

# Von der Kernspaltung zur Atomkriegsgefahr

von Ben Müller

Im Dezember 1938 konnten die deutschen Chemiker Otto Hahn und Fritz Straßmann in Versuchen, bei denen sie Uran mit Neutronen bestrahlten, das Entstehen von Barium nachweisen. Ihre Forschungskollegin Lise Meitner, die wegen ihrer jüdischen Abstammung zu diesem Zeitpunkt bereits nach Schweden emigriert war, deutete zusammen mit Otto Frisch dieses Phänomen als Spaltung der Uranatome und schätzte die dabei freigesetzte Energie auf ca. 200 Megaelektronenvolt pro gespaltenem Kern. Das ist eine beträchtliche Energiemenge, die im Deutschen Reich sehr schnell das Interesse an technischen und militärischen Anwendungen der Kernspaltung weckte.

## Die Entwicklung von Atombomben

Ab 1939 wurde die Uranforschung in Deutschland unter Geheimhaltung gestellt. Ziel der Forschung war es, eine Kettenreaktion von Kernspaltungen herbeizuführen. Das bedeutet, dass jedes Neutron, das einen Uran kern spaltet, weitere Neutronen freisetzt, die dann wiederum weitere Urankerne spalten und so weiter, bis kein spaltbares Material mehr übrig ist. Eine kontrollierte Kettenreaktion könnte zur Energieversorgung (Kernreaktor) genutzt werden; eine ungezähmte Kettenreaktion, bei der die Anzahl der gespaltenen Kerne exponentiell zunimmt, würde dagegen innerhalb von kürzester Zeit eine gewaltige Zerstörung verursachen. Auf diesem Prinzip basieren Atomwaffen.

Für eine Kettenreaktion werden bestimmte spaltbare Isotope benötigt, z.B. Uran-235 oder Plutonium-239. In der Natur vorkommendes Uran enthält nur sehr wenig Uran-235, für die Nutzung als Kernbrennstoff muss dieser Anteil „angereichert“ werden. Plutonium-239 wiederum kann aus Uran hergestellt („erbrütet“) werden. Eine Kettenreaktion kann nur entstehen, wenn genügend spaltbares Material („kritische Masse“) vorhanden

ist. In Atomsprengköpfen befinden sich mehrere Portionen des Kernbrennstoffs, die jeweils kleiner als die kritische Masse sind. Im Moment der Zündung werden diese Portionen durch eine konventionelle Sprengladung zusammengeführt. Dabei wird die kritische Masse erreicht und die Kettenreaktion führt zu einer sehr starken Explosion.

Als nach der Entdeckung der Kernspaltung keine weiteren deutschen Forschungsergebnisse mehr veröffentlicht wurden, vermuteten Wissenschaftler\*innen im Ausland, dass das nationalsozialistische Deutschland heimlich mit der Entwicklung einer Atombombe begonnen habe. Ein von Albert Einstein unterzeichneter Brief an US-Präsident Roosevelt warnte im August 1939 vor den Gefahren einer deutschen Bombe. Die USA steigerten daraufhin ihre eigene Kernphysikforschung und begannen 1942 mit dem „Manhattan-Projekt“ die Entwicklung von US-amerikanischen Atomwaffen.

Die deutschen Uranversuche, die anfangs in Berlin und zuletzt in Haigerloch bei Tübingen durchgeführt wurden, brachten wegen Materialmangels nicht die gewünschten Ergebnisse. Der US-Forschung gelang dagegen der Durchbruch. Ihren Erfolg präsentierten die USA im August 1945 in Form von zwei Atombombenabwürfen auf die japanischen Städte Hiroshima und Nagasaki. Die Städte wurden komplett verwüstet. Etwa 100.000 Menschen waren sofort tot, viele weitere starben in den Wochen danach an der hohen Strahlenbelastung und auch unter den Überlebenden häuften sich Krebserkrankungen und frühe Todesfälle.

## Strategische und taktische Atomwaffen

Kernwaffenexplosionen erzeugen einen grellen Blitz, sehr starke Hitzeentwicklung und eine gewaltige Druckwelle, die alles mitreißt. Der aufsteigende Atompilz verteilt außerdem radioaktive Substanzen in der



Umgebung. Um die Sprengkraft ungefähr beschreiben zu können, vergleicht man sie mit der Explosionswirkung von einer Tonne TNT-Sprengstoff: Eine „Kilotonne“ (1 kT) entspricht dann der Sprengkraft von 1.000 Tonnen TNT.<sup>1</sup> Die Hiroshima-Bombe „Little Boy“ hatte eine Sprengkraft von etwa 13 kT, die Nagasaki-Bombe „Fat Man“ etwa 20 kT.

Die größte Sprengkraft erreichen Wasserstoffbomben. Bei diesen Waffen findet neben der Kernspaltung auch noch eine Kernfusion von Wasserstoffisotopen statt. Die größte jemals detonierte Atombombe war der Test der sowjetischen „Zar-Bombe“ am 30.10.1961. Diese Wasserstoffbombe hatte eine Sprengkraft von etwa 57 Megatonnen, stärker als 4.000 Hiroshima-Bomben. Die stärkste von den USA gezündete Wasserstoffbombe detonierte beim „Castle Bravo“-Test am 28.2.1954 mit rund 15 Megatonnen.

Je nach Einsatzzweck unterscheidet man strategische und taktische Kernwaffen, die auch in ihrer Sprengkraft unterschiedlich sind. Strategische Kernwaffen dienen der nuklearen Abschreckung. Sie drohen mit der Zerstörung von Zielen im gegnerischen Hinterland. Entsprechend groß ist ihre Sprengkraft. Taktische Kernwaffen sind dagegen für den Einsatz im Gefechtsfeld gedacht. Ihre Sprengkraft ist dafür deutlich kleiner. Nicht zu den Kernwaffen zählen „schmutzige Bomben“ oder panzerbrechende Uranmunition. Diese Waffen enthalten zwar auch radioaktive Substanzen und können dementsprechend Strahlenschäden verursachen. Es findet aber keine Kernspaltung statt.

Auch wenn taktische Kernwaffen eine geringere Sprengkraft haben, sind sie nicht „sauberer“ oder irgendwie mit konventionellen Waffen vergleichbar. Ihre Anwendung setzt radioaktive Strahlung frei, an der Menschen qualvoll zu Grunde gehen und die die Umgebung für viele Jahre kontaminiert. Außerdem ist der Ersteinsatz von Kernwaffen ein Tabubruch, der den Geg-

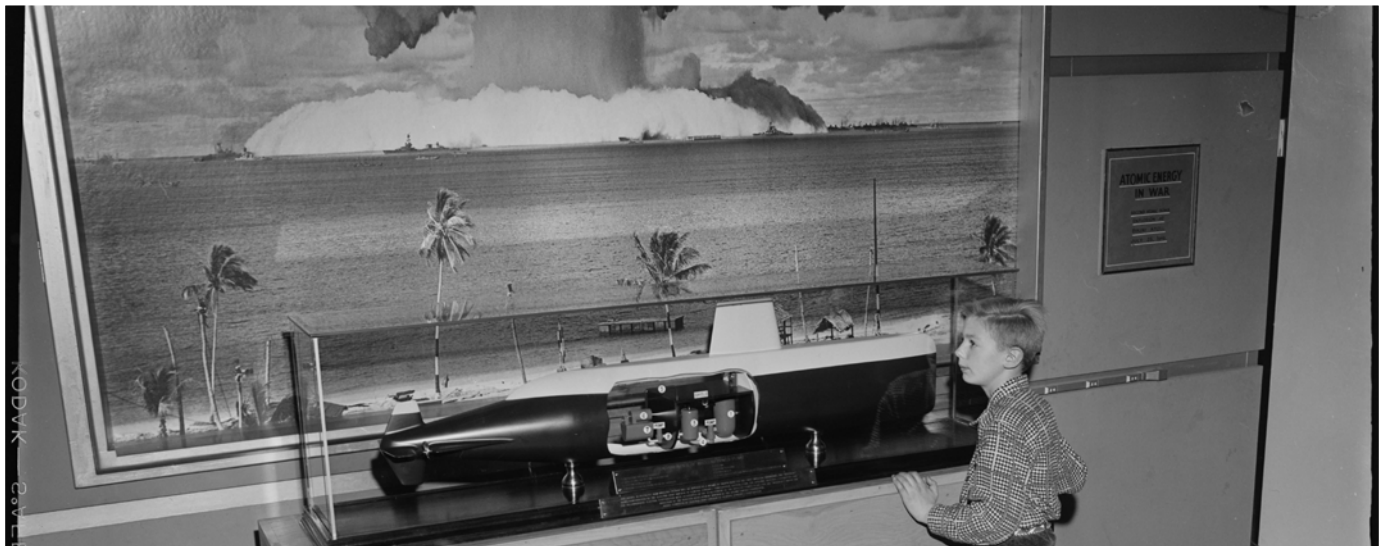
ner zu einem nuklearen Zweitschlag mit strategischen Kernwaffen provozieren kann und eventuell zu einem weltweiten Atomkrieg führt.

### **Abschreckung durch Zweitschlagfähigkeit**

Strategische Kernwaffen sind eigentlich Angriffswaffen und als solche dazu bestimmt, weit entfernte Ziele beim Gegner zu treffen. Sie werden aber oft wie Verteidigungswaffen behandelt, da ihre abschreckende Wirkung einen Angriff des Gegners verhindern. Manchmal wird sogar von einem „atomaren Schutzschirm“ gesprochen, was eine Art Unverwundbarkeit gegen Angriffe durch Kernwaffen suggeriert. Tatsächlich beruht der Schutz allein auf der Androhung, einen nuklearen Angriff durch einen Zweitschlag mit strategischen Kernwaffen beantworten zu können, so dass am Ende auch der Angreifende vernichtet wird.

Die Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki wurden aus Flugzeugen abgeworfen. Neben freifallenden Bomben kommen aber vor allem auch ballistische Raketen und Marschflugkörper als Trägersysteme für Atomsprenköpfe in Frage. Während ballistische Raketen durch ihren Treibsatz einer hohen, vorhersehbaren Flugbahn folgen, können Marschflugkörper im Tiefflug gelenkt werden und sind damit schwieriger zu erkennen. Raketen können auch mit „Mehrfachsprengköpfen“ ausgestattet sein, die sich im Zielgebiet auffächern, um unabhängig mehrere Ziele anzusteuern und ein größeres Gebiet zu verwüsten.

Ballistische Interkontinentalraketen werden an Land stationiert und aus feststehenden Raketensilos abgefeuert. Mittelstreckenraketen (Reichweite bis 5.500 km) und Marschflugkörper können dagegen auch aus mobilen Abschussrampen sowie von U-Booten oder Flugzeugen gestartet werden. Um die „Zweitschlagfähigkeit“ auch im Falle eines überraschenden Angriffs zu er-



halten, werden die strategischen Kernwaffen auf unterschiedliche Orte und Trägersysteme verteilt. Dem Gegner soll kein entwaffnender Erstschlag möglich sein.

### **Internationale Verträge zur nuklearen Rüstungskontrolle**

Die USA blieben nicht die einzige Atommacht. Bis Mitte der 1960er Jahre hatten auch die Sowjetunion, Großbritannien, Frankreich und China eigene Kernwaffen entwickelt und getestet. Diese fünf Staaten wurden durch den 1970 in Kraft getretenen Nuklearen Nichtverbreitungsvertrag („Atomwaffensperrvertrag“) der Vereinten Nationen zu offiziellen Kernwaffenstaaten erklärt. Die Kernwaffenstaaten verpflichteten sich damit, keine Kernwaffen an andere Staaten weiterzugeben und andere Staaten nicht beim Erwerb von Kernwaffen zu unterstützen. Alle anderen Unterzeichnerstaaten verzichteten durch ihren Beitritt zum Vertrag auf die militärische Nutzung der Kernkraft.

Der Atomwaffensperrvertrag konnte allerdings nicht verhindern, dass Israel, Indien und Pakistan, die den Vertrag nicht unterzeichnet haben, heute im Besitz von Kernwaffen sind. Auch Nordkorea, das seine Unterschrift 2003 zurückgezogen hat, verfügt heute über Kernwaffen. Des Weiteren wurde die im Vertrag enthaltene Absicht zu allgemeiner weltweiter Abrüstung leider nicht ernsthaft verfolgt. Artikel VI besagt: „Jede Vertragspartei verpflichtet sich, in redlicher Absicht Verhandlungen zu führen über wirksame Maßnahmen zur Beendigung des nuklearen Wettrüstens in naher Zukunft und zur nuklearen Abrüstung sowie über einen Vertrag zur allgemeinen und vollständigen Abrüstung unter strenger und wirksamer internationaler Kontrolle.“<sup>2</sup> Dabei hatte gerade diese Zusage viele Unterzeichnerstaaten dazu bewogen, auf Kernwaffen zu verzichten.

Zwei internationale Verträge widmen sich den Tests von Kernwaffen. Der erste Vertrag ist 1963 in Kraft getreten und verbietet Kernwaffentests in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser. Auch wenn nicht alle Atommächte diesem Vertrag beigetreten sind,<sup>3</sup> konnte die radioaktive Belastung in der Atmosphäre durch diesen teilweisen Teststopp deutlich verringert werden. Der zweite Vertrag wurde 1996 im Rahmen der Vereinten Nationen beschlossen, ist aber bisher nicht in Kraft getreten. Er geht noch weiter und sieht ein vollständiges Verbot von Kernwaffenexplosionen vor. Von den Atommächten haben den Vertrag bisher nur Frankreich und Großbritannien ratifiziert, Indien, Pakistan und Nordkorea haben ihn nicht einmal unterzeichnet.

2021 trat der „Atomwaffenverbotsvertrag“ der Vereinten Nationen in Kraft. Er geht weiter als der Nichtverbreitungsvertrag von 1970. Verboten sind insbesondere Entwicklung, Herstellung, Erwerb, Test, Transfer, Besitz, Stationierung, Androhung und Einsatz von Atomwaffen.<sup>4</sup> Auch die „nukleare Teilhabe“, die von den NATO-Staaten Deutschland, Belgien, Niederlande, Italien und Türkei mit US-amerikanischen Atomwaffen praktiziert wird, ist nach diesem Vertrag nicht mehr zulässig. Leider wurde der Atomwaffenverbotsvertrag bisher von keiner Atommacht und von keinem NATO-Mitglied unterzeichnet.

### **Rüstungskontrolle zwischen USA und Russland**

Das Stockholmer Friedensforschungsinstitut SIPRI schätzt die Anzahl einsatzbereiter Atomsprengköpfe 2024 auf 9.585 weltweit. Über 80% dieser Waffen gehören den beiden nuklearen Supermächten USA (3.708) und Russland (4.380).<sup>5</sup> Zur Zeit des Kalten Kriegs waren die Arsenale wesentlich größer: 1986 verfügten die USA über 23.317 einsatzbereite Atomsprengköpfe und die UdSSR über 40.159.<sup>6</sup> Dass diese Zahlen zurückge-

gangen sind, liegt vor allem an bilateralen Abkommen zur Rüstungskontrolle zwischen den beiden nuklearen Supermächten.

Ziel dieser Rüstungskontrollabkommen war es, die Gefahr eines Atomkriegs zu verringern und ein nukleares Wettrüsten zu vermeiden. Die Kernwaffenarsenale der Supermächte sollten primär eine strategische Abschreckungsfunktion erfüllen; der Gegner sollte davon abgehalten werden, Kernwaffen einzusetzen, da ihm in diesem Fall ein vernichtender nuklearer Zweitschlag drohen würde. Wirksame Maßnahmen zu diesem Zweck können sein: Verzicht auf den Ersteinsatz von Kernwaffen, Verbot von Raketenabwehrsystemen und verbindliche Obergrenzen für Kernwaffen und Trägersysteme. Ein Verbot von Raketenabwehrsystemen soll dabei die gegenseitige Verwundbarkeit und damit eine wirksame Abschreckung sicherstellen.

Ein nuklearer Erstschlag wurde von den USA nie ausgeschlossen und ist auch heute gemäß der russischen Nuklearstrategie möglich. Aber der 1972 abgeschlossene ABM-Vertrag („Anti-Ballistic Missile Treaty“) verbietet den Supermächten den Aufbau eines nationalen Raketenabwehrschilts. Es durften auch keine Komponenten von Raketenabwehrsystemen auf dem Meer, in Flugzeugen oder im Weltraum stationiert werden. Der INF-Vertrag („Intermediate Range Nuclear Forces Treaty“), der 1988 in Kraft getreten war, beseitigte sogar eine gesamte Klasse von Trägersystemen in den USA und der UdSSR. Bodengestützte Mittelstreckenraketen und Marschflugkörper mit einer Reichweite zwischen 500 km und 5.500 km, die mit Atomsprengköpfen bestückt werden können, wurden verschrottet und ihre Herstellung verboten.

Weitere Verträge wie START I („Strategic Arms Reduction Treaty“) von 1994, SORT („Strategic Offensive Reductions Treaty“) von 2003 und START III (auch „New-START“) von 2011 legten Obergrenzen für strategische Trägersysteme und Atomsprengköpfe fest. Die START-Verträge sahen auch verbindliche Kontrollmechanismen vor, um die Abrüstungsschritte des Gegners zu verifizieren.

### 90 Sekunden bis zum Weltuntergang

Von den Rüstungskontrollabkommen zwischen den nuklearen Supermächten ist leider nur noch der New-START-Vertrag in Kraft. Der Vertrag, dessen Laufzeit im Februar 2026 endet, begrenzt die Zahl der Atomsprengköpfe für jede Seite auf maximal 1.550 und die der strategischen Trägersysteme auf maximal 800, von denen maximal 700 stationiert sein dürfen. Allerdings haben schon seit März 2020 keine gegenseitigen Inspektionen zur Verifikation mehr stattgefunden.

2001 haben die USA den ABM-Vertrag gekündigt. Als Begründung verwies George W. Bush auf eine veränderte Weltlage nach den Anschlägen vom 11.9.2001 und eine Bedrohung durch Terroristen und „Schurkenstaaten“, gegen die sich die USA schützen müssten. Auch den INF-Vertrag haben die USA gekündigt. Nach gegenseitigen Vorwürfen der USA und Russlands, dass bestimmte Waffensysteme des anderen gegen den INF-Vertrag verstoßen würden, sind die USA 2019 aus dem Vertrag ausgestiegen.

Auf der anderen Seite hat Russland 2023 erklärt, den New-START-Vertrag auszusetzen, da Inspektionen aufgrund von westlichen Sanktionen nicht mehr möglich seien. Wenige Monate später hat Russland außerdem seine Ratifizierung des vollständigen Verbots von Atomtests bei den Vereinten Nationen zurückgezogen.<sup>7</sup> Auch aus internationalen Abkommen über konventionelle Waffen oder über Maßnahmen zur Vertrauensbildung sind die beiden Staaten ausgestiegen.<sup>8</sup> Daher ist es zurzeit leider sehr unwahrscheinlich, dass es ein Folgeabkommen nach dem Auslaufen von New-START im Jahr 2026 geben könnte.

Seit 1947 veröffentlicht die Organisation „Bulletin of the Atomic Scientists“ eine Weltuntergangsuhr, die symbolisiert, wie nah die Menschheit vor der vollständigen Vernichtung durch ihre eigenen Entwicklungen steht. 2023 wurde diese Uhr auf 90 Sekunden bis zum Weltuntergang gestellt, hauptsächlich aufgrund des Kriegs in der Ukraine.<sup>9</sup> So nah am Untergang war die Welt noch nie zuvor.

### Anmerkungen

- <sup>1</sup> Die Explosion am 4.8.2020 im Hafen von Beirut hatte eine Energie von ca. 1,1 kT.
- <sup>2</sup> Text des Vertrages über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (deutsche Übersetzung), [auswaertiges-amt.de](http://auswaertiges-amt.de).
- <sup>3</sup> Frankreich hat bis 1974 oberirdische Kernwaffentests durchgeführt, China bis 1980.
- <sup>4</sup> Anders als für biologische und chemische Waffen, Antipersonenminen und Streumunition gab es davor kein Abkommen, mit dem Atomwaffen international verboten und geächtet wurden.
- <sup>5</sup> Role of nuclear weapons grows as geopolitical relations deteriorate – new SIPRI yearbook out now, [sipri.org](http://sipri.org), 17.6.2024.
- <sup>6</sup> Bulletin of the Atomic Scientists: Nuclear Notebook, [thebulletin.org](http://thebulletin.org).
- <sup>7</sup> Putin hebt Verbot von Atomwaffentests auf, [tagesschau.de](http://tagesschau.de), 2.11.2023.
- <sup>8</sup> Die USA sind 2020 aus dem Vertrag über den Offenen Himmel („Treaty on Open Skies“) ausgestiegen, der kontrollierte Flüge über das Territorium des Gegenübers regelt. Als Reaktion ist auch Russland aus dem Abkommen ausgestiegen. 2023 hat Russland auch den Vertrag über Konventionelle Streitkräfte in Europa (KSE-Vertrag) gekündigt, der Obergrenzen für bestimmte konventionelle Waffengattungen vorschreibt.
- <sup>9</sup> Bulletin of the Atomic Scientists: It is 90 seconds to midnight, [thebulletin.org](http://thebulletin.org), 24.1.2023.