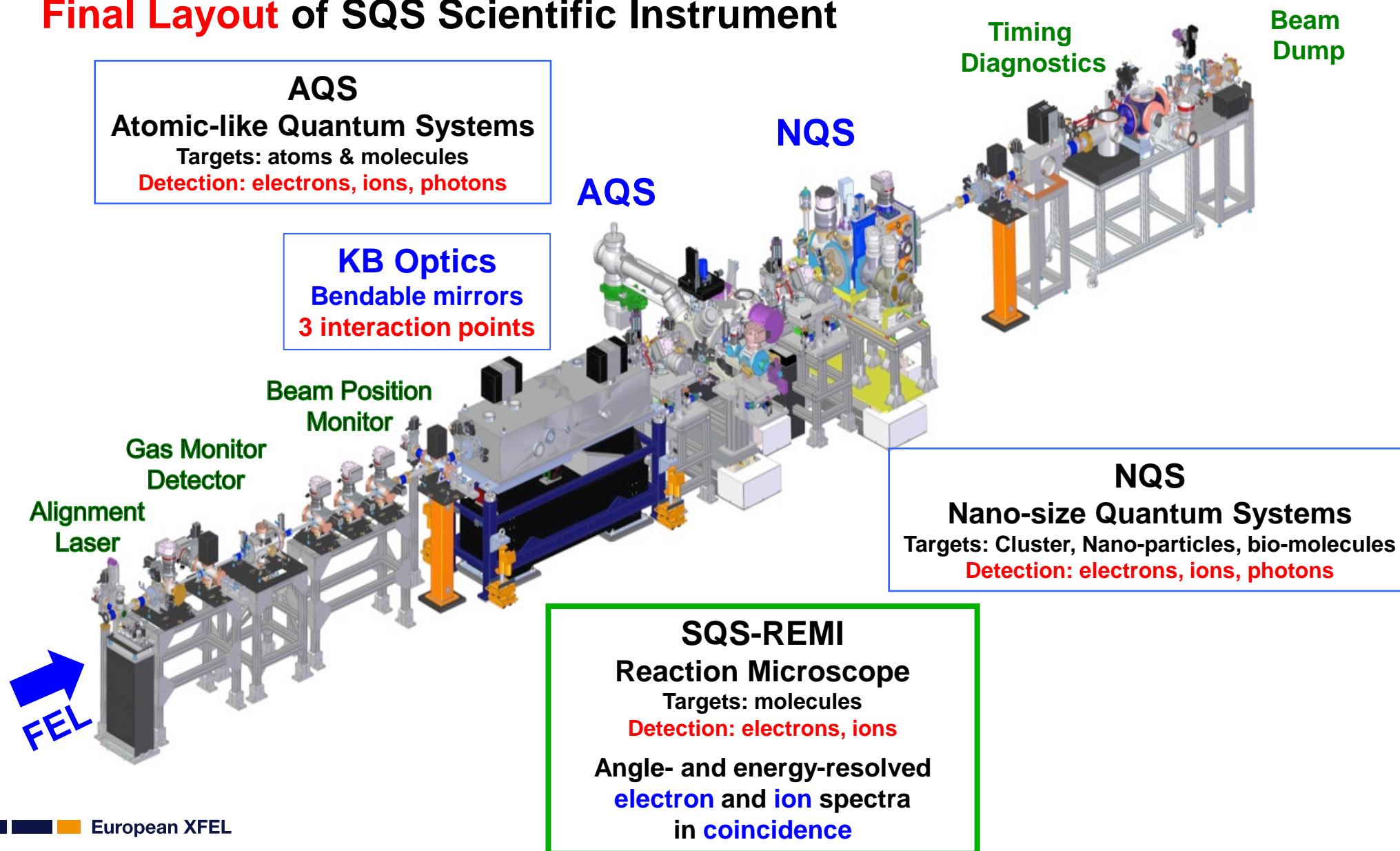
Aerosol injector:  
an in-kind contribution  
from Uppsala University



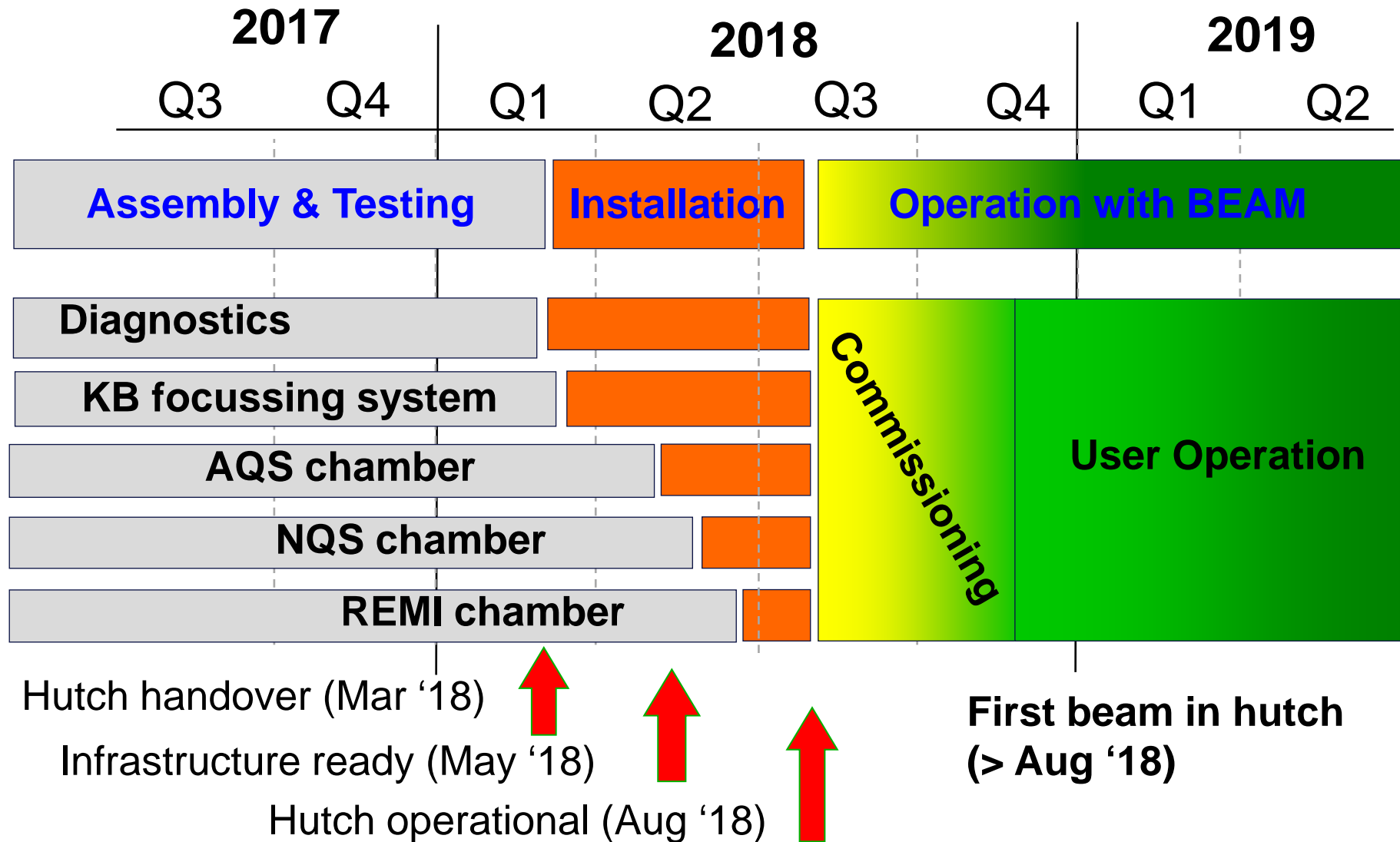
Confocal microscope and scanning electron microscope (SEM) for sample characterization



# Final Layout of SQS Scientific Instrument



## SQS Installation schedule





# Thank you for your attention

