



Ab 12.30 Uhr Ortszeit durfte gefeiert werden. Begeisterter Applaus brandete im Kontrollzentrum von Mururoa auf. Und ein glückseliger General Paul Vericel, sprach vor verblüfften Pressevertretern von einer „Botschaft des Friedens“, die vom Südpazifikatoll ausgehe. Zuvor war sechshundert Meter unter der Lagune der erste von acht nuklearen Sprengsätzen in einem Feuerball explodiert. Mit der Zerstörungskraft von 20 000 Tonnen TNT. Seitdem wird fröhlich getestet.

Doch trotz aller Euphorie scheinen die Franzosen in einer Klemme zu stecken. Wenn nämlich alles planmäßig verläuft, werden sich die führenden Atommächte noch 1996 auf ein umfassendes Teststoppabkommen für Kernwaffen einigen. Unterirdische Tests sind dann verboten.

Und damit bekommt Frankreich ein Problem: Die Militärs sind für die Zeit danach nicht gerüstet. Es fehlt ihnen die notwendige Technologie, um auch unter den Bedingungen eines weltweiten Testverbots ihr Atombombenarsenal zu modernisieren.

Zehn Milliarden Franc investieren sie deshalb in ein Forschungsprogramm zur Nachahmung nuklearer Explosionen (Préparation à la limitation des essais nucléaires, PALEN). Mit Supercomputern, Laserexperimenten und radiogra-

Neue Sprengköpfe werden in Supercomputern getestet

phischen Methoden wollen sie Atomtests zukünftig im Labor imitieren. Doch ohne die Tests im Mururoa-Atoll, so Frankreichs Präsident Jaques Chirac, fehlen die nötigen Daten, um die neuen Simulationsprogramme zum Laufen zu bringen. PALEN wäre dann nicht einsatzbereit.

Auch die anderen Atomkräfte bereiten sich auf die Zeit nach dem Teststopp vor. So experimentiert beispielsweise Rußland mit dem Elbrus-3-1-Computer, um weitere Atomwaffentests überflüssig zu machen. Doch die Hoffnungen auf ein nuklearwaffenfreies Zeitalter trügen. Denn die Supermächte werden ihr atomares Wettrüsten nicht aufgeben, sondern lediglich unter veränderten Bedingungen fortführen.

Mit Supercomputern wollen sie ihr Atomarsenal modernisieren, aber auch perfektere neue Sprengköpfe entwickeln. Ohne Erdbeben, aber aufs Feinste erprobt in den leise summenden Datenleitungen der schnellsten Parallelrechner der Welt. Virtuelle Atombomben, die bitweise im Mikrochip detonieren.

Gigantische Summen investieren vor allem die USA, um ihre Nuklearforschung auf die Zeit nach dem Teststoppabkommen umzustellen. Vier Milliarden Dollar allein 1996, voraussichtlich 40 Milliarden in den nächsten zehn Jahren, wollen sie für ein wissenschaftliches Wartungs- und Forschungsprogramm ausgeben: das „Stockpile Stewardship and Management Program“ (SSMP).

Mit Hilfe von Computersimulationen versuchen die Forscher, Sicherheitslücken im Arsenal der alten Atomwaffen aufzufindig zu machen. Sie sind „unser wesentliches und manchmal einziges Mittel, wie wir Alterungsprozesse in Materialien und in der Bombe insgesamt vorhersagen können“, bestätigt Victor Reis vom US-Energieministerium. Mindestens zehn Projekte sind geplant. Zum Beispiel ein „Simulation and Computer Center“ in den Sandia National Laboratories. Oder die „National Ignition Facility“ im Lawrence Livermore Laboratory in Kalifornien, die auch zum Bau thermonuklearer Wasserstoffbomben genutzt werden kann.

Kritiker wundern sich allerdings über die gigantischen Dimensionen des Programms. Denn offiziell geht es den Amerikanern nur um die Aufrechterhaltung des bestehenden Atomwaffenarsenals. Offiziell. Doch in Wahrheit, schrieb kürzlich der „Spiegel“, sei das SSMP ein Programm, das die „Fortsetzung des Wettrüstens mit anderen Mitteln“ ermöglichen soll. Denn wer will, kann mit den Simulationstechnologien auch neue Bomben bauen.

Vor allem die Forscher in den großen US-Kernwaffenlabors im Los Alamos National Laboratory und den Sandia National Laboratories drängen auf die Neuentwicklung nuklearer Vernichtungsmittel. Schließlich wären andernfalls ihre Arbeitsplätze bedroht. Allein im Bereich der Kernwaffenforschung stehen rund 1500 Arbeitsplätze zur Disposition. „Wir müssen eine Strategie entwickeln“, forderte John D. Immele, Associate Direktor for Nuclear Weapons Technology in Los Alamos, seine Mitarbeiter auf, „um innerhalb eines Teststopps weiterarbeiten zu können.“

Sicherheitshalber forschen die Bombenbastler schon mal auf Vorrat: Sie erfinden verbesserte Sprengköpfe oder „neue Designs mit erweiterten Konzepten für die Nutzung nuklearen Materials“ (Los Alamos Budgetplan 1994).

Seit Jahren werden Riesensummen in sogenannte „Above Ground Experiments“ – Teil des Stockpile Stewardship and Management Program – investiert.

Progr Inf

Supercomputer und raffinierte Simulationen machen herkömmliche Atombombentests überflüssig. Die Kernwaffen der Zukunft werden nur noch am Rechner perfektioniert. Das nuklearwaffenfreie Zeitalter bricht mit dem virtuellen Atompilz jedoch nicht an – im Gegenteil.

Atomwaffen- forschung in Deutschland?

► In den siebziger Jahren beschäftigten sich deutsche Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (Euskirchen) mit der Funktionsweise von Atombomben. Diese Forschung erfolgte im Auftrag des Bundesverteidigungsministeriums. In der Studie „Möglichkeiten und Grenzen der Implosion und Kompression von Kernspaltungsmaterial“ gibt der Verfasser und heutige Institutsleiter Klaus Dieter Leuthäuser auch einen Hinweis für „die kosteneffektive Realisierung von Kernwaffen“. Es handelt sich bei den Arbeiten, „zumindest teilweise“ um Untersuchungen über „optimierte Atomwaffendesigns“, schließt Matthias Küntzel, Autor des Buches „Bonn und die Bombe“. Heute betreibt das Institut nur noch „Schutzforschung“. Ein Thema: Auswirkungen elektromagnetischer Impulse von Atombomben.

ammiiertes erno

Damit sind Experimente mit Kernwaffenkomponenten oder fast kompletten Atombomben gemeint. Die Ergebnisse solcher Tests dienen als Datenbasis für anschließende Computersimulationen. Atomexplosionen können so mit ausreichender Genauigkeit hochgerechnet werden (siehe Grafik).

Bei „hydrodynamischen“ Experimenten verläuft die Atombombenexplosion bis zum Einsetzen der Kettenreaktion wie in der Realität. Nur wird zuvor der Plutoniumkern gegen einen harmlosen Stoff ausgetauscht. Bei den „hydronuklearen“ Versuchen geht man ein Stück weiter: Hier besteht der Bombenkern aus spaltbarem Kernwaffenmaterial, allerdings nur in sehr geringer Menge. In solchen Mikrobomben beginnt eine kurzzeitige Kettenreaktion. Die Sprengkraft der Bombe bleibt aber gering.

Bei diesen Simulationen werden mittels Röntgenblitzkameras, Gammadetektoren, Neutronenzählern sowie Druck- und Temperatursensoren die Vorgänge im Inneren der Bombe aufgezeichnet. In Los Alamos wird dafür eine „Dual Axis Radiografic Hydrodynamic Test Facility“ gebaut, mit der dann dreidimensio-

nale Aufnahmen aus dem Bombeninneren während der Explosion des chemischen Sprengstoffs möglich sind.

Die Daten werden dann für die Computerauswertung aufbereitet. Mit Hilfe dieses Datenmaterials lassen sich nun die Kettenreaktion und die Atomexplosion auf den Hochleistungsrechnern der Kernforschungslabors nachahmen.

Die Berechnung der Vorgänge in einer explodierenden Atombombe stellt selbst für Supercomputer eine echte Herausforderung dar. Sie beruht auf dem Prinzip, das Verhalten der Neutronen im Spaltkern und im Fusionsteil nachzuvollziehen. Bei der Bewegung der Neutronen kommt es zu komplexen Wechselwirkungen bei denen auch wieder neue Neutronen entstehen. Die Simulation muß deshalb in winzige Schritte zerlegt werden. Bei jedem Schritt wird der neue Aufenthaltsort eines Neutrons bestimmt. Zur Zeit umfassen solche Simulationsrechnungen einige 100 000 Teilchen und einige zehn Millionen Zeitschritte. Superrechner haben mit solchen Operationen unter Umständen tagelang zu tun.

In Los Alamos steht dafür eine Connection Machine 5 bereit. Sie ahmt

die Entstehung strahlender Isotope während einer Atomexplosion nach. Für solche Zwecke wird zur Zeit in der Kernwaffenforschungsstätte Sandia National Laboratories ein neues Simulations- und Computercenter aufgebaut. Bis Ende 1996 soll dort für 46 Millionen Dollar auch der mit 9000 Pentium-Prozessoren bestückte Supercomputer Intel Paragon installiert werden. Mit seiner Rechengeschwindigkeit im Teraflop-Bereich – das sind Trillionen Fließkommaoperationen pro Sekunde – soll er dann der schnellste der Welt sein. Was die Computergeschwindigkeit betrifft, halten die Sandia-Forscher schon jetzt den Weltrekord (281 Gigaflops).

„Die Entwicklung von Supercomputern samt zugehöriger Software und die Hochenergiephysik haben ein Niveau erreicht, mit dem sich künftig Atomtests hinreichend genau simulieren lassen“, erklärt der Kernphysiker Martin Kalinowski von der IANUS-Forschungsgruppe (siehe Interview). Er hat als einer der wenigen deutschen Wissenschaftler bei den Meistern der Todesblitze in Los Alamos forschen dürfen.

Allerdings behaupten vor allem die Hardliner in den Nuklearzentren, daß Computersimulationen unterirdische Kernwaffentests nicht vollständig ersetzen können. Sie fordern nach wie vor den unterirdischen Atomknall. Doch zu hundert Prozent exakte Simulationen „sind für die Entwicklung neuer Atomwaffen nicht unbedingt notwendig“, argumentiert Kalinowski. „Letztlich ist dies eine Frage der Fehlertoleranzen.“

Außerdem haben die Atommächte in über 2000 Atomtests seit 1945 mit ihren Meßgeräten umfangreiche Datenbestände angehäuft. Genug Digitalfutter also für die Simulationsrechner.

Wissenschaftler wie Kalinowski vermuten, daß die Pioniere wegen der Entwicklung der virtuellen Atombombe jetzt auf einen Teststopp drängen, den sie bislang immer abgelehnt haben: „Die USA haben sich für den Kernwaffenstopp erst ausgesprochen, als sie sich sicher waren, auch mit anderen Mitteln Kernwaffenentwicklung betreiben zu können.“ Ein umfassendes Testverbot bietet ihnen nämlich den Vorteil, den technologischen Vorsprung als High-Tech-Atomwaffenmacht auszubauen. Mit dem Teststoppabkommen soll Neulingen wie Indien oder Pakistan die Möglichkeit genommen werden, ihre Waffen unterirdisch zu testen oder zu perfektionieren.

Und während diese Staaten unbeholfen an ihren primitiven Atomkeulen herumbasteln, legen sich die USA das Nu-

Atomblitz im Cyberspace

►Milliardstel Sekunden vor dem Atomblitz im Los Alamos Laboratory, USA: Die chemische Explosion der sechseckigen Sprengstofflinse preßt die atomare Plutoniumkugel auf engstem Raum zusammen. Dadurch wird der Spaltstoff überkritisch, in der verdichteten Plutoniumkugel beginnt die Kettenreaktion anzulaufen.

Der Prozeß wird mittels einer zeitlich präzise abgepaßten Neutronenquelle gestartet. Obwohl Plutonium ein Metall ist, verhält es sich infolge der Kompression wie eine Flüssigkeit, hydrodynamisch sagen die Physiker. Das metallische Plutonium schlabbert dabei wie ein zusammengequetschter Luftballon.

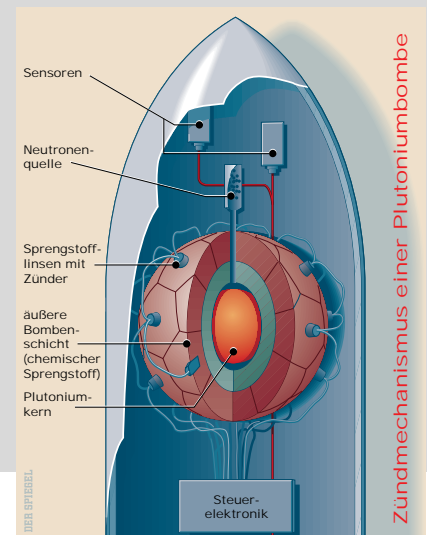
Das ist der entscheidende Moment für die Forscher: Bleibt der nukleare Kern symmetrisch kugelförmig oder entstehen Stellen, an denen das Metall herauspritzt? Wenn das passiert, sinkt der Wirkungsgrad der Atombombe.

Die Kernspaltung setzt ungeheure Energien frei. Die nukleare Explosion beginnt. Doch in der Wüste New Mexicos bebt die Erde nicht. Denn der Atomtest findet im Cyberspace statt. Sichtbar am Bildschirm unter den Augen der Bombenforscher. Hunderte Chips hatten zuvor in einem Parallelrechner Milliarden

von Informationen umgerechnet. Die Daten stammen von früheren Atomtests oder aus Versuchen mit den Teilkomponenten einer Atombombe (Above Ground Experiments).

Die Bombenbastler können mit Hilfe des Computers etwa den Zündmechanismus im Inneren der Atombombe so lange verfeinern, bis sie ein besseres Ergebnis erzielen. Vorteil: Eine virtuelle Bombe läßt sich beliebig oft „zünden“.

Neben der Spaltbombe gibt es noch Wasserstoffbomben, die aber nach einem anderen, dem Kernfusionsprinzip funktionieren.



Spiegel



Kalinowski, der im Atombomben-Forschungszentrum Los Alamos (USA) arbeitete, ist Wissenschaftler bei der „Interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit“ (IANUS) an der TH-Darmstadt. Er ist Spezialist für die Abrüstung von Kernwaffen.

CHIP: Wie werden Atomtests im Computer simuliert?

Kalinowski: Man hat für jeden Schritt in der Kernwaffenforschung eigene Programme, die untereinander gekoppelt werden können.

Das fängt mit der Elektronik bei der Zündung der chemischen Sprenglinsen an: Software, die gewährleistet, daß die Sprenglinsen auch wirklich gleichzeitig zünden. Mit anderen Softwarepaketen läßt sich die Neutronenphysik bei der Kettenreaktion in der Plutoniumkugel nachahmen. Weitere Programme prüfen die Energiefreisetzung bei der Explosion. Schließlich steht Software zur Verfügung, um die Wirkung der berech-

Die Bombe per Internet?

Der Kernphysiker Martin Kalinowski zu den wahren Gründen von Atombombentest-Simulationen.

neten Strahlung auf militärische Ausrüstung oder Menschen zu untersuchen.

CHIP: Können Terroristen sich Software und Daten zum Atombombenbau über die Datennetze besorgen?

Kalinowski: Prinzipiell ja. Es gibt für jeden Vorgang in einer Atombombe mehr oder weniger geeignete Programme auch im zivilen Bereich. Software, mit der man den Neutronenfluß simulieren kann, ist beispielsweise per Internet vom Nuclear Data Center der Nuclear Energy Agency in Paris erhältlich. Natürlich können sich auch Terroristen oder Leute aus dem Irak solche Daten besorgen. Aber es ist immer noch sehr viel zu tun, bevor man damit eine Kernwaffe simulieren oder mit dem dabei gewonnen Wissen gar eine bauen kann. So müssen Interessenten etwas vom Kernwaffendesign verstehen, die Reinheit des Plutoniums und die richtigen chemischen Sprengstoffe kennen.

CHIP: Beendet der Teststoppvertrag die Weiterentwicklung neuer Kernwaffen?

Kalinowski: Nein. Das Schlimme ist, daß die Kernwaffenländer den Teststoppvertrag gar nicht als ein Mittel der Abrüstung begreifen. Sie forschen weiter nach immer „besseren“ Waffen. Das eigentliche Ziel der Atomkräfte ist es, ihr Mo-

nopol bei den Kernwaffen aufrechtzuhalten.

CHIP: Welche Rolle spielen die USA?

Kalinowski: Mit ihren Teststopp-Umgehungstechnologien, wie der Computersimulation, werden die USA relativ schnell neue Sprengköpfe entwickeln können. Das sichert ihnen einen technologischen Vorsprung. Andere Länder haben es da sehr viel schwerer. Offiziell wird das in den USA allerdings dementiert. Da geht es immer nur um die Sicherheit und Zuverlässigkeit ihres existierenden Arsenal. Für mich ist das aber ein Tarnmanöver. Denn diese Anstrengungen können genauso dazu genutzt werden, neue Kernwaffen zu entwickeln. Die Waffenlabors tun das auch.

CHIP: Sehen sie weitere Gefahren bei den Simulationstechnologien?

Kalinowski: Im Gegensatz zu irdischen Tests können hydrodynamische oder hydronukleare Tests und ihre Computersimulation nicht von seismischen Meßstationen erfaßt werden. Andererseits können diese Technologien relativ leicht in Nicht-Kernwaffenstaaten weiterverbreitet werden.

Interview: CHIP-Redakteur Peter Diesler

kleararsenal der nächsten Generation zu. Gemeint sind zum Beispiel sogenannte „Earth-Penetrating“-Bomben, die erst tief in den Boden eindringen, bevor sie in den Kommandozentralen des Gegners hochgehen. Schon 1989 wurden in Los Alamos Computersimulations-Programme entwickelt, um die Effektivität solcher Waffen nachweisen zu können. Zur Zeit wird allerdings auch intensiv an EMP-Kernwaffen (Electro Magnetic Puls) geforscht, die mit ihrem elektromagnetischen Puls die feindlichen Computernetze lahmlegen, aber sonst vergleichsweise wenig Zerstörung bewirken sollen.

Atombomben zwar, die längst nicht über die Sprengkraft herkömmlicher Nuklearwaffen verfügen, sich aber wegen ihrer jeweils spezifischen Wirkung für gezielte konventionelle Kampfeinsätze eignen. Doch je kleiner die Sprengkraft und je geringer die verheerende Wirkung, desto eher sinkt die Schwelle zum Einsatz solcher Kernwaffen.

Gefährlich sind Simulationstechnologien noch aus einem anderen Grund: Sie unterlaufen die Zielsetzung des Teststoppabkommens. Während früher der große Knall unüberhörbar war, kann sich der Atompilz nun unbemerkt in den Prozessoren der Parallelrechner aufblähen.

Selbst für Kriminelle wird der Zugang zur Atombombentechnologie leichter. Schon jetzt ist relevante Software in den internationalen Computernetzen frei zugänglich. Beispielsweise im National Nuclear Data Center in New York, in das sich jedermann als Gast einwählen kann.

Manche dieser Programme und Daten stammen ursprünglich aus den militärischen Waffenlabors und wurden später für zivile Anwendungen verfügbar gemacht. Software, die alles andere als harmlos ist: So läßt sich damit beispielsweise auch die kritische Masse von Nuklearmaterial errechnen.

Daß dies nicht unbedingt Science-fiction sein muß, machte die japanische

Aum-Shinrikyo-Sekte deutlich. In Australien hatten ihre Jünger schon eine Ranch angekauft, zu der auch diverse Uranlager gehörten. Gleichzeitig bemühte sie sich in den USA um Hochtechnologie, zum Beispiel ein Lasersystem, mit dem sich die Masse von Plutonium berechnen läßt. Ihr Interesse richtete sich außerdem auf militärrelevante Computersoft- und -hardware zum Bau von Massenvernichtungsmitteln.

Die Sekte, schlußfolgerte kürzlich eine Sachverständigenkommission des amerikanischen Kongresses, „war gewillt, nukleare Waffen zu erwerben“ und sei eine Gefahr für die nationale Sicherheit der USA gewesen.

Die Franzosen haben sich vorsichtshalber noch eine Hintertür offengehalten: Trotz Computersimulation soll das Testgelände im Südpazifik noch weitere zehn Jahre bestehenbleiben. Der Preis: 500 Millionen Franc jährlich.

Peter Diesler