



Einblicke

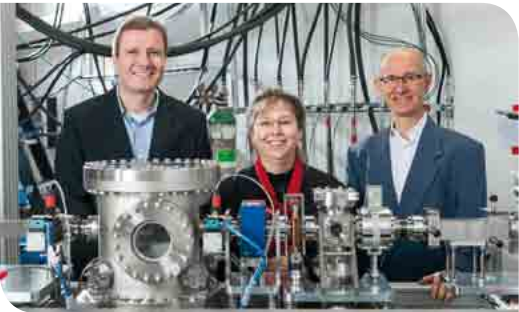
in die Materie

**MIT FLUTE ERFORSCHT DAS KIT
TECHNOLOGIEN FÜR KOMPAKTE
BESCHLEUNIGER VON MORGEN UND
ANWENDUNGEN VON INTENSIVER
TERAHERTZ-STRAHLUNG
IN WISSENSCHAFT,
INDUSTRIE UND MEDIZIN**

VON SANDRA WIEBE // FOTOS: MARKUS BREIG

FLUTE bedeutet „Ferninfrarot Linac- und Test-Experiment“. Das Herzstück des Experiments ist ein kompakter Linearbeschleuniger am Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT. Das IBPT nutzt die vielseitige Testeinrichtung zur Durchführung von Beschleunigerstudien, wie neue Methoden zur Komprimierung von Elektronenpaketen und nachfolgend der Vergleich verschiedener Strategien, um intensive Terahertz-Strahlung zu erzeugen. „Für Beschleu-

nigerphysiker ist FLUTE ein Traum, da wir hier eine Vielzahl von neuartigen und bahnbrechenden Konzepten in einem modularen Experiment ausprobieren können“, sagt die leitende Wissenschaftlerin und Professorin Anke-Susanne Müller. „Wir wollen vor allem sehr zuverlässige Beschleunigertechnologien entwickeln, die zu hoher Elektronenstrahlstabilität führen und damit ein großes Anwendungspotenzial haben“, ergänzt der Ingenieur Dr. Robert Ruprecht, Projektleiter von FLUTE am KIT.



Dr. Erik Bründermann, Leiter der Abteilung Beschleuniger R&D + Operations II, Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin des Instituts für Beschleunigerphysik und Technologie und Dr. Robert Ruprecht, Leiter Koordination Beschleunigersysteme (von links)

Dr. Erik Bründermann, Head of the Accelerator Research and Development + Operations II Unit, Professor Anke-Susanne Müller, Director of the Institute for Beam Physics and Technology, and Dr. Robert Ruprecht, Head of Coordination Accelerator Systems (from the left)

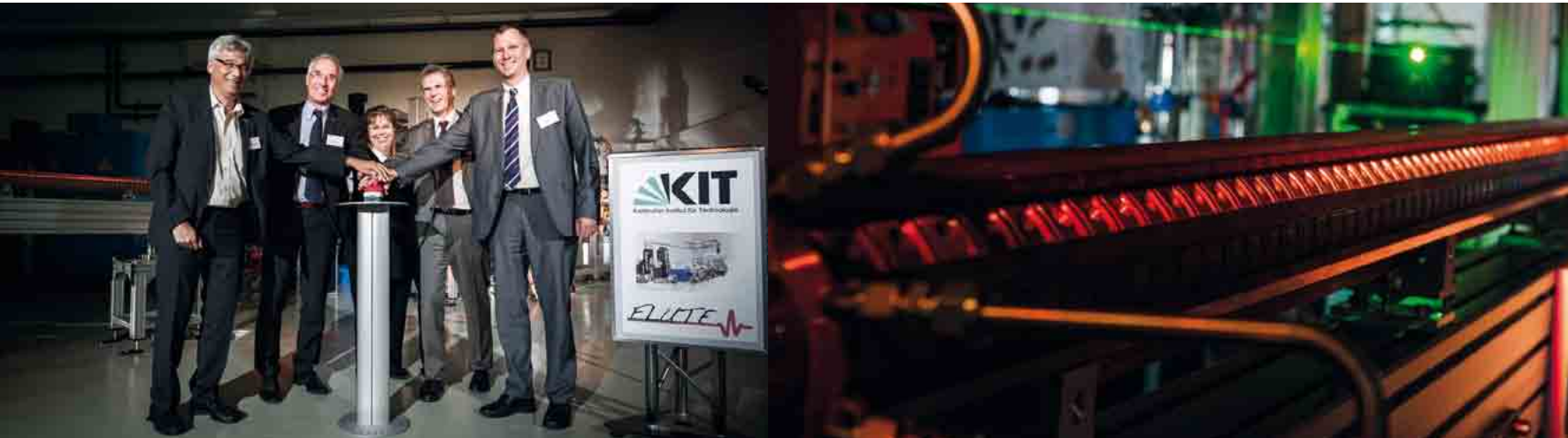
In der Materialforschung, Chemie, Biologie und Medizin bestimmen chemische Bindungen und insbesondere deren Dynamik die Eigenschaften von Materialien und lebender Materie. Diese lassen sich sehr genau mit Terahertz-Strahlung und kurzen Pulsen untersuchen. „Mit FLUTE können wir hochintensive und ultrakurze elektromagnetische Pulse maßgeschneidert erzeugen, um diese perfekt auf die Bedürfnisse von Anwendern aus Wissenschaft, Industrie und Medizin anzupassen“, sagt Dr. Erik Bründermann, Wissenschaftler am IBPT und Spezialist für Anwendungen im Terahertz-Frequenzbereich. Um kompakte und intensive Terahertz-Quellen herstellen zu können, müssen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT zunächst die komplexe Dynamik extrem kurzer Elektronenpakete besser verstehen. Erst dieses Verständnis eröffnet neue Möglichkeiten, um sie zu kontrollieren. Denn nur sehr kompakte und kontrollierte Elektronenpakete ermöglichen es, reproduzierbar intensive und brillante Strahlung zu erzeugen. Das KIT ist hier Vorreiter in der Entwicklung und Anwendung von präziser Elektronenstrahl- und Photonenpulsdagnostik. Diese ist bereits an vielen Anlagen und Beschleunigern in Europa, unter anderem am Europäischen XFEL, im Einsatz. „Die besondere

Herausforderung, der wir mit FLUTE nachgehen, ist es, die Elektronenwolke am Ort der Photonen-erzeugung so kompakt wie physikalisch möglich und reproduzierbar zu formen, so dass ihre Ausdehnung kleiner ist als die Wellenlänge der erzeugten elektromagnetischen Strahlung“, so Müller. „Nur dann überlagern sich die Wellen zu sehr kurzen Pulsen von hoher Intensität.“

Der Teilchenbeschleuniger im Experiment FLUTE und das Klystron, ein Hochleistungsverstärker für Mikrowellen mit 45 Megawatt Leistung, befinden sich in einem abgeschirmten Schutzraum und sind von dicken Betonwänden umgeben. Das Klystron stellt das benötigte elektrische Hochfrequenzfeld und die Energie zur Beschleunigung von Elektronen in der Elektronenquelle und im Linearbeschleuniger zur Verfügung. Um einen Terahertz-Photonenpuls zu erzeugen, sind mehrere Schritte notwendig. Zuerst wird ein Laserpuls im Femtosekunden-Zeitbereich erzeugt. Dies erfordert ein spezielles Lasersystem, da eine Femtosekunde sehr kurz ist, nämlich ein Billiardstel einer Sekunde. Der Laserpuls wird entlang einer 35 Meter langen Transferstrecke aus Spiegeln vom benachbarten Laserlabor zur Kathode in die Elektronenquelle des Beschleunigers geleitet. Beim Auftreffen der ultra-

Foto unten: Einweihung Linearbeschleuniger FLUTE am 13. Juli 2017: Dr. Hans-Heinrich Braun, Paul Scherrer Institut, Professor Helmut Dosch, Vorsitzender des DESY-Direktoriums, Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin IBPT, Professor Holger Hanselka, Präsident KIT, sowie Professor Oliver Kraft, Vizepräsident für Forschung des KIT (von links)

Photo bottom: Inauguration of the FLUTE linear accelerator on July 13, 2017: Dr Hans-Heinrich Braun, PSI, Helmut Dosch, Chairman of the DESY Board of Directors, Professor Anke-Susanne Müller, Director of IBPT, Professor Holger Hanselka, President of KIT, and Professor Oliver Kraft, KIT Vice President for Research (from the left)



violetten Lichtpulse auf die Kathode werden Elektronen freigesetzt und in der wenige Zentimeter langen Elektronenquelle sofort nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Bei exakter Synchronisation von Laserpuls und Hochfrequenzwechselfeld des Klystrons gewinnen die Elektronen entlang des fünf Meter langen Linearbeschleunigers zusätzliche Bewegungsenergie und nähern sich noch weiter der Lichtgeschwindigkeit an. Dabei werden beispielsweise Quadrupolmagnete, die aus vier Polen bestehen und bei denen sich die Nord- und Südpole jeweils gegenüberliegen – eingesetzt, die als Linsen wirken und den Elektronenstrahl führen und fokussieren. Ablenkmagnete lenken die Elektronen mit verschiedener Energie und Ankunftszeit auf verschiedenen lange Bahnen, so dass am Ende räumlich komprimierte Elektronenpakete entstehen. Der Elektronenstrahl kann dann beispielsweise auf eine Metallfolie gelenkt werden und erzeugt dort einen intensiven Photonenpuls im Terahertzbereich. Dieser Photonenpuls wird über Spiegel in einen separaten Messraum geleitet. Hier messen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das elektrische Feld des Terahertzpulses in einem Detektorsystem oder verwenden es für weitere Experimente und Anwendungen, wie zur Entwicklung von sehr schnellen Terahertzdetectoren, die auf Hochtemperatursupraleitern basieren. Diese Detektoren werden bereits jetzt mit den weltweit schnellsten Reaktionszeiten am KIT hergestellt.

Insight into Matter

KIT Uses FLUTE to Study Technologies for Tomorrow’s Compact Accelerators

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

FLUTE is the German acronym of “Far Infrared Linac and Test Experiment.” Its key component is a compact linear accelerator at KIT’s Institute for Beam Physics and Technology (IBPT). The versatile test facility is used to study new methods for accelerators to compress electron packages and to compare various strategies for generating intensive terahertz radiation. “FLUTE is a dream for accelerator physicists, as we can test a number of novel and groundbreaking concepts in a modular experiment,” says leading scientist Professor Dr. Anke-Susanne Müller. “In particular, we want to develop highly reliable accelerator technologies that produce high electron beam stability and thus have considerable application potential,” adds engineer Dr.-Ing. Robert Ruprecht, Head of Coordination Accelerator Systems at KIT.

In materials science, chemistry, biology, and medicine, chemical bonds and their dynamics determine the properties of materials and living matter. These can be studied very precisely with short pulses of terahertz radiation. “With FLUTE, we can produce high-intensity and ultra-short electromagnetic pulses, thus meeting the needs of users from science, industry, and medicine,” says Dr. Erik Bründermann, IBPT scientist and a specialist in applications in the terahertz frequency range. Before generating compact and intensive terahertz sources, KIT scientists first have to better understand the complex dynamics of extremely short electron packages. This knowledge will then enable new control options. Only very compact and controlled electron packages allow for the reproducible production of intensive and brilliant radiation. Such radiation may open up new applications in materials and life sciences, which cannot be accessed by other frequencies of electromagnetic radiation, such as visible light and radio waves. ■

Contact: anke-susanne.mueller@kit.edu
Info: www.ibpt.kit.edu/flute

Perspektivisch kann FLUTE extrem kurze Pulse bis in den Attosekunden-Bereich – ein Trillionstel einer Sekunde – erzeugen. Die resultierende intensive, breitbandige Strahlung könnte Anwendungsgebiete in den Material- und Lebenswissenschaften aufstoßen, die anderen Frequenzen der elektromagnetischen Strahlung, wie beispielsweise dem sichtbaren Licht und den Radiowellen, verschlossen sind. Anwendungen von Terahertz-Strahlung reichen von Protein-Schwingungen über das Verhalten von Supraleitern bis hin zu neuartigen Halbleitern. Als Forschungsinfrastruktur dient FLUTE insbesondere zur Entwicklung neuartiger kompakter Beschleunigertechnologie. „Wir erwarten für die Zukunft, dass kompakte Beschleuniger aufgrund des verminderten Energie- und Platzbedarfs die Verbreitung dieser Technologien und Anwendungen in Industrie, an Universitäten und Kliniken fördern werden“, erklärt Müller die zukünftigen Pläne.

Neben dem Institut für Beschleunigerphysik und Technologie des KIT sind Entwicklungspartner aus ganz Europa, allen voran das Paul Scherrer Institut (PSI) aus der Schweiz, sowie das Helmholtz-Zentrum DESY an FLUTE beteiligt. ■

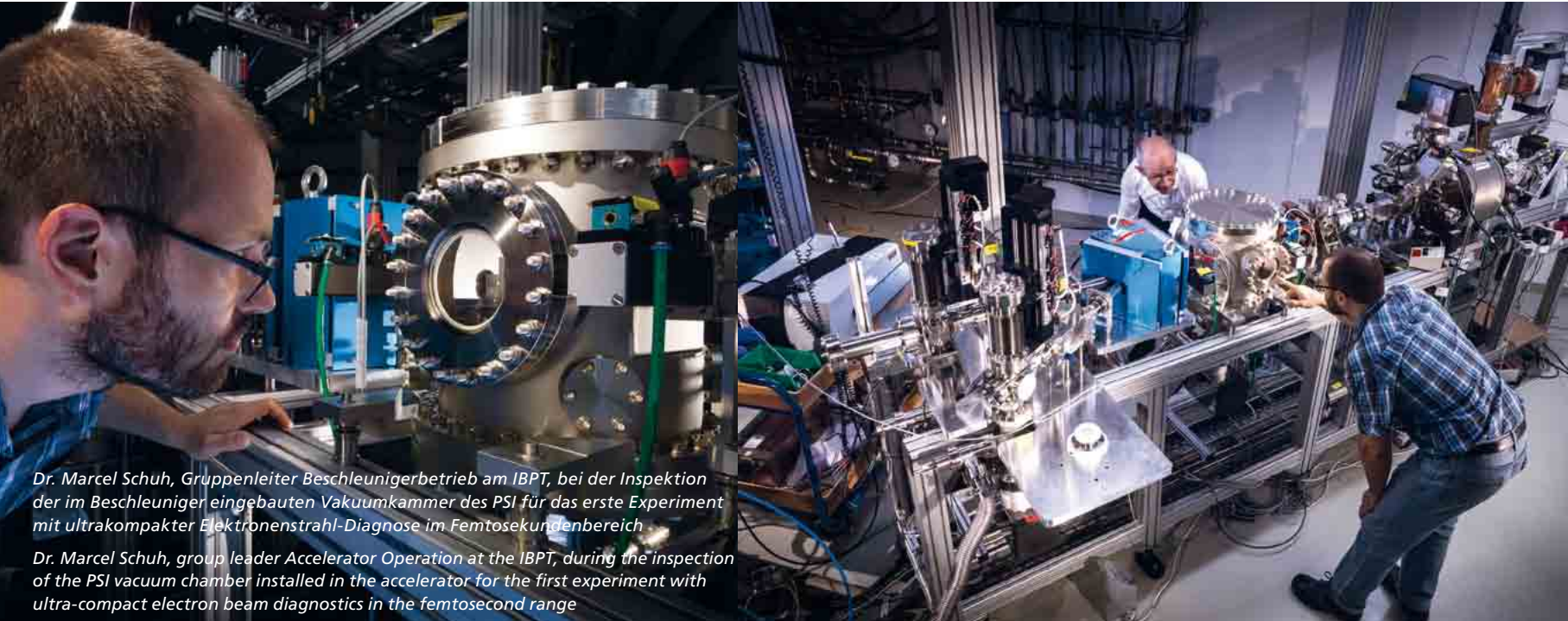
Kontakt: anke-susanne.mueller@kit.edu
Info: www.ibpt.kit.edu/flute

YOU + ERICSSON A POWERFUL COMBINATION

www.ericsson.com/careers

Look out for our continuous offers of internships, thesis or student possibilities, and graduate positions at our various locations within Germany. We are looking forward to getting to know you! Apply via the internet: www.ericsson.com/careers.





Dr. Marcel Schuh, Gruppenleiter Beschleunigerbetrieb am IBPT, bei der Inspektion der im Beschleuniger eingebauten Vakuumkammer des PSI für das erste Experiment mit ultrakompakter Elektronenstrahl-Diagnose im Femtosekundenbereich

Dr. Marcel Schuh, group leader Accelerator Operation at the IBPT, during the inspection of the PSI vacuum chamber installed in the accelerator for the first experiment with ultra-compact electron beam diagnostics in the femtosecond range

Ensinger

Wir bieten Raum für Ihre Ideen. Innovativ. Vielseitig. Weltweit.

Als führender Hersteller von Hochleistungskunststoffen wollen wir mit Ihren innovativen Ideen weiter einen Schritt voraus sein. Sie passen zu uns, wenn Sie einen Arbeitgeber mit spannenden und abwechslungsreichen Aufgaben suchen. Wir bieten Herausforderungen, Entwicklungsmöglichkeiten und Freiheiten bei der täglichen Arbeit.

Besuchen Sie unsere Karriereseite
ensingerplastics.com

Aerospace

Bauwesen

Halbleiter

Automotive

Maschinenbau

Medizin

Öl & Gas