

# Forschung

Kleiner, schneller, intensiver: Der European XFEL erschließt Forschungsfelder, von denen Wissenschaftler bisher nur träumen durften. Seine einzigartigen Röntgenblitze eröffnen neue Möglichkeiten für viele Bereiche der Forschung. Mit ihnen lassen sich atomare Details von Viren und Zellen entschlüsseln, dreidimensionale Aufnahmen im Nanokosmos machen, chemische Reaktionen filmen und Vorgänge ähnlich wie die im Inneren von Planeten untersuchen. Forschergruppen aus aller Welt können sich um Experimentierzeit bewerben, ein internationales Expertengremium wählt die besten Vorschläge aus. Die ausgewählten Forschergruppen können dann an einem der komplexen wissenschaftlichen Instrumente für einige Tage ihre Experimente durchführen.

## Winzige Strukturen

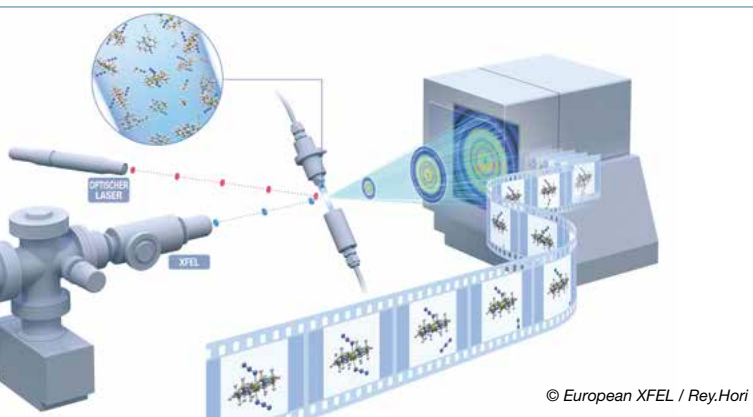
Die Wellenlängen der Röntgenblitze sind so klein, dass sich mit ihnen die Zusammensetzung und Struktur von Biomolekülen und Werkstoffen auf atomarer Ebene untersuchen lassen. Die Forschung am European XFEL trägt so dazu bei, den Aufbau von biologischen Zellen besser zu verstehen und neue Werkstoffe mit optimalen Eigenschaften zu entwickeln.

## Ultraschnelle Vorgänge

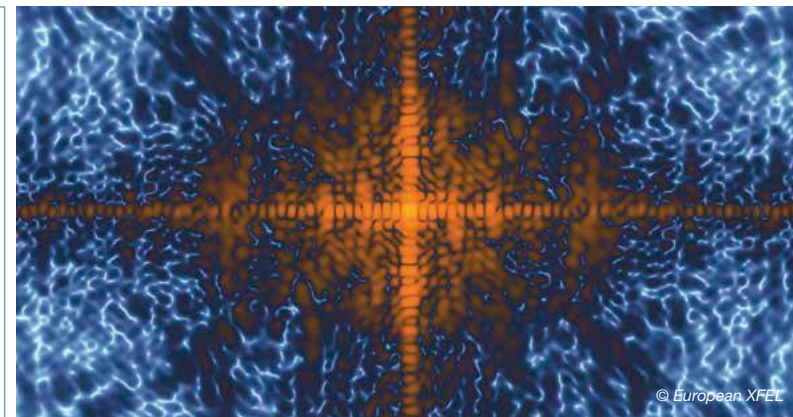
Die Röntgenblitze sind so kurz, dass mit ihnen ultraschnelle Vorgänge gefilmt werden können, zum Beispiel wie sich chemische Bindungen bilden oder lösen. Die Forschung am European XFEL ermöglicht es, chemische Prozesse besser zu verstehen, um z. B. effizientere Produktionsverfahren für die Industrie zu entwickeln. Sie bildet auch eine Grundlage für die Entwicklung neuer Medikamente.

## Extreme Zustände

Mit den Röntgenblitzen kann Materie unter extremen Bedingungen untersucht werden: bei Temperaturen und Drücken, wie sie im Inneren von Planeten herrschen, und bei extremen elektrischen und magnetischen Feldstärken. Dies führt zu neuen Erkenntnissen über Materialeigenschaften. Andere Untersuchungen an kleinen Objekten, einzelnen Molekülen oder Atomen in extremen Röntgenfeldern ebnen den Weg für neue Röntgenmethoden.



© European XFEL / Rey.Hori



© European XFEL

Die ultrakurzen Röntgenblitze ermöglichen Momentaufnahmen einer chemischen Reaktion, die sich dann zu einem Film zusammensetzen lassen.

Simuliertes Streubild

## Anlage

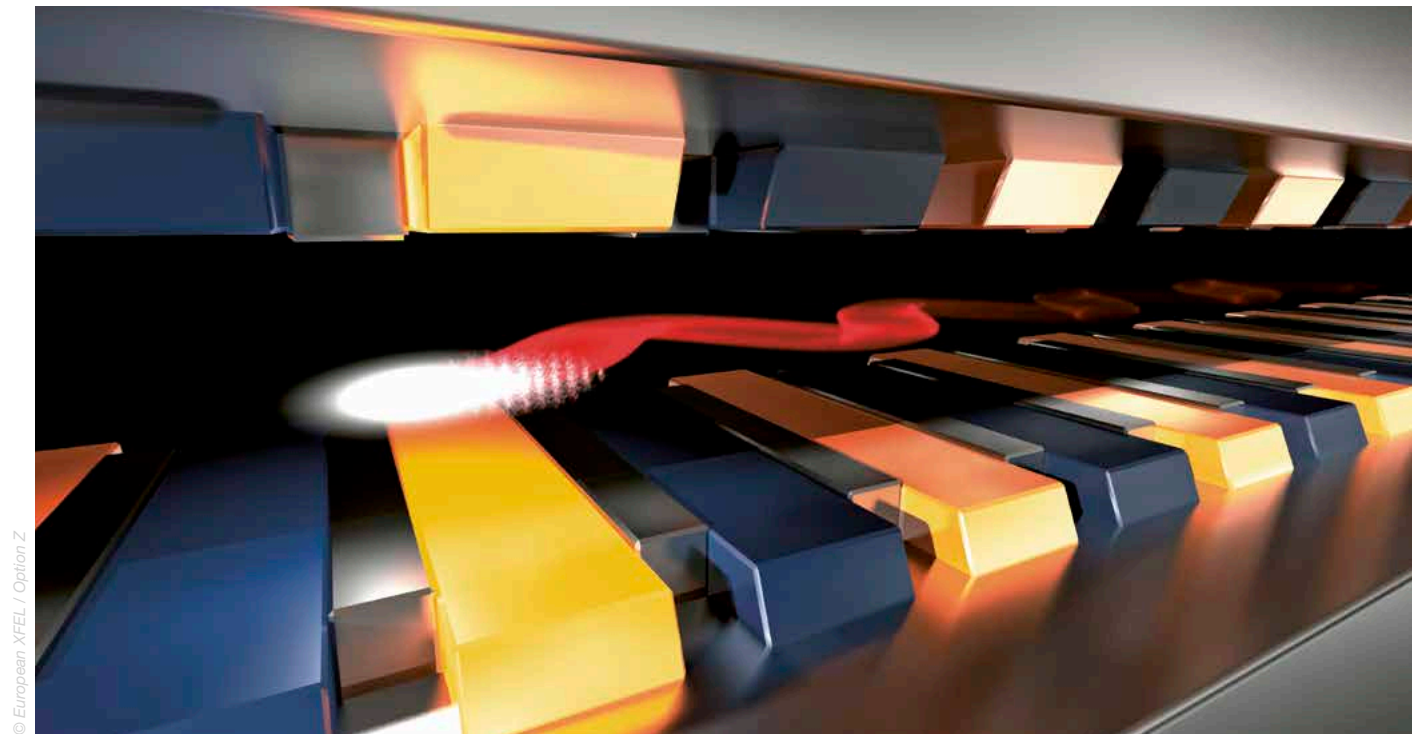
- **Typ:** Freie-Elektronen-Röntgenlaser (X-ray free-electron laser, XFEL)
- **Gesamtlänge:** 3,4 Kilometer
- **Tunneltiefe:** 6 bis 38 Meter unter der Geländeoberfläche
- **Beschleuniger:** ein Linearbeschleuniger (1,7 km) bringt Elektronen auf Energien von 10 bis 17,5 Milliarden Elektronenvolt, ausbaubar auf 20 Milliarden Elektronenvolt
- **Betriebsgelände:** DESY-Bahrenfeld (2 Hektar), Osdorfer Born (1,5 Hektar) und Schenefeld (15 Hektar). In Schenefeld befindet sich der neue Forschungscampus.

## Eigenschaften der Röntgenlaserblitze

- **Anzahl pro Sekunde:** 27 000 | Die hohe Rate macht den European XFEL weltweit einzigartig. Sie wird durch supraleitende, bei  $-271^{\circ}$  Celsius arbeitende Beschleunigertechnologie möglich, die nahezu verlustfreie Stromleitung erlaubt.
- **Wellenlängen:** 0,05 bis 4,7 Milliardstel Meter (Nanometer) | Die Wellenlängen der Röntgenblitze des European XFEL sind so kurz, dass selbst atomare Details erkennbar werden.
- **Kürzeste Dauer:** wenige Billionstel Sekunden (Femtosekunden) | Mit dieser Blitzlänge lassen sich beispielsweise die extrem schnellen Vorgänge bei der Bildung von Molekülen filmen.
- **Leuchtstärke (Photonen/s/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0,1% BW):**  $5 \times 10^{33}$  (Spitze),  $1,6 \times 10^{25}$  (Durchschnitt) | Die Leuchtstärke (Brillanz) bezieht die Anzahl der in einem bestimmten Wellenlängenbereich erzeugten Photonen. Sie ist beim European XFEL in ihren Spitzenwerten milliardenfach höher als die der besten Synchrotron-Strahlungsquellen.
- **Kohärenz / Laserlichtartigkeit:** Die Kohärenz erlaubt es, die Blitze sinnvoll zu überlagern (Interferenz), wodurch dreidimensionale Aufnahmen (Holographie) möglich werden.

[www.xfel.eu](http://www.xfel.eu) | April 2018 | **Herausgeber** European XFEL GmbH, Holzkoppel 4, 22869 Schenefeld, Germany | **Gestaltung** Studio Belser, Hamburg | **Satz** Rothe Grafik, Georgsmarienhütte | **Druck** Druckerei Siepmann GmbH, Hamburg

# Licht der Zukunft



© European XFEL / Option Z

## In Kürze

Der European XFEL in der Metropolregion Hamburg ist eine Forschungseinrichtung der Superlative: Der weltgrößte Freie-Elektronen-Laser im Röntgenbereich (XFEL) erzeugt ultrakurze Laserlichtblitze – 27 000 mal pro Sekunde. Seine Leuchtstärke ist milliardenfach heller als die von Synchrotronen, der besten Lichtquellen für die Erzeugung von Röntgenlicht vor der Entwicklung der XFELs. Die Anlage bietet Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Forschung und Industrie weltweit einzigartige Möglichkeiten und verspricht zahlreiche Entdeckungen im Nanokosmos zum Nutzen der Gesellschaft.



Der Röntgenlaser befindet sich in unterirdischen Tunneln. Zum Bau haben viele Partner beigetragen. Der 1,7 Kilometer lange Teilchenbeschleuniger bringt die Elektronen auf hohe Energien.



Periodische Anordnungen von Permanentmagneten (Undulatoren), bringen Elektronen auf einen Slalomkurs. Dabei senden sie Röntgenstrahlung aus, die sich mehr und mehr verstärkt.

## European XFEL GmbH

Für Bau und Betrieb des European XFEL haben die Partnerländer eine eigenständige Forschungsorganisation gegründet, die European XFEL GmbH. Die Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach deutschem Recht arbeitet nicht gewinnorientiert und beschäftigt mehr als 350 Menschen. Partnerländer sind derzeit Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Polen, Russland, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien und Ungarn.

European XFEL arbeitet eng mit dem Forschungszentrum DESY und anderen internationalen Institutionen zusammen.

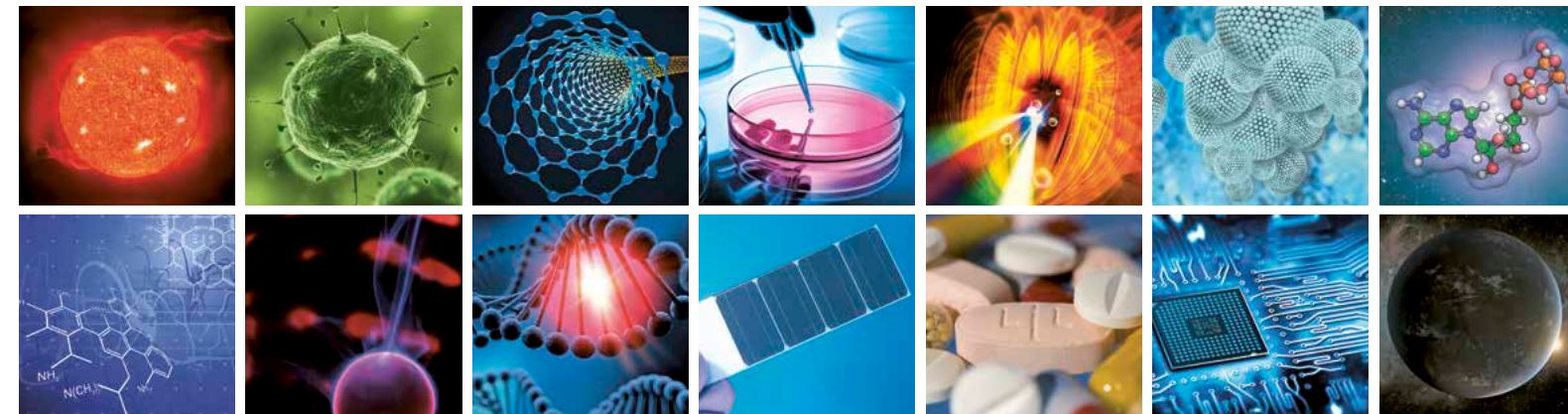
Die Baukosten einschließlich Inbetriebnahme lagen bei 1,25 Milliarden Euro (Preisniveau 2005). Deutschland (Bund, Hamburg und Schleswig-Holstein) trug 57 Prozent der Kosten, Russland 26 Prozent und die anderen internationalen Partner zwischen einem und 3 Prozent. Zum Bau der Anlage haben die Gesellschafter nicht nur finanziell, sondern zu einem Großteil auch mit Personal und Sachleistungen beigetragen.

## Nutzen

Mit seinen einzigartigen Möglichkeiten zieht der European XFEL Spitzenforscherinnen und -forscher aus der ganzen Welt an. Dabei kommen ganz unterschiedliche Disziplinen zusammen. Aus diesem Wechselspiel erwachsen vielfältige Ideen, die zu konkreten Produkten und Produktverbesserungen führen können. Die Anlage ermöglicht neue Erkenntnisse in nahezu allen technisch-wissenschaftlichen Bereichen, die für die Alltagswelt und die Gesellschaft von Bedeutung sind – darunter Medizin, Pharmazie, Chemie, Materialwissenschaft, Nanotechnologie, Energietechnik und Elektronik.

### Mit den Röntgenblitzen des European XFEL ...

- ... lässt sich die **Struktur von weit mehr Biomolekülen und Zellbestandteilen** entschlüsseln als bisher.
- ... kann der **zeitliche Ablauf von biochemischen Vorgängen** studiert werden, eine Grundlage für die Entwicklung von Medikamenten und Therapien.
- ... können zahlreiche **chemische Prozesse** besser verstanden werden – darunter die Katalyse, die in der Natur und bei der Herstellung von industriell hergestellten Stoffen eine große Rolle spielt.
- ... können **neue Prozesse und Materialien** für die Gewinnung von Energie aus Sonnenlicht erforscht werden.
- ... können die **Eigenschaften verschiedenster Materialien** untersucht werden, um etwa völlig neue Werkstoffe mit maßgeschneiderten Merkmalen zu entwickeln.
- ... werden **neue Erkenntnisse über die Nanowelt** möglich sein – etwa über Bausteine mit spezifischen elektronischen, magnetischen und optischen Eigenschaften.

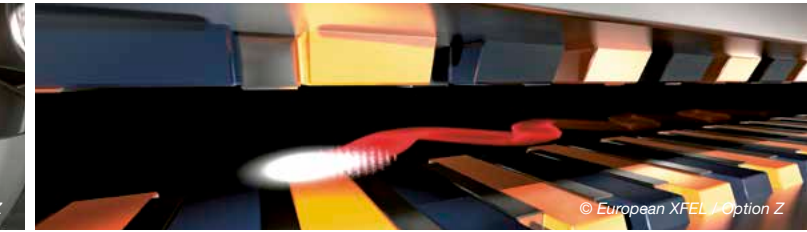


## Wie funktioniert der Röntgenlaser?

Um die Röntgenblitze zu erzeugen, werden Elektronen zunächst in Paketen auf hohe Energien gebracht und durch spezielle Magnetanordnungen (Undulatoren) gelenkt. Dabei senden die Teilchen Licht aus, das sich immer mehr verstärkt, bis schließlich ein extrem kurzer und intensiver Röntgenblitz entsteht. Der European XFEL erzeugt laserlichtartige Röntgenstrahlung und verfügt über mehrere Undulatoren, um Röntgenblitze mit unterschiedlichen Eigenschaften produzieren zu können.



Beschleunigung von Elektronen in einem supraleitenden Hohlraum-Resonator (Computergrafik)



Elektronenpaket im Undulator bei der Erzeugung von Lichtblitzen (Computergrafik)

## Standort

Der Röntgenlaser befindet sich in Tunneln unter der Erde, zu denen drei Betriebsgelände Zugang ermöglichen. Die 3,4 Kilometer lange Anlage reicht von DESY in Hamburg bis in die schleswig-holsteinische Stadt Schenefeld (Kreis Pinneberg). Dort befindet sich der Forschungscampus, auf dem internationale Teams von Wissenschaftlern die intensiven Röntgenblitze für ihre Experimente nutzen.



© photlook | Sebastian Kaulitzki | koya979 | psdesign1 | Universität Göttingen | fotoliarender | European XFEL | Uladzimir Bakunovich | Schiller Renato | psdesign1 | science photo | Daniel Fuhr | Edelweiss | NASA/JPL