

Press release

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Dr. Antonia Rötger

06/28/2024

<http://idw-online.de/en/news836129>Research results
Physics / astronomy
transregional, national

Kleine Kraftpakete für ganz besonderes Licht

Ein internationales Forschungsteam stellt in *Nature Communications Physics* das Funktionsprinzip einer neuen Quelle für Synchrotronstrahlung vor. Durch Steady-State-Microbunching (SSMB) sollen in Zukunft effiziente und leistungsstarke Strahlungsquellen für kohärente UV-Strahlung möglich werden. Das ist zum Beispiel für Anwendungen in der Grundlagenforschung, aber auch der Halbleiterindustrie sehr interessant.

Wenn ultraschnelle Elektronen um die Kurve fliegen, senden sie Licht aus – Synchrotronstrahlung. Das wird in so genannten Speicherringen genutzt, in denen Magnete die Elektronen auf eine geschlossene Bahn zwingen. Dieses Licht ist longitudinal inkohärent und besteht aus einem breiten Spektrum an Wellenlängen. Durch seine hohe Brillanz ist es ein vortreffliches Werkzeug für die Materialforschung. Durch Monochromatoren lassen sich zwar auch einzelne Wellenlängen aus dem Spektrum herauspicken aber dies reduziert die Strahlungsleistung um viele Größenordnungen auf Werte von wenigen Watt.

Doch was wäre, wenn ein Speicherring stattdessen von sich aus monochromatisches, kohärentes Licht mit Leistungen von einigen Kilowatt, analog einem Hochleistungslaser, liefern würde? Auf diese Frage fanden der Physiker Alexander Chao und sein Doktorand Daniel Ratner 2010 eine Antwort: Werden die in einem Speicherring kreisenden Elektronenpakete kürzer als die Wellenlänge des von ihnen ausgesendeten Lichts, dann wird die emittierte Strahlung kohärent und dadurch millionenfach leistungsstärker.

„Dazu muss man wissen, dass die Elektronen in einem Speicherring nicht homogen verteilt kreisen“, erklärt Arnold Kruschinski, Doktorand am HZB und Hauptautor der Arbeit. „Sie bewegen sich in Paketen mit einer typischen Länge von etwa einem Zentimeter und einem Abstand von etwa 60 Zentimetern. Das ist sechs Größenordnungen mehr als die von Alexander Chao vorgeschlagenen Mikro-Bunche.“ Der chinesische Theoretiker Xiujie Deng hat für das Steady-State-Micro-Bunching-Projekt (SSMB) einen Satz von Einstellungen für einen bestimmten Typ von Kreisbeschleunigern definiert, die Isochrone oder „low-alpha“-Ringe. Mit diesen entstehen nach Wechselwirkung mit einem Laser viele kurze Teilchenpakete, deren Länge und Abstand nur einen Mikrometer beträgt.

Dass dies funktioniert, hat das Forschungsteam vom HZB, der Tsinghua University und der PTB bereits 2021 in einem Proof-of-Principle-Experiment nachgewiesen. Dafür nutzte es die Metrology Light Source (MLS) in Adlershof – den ersten für low-alpha Betrieb konzipierten Speicherring überhaupt. Das Team konnte nun in umfangreichen Experimenten die Theorie von Deng zur Generierung von Mikro-Bunchen vollständig verifizieren. „Für uns ist das ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer neuartigen SSMB-Strahlenquelle“, sagt Arnold Kruschinski.

Bis dahin wird es allerdings noch dauern, ist sich HZB-Projektleiter Jörg Feikes sicher. Er sieht beim SSMB viele Parallelen zur Entwicklung der Freie-Elektronen-Laser. „Nach ersten Experimenten und Jahrzehnten Entwicklungsarbeit sind aus dieser Idee dann kilometerlange, supraleitende Beschleuniger geworden“, sagt er. „Solche Entwicklungen sind sehr langfristig. Am Anfang steht eine Idee, dann eine Theorie, und dann kommen Experimentatoren, die das nach und nach umsetzen und ich denke, dass sich SSMB genauso entwickeln wird.“

Text: Kai Dürfeld / Wissenschaftsjournalist

contact for scientific information:

Dr. Jörg Feikes, joerg.feikes@helmholtz-berlin.de

Original publication:

Communications Physics (2024): Confirming the theoretical foundation of steady-state microbunching

Arnold Kruschinski, Xiujie Deng, Jörg Feikes, Arne Hoehl, Roman Klein, Ji Li, Markus Ries & Alexander Chao

DOI: [10.1038/s42005-024-01657-y](https://doi.org/10.1038/s42005-024-01657-y)