

Schüsse in den Nanokosmos

Hamburger Laser erzeugt die stärksten Röntgenblitze der Welt

Geschäftig schraubt Volkmar Senz an seiner Vakuumkammer herum, einem futuristisch anmutenden Edelstahltopf. Der Physiker muss sich mit dem Aufbauensputen: „In zehn Tagen soll das Experiment stehen, das wird knapp.“ Senz hat vor, Nanoteilchen, die Objekte seiner Forscherbegierde mit einer noch neuen Weltrekordmaschine zu beleuchten: „Flash“ steht am Forschungszentrum Desy in Hamburg und ist der Primus einer neuen Lasergeneration.

Flash zählt zur Gattung der „Freielektronen-Laser“ – kein Kugelschreiber-großer elektronischer Zeigstab, keine handliche Tischapparatur, sondern ein 260 Meter langes Großgerät. Es arbeitet nach folgendem Prinzip: Ein supraleitender Teilchenbeschleuniger, in dessen Magneten der Strom also verlustfrei fließt, bringt winzige Elektronenpakete nahezu auf Lichtgeschwindigkeit. Am Ende der Teilchenschleuder jagen die Elektronen durch mehrere Spezialmagnete. Diese „Undulatoren“ lassen die Partikel hin und her schlingern, zwingen sie regelrecht auf einen Slalomkurs. „Während des Slaloms verlieren die Elektronen Energie, die sie in Form von Laserblitzen aussenden“, beschreibt DESY-Physiker Rolf Treusch den Vorgang. Er deutet auf eine schlichte, armdicke Stahlröhre: „Da kommt Laserstrahlung raus, wie sie in der Welt noch nicht da war – kurze, sehr starke Lichtblitze mit extrem kleinen Wellenlängen.“

In Zahlen: Bei einer Wellenlänge von 13 Nanometern (Millionstel Millimetern) – die Fachleute sprechen von weicher Röntgenstrahlung; sichtbares Licht hat 400 bis 800 Nanometer – schafft Flash seit kurzem eine Leistung von zehn Gigawatt pro Lichtblitz. „Das ist 1000-mal so viel wie bei den bisher besten Lasern“, sagt Treusch. Diese funktionieren nach dem Plasma-Prinzip: Der starke Strahl eines konventionellen Lichtlasers schießt auf eine metallene Zielscheibe und pulverisiert das Material zu einem Plasma, einem ionisierten Gas. Unter bestimmten Bedingungen vermag dieses Plasma dann Röntgenlaserpulse auszusenden.

Flash ist deutlich stärker als diese Plasmalaser, doch der Umgang mit der Maschine ist nicht unkompliziert. So müssen die Forscher mit magnetischen Linsen je 10 Milliarden Elektronen zu licht-schnellen Paketen zusammenpressen; jedes Paket darf nicht größer sein als ein Zehntel Millimeter. Ein mikroskopischer Kraftakt, denn die negativ geladenen Elektronen stoßen sich gegenseitig ab. Und: „Die Pakete dürfen auf ihrem Zickzackkurs durch die Magneten nicht mehr als einen hundertstel Millimeter von ihrer Sollbahn abweichen“, erklärt Treusch. Das bedeutet: Schon die kleinste Störung kann ausreichen, um die Elektronen aus dem Takt zu bringen. „Morgens um acht, wenn die Hamburger ihre Kaffeemaschinen anschalten, bekommen wir das als Netzschwankung mit und müssen unsere Anlage nachregeln“, sagt der Physiker schmunzelnd.

Seit einem Jahr läuft der Hamburger Speziallaser im Routinebetrieb. Mittlerweile haben 200 Forscher aus 30 Ländern ihre Proben in das Röntgenlicht gehalten. Die kurzen Wellen der Flash-Blitze sind vor allem aus einem Grund interessant: Mit den kleinen Wellenlängen lassen sich entsprechend feine Details einer Probe abtasten. Ein weiteres Plus:

Die Pulse von Flash sind so stark, dass eine Messung oft schon nach einem einzigen Blitz im Kasten ist. Das muss auch so sein, denn nicht wenige der Proben sind nach dem einen Schuss kaputt – verbrannt, durchlöchert oder geschmolzen von der geballten Energie des Röntgenblitzes.

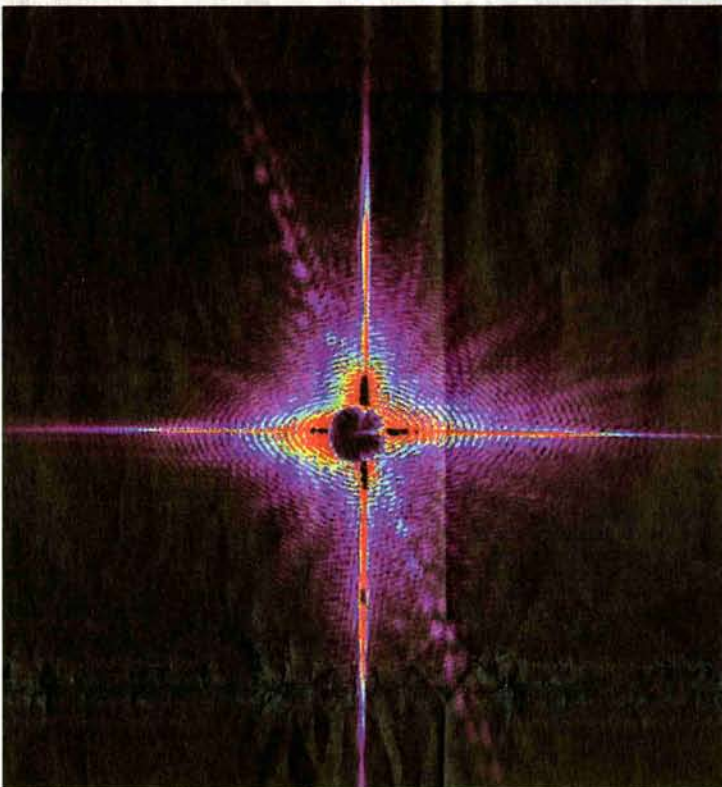
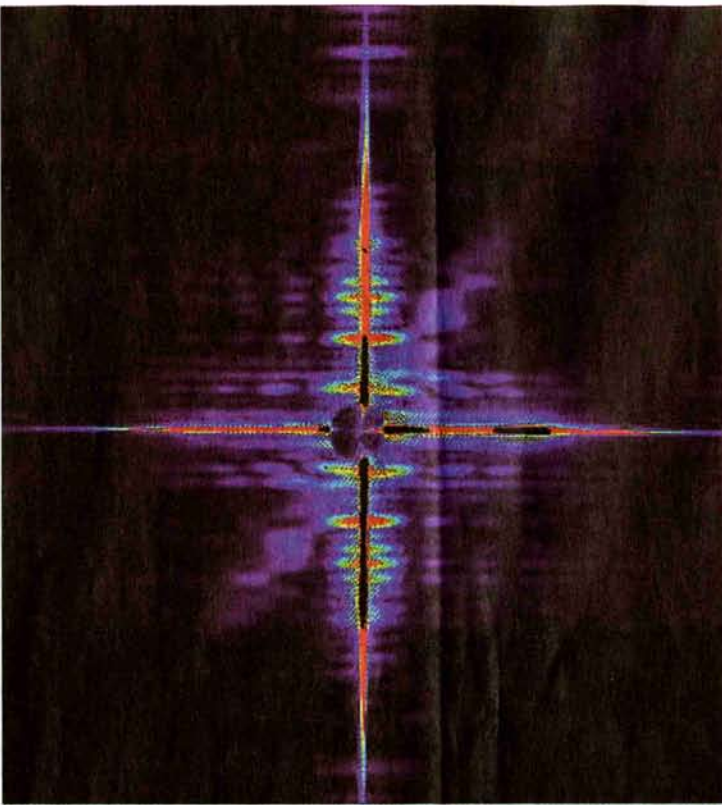
Volkmar Senz hat gerade eine weitere Schraube festgedreht, sie soll seine Messkammer luftdicht verschließen. „Mit Flash können wir einzelne Nanoteilchen von genau definierter Größe untersuchen“, sagt der Physiker der Universität Rostock. „Das geht mit keiner anderen Lichtquelle auf der Welt.“ Sein Ziel: Er will die Eigenschaften verschieden großer Nanopartikel systematisch messen und vergleichen. „Ein Teilchen aus fünf Atomen kann sich ganz anders verhalten als eines aus zehn“, sagt Senz. Seine Ergebnisse – so hofft er – werden wichtige Grundlagen für künftige Nanotechnologien schaffen.

Andere Forscher kommen nach Hamburg, um chemische Reaktionen zu filmen – der Fachmann spricht von Pump-and-Probe-Experimenten. Dazu ist in der Messhalle ein konventioneller Laser aufgebaut, er gibt den Startschuss für die chemische Reaktion. Anschließend beobachtet Flash mit seinen kurzen, stakatoartigen Blitzen das mikroskopische Spektakel. „Als wenn ich eine Kugel anstoße und dann lauter Momentaufnahmen mache, wie sie den Berg hinunterrollt“, erklärt Rolf Treusch.

Doch Flash fungiert nicht nur als Messinstrument, sondern auch als Pilotanlage für einen noch einmal mehr als zehnmals so großen Laser: Um das Jahr 2013 soll in Hamburg der Europäische Röntgenlaser (XFEL) aufleuchten – 3,5 Kilometer lang und eine Milliarde Euro teuer. Er soll extrem kurzwellige Strahlung ungefähr 0,1 Nanometern Wellenlänge produzieren, um den atomaren Aufbau von Molekülen und Kristallen zu enträtseln. „Die Anlage wird faszinierende Perspektiven für die Wissenschaft bieten“, freut sich DESY-Forschungsdirektor Jochen Schneider.

Von der Superlampe sollen Forscher verschiedenster Couleur profitieren: Molekularbiologen könnten einzelne Proteine ablichten – das könnte womöglich die Grundlage für das Design neuer Medikamente bilden. Physiker wollen Reibungsprozesse haarklein analysieren. Geoforscher beabsichtigen, künstliche Schockwellen durch Gesteinsproben zu jagen und diese dabei mit dem starken Röntgenlicht zu analysieren. Ihr Ziel: die im Erdkern herrschenden, gewaltigen Druckverhältnisse zu simulieren.

Derweil träumt Rolf Treusch vom nächsten Flash-Weltrekord: „Im nächsten Jahr werden wir unseren Beschleuniger ausbauen. Damit wollen wir die Wellenlänge von 13 auf sechseinhalb Nanometer halbieren.“ Das hätte einen sehr erwünschten Nebeneffekt: Mit einigen Tricks ließe sich dann sogar das „Wasserfenster“ problemlos erreichen – der Wellenlängenbereich um zwei Nanometer, das das Wasser durchsichtig, während Kohlenstoff die Strahlung eifrig verschluckt. „Man kann damit biologische Proben in ihrer natürlichen Umgebung untersuchen“, sagt Treusch. Die Vision, die der Physiker verfolgt, heißt also: ein Röntgenmikroskop mit einer hundertmal so hohen Vergrößerung wie Lichtmikroskope. FRANK GROTELÜSCHEN



Gewalt und Experiment

Wer im Hamburger Physikalabor Desy mit dem Laser „Flash“ arbeitet, der muss sich mit seinen Experimenten beileben: Flash ist der stärkste Laser der Welt, einen Beschuss überstehen die mit ihm untersuchten Proben auf Dauer nicht. Ein Beispiel zeigen die beiden Aufnahmen. Während man auf dem oberen Bild noch ein Beugungsmuster sieht (die farbi-

gen waagerechten Ausschläge an der senkrechten Achse), ist das Muster beim zweiten Laserpuls verschwunden. Dafür taucht ein engeres Streifenmuster auf, das die Mitte umgibt. Beides zusammen bedeutet: Der Laser hat beim ersten Schuss ein Loch in die untersuchte Folie gebrannt (Bericht rechts).

Fotos: J. Hajdu / H. Chapman