



Startseite > Politik > Ausland > Atomwaffen > Atomwaffen: Wie eine moderne Atombombe entsteht

Kernwaffentechnik

Wie eine moderne Atombombe entsteht

Heute sind Atomwaffen um ein Vielfaches zerstörerischer als die Hiroshima-Bombe. Wie entstehen sie? Ein Überblick über Technik und Industrie.

Von **Alexander Sarovic**

06.08.2020, 00.23 Uhr



Sicherheitsmann vor ausgestellter Atombombe in China: kaum vorstellbare Zerstörungskraft Foto: Jason Lee/ REUTERS

Der moderne nukleare Horror beginnt mit zwei Schritten: einer Spaltung und einer Verschmelzung.

Das Prinzip der Spaltung ist einfach. Wird ein schwerer Atomkern zerlegt, setzt das pure Energie frei. Bei der

Zündung einer Atombombe wird dieser Vorgang in einer unkontrollierten Kettenreaktion vervielfacht. Eine Kernspaltung zieht weitere nach sich, immer mehr, lawinenhaft.

Die Unmengen an Energie, die frei werden, entfalten eine kaum begreifliche Zerstörungskraft. "Little Boy", die am 6. August 1945 [über Hiroshima abgeworfene Atombombe](#), tötete mindestens 66.000 Menschen sofort. Zehntausende weitere starben noch im selben Jahr an den akuten Folgen, andere über die folgenden Jahrzehnte an Krebs oder weiteren durch die Strahleneinwirkung verursachten Krankheiten. Die Bombe zerstörte knapp zwei Drittel aller Gebäude in der Stadt, von den übrigen blieben nur wenige unbeschädigt.

Die moderne Bombe: Um ein Vielfaches zerstörerischer als Hiroshima

Für sich allein vermag eine solche Spaltungsexplosion, ganze Großstädte einzuäschern. Im Sprengkopf moderner Wasserstoffbomben bildet sie aber nur die erste Stufe: Sie dient als Zünder.

Denn Wasserstoffbomben bauen auf der Technologie sogenannter herkömmlicher Atombomben wie "Little Boy" oder der drei Tage später über Nagasaki abgeworfenen "Fat

Politik

[Abo](#)



herbeigekühlt, die bei der Spaltung entstehen. Die Fusion erhöht die Sprengkraft um ein Zehn- bis Hundertfaches. Sie macht moderne Bomben noch viel zerstörerischer als die von Hiroshima und Nagasaki.



Hiroshima nach dem Abwurf von "Little Boy": Mindestens 66.000 Menschen kamen sofort ums Leben Foto: AFP

"Diese beiden Nuklearwaffen - die einzigen, die bisher als Kriegswaffe eingesetzt wurden - waren Spaltwaffen, keine Fusionswaffen", sagt Moritz Kütt vom Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik (IFSH) an der Universität Hamburg dem SPIEGEL. "Das war schon schrecklich genug." Heute aber machen Fusionsbomben den Großteil moderner Nukleararsenale aus. "Wir gehen davon aus, dass fast alle Kernwaffenstaaten mittlerweile auch Fusionswaffen haben", sagt Kütt. Auch Nordkorea behauptet, eine zweistufige Wasserstoffbombe getestet zu haben.

Uran: Der Stoff, mit dem alles beginnt

Der Ausgangsstoff für nukleare Massenvernichtungswaffen ist nach dem siebten Planeten des Sonnensystems benannt: Uran. Auf Periodentafeln ist ihm die Zahl 92 zugeordnet: Der Weg zur Bombe beginnt mit dem Metall Uran.

Nur wenige Stoffe können die bei der Zündung einer Atombombe in Gang gesetzte Kettenreaktion aufrechterhalten. Die beiden weitaus gängigsten sind die sogenannten Isotope Plutonium-239 und Uran-235. Natürliches Uran bildet die Grundlage für beide.



Zwei iranische Techniker bei der Arbeit nahe Isfahan: In der Natur ist Uran als Erz zu finden Foto: MEHDI GHASEMI/ AP

Uran ist in jeder Form radioaktiv. In der Natur ist es als Erz zu finden. Es wird in gut einem Dutzend Ländern auf der Welt kommerziell abgebaut; der Vorgang unterscheidet sich nicht wesentlich vom Abbau anderer Metalle. Laut der World Nuclear Association dominiert Kasachstan, wo gut zwei Fünftel des weltweiten Angebots abgebaut werden, die Produktion. Kanada (13 Prozent), wo die ertragreichste Mine der Welt liegt, sowie Australien (12 Prozent) folgen.

Das Mineral wird in Form von sogenanntem Yellowcake auf dem Weltmarkt verkauft, einem Pulver, das entsteht, wenn Uranoxid mit Chemikalien aus Erz gelöst wird. Anfang des Jahrtausends hielt der Begriff Yellowcake die Welt in Atem: Die Regierung von George W. Bush begründete den Einmarsch der USA in Irak unter anderem damit, dass Saddam Hussein versucht habe, im westafrikanischen Niger mehrere Hundert Tonnen des Pulvers zu kaufen - Teil der Drohkulisse eines vermeintlich nuklear bewaffneten Iraks.

Mehr zum Thema

5+ **USA, Russland und China rüsten nuklear auf: Das neue Spiel mit der Bombe** Von Christian Esch, Dietmar Pieper, Alexander Sarovic und Bernhard Zand



5+ **Nagasaki-Überlebender erinnert sich: "Überall sah ich schwarz verkohlte Körper"** Von Wieland Wagner



In Wahrheit ist mit der Anschaffung von Yellowcake, das in Nuklearkomplexen wie dem im iranischen Isfahan gelagert wird, aber nur der einfachste Schritt auf dem Weg zur Bombe getan. Denn Uran in seinem Ursprungszustand besteht zu mehr als 99 Prozent aus dem Isotop Uran-238, das nicht als Spaltmaterial für eine Atombombe infrage kommt. Erst mit der Weiterverarbeitung von Uran bekommt man die Stoffe, die Atomkerne in einer Kettenreaktion spalten und so die Vernichtungsmaschinerie in Gang setzen können: Plutonium und hochangereichertes Uran.

Zwei Pfade zur Bombe

Die Sprengköpfe der weitaus meisten modernen Thermonuklearwaffen enthielten sowohl Plutonium als auch hochangereichertes Uran, sagt der Kernphysiker Ryan Snyder, ein Fellow am IFSH und früherer Mitarbeiter des Uno-Instituts für Abrüstungsforschung, dem SPIEGEL. Es genügt aber, einen von beiden Stoffen in ausreichender Menge zu konzentrieren, um eine Atombombe zu bauen.

"Man kann wohl sagen, dass die Produktion und Abtrennung von Plutonium einfacher ist, dafür ist der Bau der Waffe schwieriger", sagt Moritz Kütt vom IFSH in Hamburg. Plutonium existiert in der Natur nicht. Es entsteht in Atomreaktoren aus dem Isotop Uran-238. Plutonium für Atomwaffen wird zum Beispiel hergestellt, indem man einen Atomreaktor mit natürlichem Uran als Brennstoff betreibt und dann das Plutonium chemisch abtrennt – ein relativ einfacher Prozess. Der anschließende Bau der Bombe hingegen sei vergleichsweise anspruchsvoll, sagt Kütt: Es gelte, eine Kugel durch eine Explosion von allen Seiten zu komprimieren. Sonst bestehe die Gefahr einer Frühzündung, und die Waffe funktioniere nicht.

Verglichen damit ist der Bau der Bombe mit hochangereichertem Uran laut dem Physiker einfacher: "Man

muss im Prinzip nur zwei Teile, die eine kritische Masse bilden, aufeinanderschießen oder aufeinanderfallen lassen."

Dieser Unterschied zeigte sich schon bei den beiden Bomben, die die USA im Zweiten Weltkrieg abwarfen. Die Amerikaner verfolgten im Rahmen ihres Atomwaffenprogramms, des "Manhattan Project", den Plutonium- wie den Uranpfad. Dem Einsatz der Nagasaki-Bombe "Fat Man", einer Plutoniumwaffe, war der sogenannte Trinity-Test im US-Bundesstaat New Mexico vorangegangen, die erste Kernwaffenexplosion der Geschichte.



75 Jahre Hiroshima - Als die Sonne vom Himmel fiel

Am 6. August 1945 warfen die USA erstmals eine Atombombe au...

DER SPIEGEL

Die parallel gebaute Uranwaffe wurde hingegen sogleich in Hiroshima eingesetzt. "Hier haben sie gesagt: Wir brauchen keinen Test, wir sind uns sicher, dass sie funktioniert", sagt Kütt. Beim Uran liege die Schwierigkeit nicht in der Herstellung der Waffe, sondern in der Anreicherung selbst.

Bei der Anreicherung geht es darum, das Isotop Uran-235 vom - für die Anreicherung uninteressanten – Uran-238 zu trennen. In seinem Ursprungszustand besteht Uran nur zu etwas mehr als 0,7 Prozent aus dem Isotop Uran-235.

Für diesen Schritt sind Gaszentrifugen entscheidend. Dabei handelt es sich im Grunde um Röhren, die in sogenannten Kaskaden hintereinandergeschaltet sind und sich teilweise mit Überschallgeschwindigkeit drehen. Gibt man gasförmiges Uranhexafluorid in eine Zentrifuge, lassen sich die Uran-238

und Uran-235 aufgrund ihres Gewichtsunterschieds langsam trennen.



Der damalige iranische Präsident Mahmoud Ahmadinejad in der Urananreicherungsanlage Natans (April 2008) Foto: HO/ AFP

"Wenn man über Zentrifugentechnologie verfügt, ist man schon sehr nahe an der Kernwaffe dran", sagt Moritz Kütt. Das ist ein Grund, weshalb der Export von Teilen und Entwürfen durch die Nuclear Suppliers Group streng kontrolliert wird. Die Mitte der Siebzigerjahre gegründete multilaterale Organisation hat sich der Nichtweiterverbreitung von Atomwaffen verschrieben. Ihr gehören 48 Staaten an, darunter die fünf Atomkräfte mit ständigem Sitz im Un-Sicherheitsrat, die selbst nach eigenen Angaben seit vielen Jahren kein Spaltmaterial zu Waffenzwecken produzieren. Wer die reglementierten Teile importieren will, muss gut darlegen, dass er sie für einen friedlichen Zweck braucht.

STIMMUNGSBILD ● 339 MAL ABGESTIMMT

Halten Sie Atombomben für eine realistische Bedrohung in der heutigen Zeit?



Schwarzhändler und Saboteure

Dennoch fanden sich in der Vergangenheit Wege, die Beschränkungen zu umgehen. So gründeten laut einem Bericht des Washingtoner Institute for Science and International Security aus dem Jahr 2010 Nordkoreaner eine Firma in China, deren Name dem eines legitimen Unternehmens aus dem chinesischen Shenyang zum Verwechseln ähnelte. Der Trick ermöglichte es den Nordkoreanern demnach, unbemerkt Zentrifugenteile zu importieren.

Für den Schwarzhandel auf diesem Gebiet steht aber wohl kein Name so sehr wie der von Abdul Qadir Khan. Der Vater der pakistanischen Atombombe gestand im Jahr 2004, die zentrale Figur eines internationalen Schmugglernetzwerks gewesen zu sein, das Entwürfe und Teile für Zentrifugen an Länder wie Gaddafis Libyen, Nordkorea und Iran geliefert habe.



Abdul Qadir Khan: zentrale Figur eines Schmugglernetzwerks Foto: © STR New / Reuters

Laut dem Atomabkommen mit Iran ist es Teheran erlaubt, Uran-235 auf bis zu 3,67 Prozent anzureichern. Für die zivile Nutzung von Atomenergie genügt niedrig angereichertes Uran mit einem Anteil von drei bis fünf Prozent. Für eine Atombombe müsste das Land das Uran hingegen auf 90 Prozent anreichern. Dabei gilt: Je stärker der Stoff bereits angereichert ist, desto leichter wird es, die Konzentrationen weiter zu erhöhen. Wie viel hochangereichertes Uran für eine Atomwaffe benötigt wird, hängt davon ab, wie die Bombe beschaffen ist und wie hoch ihre Sprengkraft sein soll. Man darf vorsichtig von Mengen um die 20 Kilogramm ausgehen.

Der Anreicherungsprozess ist langwierig und anfällig für Sabotage. So wurde 2010 die Schadsoftware Stuxnet im Computersystem der iranischen Atomanlage Natans entdeckt. Die Schöpfer des Cyberwurms, nach Überzeugung von Experten in den USA und Israel beheimatet, manipulierten auf diesem Wege die Drehzahlen der Zentrifugen und zerstörten so etliche von diesen. Waren Atomwaffen eine revolutionäre Technologie des 20. Jahrhunderts, so ist Stuxnet eine des 21. Jahrhunderts: Die Schadsoftware gilt als die erste geopolitische Cyberwaffe.

Mehr zum Thema

Expertin über atomare Rüstung: "Ich bin sehr besorgt" Ein Interview von Dietmar Pieper



B+ USA, Russland und China rüsten nuklear auf: Das neue Spiel mit der Bombe

Von Christian Esch, Dietmar Pieper, Alexander Sarovic und Bernhard Zand



Ist die Atombombe Realität, gewinnt die Frage nach der Entwicklung von Trägersystemen an Bedeutung. Als solche kommen etwa Interkontinentalraketen, Langstreckenbomber und U-Boote in Betracht.

Das nordkoreanische Regime etwa provozierte in der jüngeren Vergangenheit wiederholt mit der Erprobung ballistischer Waffen. Laut einem [vertraulichen Bericht der Vereinten Nationen](#), aus dem die Nachrichtenagentur Reuters jüngst zitierte, kamen mehrere Staaten zu der Schlussfolgerung, dass Nordkorea "wahrscheinlich sehr kleine Nuklearwaffen entwickelt hat, die in die Sprengköpfe ballistischer Raketen passen". **S**

Diskutieren Sie mit

[Feedback](#)

ANZEIGE



austria.info

Der
Salzkammergut
Radweg, 7 Nächte

ANZEIGE



SEAT

Der neue SEAT
Leon Sportstourer.
Optional mit

ANZEIGE



Hören Heute

So ein Mini-
Hörgerät gab es
noch nie!

Aktuell in diesem Ressort

Philippinen: Philippinen: Dürre legt versunkene



Rund 1300 Menschen mussten in den Siebzigern auf der Insel Luzon ihre Häuser verlassen, weil das Gebiet für einen Stausee geflutet wurde.

Obama kritisiert Trump während Barack Obama kritisiert Donald Trump: "Unser Wahlrecht wird angegriffen"

Auf der Trauerfeier für den US-Bürgerrechtler John Lewis hielt Barack Obama eine engagierte

Überblick Beirut: Was bisher über die Katastrophe bekannt ist

Weite Teile der Stadt sind verwüstet, es gibt mehr als hundert Tote und Tausende Verletzte: Was



Beirut Beirut: Amateuraufnahmen zeigen Detonationen

Mehr lesen über

Atomwaffen

Hiroshima und Nagasaki

Verwandte Artikel

- **Uno-Bericht: Nordkorea besitzt "wahrscheinlich" Atomwaffen in Sprengkopfgröße**

Spiele

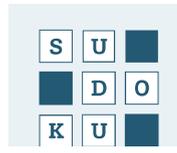
[mehr Spiele](#)



Trivial Pursuit



Solitaire



Sudoku



M

Serviceangebote von SPIEGEL-Partnern

Gutscheine

ANZEIGE

OTTO Gutscheine 

Lidl Gutscheine 

H&M Gutscheine 

Saturn Gutscheine 

[Top Gutscheine](#) [Alle Shops](#)

Auto

Job

Finanzen

Freizeit

Alle Magazine des SPIEGEL



Dein SPIEGEL



SPIEGEL EDITION



SPIEGEL LESEZEICHEN

SPIEGEL Gruppe

[Abo](#) [Shop](#) [bento](#) [manager magazin](#) [Harvard Business manager](#)

[buchreport](#) [Werbung](#) [Jobs](#) [SPIEGEL Akademie](#) [SPIEGEL Ed](#)

[Impressum](#) [Datenschutz](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Kontakt](#) [Hilfe](#)

 [Facebook](#)  [Twitter](#)  [Wo Sie uns noch folgen können](#)