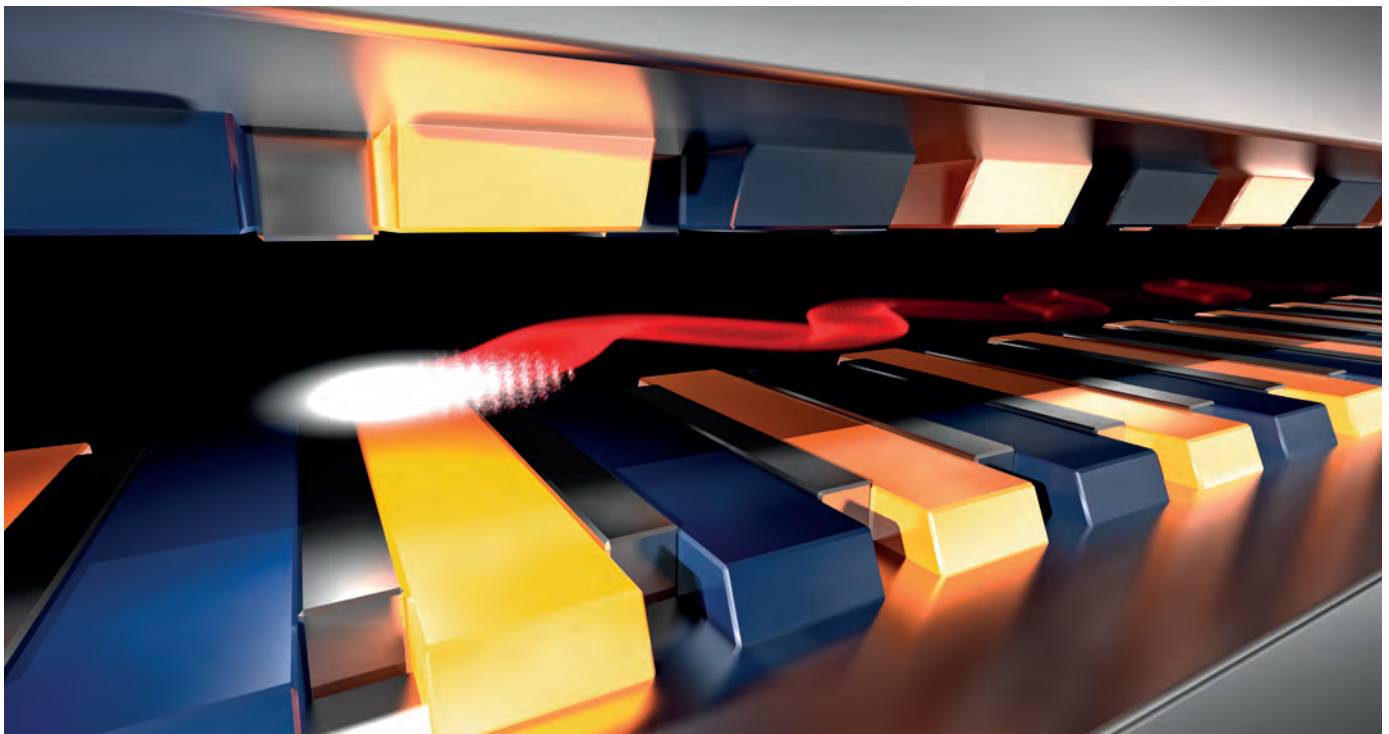


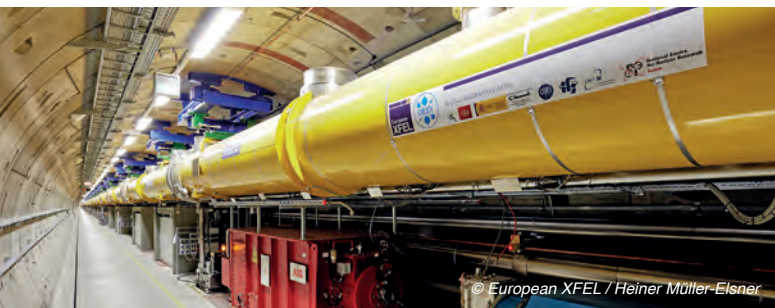
# Inspirująca nauka



© European XFEL / Option Z

# W skrócie

Europejski XFEL, położony w obszarze metropolitalnym Hamburgu, jest obiektem badawczym najwyższej klasy. To największy na świecie rentgenowski laser na swobodnych elektronach generujący ultrakrótkie impulsy promieniowania rentgenowskiego 27 tysięcy razy na sekundę, o jasności miliard razy większej niż w synchrotronach, które przed rozwojem laserów na swobodnych elektronach były najlepszymi źródłami promieni X. Europejski XFEL stworzył na świecie unikatowe możliwości badań nanoobjektów i otworzył perspektywy odkryć mogących zrewolucjonizować nasze życie.



© European XFEL / Heiner Müller-Elsner

Laser European XFEL został zbudowany w podziemnych tunelach wspólnym wysiłkiem wielu partnerów. Akcelerator o długości 1,7 km przyspiesza elektrony do wysokich energii.



© European XFEL / Heiner Müller-Elsner

Regularnie rozmieszczone magnesy zwane undulatorami zmuszają pędzące elektrony do wykonania „slalomu”. Kolejne odchylenia toru elektronów skutkują emisjami kolejnych porcji promieni rentgenowskich. Porcje te nakładają się i coraz bardziej wzmacniają intensywność wiązki

## Spółka European XFEL GmbH

Kraje uczestniczące w projekcie budowy lasera European XFEL powołały niezależną organizację badawczą non-profit nadzorującą budowę i eksploatację urządzenia. European X-Ray Free-Electron Laser Facility GmbH (European XFEL GmbH) jest spółką z ograniczoną odpowiedzialnością podlegającą niemieckiej jurysdykcji i zatrudniająca ponad 300 osób. Obecnie do krajów partnerskich European XFEL należą: Dania, Francja, Niemcy, Węgry, Włochy, Polska, Rosja, Słowacja, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria i Wielka Brytania.

European XFEL GmbH ściśle współpracuje z centrum synchrotronowym DESY w Hamburgu i innymi organizacjami na całym świecie.

Koszty budowy lasera European XFEL (w cenach 2005) sięgnęły 1,22 miliarda euro. Federalny rząd Niemiec, miasto Hamburg i kraj związkowy Schleswig-Holstein wyłożyły 57% tej kwoty, Rosja 26%, a każdy z pozostałych krajów partnerskich od 1 do 3%. W dużym stopniu urządzenie zbudowano z wkładów w naturze wniesionych przez wspólników i partnerów projektu.

Polska, jeden z pierwszych udziałowców projektu, wniosła 27 886 853 euro, z czego 8 754 996 euro gotówką oraz 19 131 857 euro we wkładzie rzeczowym. Całością prac związanych w polskim wkładem koordynowało Narodowe Centrum Badań Jądrowych.



# Możliwości badawcze

Unikatowe możliwości badawcze stwarzane przez laser European XFEL przyciągają najwyższej klasy naukowców z całego świata. Przedstawiciele różnych dyscyplin naukowych spotykają się, z jednej strony konkurując ze sobą, a z drugiej czerpiąc korzyści z synergii. Takie oddziaływania sprzyjają narodzinom różnych idei, które mogą doprowadzić do powstania nowych produktów lub ulepszenia produktów istniejących. Oczekuje się, że ośrodek badawczy European XFEL będzie generował nową wiedzę w większości dyscyplin nauki i techniki kształtujących nasze codzienne życie, przed wszystkim w medycynie, przemyśle farmaceutycznym, chemicznym, inżynierii materiałowej, nanotechnologii, energetyce i elektronice.

## Błyski promieniowania rentgenowskiego pozwolą naukowcom ...

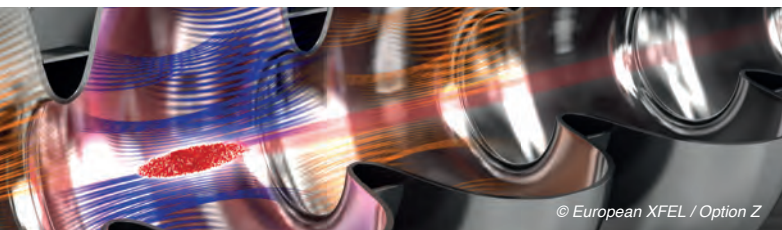
- ... odszyfrować budowę **dużo większej liczby molekuł organicznych** i komponentów żywych komórek niż to możliwe obecnie.
- ... zbadać **szybko zachodzące procesy biochemiczne**, co będzie ważnym punktem wyjścia do opracowania nowych leków i terapii.
- ... lepiej zrozumieć wiele **procesów chemicznych**, np. katalizę odgrywającą ważną rolę zarówno w naturze, jak i w produkcji większości substancji chemicznych wytwarzanych na skalę przemysłową.
- ... opracować **nowe materiały i technologie** zdolne przekształcić energetykę solarną z opcji niszowej w powszechnie stosowaną.
- ... analizować **różne materiały** celem opracowania kompletnie nowych materiałów o rewolucyjnych właściwościach.
- ... uzyskać wgląd w **wiele innych obszarów nano-świata**, na przykład uzyskać komponenty o specyficznych właściwościach elektronicznych, magnetycznych, czy optycznych.





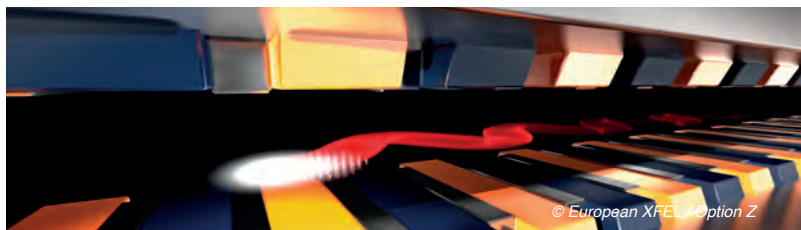
# Jak to działa

Paczki elektronów przyspieszone do wysokiej energii kierowane są na specjalne układy magnesów zwane undulatorami, które zmuszają je do poruszania się „słalodem”. Odchylane elektrony emitują błyski spójnego promieniowania rentgenowskiego. Każde zakrzywienie toru wiązki przez kolejne bieguny magnesów undulatora generuje paczkę promieniowania X. Oddziaływanie wytworzonych fotonów z wiązką elektronową daje dodatkowe wzmocnienie generowanego światła. W efekcie maszyna emituje nadzwyczaj krótkie i intensywne błyski spójnego promieniowania rentgenowskiego. W urządzeniu European XFEL zastosowano kilka undulatorów, aby uzyskać laserowe błyski o różnych charakterystykach.



© European XFEL / Option Z

Komputerowa wizualizacja procesów przyspieszania elektronów we wnętrzu nadprzewodzącego rezonatora.



© European XFEL / Option Z

Komputerowa wizualizacja paczki elektronów przechodzących przez undulator i generujących przy tym błyski promieniowania rentgenowskiego.

# Lokalizacja

Laser i aparaturę badawczą zlokalizowano pod ziemią w tunelach i halach. Dostęp do nich przewidziano w trzech miejscach, służących między innymi serwisowaniu urządzenia. Tunel zaczyna się na kampusie centrum badawczego DESY w Hamburgu, a kończy 3,4 km dalej, w mieście Schenefeld w kraju związkowym Schleswig-Holstein. Międzynarodowe zespoły badawcze będą prowadzić eksperymenty z wykorzystaniem wiązek lasera XFEL na kampusie w Schenefeld.



© European XFEL / Blunck+Morgen Architekten



# Nowe możliwości badawcze

Krótsze, szybsze i o wiele mocniejsze impulsy: Europejski Laser Rentgenowski na Swobodnych Elektronach (European XFEL) otwiera obszary badań, o których naukowcy dotąd mogli tylko marzyć. Wiązki promieni rentgenowskich o unikalnych właściwościach generowane przez laser stwarzają nowe możliwości w wielu dyscyplinach nauki. Z ich pomocą będzie można na poziomie atomowym oglądać szczegóły budowy wirusów i pojedynczych żywych komórek, robić trójwymiarowe zdjęcia obiektów nanoświata, filmować przebieg reakcji chemicznych, studiować procesy przebiegające podobnie do tych zachodzących głęboko we wnętrzach planet. Badacze z całego świata mogą aplikować o dostęp do wiązek lasera, najczęściej na kilka dni. Panel międzynarodowych ekspertów będzie wybierał najlepsze ze zgłoszonych projektów, zapewniając ich autorom dostęp do całej zaawansowanej aparatury badawczej współpracującej z urządzeniem.

## Mini-struktury

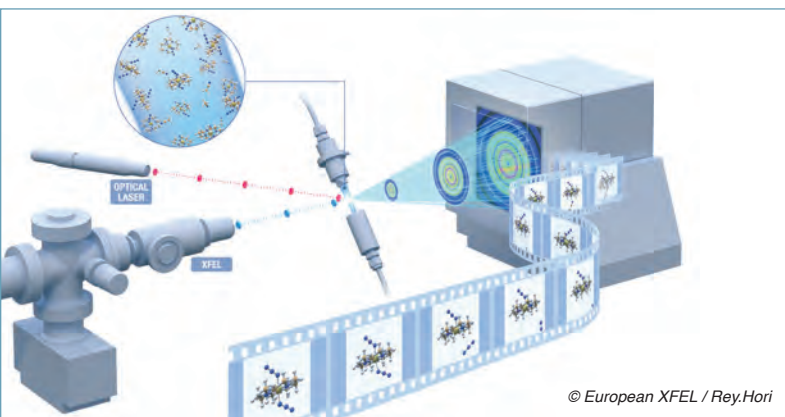
Długości fal promieniowania generowanego przez European XFEL są tak krótkie, że pozwalają badać skład i strukturę złożonych molekuł organicznych oraz w skali atomowej studiować budowę materii. Badania takie dadzą nam wgląd w strukturę żywych komórek i pozwolą opracować nowe materiały o zoptymalizowanych właściwościach.

## Ultra szybkie procesy

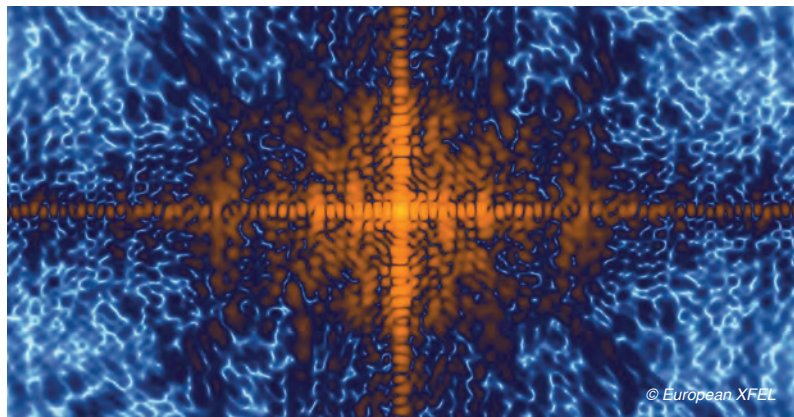
Błyski promieniowania rentgenowskiego generowanego przez European XFEL są tak krótkie, że naukowcy będą w stanie przy ich pomocy „filmować” ultra szybko zachodzące procesy, takie jak formowanie i zrywanie wiązań chemicznych. Badania takie pozwolą lepiej zrozumieć przebieg procesów chemicznych, co stwarza między innymi potencjalną możliwość opracowania bardziej wydajnych metod produkcji dla przemysłu chemicznego. Jest to też punkt wyjścia do opracowania nowych leków.

## Ekstremalne stany i małe obiekty

Błyski promieniowania rentgenowskiego mogą też być przydatne w badaniach materii znajdującej się w stanach ekstremalnych, np. w wysokich temperaturach i ciśnieniu spotykanych we wnętrzach planet, czy nadzwyczaj silnym polu elektromagnetycznym. Prace takie pozwolą lepiej zrozumieć właściwości materiałów znajdujących się w skrajnych warunkach. Badania nad małymi obiektami, pojedynczymi molekułami bądź atomami „zanurzonymi” w polu promieniowania rentgenowskiego o ekstremalnie dużej intensywności mogą uutorować drogę do nowych zastosowań promieni X.



Ultra krótkie błyski promieniowania rentgenowskiego pozwalają robić zdjęcia chwilowych stanów wiązań chemicznych zmieniających się w czasie zachodzenia reakcji. Serie takich zdjęć można następnie wyświetlać jak filmy obrazujące przebieg procesu.



Symulacja obrazu dyfrakcyjnego

---

## Urządzenie badawcze

- **Laser:** na swobodnych elektronach (XFEL)
- **Długość całkowita:** 3.4 km
- **Zagłębienie tuneli:** od 6 do 38 m pod ziemią
- **Akcelerator:** liniowy o długości 1,7 km, przyspieszający elektrony do energii od 10 do 17,5 GeV, z możliwością rozbudowy do 20 GeV
- **Lokalizacja:** DESY-Bahrenfeld (2 ha), Osdorfer Born (1,5 ha), Schenefeld (15 ha). Kampus dla naukowców w Schenefeld.

---

## Własności błysków promieniowania rentgenowskiego

- **Częstotliwość powtarzania błysków:** 27 000 na sekundę.  
Tak wysoką powtarzalność impulsów w ciągu jednej sekundy (unikatową wśród wszystkich laserów rentgenowskich użytkowanych na świecie) osiągnięto dzięki zastosowaniu technologii nadprzewodzących: kluczowe zespoły akceleratora pracują w temperaturze  $-271^{\circ}\text{C}$ , w której prąd elektryczny może płynąć prawie bez strat.
- **Zakres długości fal generowanego promieniowania:** od 0,05 to 4,7 nanometrów. Najkrótsze fale z tego zakresu pozwalają obrazować szczegóły struktury materii nawet na poziomie atomowym.
- **Czas trwania impulsu:** może być bardzo krótki, tylko kilka kwadrylionowych części sekundy (pikosekund, 10-12 s). Tak krótkie czasy trwania pozwalają filmować bardzo szybko zachodzące procesy.
- **Jasność źródła (liczba fotonów emitowanych w określonym przedziale długości fal):** szczytowa  $5 \times 10^{33}$  fotonów/(s·mm<sup>2</sup>·mrad<sup>2</sup>·0,1% BW), średnia  $1,6 \times 10^{25}$  fotonów/(s·mm<sup>2</sup>·mrad<sup>2</sup>·0,1% BW). Szczytowa jasność lasera European XFEL miliard razy przewyższa jasność najlepszych konwencjonalnych źródeł promieniowania rentgenowskiego.
- **Jakość wiązki:** światło spójne.  
Spójność światła pozwala na użycie wiązek w wielu typach eksperymentów i zastosowań bazujących na interferencji, np. w holografii.