

60 Jahre nach den Göttinger 18: Deutschland atomwaffenfrei oder Nuklearmacht ?
Veranstaltung von IALANA, INES, IPPNW, NatWiss, VdW - Berlin, 6. April 2017

Deutschlands wissenschaftliche Atomforschung: Nur Dual-use oder offen für Atomwaffen?

Dr. Rainer Moormann, Aachen

Fragestellung und Inhalt des Vortrags

Ist Deutschland in der Lage, selbstständig Atomwaffen zu bauen ?

Inhalt

- (1) Funktionsweise einer Atombombe
- (2) Gewinnung von waffenfähigem Spaltstoff
- (3) Aktueller Stand in Deutschland
- (4) Eigene Erfahrungen zur Proliferation
- (5) Zusammenfassung

(1) Funktionsweise einer Atombombe

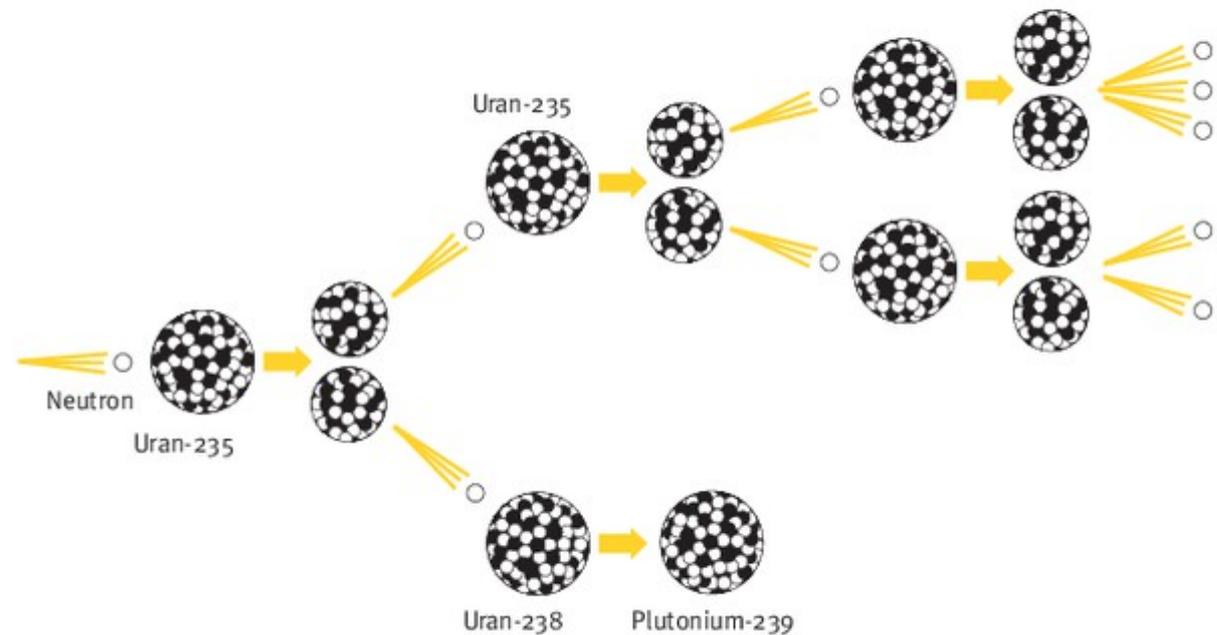
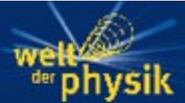
Kernspaltung

Spaltung von ca. 55 g Spaltstoff erzeugt Energiemenge wie 1 kt TNT

Nur wenige Isotope sind spaltbar

Kritikalität:
(Kernspaltungen
Folgegeneration)
/
(Kernspaltungen
aktuelle Generation)

Kettenreaktion im Uran



.....Funktionsweise einer Atombombe

Bei spaltbaren Nukliden entstehen 2-3 Neutronen pro Spaltung, aber: Neutronen gehen durch Nebenreaktionen verloren oder entweichen

Daher: Mindestgröße, **> kritische Masse** (Kritikalität = 1) erforderlich, um sich verstärkende Kettenreaktion zu erzeugen

Kritische Masse (Kugelgeometrie):

- Uran-235: 50 kg
- Uran-233: 20 kg
- Plutonium-239: 15 kg

.....Funktionsweise einer Atombombe

- Kritische Masse ist durch Reflektoren und Dichtevergrößerung/Kompression reduzierbar
- Für effiziente nukleare Explosion ist zudem **Mindestkritikalität** erforderlich (> 2 , zum Vergleich Hiroshima-Bombe: 2,4)
 - Bei kleineren Werten zerstört sich die Anordnung selbst durch schwache Explosionen
 - Wettlauf zwischen sich verstärkender Spaltung und auseinandertreibenden Kräften, u.a. durch die Energiefreisetzung
- Problem: Kernbrennstoffe erzeugen selbst Neutronen („Zünder“) durch **Spontanspaltung**

.....Funktionsweise einer Atombombe

- Spontanspaltung ist niedrig bei U-235 und U-233 (0,5 Spaltungen/[s·kg]), aber sehr hoch bei Plutonium, wg. Gehalt an Pu-238 (1 Mio Spaltungen/[s·kg]) und Pu-240
- Daher muss ausreichend hohe Kritikalität bei Plutonium in extrem kurzen Zeiten (μs) erreicht werden, um **Frühzündung** mit uneffizienten Explosionen zu vermeiden
- Bei Uran reicht demgegenüber die Durchquerung des „ineffizient kritischen Bereichs“ (Kritikalität 1 bis ≤ 2) in ms

.....Funktionsweise einer Atombombe

A-Bombe nach Gun-Prinzip (Hiroshima-Bombe)

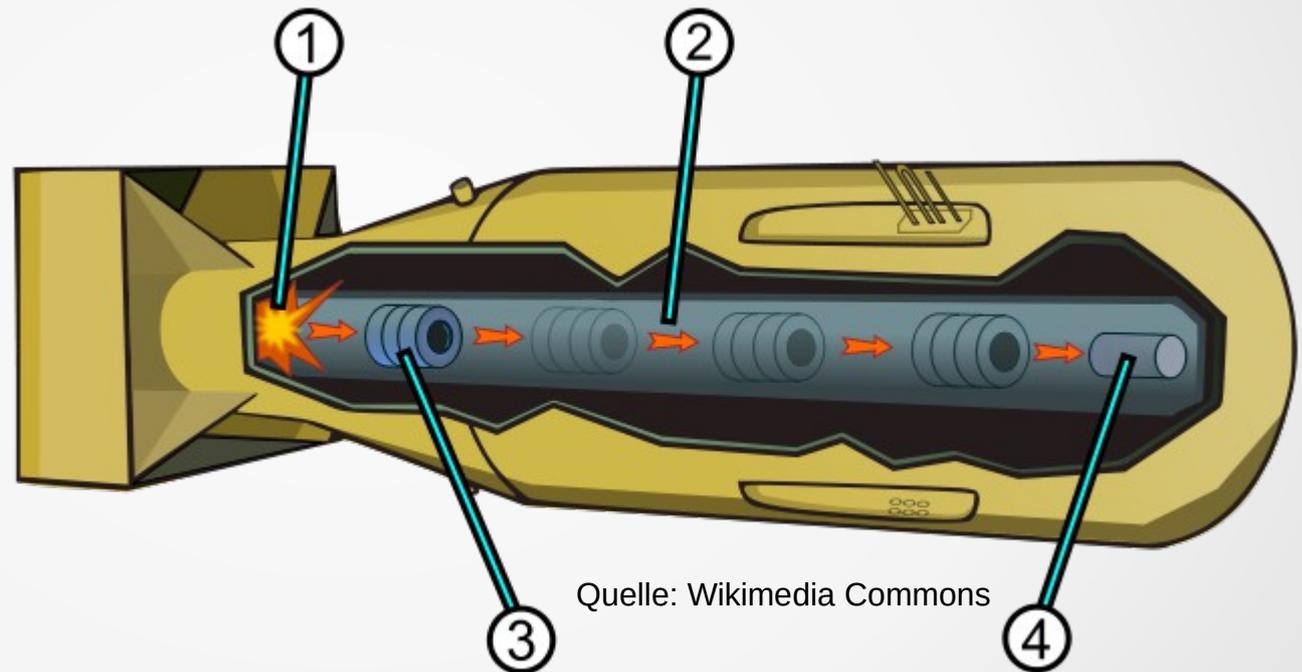
- Sehr einfach und zuverlässig, aber:
- Nur mit Uran-233 und U-235 verwendbar (kein Plutonium)
- Schlechter Wirkungsgrad (einige Prozent)
- Unflexibel, hohes Gewicht

Daher in modernen Waffenarsenalen nicht mehr vorhanden

Aber: Erfordert geringen Aufwand zum Bau, wenn HEU verfügbar

(...Terrororganisationen, daher Restriktionen/-Rücknahme bei HEU)

Hiroshima-Bombe: 64 kg 80 % anger. U-235; 13 kt TNT



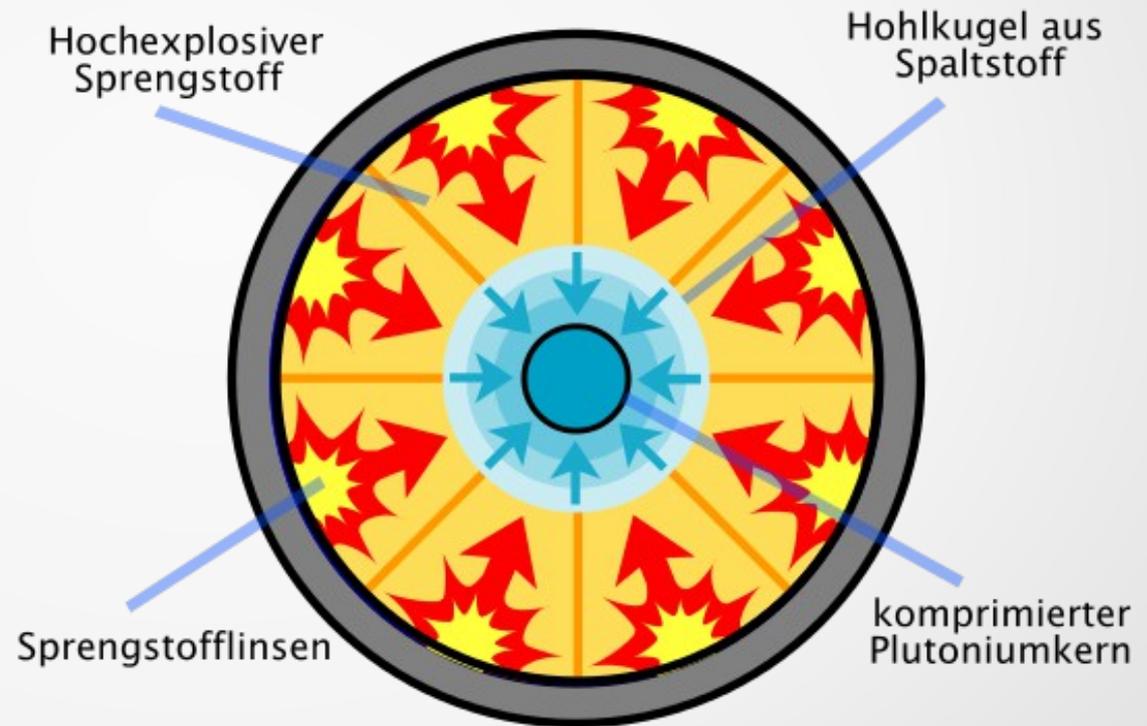
Quelle: Wikimedia Commons

1. konventioneller Sprengstoff (Kordit) zum Beschleunigen des „Geschosses“
2. Lauf
3. hohes Urangeschoss
4. zylindrisches „Ziel“

.....Funktionsweise einer Atombombe

A-Bombe nach Implosionsprinzip

- Komplex: Exakt kugelförmige Explosionswelle erforderlich, welche den Spaltstoff sehr gleichmäßig komprimiert (geringe Abweichungen führen zu Zerstörung ohne effiziente Explosion)
- Erfordert erheblichen Aufwand zur Entwicklung (für Terrororganisationen kaum machbar)
- Mit Plutonium und Uran verwendbar
- Überkritikalität wird etwa 1000-mal schneller erreicht als in Gun-Bomben
- Wirkungsgrad moderner Waffen: Einige zehn Prozent
- Heute dominierendes Waffenprinzip



Implosionsmethode

Quelle: Wikimedia Commons

(2) Gewinnung von waffenfähigem Spaltstoff

Zwei Verfahren:

a) **Urananreicherung** (nur U-235, Anreicherung von 0,7 % im Natururan auf > 80 %); z.B.: *Iran, Pakistan, Apartheid-Südafrika*

- Gaszentrifuge, Diffusionsverfahren....
- Relativ aufwändig und teuer

b) **Erbrüten von Spaltstoff im Reaktor** und Abtrennung des Spaltstoffs durch **Aufarbeitung**:

- Pu-239 aus U-238
- U-233 aus Thorium (Th-232)

In ziviler Kerntechnik werden a) und b) verwendet. Missbrauch lässt sich nur durch **IAEA-Inspektion** verhindern.

.....Gewinnung von waffenfähigem Spaltstoff

Aktuelle Entwicklung: Thorium

- **Hype** um Thorium in **Flüssigsalzreaktoren**
- Angeblich sicher und proliferationsresistent (γ -Strahlung aus U-232-Verunreinigungen in U-233 würde Bombenelektronik stören), aber:
 - Gun-Bombe benötigt keine Elektronik
 - **Online-Wiederaufarbeitung von Flüssigsalzreaktoren** erzeugt **reines U-233** (über Abtrennung von Pa-233, optimales Waffenmaterial, in Gun-Anordnung einsetzbar)
- Fazit: Entwicklung von Flüssigsalzreaktoren (z.B. EU-Projekt SAMOFAR mit KIT) **konterkariert Bemühungen um Kernwaffen-Nichtverbreitung**

(3) Aktueller Stand in Deutschland

Gewinnung von waffenfähigem Spaltstoff:

- Technologie der **Urananreicherung** ist in D hoch entwickelt (**F&E-Bereich ETC in Jülich**, **Anreicherungsanlage in Gronau**)
- Erforderlich wäre **kaum zusätzliche Entwicklungsarbeit**, wohl aber eine Anreicherungsanlage mit mehr Trennstufen als Gronau
- Waffenfähiges HEU könnte in ca. 5 Jahren in hinreichendem Umfang zur Verfügung stehen (Voraussetzung: schnelle Genehmigung der Anreicherungsanlage)

.....Aktueller Stand in Deutschland

-Gewinnung von waffenfähigem Spaltstoff:
- Technologie des **Erbrütens von Waffenmaterial/-Aufarbeitung** ist derzeit in D kaum noch verfügbar
 - Ohne Wiedereinstieg in die Kernenergieerzeugung wäre dieser Weg nicht sinnvoll
 - Einen Ausweg böten evtl. **kleine militärische Anlagen auf der Basis von Flüssigsalzreaktoren** (wenn entwickelt)

(3) Aktueller Stand in Deutschland

Technologie des Bombenbaus:

- Eine optimierte **Bombe nach dem Gun-Prinzip wäre kurzfristig verfügbar**
- Eine **Implosionsbombe könnte nach 3 bis 5 Jahren entwickelt sein**, wenn ausreichend investiert wird
 - ✓ Probleme der Implosionstechnik sind weitgehend bekannt
 - ✓ Team von 50 bis 100 deutschen Spezialisten der erforderlichen Fachgebiete sollte in 3 bis 5 Jahren Lösungen erarbeiten können

(4) Eigene Erfahrungen zu Proliferation

- **FZ Jülich** hat 1988 trotz Embargos know-how zum **Kugelhaufen-HTR** an **Apartheid-Südafrika** geliefert:
 - sollte im dortigen Kernwaffenprogramm Verwendung finden (U-Boot-Antrieb)
 - Südafrika besaß 7-A-Bomben des Gun-Prinzips
 - Militärische HTR-Verwendung wurde vom FZJ damals abgestritten („**wissenschaftliche Kooperation**“)
- 1988 offerierte Siemens den USA einen HTR-Modul zur Tritiumerzeugung für H-Bomben; an ähnlicher ziviler Variante des HTR-Moduls hat FZJ intensiv gearbeitet

.....Eigene Erfahrungen + (5) Zusammenfassung

- Fazit: Das bestehende Verbot militärisch orientierter Forschung im FZJ war wirkungslos

(5) Zusammenfassung

- Anders als in der Presse dargestellt (Joffe...), wäre Deutschland in wenigen Jahren auf Basis der Urananreicherung in der Lage, wirksame Atomsprengsätze zu bauen
 - Zu einem vollständigen Atomwaffenarsenal gehören auch **Trägersysteme** sowie **Atom-U-Boote**. Deren Verfügbarkeit ist separat zu klären