

# The European XFEL

Prof. Robert Feidenhans'l  
Chairman of the European XFEL Management Board



## RAC and the European XFEL

## European XFEL Schenefeld



August 19 2016

- Schenefeld und Hamburg
- European User Facility for X-ray Science
- Start of operation: July 1. 2017
- First robust users September/October 2017.



## 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 %, others 1–3%
- DESY operates the accelerator
- Staff XFEL about 300, Staff @ DESY about 250
- Budgets\_
  - 1,22 Mrd. € (2005 prices)
  - 600 Mio € in cash, 600 Mio € in-kind
  - Expected yearly running costs about 118 Mio € (2018)

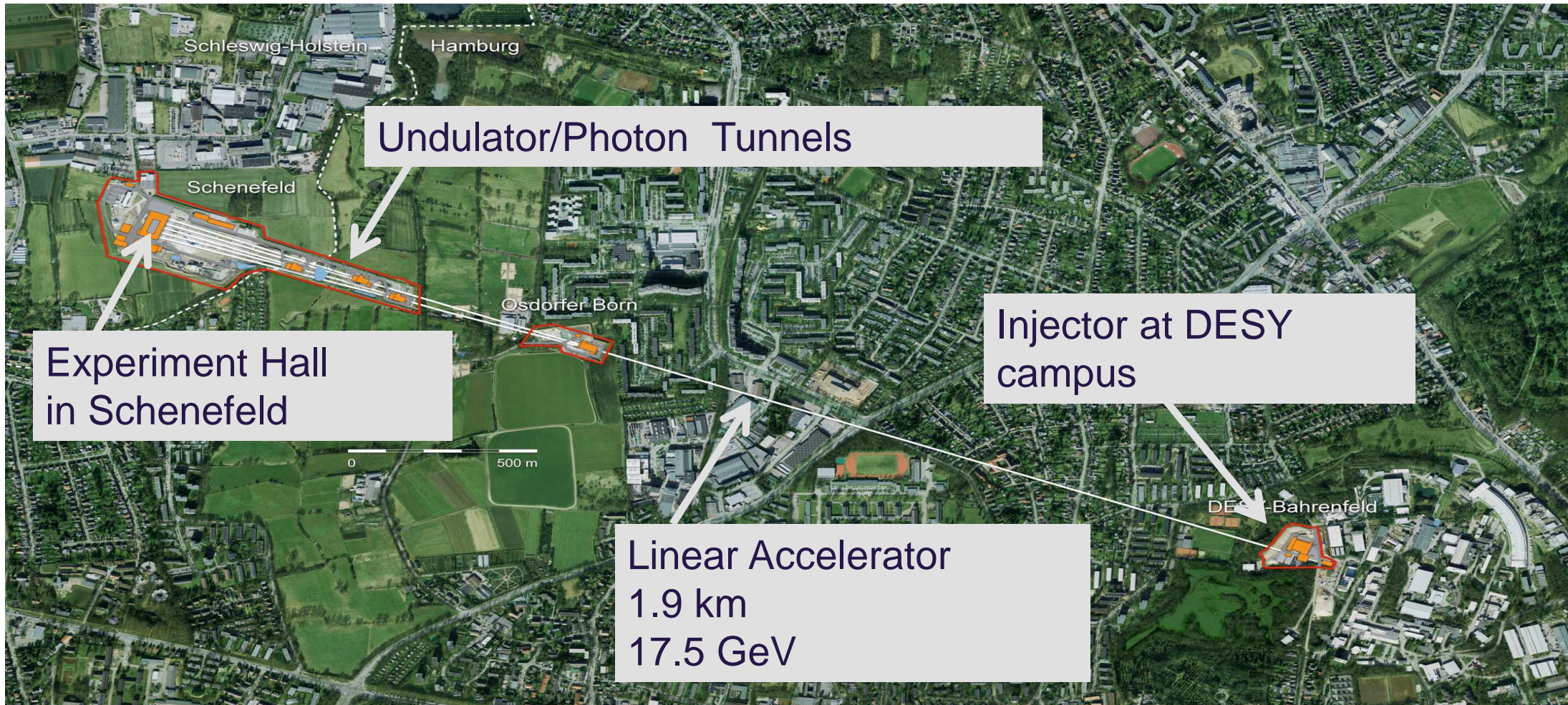
## Folie 3

---

**FP3** Flaggenleiste mit HH und S-H? Gerade wegen letzterem.  
Poppe, Frank; 30.01.2017

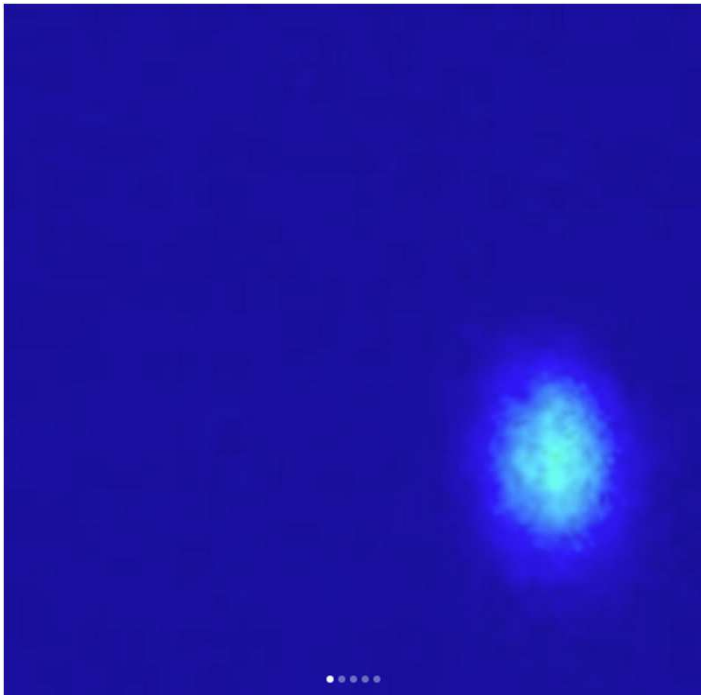


# General layout of the European XFEL

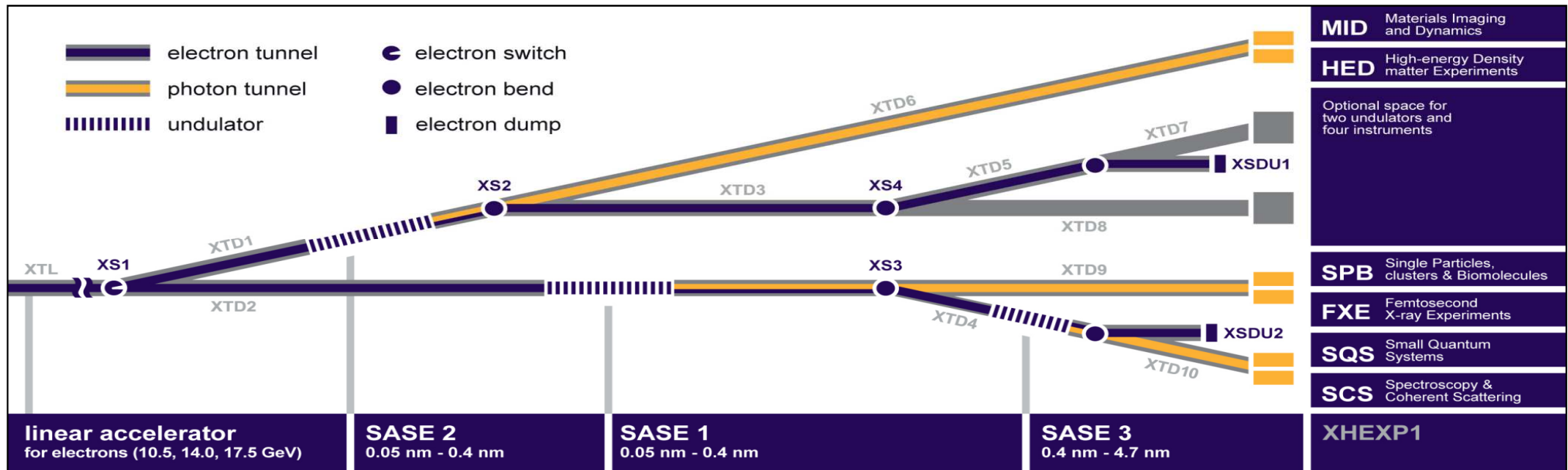




## First lasing May 4 2017



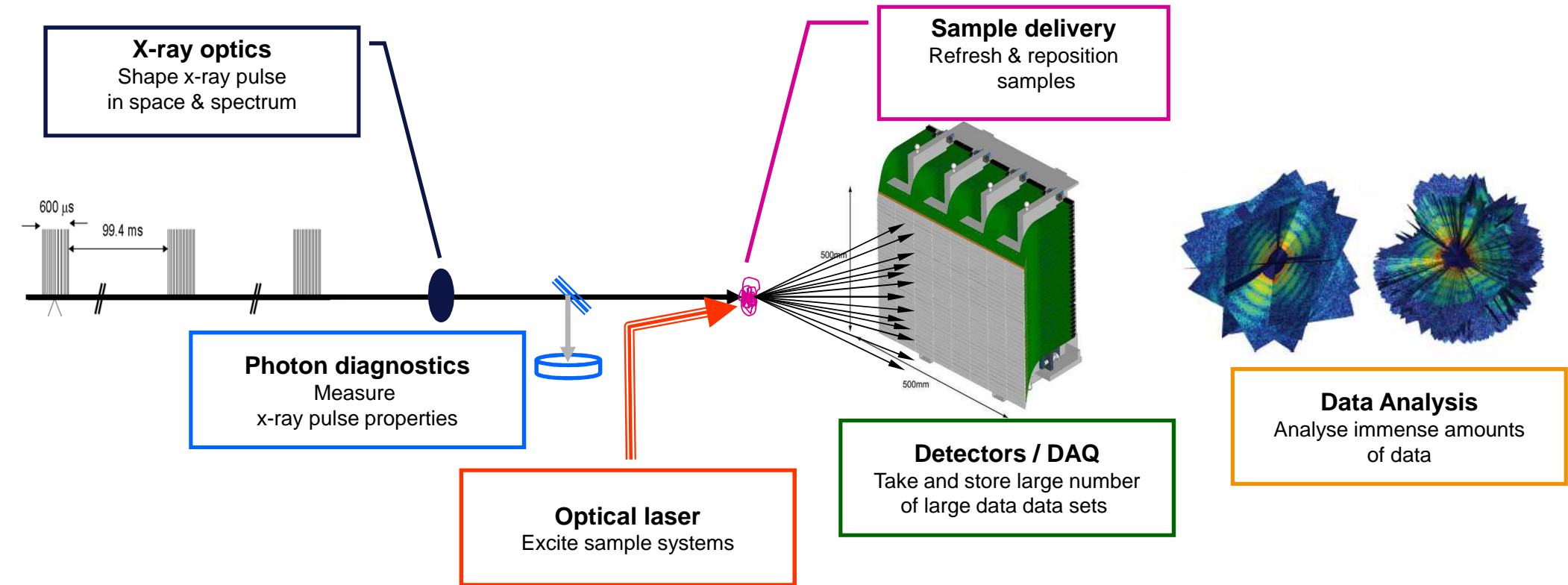
Undulator Segment	FEL radiation energy [keV]	Wavelength [nm]
SASE 1	3 - over 24 (Hard XR)	0.4 - 0.05
SASE 2	3 - over 24	0.4 - 0.05
SASE 3	0.27 - 3 (Soft XR)	4.6 - 0.4



European XFEL

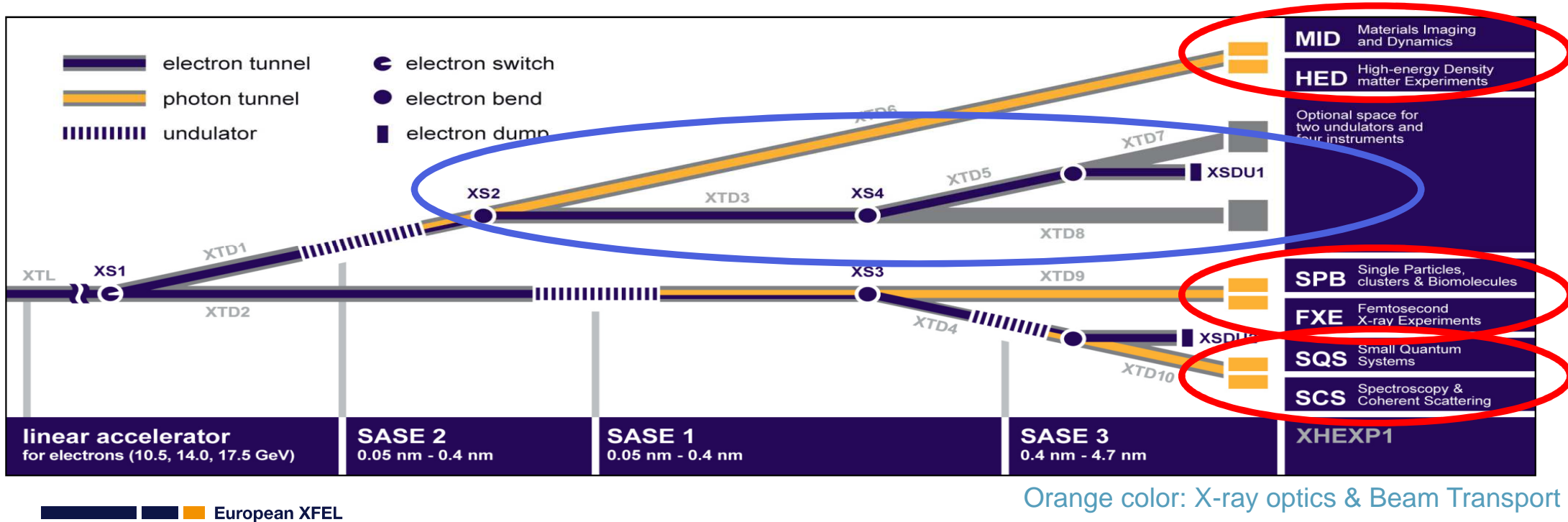
Orange color: X-ray optics & Beam Transport

# Complexity of Experiments:



# Potentials for RAC

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

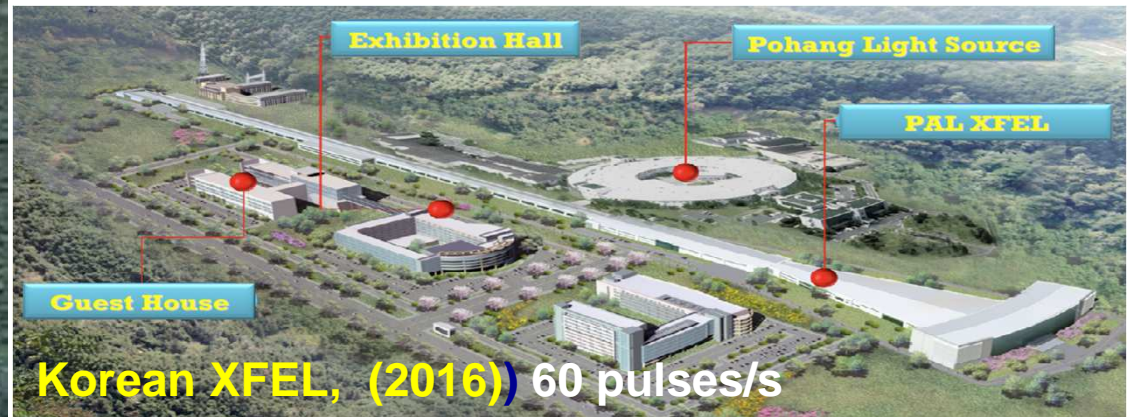
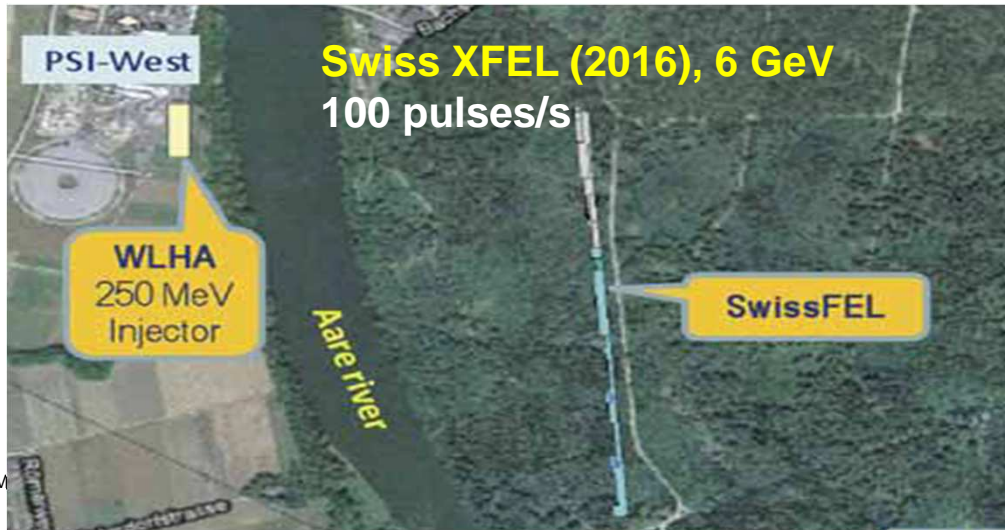
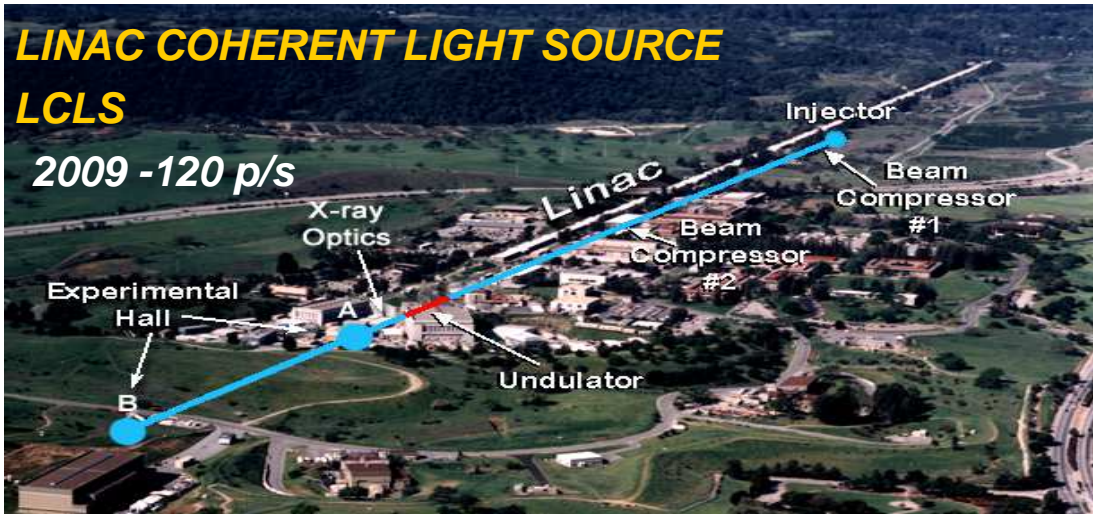


# The European XFEL in the International Context : Hard X-ray FELS

## LINAC COHERENT LIGHT SOURCE

### LCLS

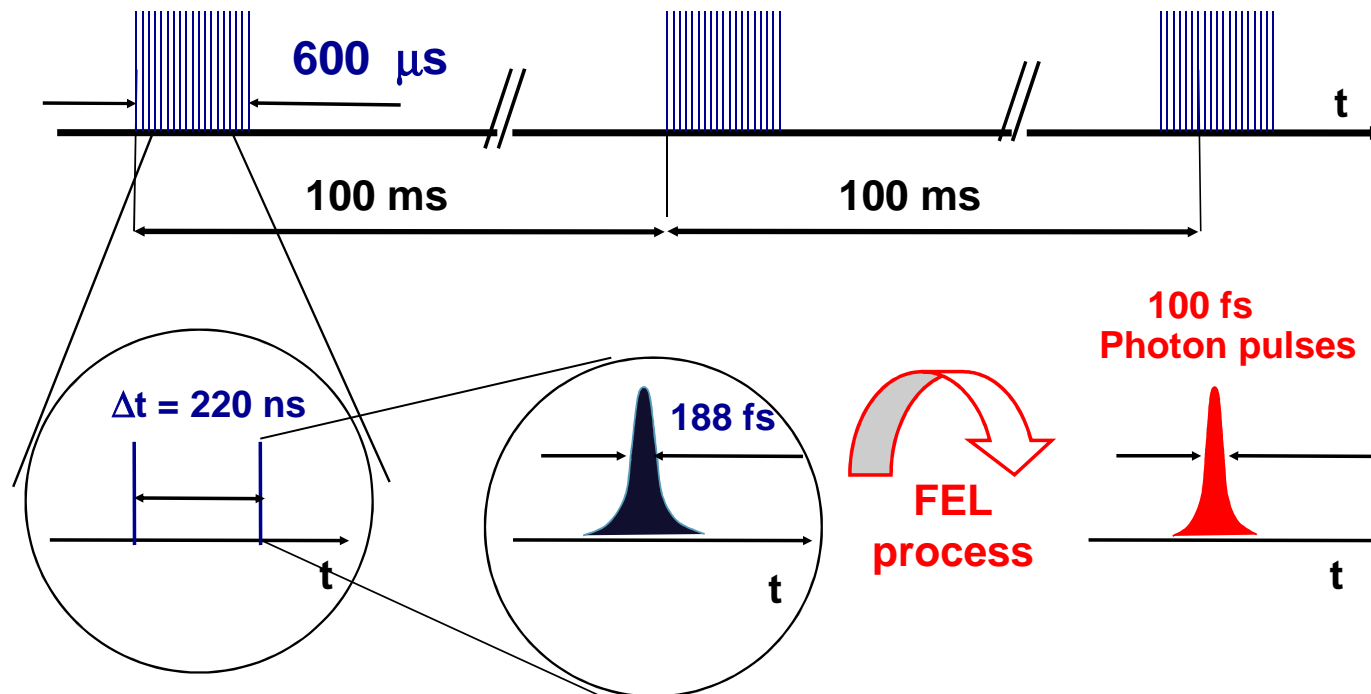
2009 -120 p/s





# XFEL bunch structure

## Electron bunch trains (with up to 2700 bunches à 1 nC)

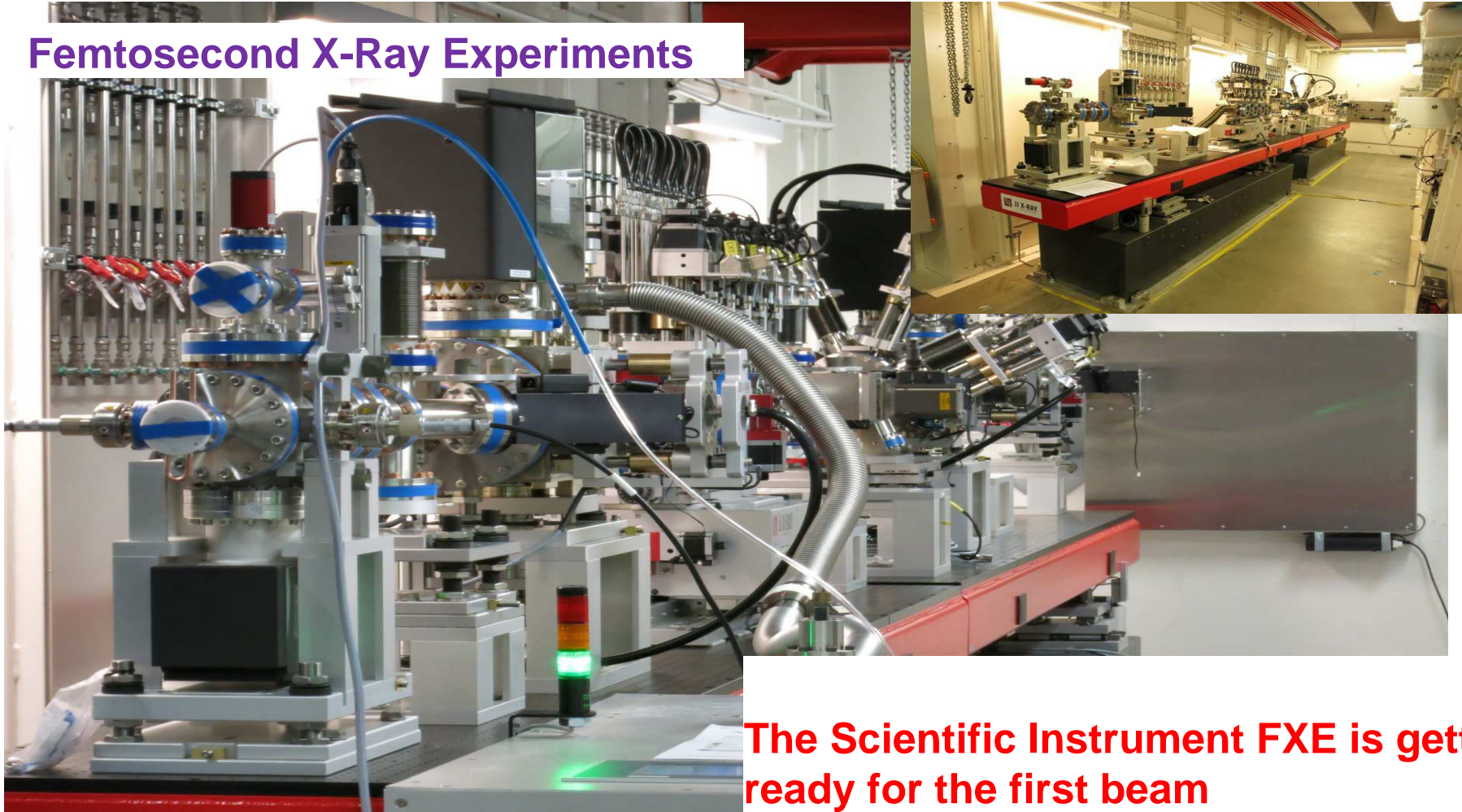


## Comparison of the hard X-ray FEL Projects

Project	LCLS I, US	SACLA, JP	European XFEL	SwissFEL, CH	PAL-XFEL, KR	LCLS II, US
Max. electron energy (GeV)	14.3	8.5	17.5	5.8	10	4
Wavelength range (nm)	0.1–4.4	0.06–0.3	0.05–4.7	0.1–7	0.06–10	0.25 – 4.7
Photons/pulse	$\sim 10^{12}$	$2 \times 10^{11}$	$\sim 10^{12}$	$\sim 3.6 \times 10^{10}$	$10^{11}$ – $10^{13}$	$2 \times 10^{11}$ – $2 \times 10^{10}$
Peak brilliance	$2 \times 10^{33}$	$1 \times 10^{33}$	$5 \times 10^{33}$	$7 \times 10^{32}$	$1.3 \times 10^{33}$	
Pulses/second	120	60	27 000	100	60	$10^5$ - $10^6$
Date of first beam	2009	2011	2017	2016	2016	2019

European XFEL

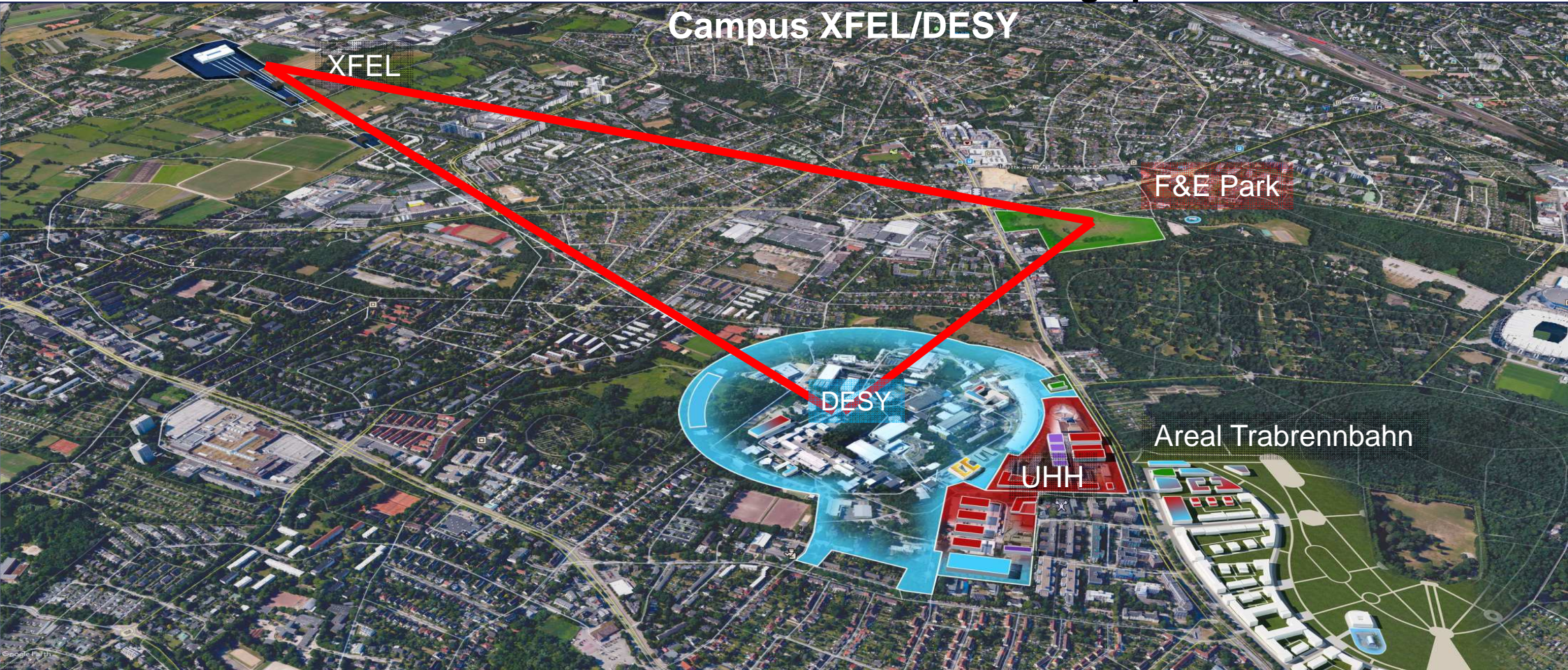
## Femtosecond X-Ray Experiments



**The Scientific Instrument FXE is getting ready for the first beam**



# Internationaler Wissenschaft und Technologiepark HH-SH: Campus XFEL/DESY





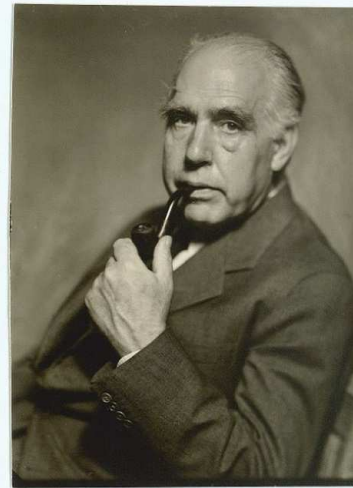
## European XFEL Innovation Policies

- Attract the engagement of industry in Big Science market for the supply of cutting-edge component
- Share European XFEL facilities with industry, both in the experimental program with X-ray laser and with ancillary systems.
- Coordinate the patenting process of invention both for licensing and for the support to new start up creation.

# Collaboration around the Baltic Sea



EUROPEAN  
SPALLATION  
SOURCE



Ioffe Röntgen  
Institute



Advanced  
Materials Design  
at X-ray and  
neutron Facilities



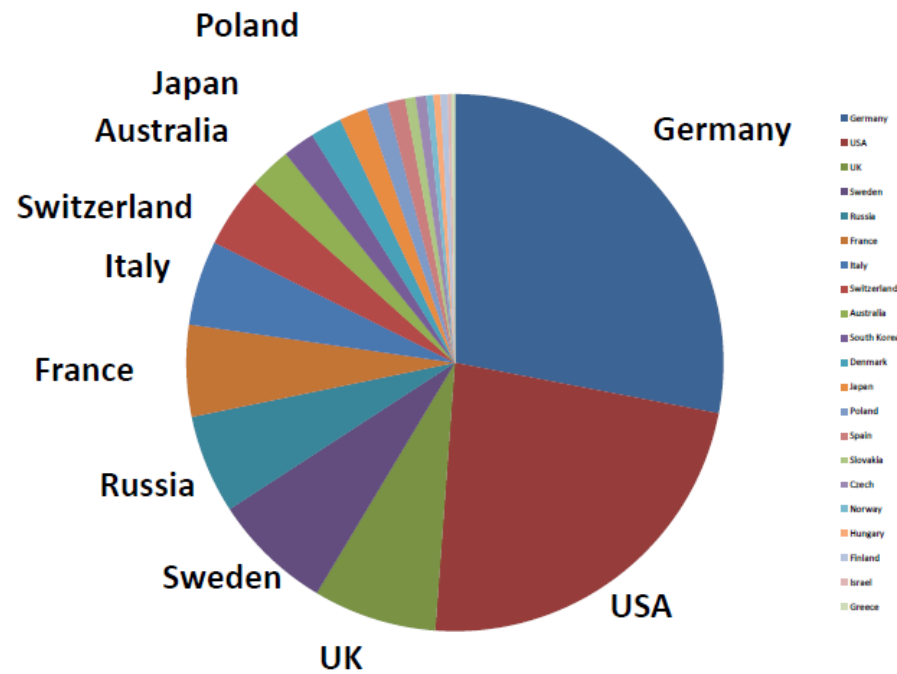
Russian and European Measures  
for Large-scale Research Infrastructures



# Potential German/Swedish use of XFEL

Analysis based on the first 63 proposals for FXE and SPB

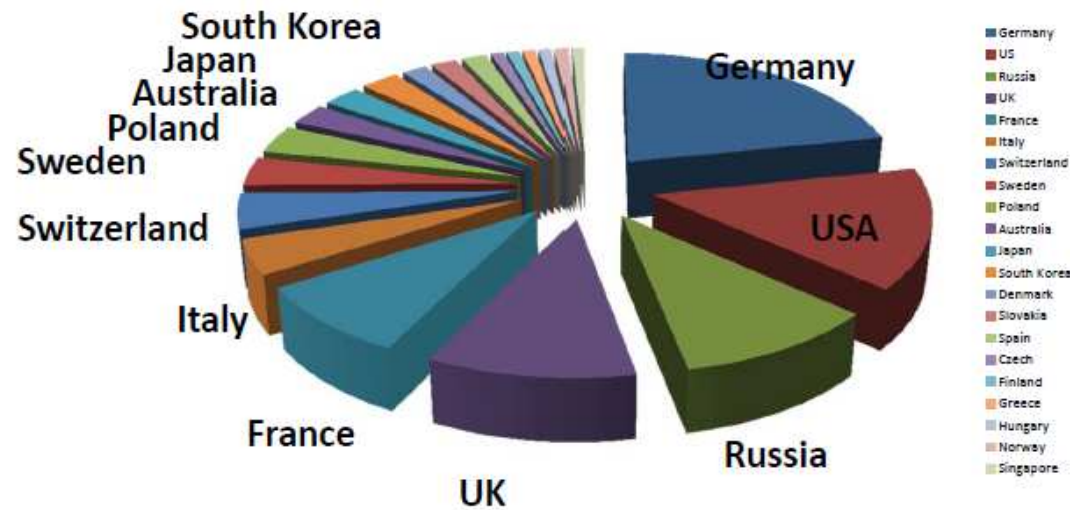
*Number of co-proposers pr country  
(excluding European XFEL)*



# Potential German/Swedish use of XFEL

Analysis based on the first 63 proposals for FXE and SPB

*Institutions on proposals pr country  
(excluding international institutions)*



# The Importance of bringing people together

Universities

Students

Research Infrastructures





Nordisk Forskarkurs:  
Spectroscopic Methods  
in Surface Science  
CTH, 1-11 June 1982

# The Importance of Summerschools



**Thank you for your attention**





## Perspektiver for Danmark

ESS vil sammen med MAX IV i Lund, XFEL og Petra III i Hamborg placere Danmark midt i fremtidens materialeteknologiske ”smørhul” og dermed skabe helt unikke muligheder for forskning, innovation og erhvervsudvikling i Danmark!

Danmark laver en kæmpe investering på 2 mia. DKK i ESS, så **hvordan høster vi det fulde potentiale?**

Et svar på dette spørgsmål har en tværgående strategigruppe med deltagelse fra universiteter, virksomheder, DI, Region Hovedstaden, Innovationsfonden, Københavns Kommune, Teknologisk Institut, og Erhvervs- og vækstministeriet arbejdet med i løbet af året.

*Fra Hans Müller Pedersen, Rundbordssamtale*





## Strong support from SH and HH



■ Reception of newly appointed professors by Schleswig-Holstein Minister-President Thorsten Albig



■ Generalkonsul Martine Gram Barbry

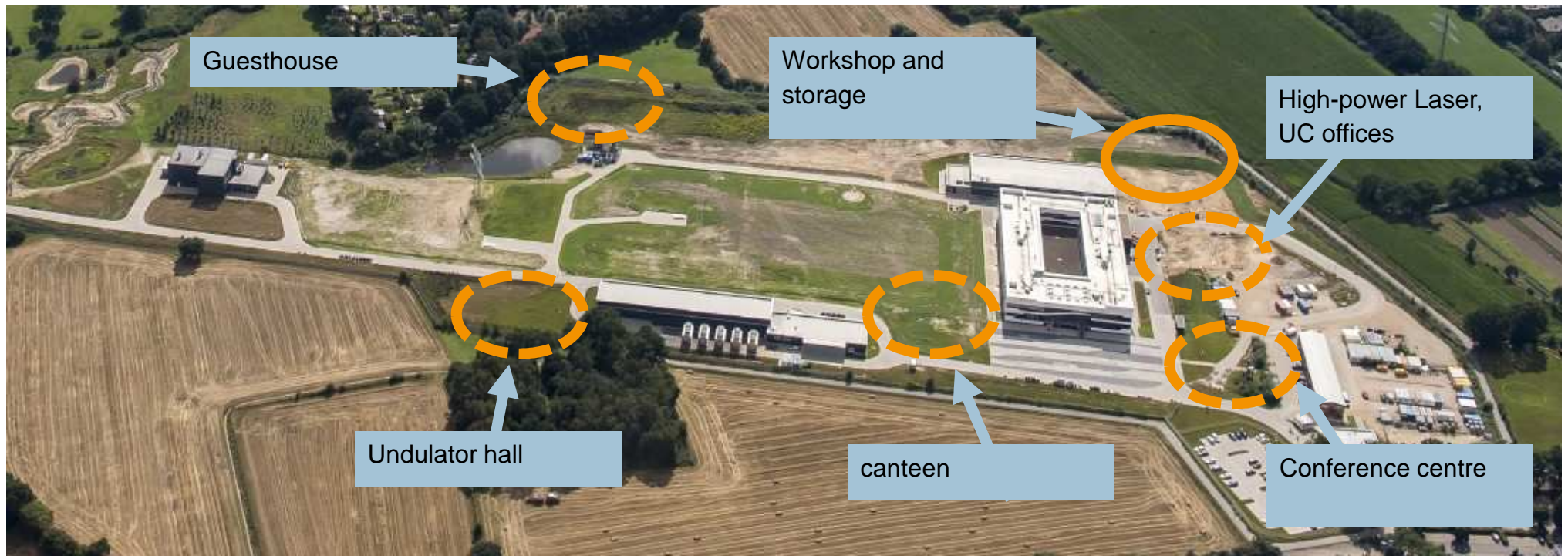


■ Latvian Visit



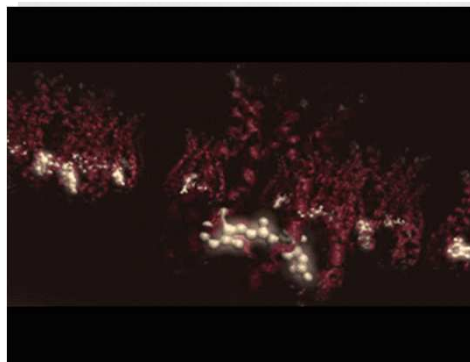
■ The Hamburg Senate – the city state of Hamburg's First mayor Olaf Scholz and his senators (called ministers elsewhere) – had a regular government meeting at European XFEL in February.

## Campus development



# „Molekülkino“ – Molekülbewegungen filmen

European XFEL, 2017 1892

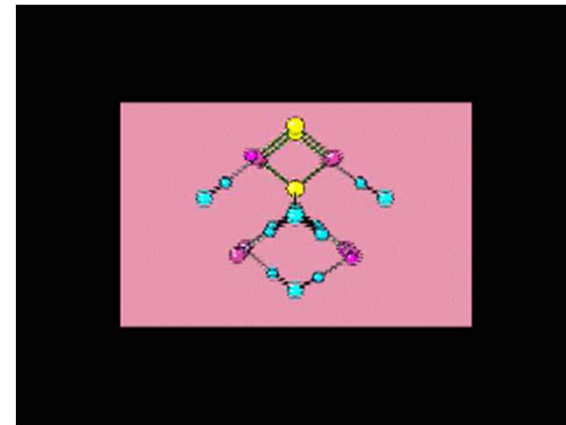


## „Molekülkino“ – Molekülbewegungen filmen

Aufnahme mit niedriger Zeitauflösung  
( $\gg 100$  fs)



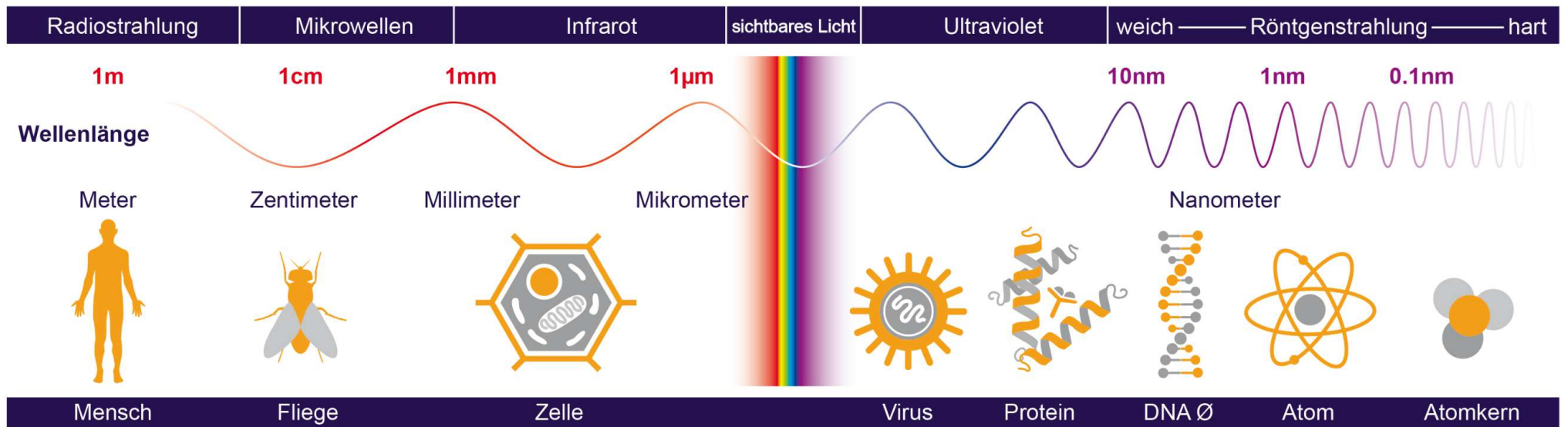
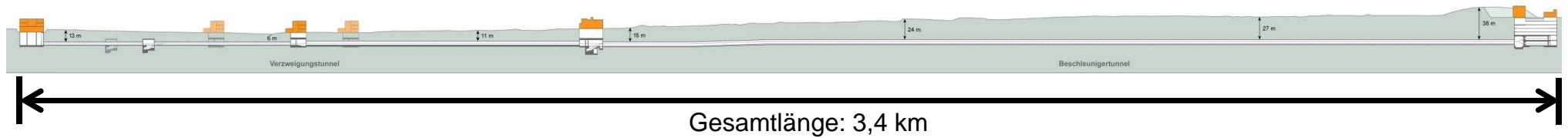
Aufnahme mit dem European XFEL  
Zeitauflösung ( $< 100$  fs)



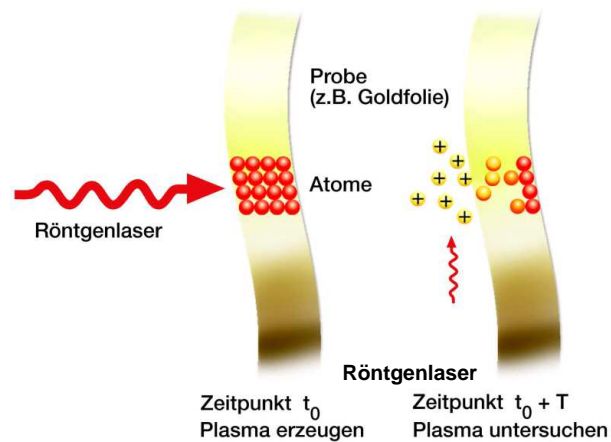
Höhere Zeitauflösung ermöglicht schärfere Bilder und Filme,  
die Molekularbewegung zeigen.



# Eine große Anlage zur Untersuchung kleiner Objekte...



## ...und unter extremen Bedingungen



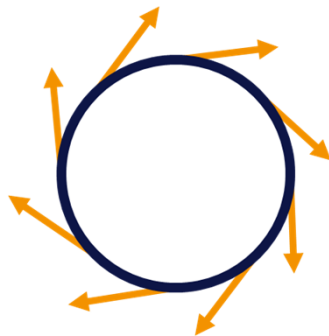
- Erzeugung von Plasmen bei hohem Druck und Temperatur sowie hoher Dichte zur Untersuchung mit dem Röntgenlaser
- Plasmen mit Eigenschaften ähnlich denen im Inneren von Planeten, z. B. auch Exoplaneten



## Röntgenstrahlen zur Untersuchung von Materie

### Synchrotrone

- Elektronen werden auf einer Kreisbahn beschleunigt und senden bei Richtungsänderung Licht aus.
- UV oder Röntgenstrahlung, nicht kohärent.



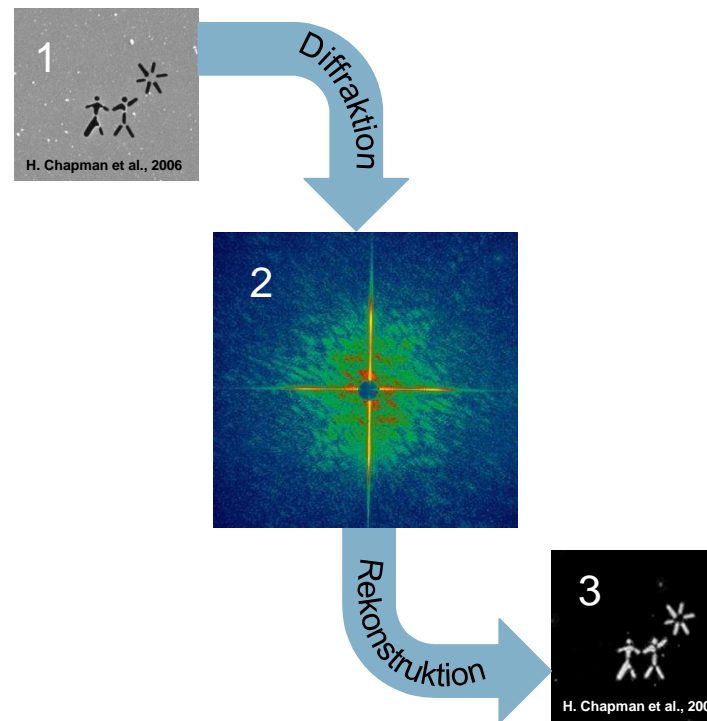
### Freie-Elektronen-Laser

- Elektronen werden auf einer geraden Strecke beschleunigt und auf einen Slalomkurs gebracht. Dabei senden sie Licht aus.
- Das Licht ist kohärent, extrem brillant und besteht aus sehr kurzen Pulsen (Lichtblitzen).
- Detailgenaue Untersuchung von Objekten und Entschlüsselung von Prozessen.



## Bilder ohne Kameralinse

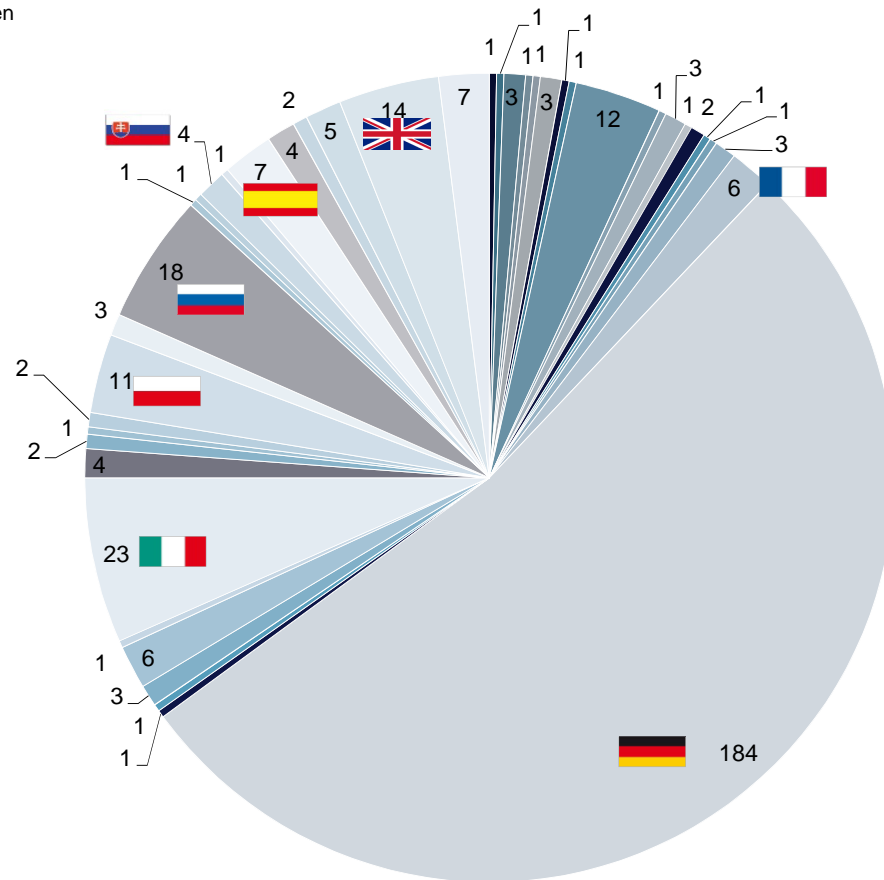
- Laue und Bragg entwickeln Kristallographie-Methode (1912–1914)
- Ähnliche Methoden werden heute bei Röntgenlasern eingesetzt



- Röntgenstrahlen werden gestreut (1, mikroskopische Formen auf einer Metallfläche)
- Detektoren nehmen gestreute Röntgenstrahlen auf (2, Streubild)
- Original kann aus Detektordaten detailgenau rekonstruiert werden (3, rekonstruiertes Bild)

# European XFEL-Belegschaft nach Ländern\*

\* inkl. 11 doppelte Staatsbürgerschaften



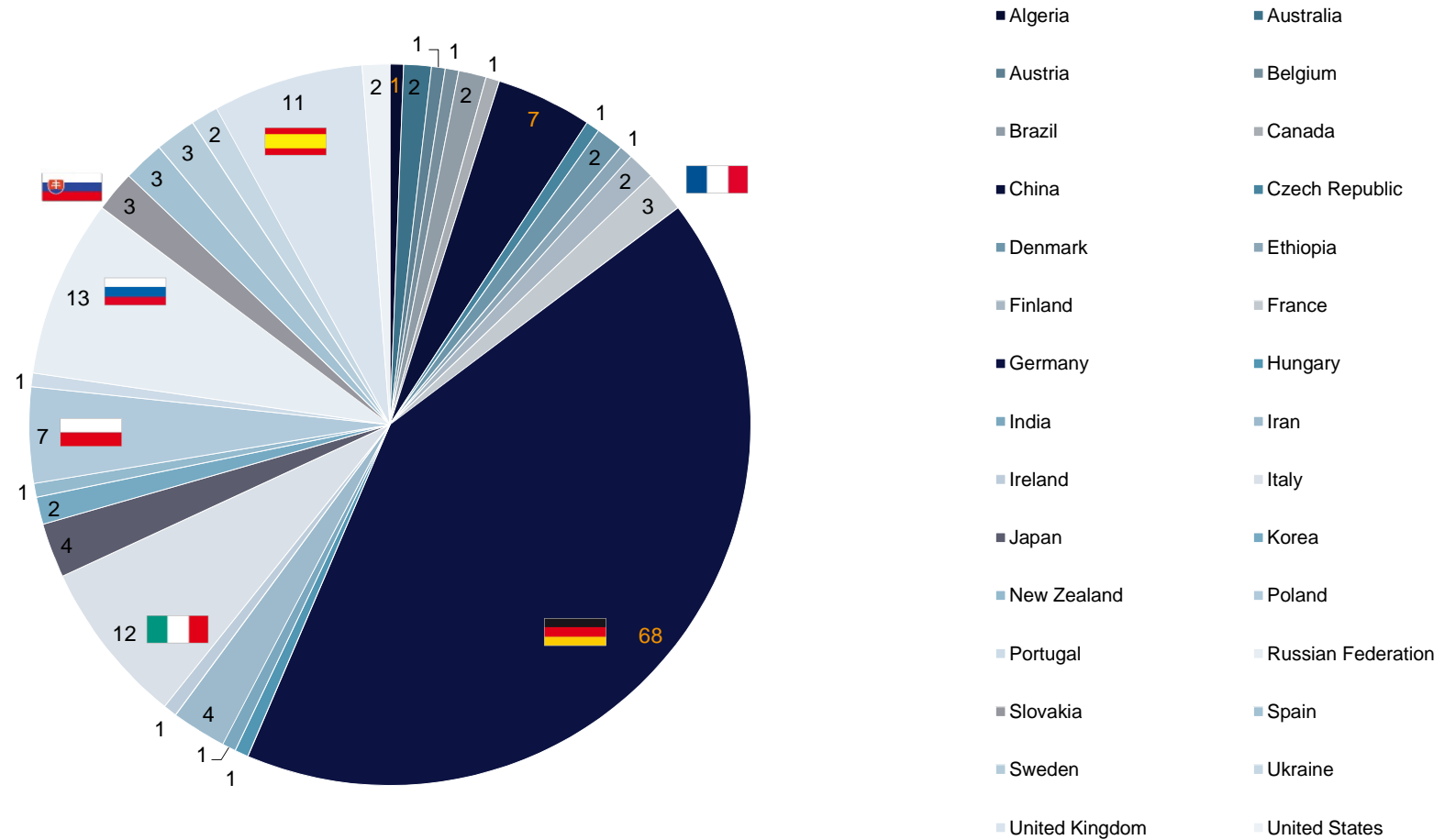
- Algeria
- Armenia
- Australia
- Austria
- Belgium
- Brazil
- Cameroon
- Canada
- China
- Costa Rica
- Croatia
- Czech Republic
- Denmark
- Ecuador
- Ethiopia
- Finland
- France
- Germany
- Greece
- Hungary
- India
- Iran
- Ireland
- Italy
- Japan
- Korea
- New Zealand
- Pakistan
- Poland
- Portugal
- Russian Federation
- Saudi Arabia
- Serbia
- Slovakia
- South Africa
- Spain
- Sweden
- Turkey
- Ukraine
- United Kingdom
- United States

European XFEL



# Wissenschaftliche Mitarbeiter nach Ländern\*

\* inkl. 7 doppelte Staatsbürgerschaften



European XFEL

## Visualisierung des Hauptgebäudes: Sommer 2017...



## ...Vorplatz mit Blick auf das geplante Kantinengebäude





## Geplantes Kantinegebäude für Nutzer, Mitarbeiter und Gäste

- Geplanter Baubeginn April 2017
- Fertigstellung Sommer 2018
- Sitzplätze für 150 Personen



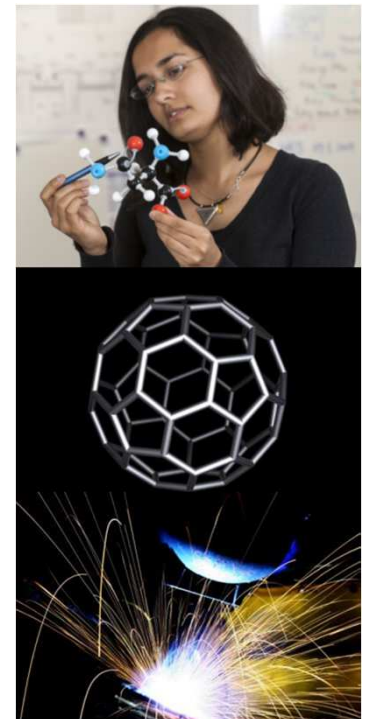
# Geplantes European XFEL-Gästehaus

- Baubeginn im Juni 2017
- Fertigstellung im Sommer 2018
- 56 Zimmer mit 59 Betten



## Chancen/Anwendungen: Chemie, Materialwissenschaften und vieles mehr

- Bilder mit atomarer Auflösung zeigen Abläufe an Katalysatoren
  - Bessere Katalysatoren verringern Schadstoff-Emissionen
  - Optimierte Produktionsprozesse, weniger giftige Abfallprodukte
- Neue Möglichkeiten, Struktur und Eigenschaften von Materialien zu untersuchen
  - Entstehung von Eigenschaften wie Haltbarkeit, Leitfähigkeit, Magnetismus
  - Verminderung der Zahl der Atome zur Speicherung digitaler Information → Laufwerke mit höchster Speicherdichte/Kapazität
- Viele weitere Anwendungen in Physik, Nanowissenschaften, Umweltforschung, Energieforschung, ...





## Fortschritte bei der Inbetriebnahme des European XFEL

- Abkühlung des Beschleunigers – *abgeschlossen*
- Inbetriebnahme Beschleuniger – *läuft*
- Erste Bewerbungsphase für Experimente – *läuft*
- Erstes Röntgenlicht („first lasing“) – *Mai 2017*
- Inbetriebnahme Instrumente – *Sommer 2017*
- Nutzerbetrieb an 2 von 6 Instrumenten – *September/Oktober 2017*
- Weiterer Ausbau des Nutzerbetriebs mit 6 Instrumenten – *bis Sommer 2018*

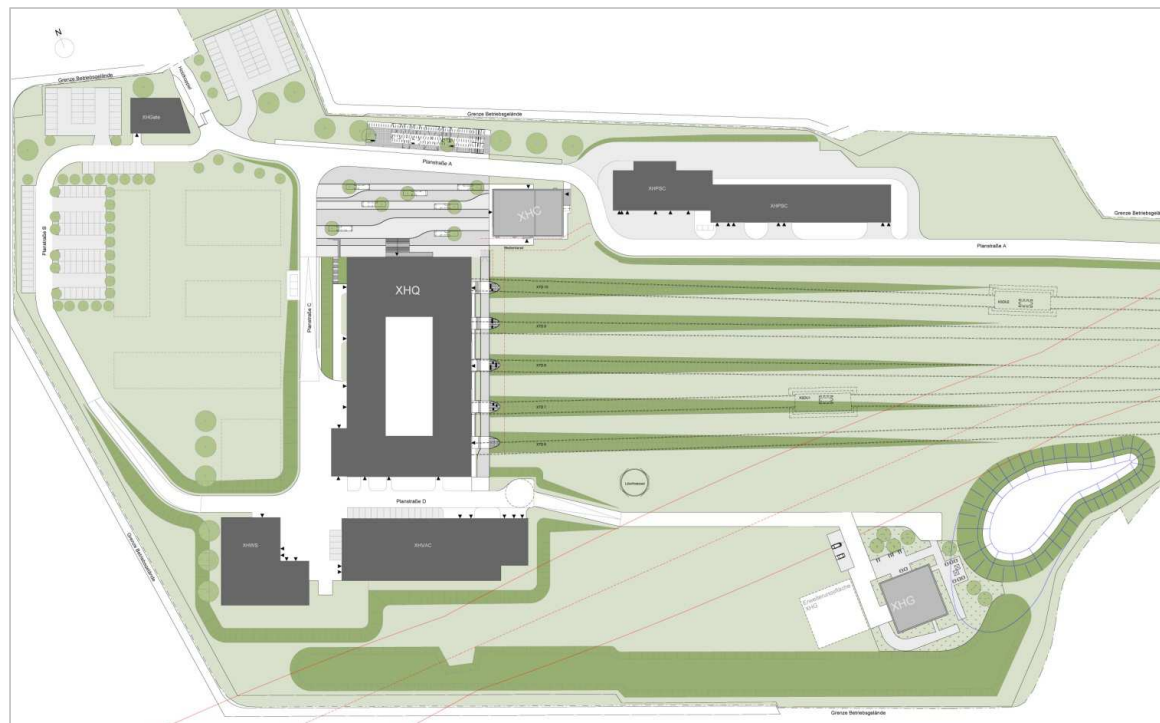


Besuch von Ministerpräsident Torsten Albig im August 2016



Offizieller Beginn der Inbetriebnahme im Oktober 2016

## Übersicht Campus Schenefeld mit geplanter Kantine und Gästehaus (hellgrau)



# Die Forschungseinrichtung im Überblick





## Canteen

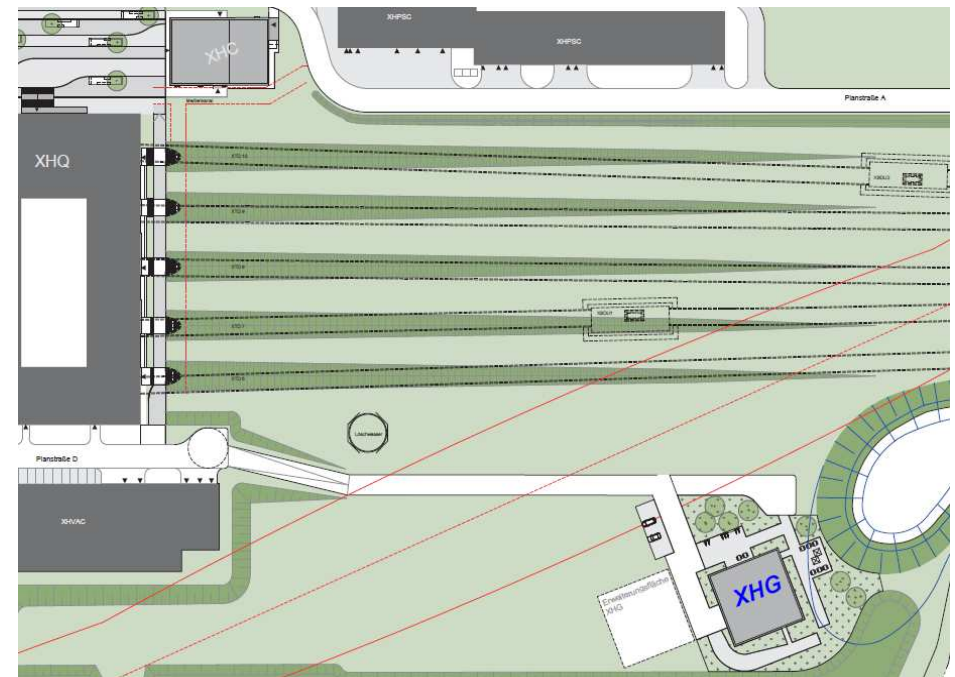


- Start of construction works:  
April 2017
- Completion of the building:  
Summer 2018

# Guest house



- Start of construction works: June 2017
- Completion of the building: Summer 2018



# Some Combined GUI Scenes

**SA1\_OVERVIEW\_MOTION**

### SASE1 Photon Beam Transport

Transm. Imager Filter V0 SRA K-Mono SR Imager XGM Solid Attenuator CRL1

*XTD2*

**SASE1 M1**

Ry (pitch) M2  
Ty Absorber  
Rx Rz Tx (moves into beam)

**M1 Ry (Pitch)** UNKNOWN  
SA1\_XTD2\_MIRR-1/MOTOR/HMRY

On Off Reset  
Stop  
-631.279  
mm ✓ ✗ Move  
mm ✓ ✗ StepUp  
✓ ✗ CW Lim  
✓ ✗ CCW Lim

**SA1\_POP\_IN\_M3**

### Pop-in monitor (IMGPII45 behind M3)

DeviceID

Screen\_out

**Insert screen** UNKNOWN On Off Reset  
SA1\_XTD9\_IMGPII45/MOTOR/SCREEI

Hi limit 20000 20000.0 ✓ ✗ Stop

Position 0 mm Encoder 0.0 mm ✓ ✗ Move

TargetPos 0 mm 0.0 mm ✓ ✗ StepUp

StepDown 0.1 mm 149011612 mm ✓ ✗ CW Lim  
CCW Lim

Lo limit -20000 -20000.0 ✓ ✗

Gain ✓ ✗

Exposure Time ms ✓ ✗

Power On Off UNKNOWN LED On Off UNKNOWN

2178.52  
mm ✓ ✗ Stop  
mm ✓ ✗ Move  
mm ✓ ✗ StepUp  
✓ ✗ CW Lim  
✓ ✗ CCW Lim

Ty Rx Rz (vertical)



**Piled Higher and Deeper by Jorge Cham**

[www.phdcomics.com](http://www.phdcomics.com)

