

LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY

Physik an den Grenzen des Möglichen: 182 Laserstrahlen treffen im Reaktionsgefäß auf die winzige Brennkammer mit Wasserstoff an der Halterung rechts.

Mini-Bombe als Energielieferant

Im kalifornischen Livermore geht 2010 die größte Laserfusionsanlage der Welt in Betrieb

VON BRIGITTE RÖTHLEIN

Gigantismus trifft Mikropräzision: Der stärkste je auf der Erde gebaute Laser schießt auf einen Punkt, der dünner ist als ein menschliches Haar. Das sind die Extreme, mit denen Forscher im Lawrence Livermore National Lab (LLNL) in Kalifornien arbeiten.

Rund 70 Kilometer östlich von San Francisco befindet sich eines der drei wichtigsten militärischen Forschungslabors der USA. Seit 1952 kümmern sich hier Physiker und Ingenieure um die nukleare Sicherheit der Vereinigten Staaten. Dazu gehört vor allem die Erforschung der Kernfusion, also der Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium. Sie erzeugt die Energie nicht nur unserer Sonne und der meisten Sterne, sondern auch der Wasserstoffbombe.

Da ab 1958 mehrere Abkommen zum Stopp von Atomwaffentests die Möglichkeiten beschränkten, Bomben in der Natur zu testen, begannen die Physiker in Livermore, ihre Versuche ins Labor zu verlegen. Sie wollten dort in kleinem Maßstab zähmen, was in der Bombe unkontrolliert abläuft. Das eröffnete als zivilen Nebeneffekt auch die Möglichkeit, eine fast unerschöpfliche Energiequelle zu erschließen.

Im kommenden Jahr sind alle Vorarbeiten erledigt, und zum ersten Mal sollen dann Laserstrahlen Wasserstoff-Atomkerne so stark zusammendrücken, dass denen gar nichts anderes übrig bleibt als zu verschmelzen. Bei dieser Kernfusion entstehen neben Helium auch Neutronen, die mit hoher Geschwindigkeit nach außen fliegen. Zusammen mit der Explosionsenergie eine tödliche Waffe, die alles Leben vernichtet. Bremst man die Neutronen jedoch ab, verwandelt sich ihre Energie in Wärme, die man zur Stromerzeugung nutzen kann. Die Kernfusion könnte zur friedlichen Stromversorgung beitragen, wenn es gelingt, mehr Ener-

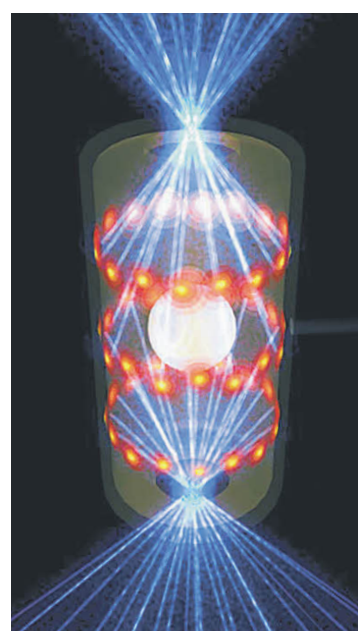
gie herauszuholen, als man hineinsteckt. Um in kurzer Zeit genügend Kerne zum Verschmelzen zu bringen, ist eine Temperatur von rund 100 Millionen Grad nötig, außerdem muss man das Wasserstoffgas auf die 100-fache Dichte von Blei zusammendrücken. All dies soll nun der Riesen-Laser in Livermore schaffen. Drei Fußballfelder ist die Halle groß, die diesen Laser fasst. Bestehend aus 192 Einzelstrahlen, powert er seine ultraviolette Strahlung von 1,8 Megajoule in nur einer Milliardstel Sekunde in ein 118 Tonnen schweres und zehn Meter großes, kugelförmiges Reaktionsgefäß, wo sie sich im Zentrum trifft. Die Energiemenge entspricht zwar gerade mal einer halben Kilowattstunde, würde also im Haushalt nur ein paar Cent kosten, ihre Wirkung beruht aber auf der extrem kurzen Zeit, in der sie auf die eigentliche Brennkammer geschossen wird.

Diese ist aus Gold gefertigt, etwa so groß wie ein Bleistiftstummel und dient dazu, das in ihrem Inneren auftreffende Laserlicht sofort in intensive Röntgenstrahlung zu verwandeln. Sie bündelt sich auf eine stecknadelkopfkleine Kapsel aus Plastik in der Mitte, die innen mit einer dünnen Schicht von tiefkaltem Wasserstoff-Eis ausgekleidet ist. Diese Art von Brennkammer ist so hochpräzise gefertigt, dass US-Energieminister Steven Chu bei der Einweihung der Anlage im Mai 2009 begeistert ausrief: „Das ist ein Wunderwerk!“

Es entstand in jahrzehntelanger Kleinarbeit. Nirgendwo auf der Welt hat man den Ansatz der Laser-Kernfusion so lange, so intensiv und mit so großem Aufwand verfolgt wie in Livermore. 1971 startete das offizielle Fusionsprogramm, das aber in den folgenden Jahren immer wieder von schweren Rückschlägen und Misserfolgen heimgesucht wurde. „Es war eine fast 40-jährige Odyssee“, erinnert sich John F. Holzrichter, der frühere Forschungsdirektor des LLNL.

Im Magnetkäfig

Parallel zur Laserfusion arbeiten Physiker weltweit daran, hoch erhitztes Wasserstoffgas, ein sogenanntes Plasma, mit Hilfe starker Magnetfelder einzufangen und von den Wänden des Gefäßes fernzuhalten. Zurzeit ist als internationales Milliardenprojekt ein Demonstrationsreaktor mit dem Namen Iter im südfranzösischen Cadarache geplant. Die Vorarbeiten laufen, wann jedoch auf der bereits vorbereiteten Baustelle mit dem Bau begonnen wird, ist noch nicht bekannt.



LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LAB.

Klein wie ein Stecknadelkopf: Kugel mit Wasserstoff, der gezündet wird.

Man hatte sich anfangs alles so einfach vorgestellt, denn das Rezept schien klar: Man nehme einen starken Laser, bestrahle mit ihm eine kleine Kapsel, die mit schwerem und überschwerem Wasserstoff gefüllt ist, gleichmäßig von allen Seiten, und rumms, schon zündet die Fusion. In der Realität erwies sich dann alles als wesentlich komplizierter: Man benötigte Laser, die

nicht im sichtbaren, sondern im UV- oder gar Röntgenbereich arbeiten. Zudem gab es eine Menge Probleme bei der Entwicklung und Stabilisierung der immer größer werdenden Geräte. Als man schließlich deren geballte Energie auf eine Wasserstoff-Kapsel schoss, zeigte sich, dass es prinzipiell gar nicht möglich war, das winzige Ziel gleichmäßig von allen Seiten zu bestrahlen, denn im entstehenden superheißen Plasma bilden sich sofort Störungen heraus, die – vereinfacht gesagt – den Protuberanzen auf der Sonne ähneln und die Energie wieder nach außen schleudern. Wenn nicht Edward Teller (1908-2003), der Vater der Wasserstoffbombe, seinen politischen Einfluss in die Waagschale geworfen hätte, wäre die Laserfusion längst gestoppt worden. So aber wurden – auch getrieben durch militärische Ziele – stets neue Mittel in die Forschung gesteckt.

Die Physik, die hier getrieben wird, geht an die Grenzen dessen, was man in irdischen Labors erreichen kann: extremste Temperaturen, höchste Drücke, Materiezustände, die weit entfernt von irdischen Bedingungen sind. Dabei treten Phänomene auf, die sonst nur in Sternen ablaufen. So kann man im Labor sogar das Innere einer Supernova nachstellen.

Ob die Experimente auch zu einem Fusionsreaktor führen werden, ist allerdings noch ungewiss. So fehlt bis heute eine zuverlässige Technologie, die es ermöglicht, die bei der Fusion entstehenden schnellen Neutronen im Inneren des Reaktionsgefäßes abzubremesen und ihre Energie als Wärme abzuführen. Außerdem werden durch den ständigen Beschuss mit Neutronen die Wände mit der Zeit radioaktiv, und das macht Reparaturen und Entsorgung kompliziert.

Die Klärung solch grundlegender Fragen wird noch Jahrzehnte dauern, auch wenn die Minibombe vielleicht bald zum ersten Mal erfolgreich explodiert.