

Rennbahn für Elektronen

In Berlin planen Synchrotronforscher einen Freie-Elektronen-Laser, dessen Leuchtstärke bisherige Quellen um 10 Größenordnungen übertreffen soll. Die Vision ist ehrgeizig, die Finanzierung noch ungewiss.

Wenn Physiker in diesen Tagen von Arbeitspferden und Rennpferden, von Moskitos und Elefanten sprechen, kann es nur um eins gehen: Großforschung. Aus Sicht der Synchrotronforscher sieht das dann so aus: Arbeitspferde, das sind die konventionellen Synchrotronstrahlungsquellen, an denen Materialfor-



Herkömmliche Synchrotronstrahlungsquellen wie BESSY II in Berlin sind rund. Der Freie-Elektronen-Laser basiert dagegen auf einem Linearbeschleuniger. Seine kurzen Pulse sollen das Studium ultraschneller Reaktionen ermöglichen. Er könnte parallel zum Teltow-Kanal (unten rechts) gebaut werden. (Foto: BESSY)

schers, Biophysiker und Chemiker ihre Proben ins Röntgenlicht halten. Und Rennpferde, das sind die geplanten „Freie-Elektronen-Laser“ (FEL), die kurze Pulse und milliardenfach höhere Leuchtstärken als die herkömmlichen Quellen erreichen sollen. Die Berliner Elektromotorspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung (BESSY) will sich ein Rennpferd für weiche Röntgenstrahlung und VUV-Licht in den Stall holen, für knapp 150 Millionen Euro. Das sind Peanuts im Vergleich zu den geplanten Großprojekten der Teilchenphysiker und der Neutronenforscher, und deshalb sagt Eberhard Jaeschke, technischer Geschäftsführer von Bessy: „Hier vergleicht man Elefanten mit einem Moskito.“

Gleichwohl steht der Berliner FEL auf einer Liste von acht Projekten, die die Bundesregierung derzeit vom Wissenschaftsrat begutachten lässt, darunter auch die Europäische Spallations-Neutronenquelle ESS und der Linearbeschleuniger TESLA mit angekoppeltem Röntgenlaser „X-FEL“. Vor einigen Wochen haben Jaeschke und seine Kollegen eine Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrats durch die Experimentierhallen von Bessy geführt und den Experten die Ausbaupläne erläutert. Gleich neben der kreis-

förmigen Halle des Ringbeschleunigers BESSY II soll ein 220 Meter langer Linearbeschleuniger für den FEL entstehen, parallel zum Teltowkanal in Berlin-Adlershof. Im Jahr 2004 könnte der Bau beginnen, vier Jahre später der Betrieb.

Traditionell wird Synchrotronstrahlung durch die Beschleunigung von Elektronenpaketen (*Bunches*) in ringförmigen Speicherringen erzeugt. Doch die Qualität dieser Strahlung lässt sich nicht beliebig erhöhen. Mehr Elektronen pro Bunch erhöhen zwar die Leuchtstärke, verlängern aber auch die Pulsdauer und verringern die Kohärenz. Die Freie-Elektronen-Laser umgehen dieses Problem. Anders als in Ringbeschleunigern, wo die Elektronenpakete mehrere Millionen mal im Kreis fliegen, werden sie im FEL auf einer geraden Strecke beschleunigt und durchlaufen mehrere Bunchkompressoren. Am Ende des Linearbeschleunigers werden die Elektronenpakete durch die wechselnden Magnetfelder eines „Undulators“ auf einen Slalomkurs gezwungen. Die Wechselwirkung der Elektronen mit dem dabei emittierten Licht führt zu einer Modulation der Elektronendichte. Durch diese „selbstverstärkte spontane Emission“ (SASE) soll der FEL am BESSY die Leuchtstärke (Brillanz) bisheriger Quellen gleich um 10

KURZGEFASST...

■ Bulmahn gegen Einsparungen bei der Internationalen Raumstation

Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn fordert von den USA eine schnelle Entscheidung über die Zukunft der Internationalen Weltraumstation ISS. Die von den Amerikanern angekündigten Einsparungen dürften nicht zu Lasten der anderen Partner gehen. Die Ministerin sitzt derzeit auch dem Ministerrat der Europäischen Weltraumorganisation ESA vor. Sie lehnte die von einer US-Regierungskommission vorgeschlagene Verkleinerung der ISS-Besatzung auf drei statt der geplanten sieben Astronauten ab. Damit seien viele der geplanten Experimente nicht mehr möglich. US-Außenminister Powell sagte Bulmahn in einem Briefwechsel zu, dass sich die USA an die geschlossenen Verträge halten und Änderungen gemeinsam mit den Partnern verabreden würden.

■ Größte Umweltstudie aller Zeiten

Die Vereinten Nationen haben Mitte Januar den offiziellen Startschuss für den größten Umwelt-Check der Erde gegeben. Rund 1500 Wissenschaftler sollen in den nächs-

ten vier Jahren in einer weltweiten Umweltstudie die ökologische Zerstörung rund um den Erdball untersuchen. Das Projekt soll eine „Null-Linie“ erarbeiten, auf die sich künftige Veränderungen des Ökosystems beziehen lassen. Das Programm wird mit 23,5 Millionen Euro vom Umweltbüro der Vereinten Nationen, UNEP, finanziert.

■ BMBF startet neues Förderprogramm

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) startet ein neues Förderprogramm „Optische Technologien“. In den nächsten fünf Jahren wird das Programm mit 280 Millionen Euro gefördert. Schwerpunkte sind optische Systeme der nächsten Generation und innovative Anwendungen von Licht für Mensch, Produktion und Umwelt. Weitere Infos unter www.optischetechnologien.de

■ Neugeschaffener Sofja-Kovalevskaja-Preis für Nachwuchswissenschaftler

Mit einer Gesamtsumme von über 21,5 Millionen Euro verlieh die Alexander von Humboldt-Stiftung Ende Januar den neugeschaffenen Sofja-Kovalevskaja-Preis an 29

junge Spitzenforscher, darunter sechs Physiker. Durch diesen Preis soll die Nachwuchselite aus dem Ausland nach Deutschland geholt werden. Bis zu 1,2 Millionen Euro erhält jeder einzelne Forscher, um drei Jahre lang Forschungsk Kooperationen an einem deutschen Gastinstitut seiner Wahl durchzuführen und eine eigene Nachwuchsgruppe aufzubauen. Weitere Infos unter www.humboldt-foundation.de/avh/kova.htm

■ FRM II weiter verzögert

Die Forschungsreaktor München II (FRM II) wird voraussichtlich nicht mehr vor der Bundestagswahl in Betrieb gehen. Das Bundesumweltministerium sieht die Voraussetzungen zur Erteilung einer Genehmigung für den Probetrieb derzeit noch nicht erfüllt. Das bayerische Umweltministerium glaubt dagegen, dass durch die Nachbesserung des Genehmigungsentwurfs bis zum 1. Mai eine Aufnahme des Probebetriebs in der Mitte des Jahres möglich sein wird. Weitere Infos unter www.bmu.de/presse/2002/pm016.php und www.umweltministerium.bayern.de/aktuell/newsroom/presse/2002/48.htm

Größenordnungen übertreffen und bis zu 20 Femtosekunden kurze Pulse erzeugen. Die kurzen Pulse sollen es künftig ermöglichen, die zeitliche Dynamik von biologischen und chemischen Prozessen zu studieren, zum Beispiel den Ladungstransfer an Oberflächen. Der geplante X-FEL für harte Röntgenstrahlung am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg beruht ebenfalls auf dem SASE-Prinzip. Er soll die Leuchtstärke des Berliner FEL sogar noch übertreffen.

„Die Steigerung der Leuchtstärke in Synchrotronstrahlungsquellen ist eine der steilsten Technologiekurven, die es gibt“, schwärmt Eberhard Umbach von der Universität Würzburg, Vorsitzender des Komitees „Forschung mit Synchrotronstrahlung“. In der Vergangenheit habe die Brillanz alle zweieinhalb Jahre um eine Größenordnung zugenommen, in Zukunft könne es noch schneller gehen. Das Moorsche Gesetz der Chip-Industrie verblasst dagegen. Auch Wolfgang Eberhardt, wissenschaftlicher Geschäftsführer von BESSY, hält die Aufgabe für lösbar (siehe Interview).

Wenn der Wissenschaftsrat dem BESSY-FEL im Herbst seinen Segen gibt, liegt die Entscheidung bei der Politik. Doch die Bundesregierung wird nicht alle Großforschungsprojekte finanzieren. Sollte die Regierung den X-FEL für den Berliner FEL opfern oder umgekehrt, wäre das ein Pyrrhus-Sieg für die Synchrotronforscher. Deshalb betonen sie bei jeder Gelegenheit die enge Kooperation zwischen BESSY und DESY. Vielleicht, so hofft man, wird ja auch bei den anderen gespart.

MAX RAUNER

„Irgendwann muss man ins Wasser springen“

Wolfgang Eberhardt, wissenschaftlicher Geschäftsführer der BESSY GmbH, treibt in Berlin die Planung eines Freie-Elektronen-Lasers für weiche Röntgenstrahlung voran. Max Rauner fragte ihn nach den Chancen des Projekts.

Der FEL bei BESSY soll herkömmliche Synchrotronstrahlungsquellen in der Leuchtstärke um das Zehnmilliardenfache übertreffen. Schießen sich die Nutzer damit nicht ihre Proben kaputt?

Man kann die Leistung sehr ein-

fach abschwächen, indem man den Strahl defokussiert. Es geht aber nicht nur um Leistung. Eine wichtige Eigenschaft des geplanten FEL sind die kurzen Pulse. Wir wollen die Dynamik in technischen, biologischen und chemischen Systemen zeitaufgelöst studieren, zum Beispiel Ladungstransfer und ähnliches. Dafür brauchen wir Pulse auf einer Zeitskala von 20 fs, wie sie der FEL erzeugen wird.

Ein Sprung um zehn Größenordnungen klingt wie technischer Größenwahn. Wie lässt sich das beherrschen?

Irgendwann muss man ins Wasser springen. Auch als man zum Mond geflogen ist, musste man den großen Sprung wagen. Außerdem gibt es Vorexperimente an der TESLA-Test-Facility in Hamburg. Dort wurde bereits Laserverstärkung unterhalb von 100 nm nachgewiesen.

Die TESLA-Test-Facility, auch ein FEL, überdeckt einen ähnlichen Wellenlängenbereich wie der geplante FEL in Berlin. Wäre es denkbar, die TTF auszubauen und auf den BESSY-FEL zu verzichten?

Die TTF ist vor allem eine Testanlage. Unsere Facility ist dagegen eine dedizierte Anlage mit drei, im Endausbau fünf unabhängigen Strahlrohren für unterschiedliche Spektralbereiche. Außerdem werden wir zehnmal kürzere Wellenlängen erreichen als die TTF. Unsere Anlage sehen wir als ideale Ergänzung zu dem Röntgenlaser im härteren Spektralbereich, der in Hamburg geplant ist.

Warum baut man den BESSY-FEL nicht in Hamburg?

Wir haben bei BESSY in Berlin sowohl die Nutzer als auch die Expertise für den weichen Röntgenbereich. Gleich nebenan ist zum Beispiel das Max-Born-Institut, wo Kurzpulslaser erforscht werden. Deren Know-how brauchen wir. Insofern sehen wir hier deutliche Standortvorteile.

Berlin ist pleite, wer soll den FEL finanzieren?

Der Berliner Senat hat in den Koalitionsvereinbarungen festgeschrieben, dass er sich für das Projekt einsetzen wird. Zurzeit werden wir je zur Hälfte von Bund und Land finanziert. Für den FEL ist jedoch ein Schlüssel von 10 (Berlin) zu 90 (Bund) angedacht. Diese Aufteilung empfiehlt auch der Wissenschaftsrat in seinem Gutachten zu den Großgeräten für die Grundlagenforschung.

Bohrende Fragen

Bohr-Dokumente zum Treffen mit Heisenberg 1941 in Kopenhagen freigegeben

Die weltberühmten Physiker Werner Heisenberg und Niels Bohr trafen sich im September 1941 im besetzten Kopenhagen. In einem Zwiegespräch lenkte Heisenberg das Thema relativ unvermittelt auf die militärische Nutzung der Kernspaltung. Bohr brach das Gespräch daraufhin rasch ab. Die innige Freundschaft zwischen den beiden Männern war danach zwar nicht zerstört, aber doch zumindest nachhaltig getrübt. Das ist, in dürren



Worten beschrieben, eines der meistdiskutierten Treffen in der Geschichte der modernen Naturwissenschaft. Daher hat die Freigabe von Dokumenten Niels Bohrs, die sich mit dem Treffen beschäftigen, großes Aufsehen erregt.¹⁾ Eigentlich sollten die Papiere – 14 an der Zahl, zumeist Entwürfe für nie abgesandte Briefe Bohrs an Heisenberg – erst 2012, d. h. 50 Jahre nach dem Tod Bohrs, der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Infolge des großen Interesses, nicht zuletzt wegen Michael Frayns Drama „Kopenhagen“, haben sich Bohrs Erben entschlossen, die Dokumente bereits am 6. Februar 2002 freizugeben und im Internet zu veröffentlichen.²⁾ Andrew Jackson, Präsident des Niels-Bohr-Archivs betont: „Das ist alles, was es zu dem Treffen bei uns gibt.“

Die freigegebenen Textentwürfe beinhalten Erinnerungen Bohrs an die Ereignisse im September 1941, und seine Auseinandersetzung mit Heisenbergs Sichtweise, wie sie durch Robert Jungks Buch „Heller als tausend Sonnen“ vermittelt wurde. Das betrifft vor allem das früheste Dokument, ein Briefentwurf an Heisenberg, den Bohr 1957 nach der Veröffentlichung der dänischen

Werner Heisenberg und Niels Bohr 1934 in Kopenhagen. Heisenbergs Besuch sieben Jahre später gibt bis heute Anlass zu Spekulationen (Foto: P. Ehrenfest, Jr., mit freundlicher Genehmigung von AIP Emilio Segre Visual Archives)

1) Die Faksimilies, Transkriptionen und englischen Übersetzungen der Dokumente finden sich unter www.nbi.dk/NBA/papers/docs/cover.html

2) Auch die Nachkommen Heisenbergs haben aus Anlass von „Kopenhagen“ eine Website mit zum Teil unveröffentlichten Dokumenten erstellt: <http://people.ne.mediaone.net/iheisenberg/Index.htm>