

Kleine Kernwaffen

Frank Hommes

frank.hommes@udo.edu

<http://www.freanki.net/physics/>

8 Dezember 2005

- 1 Einführung
 - Kleine Kernwaffen
- 2 Funktionsweise der "Kleinen Kernwaffen"
 - Theorie der Kernspaltung
 - Einsatzmöglichkeiten
- 3 Earth-Penetrating-Weapons
 - Vorteil der unterirdischen Explosion
 - Grenzggeschwindigkeit beim Eintreten in den Boden
 - Auswirkungen von unterirdischen Atomexplosionen
 - Weitere Effekte von EPW
 - Ergebnis
- 4 U.S.A. Politik der "kleinen Kernwaffen"
 - Kritik der Entwicklung über eine Verringerung des Haushalts
- 5 Zusammenfassung
 - verwendete Literatur

Kleine Kernwaffen

engl.

"Kleine Kernwaffen" wäre übersetzt "small nuclear weapons", werden jedoch Mini-nukes genannt.

Was sind überhaupt kleine Kernwaffen?

Offiziell sind "Kleine Kernwaffen" nukleare Waffen mit einer Sprengenergie von weniger als 5 kt.

Aber sollte man die Grenze so scharf definieren?

Kleine Kernwaffen

engl.

"Kleine Kernwaffen" wäre übersetzt "small nuclear weapons", werden jedoch Mini-nukes genannt.

Was sind überhaupt kleine Kernwaffen?

Offiziell sind "Kleine Kernwaffen" nukleare Waffen mit einer Sprengenergie von weniger als 5 kt.

Aber sollte man die Grenze so scharf definieren?

Kleine Kernwaffen

engl.

"Kleine Kernwaffen" wäre übersetzt "small nuclear weapons", werden jedoch Mini-nukes genannt.

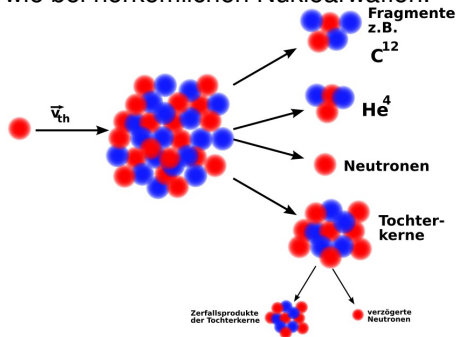
Was sind überhaupt kleine Kernwaffen?

Offiziell sind "Kleine Kernwaffen" nukleare Waffen mit einer Sprengenergie von weniger als 5 kt.

Aber sollte man die Grenze so scharf definieren?

Kernspaltung

Die Kernspaltung funktioniert natürlich auf den ersten Blick genauso, wie bei herkömmlichen Nuklearwaffen.



Kernspaltung

Wie hoch ist die erforderliche kritische Masse?

Dies ist abhängig vom verwendeten Spaltmaterial.

- Plutonium-239: 10 kg
- Uran-233: 16 kg
- Uran-235: 52 kg

Diese Daten gelten bei normaler Dichte und wenn das Spaltmaterial kugelförmig vorliegt.

Kernspaltung

Wie kann man nun die erforderliche Masse verringern?

per Reflexion

Spaltmaterial wird mit Material umhüllt, welches Neutronen reflektiert.
Dies verringert die kritische Masse um den Faktor zwei bis drei.

Details

- Plutonium-239: 8,4 kg, mit einer 4.42 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.
- Uran-233: 7,6 kg, mit einer 5.33 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.
- Uran-235: 26,6 kg, mit einer 4.42 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.

Kernspaltung

Wie kann man nun die erforderliche Masse verringern?

per Reflexion

Spaltmaterial wird mit Material umhüllt, welches Neutronen reflektiert.
Dies verringert die kritische Masse um den Faktor zwei bis drei.

Details

- Plutonium-239: 8,4 kg, mit einer 4.42 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.
- Uran-233: 7,6 kg, mit einer 5.33 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.
- Uran-235: 26,6 kg, mit einer 4.42 cm dicken Hülle aus natürlichem Uran.

Kernspaltung

Wie kann man nun die erforderliche Masse verringern?

über eine Erhöhung der Dichte

Erhöht man die Dichte, so verringert sich die kritische Masse quadratisch. Viele Nuklearwaffen benutzen nur einen Bruchteil der kritischen Masse, welche bei normaler Dichte nötig wäre und erreichen dies über konventionelle Sprengungen.

Kernspaltung

Wie kann man nun die erforderliche Masse verringern?

Abhängigkeit der kritischen Masse $M_{critical}$ von der Dichte

$$(\rho \cdot R)_{critical} = constant \quad (1)$$

$$\rho = \frac{3M}{4\pi R^3}, \text{ da } R \sim \frac{1}{\rho} \text{ folgt} \quad (2)$$

$$M_{critical} = \frac{K}{\rho^2} \quad (3)$$

Verdoppelt man nun die Dichte der Kugel, so benötigt man nur $\frac{1}{4}$ der Masse, um $M_{critical}$ zu erreichen. Quelle (Nuclear Weapons Databook I, Seite 24)

Kernspaltung

Wie kann man nun die erforderliche Masse verringern?

Abhängigkeit der kritischen Masse $M_{critical}$ von der Dichte

$$(\rho \cdot R)_{critical} = constant \quad (1)$$

$$\rho = \frac{3M}{4\pi R^3}, \text{ da } R \sim \frac{1}{\rho} \text{ folgt} \quad (2)$$

$$M_{critical} = \frac{K}{\rho^2} \quad (3)$$

Verdoppelt man nun die Dichte der Kugel, so benötigt man nur $\frac{1}{4}$ der Masse, um $M_{critical}$ zu erreichen. Quelle (Nuclear Weapons Databook I, Seite 24)

Raketenabwehr

Idee

Durch ein paar wenige Nuklearexplosionen von 50-100 Tonnen in größerer Höhe kann ein Gürtel mit starker Strahlung die Elektronik radargestützter Raketen der Gegner außer Gefecht setzt.

Ausgang

Es konnte kein konstanter Strahlengürtel aufrechterhalten werden.
Theorie verworfen bzw. nicht weiter verfolgt.

Raketenabwehr

Idee

Durch ein paar wenige Nuklearexplosionen von 50-100 Tonnen in größerer Höhe kann ein Gürtel mit starker Strahlung die Elektronik radargestützter Raketen der Gegner außer Gefecht setzt.

Ausgang

Es konnte kein konstanter Strahlengürtel aufrechterhalten werden.
Theorie verworfen bzw. nicht weiter verfolgt.

Eine Atombombenartillerie

Idee

Weiterbenutzung von vorhandenem Kriegsgerät unter Verwendung von Nuklearmunition.

Ausgang

Es wurden Tests mit Artilleriegranaten durchgeführt, welche später auch in Deutschland stationiert wurden. Die verwendeten Sprengköpfe hatten bis zu 25 kt Sprengenergie.

Eine Atombombenartillerie

Idee

Weiterbenutzung von vorhandenem Kriegsgerät unter Verwendung von Nuklearmunition.

Ausgang

Es wurden Tests mit Artilleriegranaten durchgeführt, welche später auch in Deutschland stationiert wurden. Die verwendeten Sprengköpfe hatten bis zu 25 kt Sprengenergie.

Eine Atombombenartillerie

Abschuss einer 280-mm-Artilleriegranate mit einem
15kt-Atomsprenkopf

Atomic Demolition Munitions - Medium ADM

Idee

Kleine nukleare Minen (Masse: 200 kg) mit einer Sprengenergie von 1-15 kt werden von Transportern und Helikoptern an strategische Punkte, wie Brücken, Tunnel oder Dämme plaziert, um damit den gegnerischen Einmarsch zu verlangsamen.

Ausgang

Diese Waffen wurden gebaut und in vielen Ländern bereit gehalten, jedoch in jüngster Zeit durch konventionelle Waffen ersetzt. Es gibt auch keine Pläne für weitere nukleare Waffen in diesem Einsatzgebiet.

Atomic Demolition Munitions - Medium ADM

Idee

Kleine nukleare Minen (Masse: 200 kg) mit einer Sprengenergie von 1-15 kt werden von Transportern und Helikoptern an strategische Punkte, wie Brücken, Tunnel oder Dämme plaziert, um damit den gegnerischen Einmarsch zu verlangsamen.

Ausgang

Diese Waffen wurden gebaut und in vielen Ländern bereit gehalten, jedoch in jüngster Zeit durch konventionelle Waffen ersetzt. Es gibt auch keine Pläne für weitere nukleare Waffen in diesem Einsatzgebiet.

Atomic Demolition Munitions - Special ADM

Idee

Diese Minen wiegen nur 75 kg, haben eine Sprengenergie von unter 1 kt und sind für den Einsatz hinter den feindlichen Linien gedacht. Spezialeinheiten der Armee und Marine sollten die Minen an feindlichen Kommunikationsanlagen, Kommandozentren und Benzinstationen detonieren lassen.

Ausgang

Diese Waffen wurden gebaut und in vielen Ländern bereit gehalten, jedoch in jüngster Zeit durch konventionelle Waffen ersetzt. Es gibt auch keine Pläne für weitere nukleare Waffen in diesem Einsatzgebiet.

Atomic Demolition Munitions - Special ADM

Idee

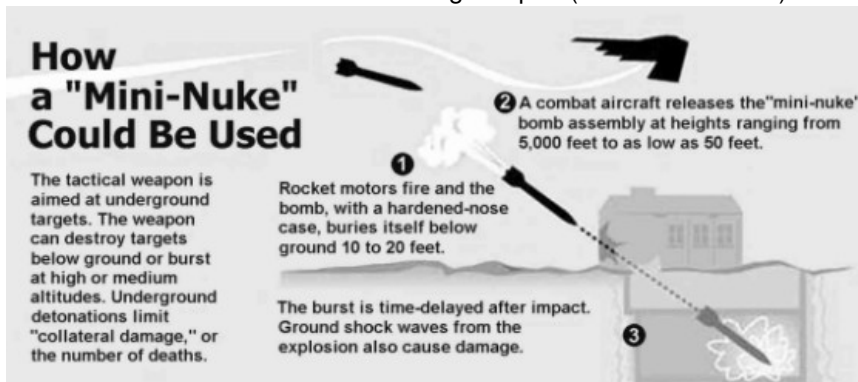
Diese Minen wiegen nur 75 kg, haben eine Sprengenergie von unter 1 kt und sind für den Einsatz hinter den feindlichen Linien gedacht. Spezialeinheiten der Armee und Marine sollten die Minen an feindlichen Kommunikationsanlagen, Kommandozentren und Benzinstationen detonieren lassen.

Ausgang

Diese Waffen wurden gebaut und in vielen Ländern bereit gehalten, jedoch in jüngster Zeit durch konventionelle Waffen ersetzt. Es gibt auch keine Pläne für weitere nukleare Waffen in diesem Einsatzgebiet.

Einleitung

Funktionsweise einer Earth-Penetrating weapon (im weiteren EPW):



Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- **Es gibt keinen Fallout**
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- **Der "Kollateralschaden" ist nur gering**
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- **Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden**

Vorgebrachte Gründe für EPW

- **EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören**
- Es gibt keinen Fallout
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Unterschied zu oberirdischen Nuklearexplosion

Impedanzunterschied an der Grenze Luft/Erde \Rightarrow kaum Energieertrag ins Erdreich.

Ein paar Meter Erde schützen somit verstärkte Strukturen gegen alle nuklearen Angriffe außer den stärksten Fusionsbomben.

Erst der 9-Megatonnen-Sprengkopf der B53 könnte oberirdisch detoniert, tief liegende Ziele zerstören.

Pascal-A

- Pascal-A war die erste Untergrund-Nuklearexplosion (26 Juli 1957).
- Die Sprengenergie sollte ca. 1 kg TNT-Äquivalent sein und die Bombe wurde 150 Meter unter der Erde, in einem Schacht von 1 Meter Durchmesser, gezündet.
- Die Sprengenergie war dann aber in Wirklichkeit 55 Tonnen TNT-Äquivalent.
- "[...]Blue fire shot hundreds of feet in the air. Everybody was down in the area, and they all jumped in their cars and drove like crazy"
- Dies kommt dem Ablauf einer Waffe nah, welche zuerst in den Boden eintritt und dann explodiert.

Pascal-A

- Pascal-A war die erste Untergrund-Nuklearexplosion (26 Juli 1957).
- Die Sprengenergie sollte ca. 1 kg TNT-Äquivalent sein und die Bombe wurde 150 Meter unter der Erde, in einem Schacht von 1 Meter Durchmesser, gezündet.
- Die Sprengenergie war dann aber in Wirklichkeit 55 Tonnen TNT-Äquivalent.
- "[...]Blue fire shot hundreds of feet in the air. Everybody was down in the area, and they all jumped in their cars and drove like crazy"
- Dies kommt dem Ablauf einer Waffe nah, welche zuerst in den Boden eintritt und dann explodiert.

Pascal-A

- Pascal-A war die erste Untergrund-Nuklearexplosion (26 Juli 1957).
- Die Sprengenergie sollte ca. 1 kg TNT-Äquivalent sein und die Bombe wurde 150 Meter unter der Erde, in einem Schacht von 1 Meter Durchmesser, gezündet.
- Die Sprengenergie war dann aber in Wirklichkeit 55 Tonnen TNT-Äquivalent.
- "[...]Blue fire shot hundreds of feet in the air. Everybody was down in the area, and they all jumped in their cars and drove like crazy"
- Dies kommt dem Ablauf einer Waffe nah, welche zuerst in den Boden eintritt und dann explodiert.

Pascal-A

- Pascal-A war die erste Untergrund-Nuklearexplosion (26 Juli 1957).
- Die Sprengenergie sollte ca. 1 kg TNT-Äquivalent sein und die Bombe wurde 150 Meter unter der Erde, in einem Schacht von 1 Meter Durchmesser, gezündet.
- Die Sprengenergie war dann aber in Wirklichkeit 55 Tonnen TNT-Äquivalent.
- "[...]Blue fire shot hundreds of feet in the air. Everybody was down in the area, and they all jumped in their cars and drove like crazy"
- Dies kommt dem Ablauf einer Waffe nah, welche zuerst in den Boden eintritt und dann explodiert.

Pascal-A

- Pascal-A war die erste Untergrund-Nuklearexplosion (26 Juli 1957).
- Die Sprengenergie sollte ca. 1 kg TNT-Äquivalent sein und die Bombe wurde 150 Meter unter der Erde, in einem Schacht von 1 Meter Durchmesser, gezündet.
- Die Sprengenergie war dann aber in Wirklichkeit 55 Tonnen TNT-Äquivalent.
- "[...]Blue fire shot hundreds of feet in the air. Everybody was down in the area, and they all jumped in their cars and drove like crazy"
- Dies kommt dem Ablauf einer Waffe nah, welche zuerst in den Boden eintritt und dann explodiert.

Vorteil von Earth-Penetrating-Weapons

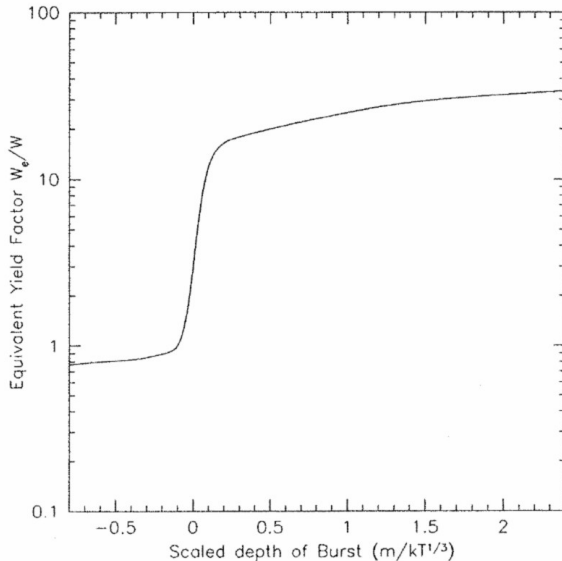


Figure 1: The Equivalent Yield Factor as a function of scaled Depth of Burst. Only a few meters of burial enhances energy coupling by more than an order of magnitude. Data are from DWSA Effects Manual EM-1 1990.²⁶

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

B61 Bomben

- 30 Jahre lang das tägliche Brot für das Los Alamos National Laboratory, New Mexico
- Momentan besitzen die USA 1925 B61-Bomben, von denen 1265 einsatzfähig sind (2003)
- Die Basisversion wiegt 350 kg und die B61-11 wiegt fast 600 kg
- Es gab Pläne für 11 Modifikationen, aber nur 6 wurden gebaut [B61-(1,3,5,7,10,11)]
- Die B61-7 ist eine B61-1 mit verbesserten Sicherheitsfunktionen. 700 Bomben wurden von 1985-1990 modifiziert
- Die B61-11 ist wiederum eine B61-7, welche als EPW ausgelegt wurde. Bis zum April 2005 wurden 128 modifiziert, bis 2010 sollen die USA 160 auf Lager haben

Die B61-11



Die B61-11



Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden

Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden

Die B61-11



Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden
- Bei Tests ergaben sich Eindringtiefen in gefrorener Tundra von nur 2 - 3 Meter

Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden
- Bei Tests ergaben sich Eindringtiefen in gefrorener Tundra von nur 2 - 3 Meter

Vorteil von Earth-Penetrating-Weapons

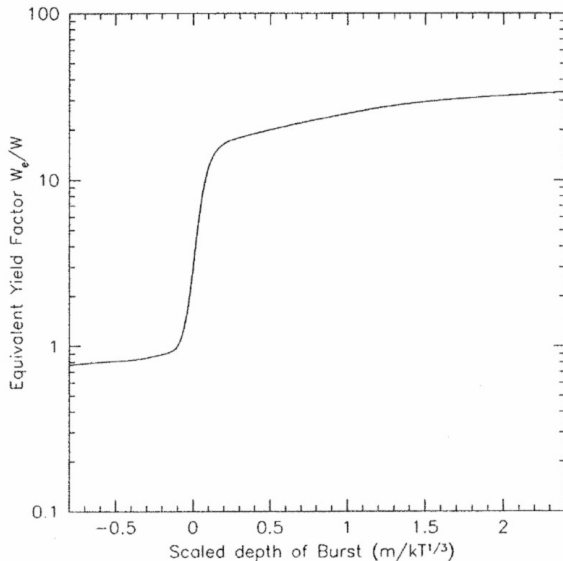


Figure 1: The Equivalent Yield Factor as a function of scaled Depth of Burst. Only a few meters of burial enhances energy coupling by more than an order of magnitude. Data are from DWSA Effects Manual EM-1 1990.²⁶

Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden
- Bei Tests ergaben sich Eindringtiefen in gefrorener Tundra von nur 2 - 3 Meter
- Eine 300-kt-B61-11-Bombe wirkt im Boden explodierend, wie eine 9-Mt-Bombe oberirdisch gezündet.

Die B61-11

- variable Sprengenergie zwischen 5 kt und 350 kt \Rightarrow variabel einsetzbar
- Leichter als ihr Vorgänger B53 (4500 kg) \Rightarrow kann vom B-2A Stealthbomber benutzt werden
- Bei Tests ergaben sich Eindringtiefen in gefrorener Tundra von nur 2 - 3 Meter
- Eine 300-kt-B61-11-Bombe wirkt im Boden explodierend, wie eine 9-Mt-Bombe oberirdisch gezündet.

Vorgebrachte Gründe für EPW

- **EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören**
- Es gibt keinen Fallout
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Ergebnis

EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören

Die Ziele können mit einer wesentlich niedrigeren Sprengenergie erreicht werden, wenn die Bombe in der Erde zur Explosion gebracht wird. Jedoch sind die Eindringtiefen sehr ernüchternd und die weiteren Auswirkungen sind noch nicht betrachtet.

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen?

Die B61-11 traf bei dem Test mit $v \leq 300 \frac{m}{s}$ auf den Boden.

- die erreichbare Tiefe ist \sim Geschwindigkeit v_r der Rakete.
- v_r ist jedoch begrenzt auf max. 1200 m/s
- Bei höheren v_r nimmt die Tiefe wieder ab, da sich die Rakete deformiert

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen?

Man kann theoretische Formeln herleiten, wenn man den Zielboden als idealen elastischen Feststoff ansieht, jedoch ist verstärkter Beton und reiner Stein brüchig und zerbricht beim Einschlag. Das theoretische Verständniss ist dort sehr begrenzt.

Daher benutzt man empirisch bestimmte Funktionen wie:

$$\frac{D}{L} = 2.0 \left(\frac{\rho_p}{10^3 \frac{kg}{m^3}} \right) \left(\frac{MPa}{P_t} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{v}{533 \frac{m}{s}} \right)^n \quad (4)$$

wobei $n = 3.1 \left(\frac{P_t}{MPa} \right)^{-\frac{1}{4}}$, P_t ist die Druckbelastung des Bodens, MPa = Megapascal, D ist die Eindringtiefe, L ist die Länge der Rakete, ρ ist die Dichte des Eindringmediums (Rakete) und v ist die Geschwindigkeit der Rakete vor Eintreten in das Medium.

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen? I

$$\frac{D}{L} = 2.0 \left(\frac{\rho_p}{10^3 \frac{kg}{m^3}} \right) \left(\frac{MPa}{P_t} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{v}{533 \frac{m}{s}} \right)^n \quad (5)$$

$$\frac{D}{L} = 1.3N \left(\frac{\rho_p}{10^3 \frac{kg}{m^3}} \right) \left(1 - \frac{P_t - 14}{115 MPa} \right)^2 \left(\frac{v - 30}{1000 \frac{m}{s}} \right) \quad (6)$$

wobei bei der zweiten Formel N zwischen 0,56 und 1,36 liegt, je nach Form der Raketenfront.

Die erste Formel wurde am British Road Research Laboratory gefunden und die zweite an den Sandia Laboratories für Geschwindigkeiten größer als 60 m/s. Weiterhin kann man eine

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen? II

maximale Geschwindigkeit angeben, bei der nicht der komplette Körper deformiert wird:

$$v_{max} = \left(\frac{2P_p}{\rho_t} \right)^{0.5} = 1 \frac{km}{s} \left(\frac{P_p}{10^3 MPa} \right)^{0.5} \left(\frac{2 \cdot 10^3 kg/m^3}{\rho_t} \right)^{0.5} \quad (7)$$

Hier steht P_p für den Druck des Projektils und ρ_t für die Dichte des Bodens. Für den härtesten Stahl beträgt v_{max} ca. 1200 m/s.

Bei einem Einsatz würde man jedoch nicht die maximale Geschwindigkeit wählen, da dort nicht mehr sichergestellt werden kann, dass die Waffe noch ihre Wirkung entfalten kann. Weiterhin

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen? III

muss man sich die Abbremsung beim Einfall in die Erde anschauen.
Diese beträgt:

$$\frac{a_{max}}{g} = \frac{AP_p}{M_p g} = 10^5 \left(\frac{A}{0.1 m^2} \right) \left(\frac{P_p}{10^3 MPa} \right) \left(\frac{10^3 kg}{M_p} \right) \quad (8)$$

, wobei A die Querschnittsfläche des Eindringmediums, senkrecht zur Länge ist und M_p die Masse selbigens ist.

Dies ist mehr als eine Größenordnung höher als bei Nuklearartilleriemunition.

Da die meisten Raketen nicht senkrecht einfallen, erniedrigt sich die vertikale Geschwindigkeit noch um $\cos\Phi$, wobei Φ der Einfallswinkel ist.

Kann man die Eindringtiefen wesentlich erhöhen? IV

Man kommt somit zu dem Schluss, dass EPW nicht tiefer als 4 mal ihre Länge in verstärkten Boden eintreten können.

Die "erfolgreichste" EPW, die GBU-28, hat eine Eindringtiefe von 6 Metern geschafft, wobei sie selbst nur 6 Meter lang ist.

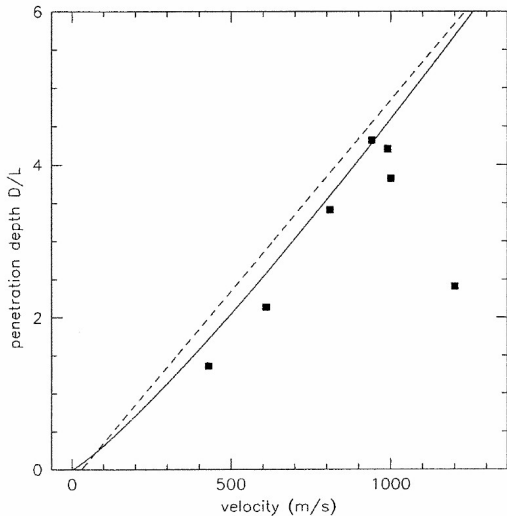
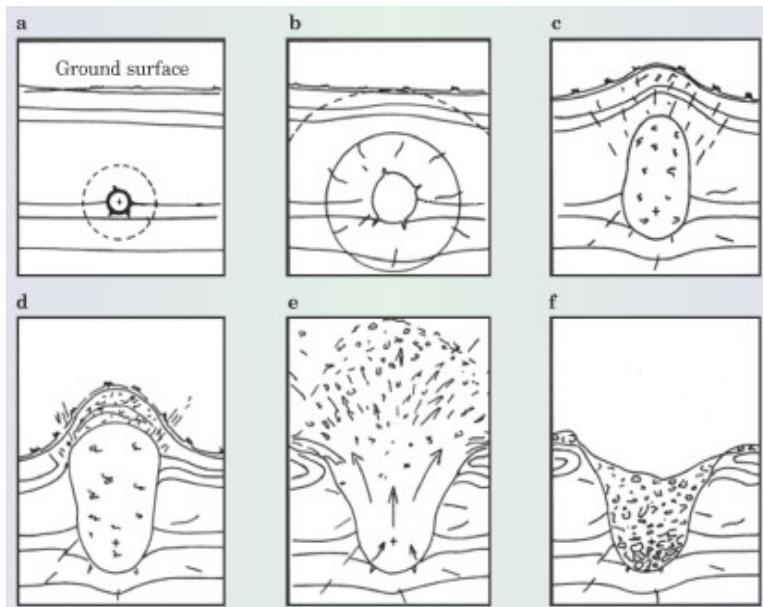


Figure 2: Penetration depth versus striking velocity for E4340 steel projectiles into concrete. The curves correspond to equation (1) (solid) and equation (2) (dashed). The solid squares are experimental data for $L=0.22$ m solid steel projectiles.¹³ The strength of the concrete target is unknown, but we have used $Y=50$ MPa—the middle of the range in Table 1—as a characteristic example. These projectiles show severe erosion at impact velocities above 900 m/s, very close to the predicted critical yield velocity $v_{max}=(2Y_D/\rho_T)^{1/2}=913$ m/s using the data from Table 1. At $v=1200$ m/s the missile suffered extreme deformation and fractured into multiple pieces.

Ablauf einer Nuklearuntergrundexplosion

- Sofortige Verdampfung des Gesteins um den Sprengkopf herum

Krater



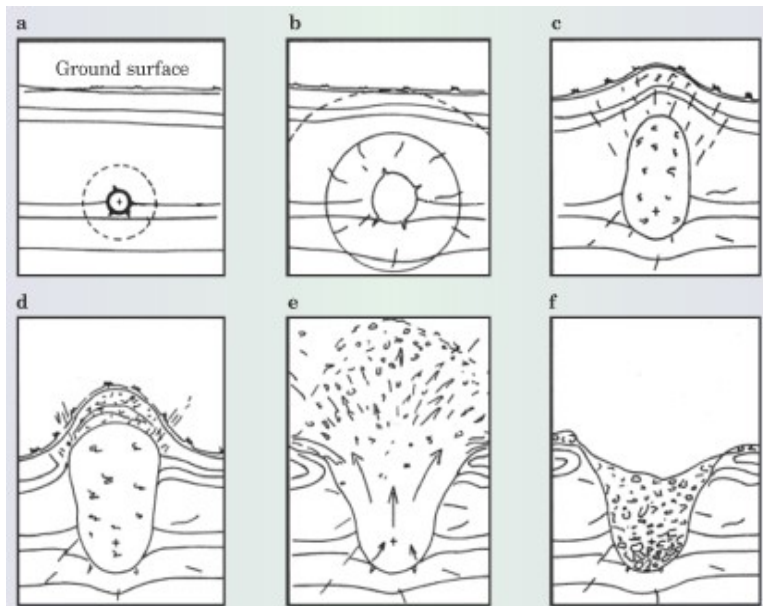
Ablauf einer Nuklearuntergrundexplosion

- Sofortige Verdampfung des Gesteins um den Sprengkopf herum
- Entstehung von extrem hohen Temperaturen in der so entstandenen Höhle
- Drücke von mehreren Millionen Bar

Ablauf einer Nuklearuntergrundexplosion

- Sofortige Verdampfung des Gesteins um den Sprengkopf herum
- Entstehung von extrem hohen Temperaturen in der so entstandenen Höhle
- Drücke von mehreren Millionen Bar

Krater



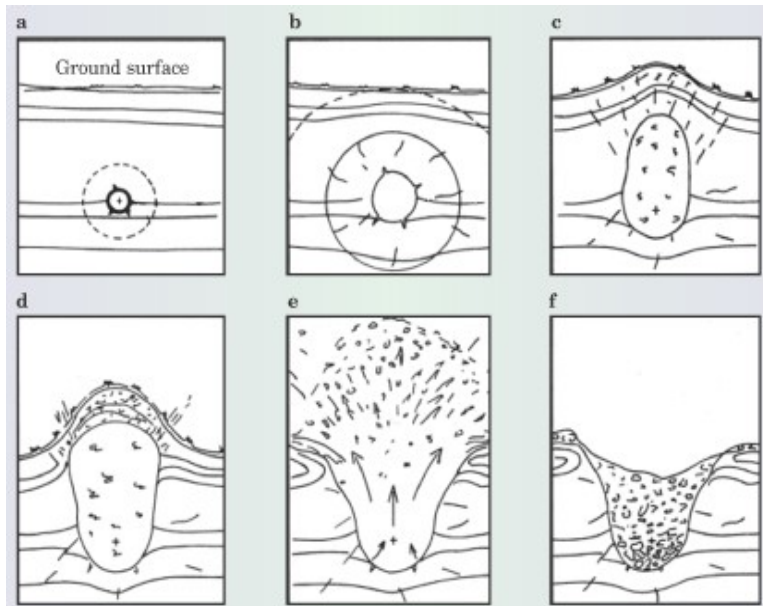
Ablauf einer Nuklearuntergrundexplosion

- Sofortige Verdampfung des Gesteins um den Sprengkopf herum
- Entstehung von extrem hohen Temperaturen in der so entstandenen Höhle
- Drücke von mehreren Millionen Bar
- Die Höhle expandiert und setzt eine seismische Schockwelle frei
- Ist die Explosion nicht tief genug, wirbelt sie eine große Menge radioaktiven Staub auf und es entsteht ein großer Krater

Ablauf einer Nuklearuntergrundexplosion

- Sofortige Verdampfung des Gesteins um den Sprengkopf herum
- Entstehung von extrem hohen Temperaturen in der so entstandenen Höhle
- Drücke von mehreren Millionen Bar
- Die Höhle expandiert und setzt eine seismische Schockwelle frei
- Ist die Explosion nicht tief genug, wirbelt sie eine große Menge radioaktiven Staub auf und es entsteht ein großer Krater

Krater



Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- **Es gibt keinen Fallout**
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

minimale Tiefe ohne Fallout

Die benötigte Tiefe, um eine unterirdische Nuklearexplosion ohne Fallout zu erhalten, hängt ab von

- der Stärke,
- Porosität und
- der Versieglungsfähigkeit des Gesteins, sowie
- dem Grundwasserspiegel

minimale Tiefe ohne Fallout

Die benötigte Tiefe, um eine unterirdische Nuklearexplosion ohne Fallout zu erhalten, hängt ab von

- der Stärke,
- Porosität und
- der Versieglungsfähigkeit des Gesteins, sowie
- dem Grundwasserspiegel

minimale Tiefe ohne Fallout

Die benötigte Tiefe, um eine unterirdische Nuklearexplosion ohne Fallout zu erhalten, hängt ab von

- der Stärke,
- Porosität und
- der Versieglungsfähigkeit des Gesteins, sowie
- dem Grundwasserspiegel

minimale Tiefe ohne Fallout

Die benötigte Tiefe, um eine unterirdische Nuklearexplosion ohne Fallout zu erhalten, hängt ab von

- der Stärke,
- Porosität und
- der Versieglungsfähigkeit des Gesteins, sowie
- dem Grundwasserspiegel

Untergrundwasserspiegel

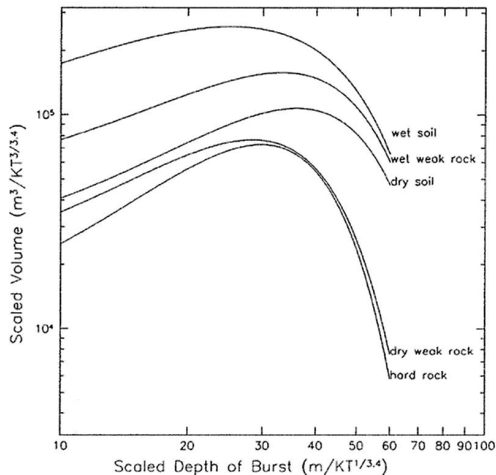


Figure 4: Scaled volume of the *apparent* crater produced by a buried nuclear explosion as a function of the scaled depth of burst $D/\text{KT}^{1/3.4}$. The craters are largest in soil or weak wet rock, and peak at scaled depths of 30–40 $\text{m}/\text{KT}^{1/3.427}$. The diameter and depth of the crater are related to the apparent volume by $R_a = 1.2V_a^{1/3}$ and $D = 0.5V_a^{1/3}$. A 1 kiloton explosion detonated at a depth of 30 m would produce a crater of radius $R_a \approx 55$ m—more than a football field in diameter.

minimale Tiefe ohne Fallout

Die benötigte Tiefe, um eine unterirdische Nuklearexplosion ohne Fallout zu erhalten, hängt ab von

- der Stärke,
- Porosität und
- der Versieglungsfähigkeit des Gesteins, sowie
- dem Untergrundwasserspiegel

Die minimal Tiefe liegt (empirisch ermittelt) bei einer Tiefe D von:

$$D \simeq 92 \left(\frac{Y}{kt} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ m} \quad (9)$$

minimale Tiefe ohne Fallout

Dies war auch die frühere Grenze für unterirdische Nuklearexplosionen auf der Nevada Test Site, da es jedoch bei der Tiefe mehrmals zum Fallout kam, wurde die Grenze dort auf $D = 122 \left(\frac{Y}{kt}\right)^{\frac{1}{3}}$ m erhöht.

$$D \geq 92 \cdot 0.1^{\frac{1}{3}} = 42.7\text{m} \quad (10)$$

Eine Nuklearexplosion mit der Sprengenergie von 0.1 kt müßte somit 43 Meter unter der Erde zur Explosion gebracht werden, damit keine Strahlung austreten kann.

Das Minimum auf der NTS liegt bei 185 Meter.

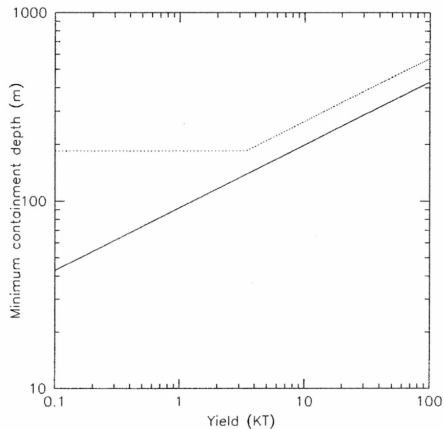


Figure 3: Minimum depth of burial (solid line) required to contain an underground nuclear explosion. A more restrictive criterion (dashed line) is actually used at the U.S. Nevada Test Site.

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- **Es gibt keinen Fallout**
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Die Daten über Krater kommen von den "Plowshare Tests", welche zum Ziel hatten, neue Kanäle oder Häfen zu bauen (\Rightarrow Teller).

Table 2: Data from Plowshares excavation experiments^{20,28,29} (Note that even very low-yield explosions produce substantial craters. F_C is the fraction of gamma activity produced by the fission yield and appearing in the close-in fallout. F_C is normalized to 3380 rad/hr per kiloton of fission yield per square mile at one hour after detonation, with a terrain shielding factor of 0.8).

Plowshares cratering explosions				
Event	Yield (KT)	Burial depth (m)	Crater radius (m)	Activity fraction F_C
Danny Boy	0.43	34	33	0.04
Sedan	104	195	188	0.1
Palanquin	4.3	82	37	—
Cabriolet	2.3	53	56	—
Schooner	35	109	131	—
Teapot ESS	67	34	45	0.46
Neptune	0.1	30	31	0.005
Jangle U	1.2	5.2	80	0.64
Jangle S	1.2	0	—	0.5
Blanca	19	257		0.0005

Krater

- Explosionen, die bei geringerer als der minimalen Tiefe zur vollständigen Versiegelung liegen, produzieren Krater.
- 10% - 50% der Masse des Kraters wird zum radioaktiven Fallout
- Weiterhin werden starke Bodenwellen ausgesendet, welche Gestein jedoch elastisch weiterleitet
- Dadurch können kleine Kernwaffen nur Schaden anrichten, wenn sie sehr nahe detonieren

Krater

- Explosionen, die bei geringerer als der minimalen Tiefe zur vollständigen Versiegelung liegen, produzieren Krater.
- 10% - 50% der Masse des Kraters wird zum radioaktiven Fallout
- Weiterhin werden starke Bodenwellen ausgesendet, welche Gestein jedoch elastisch weiterleitet
- Dadurch können kleine Kernwaffen nur Schaden anrichten, wenn sie sehr nahe detonieren

Krater

- Explosionen, die bei geringerer als der minimalen Tiefe zur vollständigen Versiegelung liegen, produzieren Krater.
- 10% - 50% der Masse des Kraters wird zum radioaktiven Fallout
- Weiterhin werden starke Bodenwellen ausgesendet, welche Gestein jedoch elastisch weiterleitet
- Dadurch können kleine Kernwaffen nur Schaden anrichten, wenn sie sehr nahe detonieren

Krater

- Explosionen, die bei geringerer als der minimalen Tiefe zur vollständigen Versiegelung liegen, produzieren Krater.
- 10% - 50% der Masse des Kraters wird zum radioaktiven Fallout
- Weiterhin werden starke Bodenwellen ausgesendet, welche Gestein jedoch elastisch weiterleitet
- Dadurch können kleine Kernwaffen nur Schaden anrichten, wenn sie sehr nahe detonieren

Krater

Sehr große Zerstörung kann nur innerhalb des Radius

$$R \simeq 56 \left(\frac{Y}{kt} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ m ,} \quad (11)$$

erreicht werden, sofern die Bombe in der Tiefe für einen möglichst großen Krater explodiert.

Krater II I

Die optimale Tiefe liegt bei

$$30 \frac{Y}{kt}^{\frac{1}{3}} \text{ m.} \quad (12)$$

Ein Sprengkopf mit einer Stärke von mehr als 3 kt Sprengenergie, in einer Tiefe von ca. 40 Meter, würde benötigt, um Strukturen zu zerstören, welche 100 Meter tief liegen. Dabei entsteht jedoch ein Krater von 80 Meter Radius und 30 Meter Tiefe. Weiterhin würde viel Strahlung austreten.

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- **Der "Kollateralschaden" ist nur gering**
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Fallout

Nuklearexplosionen, welche unter der Erde oder auf dem Erdboden stattfinden, haben einen viel höheren lokalen Fallout

- Bei Bodenexplosionen aktivieren die frei werdenden Neutronen den Erdboden in der Nähe der Explosion
- Die nicht ganz so hohe Staubwolke trägt diesen sehr stark strahlenden Staub in die Luft.
- Die Staubpartikel von diesen Explosionen sind größer, als von Explosionen in der Luft und fallen daher schneller auf den Boden.

Somit werden die Menschen in den umliegenden Gebieten sofort einer sehr hohen Strahlendosis ausgesetzt. Das Gebiet beträgt selbst bei "kleinen Kernwaffen" mehrere km^2 .

Anzahl der Strahlungsschäden

Die Anzahl der Todesopfer hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab.

- Bevölkerungsdichte,
- lokalem Terrain,
- von den Wetterbedingungen,
- von der Zeit bis zur Evakuierung und
- der Strahlungsdosis.

Anzahl der Strahlungsschäden

Die Anzahl der Todesopfer hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab.

- Bevölkerungsdichte,
- lokalem Terrain,
- von den Wetterbedingungen,
- von der Zeit bis zur Evakuierung und
- der Strahlungsdosis.

Anzahl der Strahlungsschäden

Die Anzahl der Todesopfer hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab.

- Bevölkerungsdichte,
- lokalem Terrain,
- von den Wetterbedingungen,
- von der Zeit bis zur Evakuierung und
- der Strahlungsdosis.

Anzahl der Strahlungsschäden

Die Anzahl der Todesopfer hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab.

- Bevölkerungsdichte,
- lokalem Terrain,
- von den Wetterbedingungen,
- von der Zeit bis zur Evakuierung und
- der Strahlungsdosis.

Anzahl der Strahlungsschäden

Die Anzahl der Todesopfer hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab.

- Bevölkerungsdichte,
- lokalem Terrain,
- von den Wetterbedingungen,
- von der Zeit bis zur Evakuierung und
- der Strahlungsdosis.

Anzahl der Strahlungsschäden

Trotzdem kann man aufgrund der Tests sagen, dass jeder innerhalb des Gebiets von $3 \cdot \left(\frac{Y}{kt}\right)^{0.6} km^2$, welches von der radioaktiven Wolke überflogen wird, eine tödliche Strahlendosis erhöht.

Bei einer typischen Bevölkerungsdichte einer großen Stadt, eines Dritten-Welt-Landes, von $6000/km^2$ würde eine 1-kt-Bombe mehrere Tausend Bewohner töten.

Anzahl der Strahlungsschäden

Die meiste Strahlung wird aufgenommen, bevor eine Stadt evakuiert werden kann.

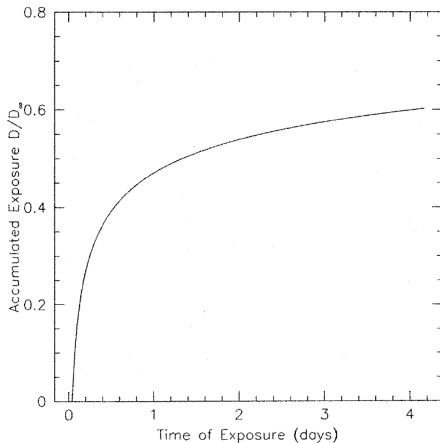


Figure 8: The total radiative dose as a function time since deposition (Eq. 13). Most of the cumulative dose occurs within the first 24 hours, before the bulk of any urban population could evacuate.

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- **Der "Kollateralschaden" ist nur gering**
- Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden

Vorgebrachte Gründe für EPW

- EPW können unterirdische Ziele in großer Tiefe (Führungsbunker, Lagerstätten) zerstören
- Es gibt keinen Fallout
- Der "Kollateralschaden" ist nur gering
- **Es können biologische und chemische Waffen vernichtet werden**

Biologische und Chemische Waffen

Welche Idee steckt dahinter?

Die hohen Temperaturen bei Nuklearexplosionen von mehreren Millionen Kelvin sowie die starke Strahlung können gegen VX-Nervengas oder Anthrax eingesetzt werden. Sie sollen die Waffen vernichten, bevor diese benutzt werden können.

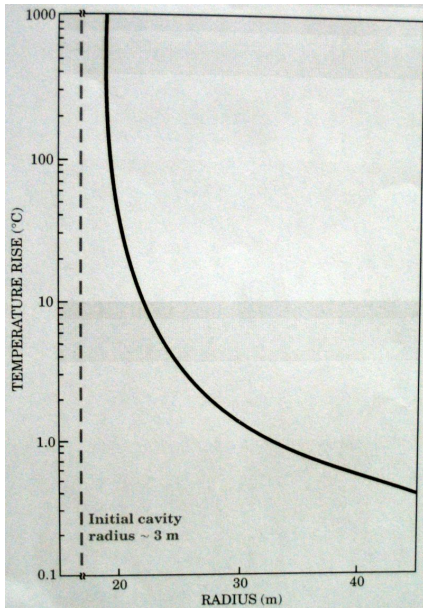
Biologische und Chemische Waffen

- Das Volumen des Kraters beträgt $10^5 \cdot \left(\frac{Y}{kt}\right) m^3$
- Das ergibt eine Masse von grob $2 \cdot 10^8 \left(\frac{Y}{kt}\right) kg$
- Verteilt man die Sprengenergie von $10^{12} \left(\frac{Y}{kt}\right)$ Kalorien gleichmäßig auf die Masse, so erhält man eine Temperaturdifferenz von nur 5 - 10 K.

Die Temperatur reicht also nur aus, sofern die Explosion unmittelbar an der Lagerstätte erfolgt.

Der Radius um Stein zu schmelzen beträgt $4 \cdot \left(\frac{Y}{kt}\right)^{\frac{1}{3}} m$.

Biologische und Chemische Waffe



Biologische und Chemische Waffen

- Da die Dichte von Erde und Stein etwa 2000 mal größer als die der Luft ist, hat die Strahlung einer sehr viel geringere Reichweite.
- Die meisten Neutronen und Gammastrahlung werden innerhalb von ein paar Metern absorbiert.

Somit muss die Lagerstätte auch unmittelbar in Reichweite sein, damit die Waffen zerstört werden können.

Seismische Wellen I

- Wenig Energie wird in weitreichende seismische Wellen übertragen
- Dennoch können naheliegende Ziele dadurch zerstört werden
- Die meisten Gebäude haben eine Resonanzfrequenz zwischen 5 und 10 Hertz
- Größter Schaden in diesem Bereich
- starker Schaden tritt ein ab ca. 0.1 g
- totale Zerstörung ab ca. 1 g

Seismische Wellen II

Empirische Daten zeigen uns eine Abhängigkeit von

$$a \sim \frac{(2 - 10) \left(\frac{Y}{kt}\right)^{0.7}}{R^{-2}} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2 \cdot \text{km}^2} \quad (13)$$

Somit werden Gebäude innerhalb eines Radius von $R \leq 0.5 \left(\frac{Y}{kt}\right)^{0.35}$ km komplett zerstört und große Schäden innerhalb von $R \leq 2 \left(\frac{Y}{kt}\right)^{0.35}$ km erwirkt.

Ergebnis

Sind EPW eine Alternative?

- Können nicht tief genug eindringen, um den radioaktiven Fallout einzudämmen
- die lokale Bevölkerung wird einer stärkeren Strahlenbelastung ausgesetzt
- Sie zerstören mit weniger Sprengenergie gleich tiefliegende Strukturen

Eine Alternative kann man sie nicht nennen, da sie eine ähnlich verheerende Wirkung haben, wie die "großen" Nuklearwaffen.

Ergebnis

Sind EPW eine Alternative?

- Können nicht tief genug eindringen, um den radioaktiven Fallout einzudämmen
- die lokale Bevölkerung wird einer stärkeren Strahlenbelastung ausgesetzt
- Sie zerstören mit weniger Sprengenergie gleich tiefliegende Strukturen

Eine Alternative kann man sie nicht nennen, da sie eine ähnlich verheerende Wirkung haben, wie die "großen" Nuklearwaffen.

Ergebnis

Sind EPW eine Alternative?

- Können nicht tief genug eindringen, um den radioaktiven Fallout einzudämmen
- die lokale Bevölkerung wird einer stärkeren Strahlenbelastung ausgesetzt
- Sie zerstören mit weniger Sprengenergie gleich tiefliegende Strukturen

Eine Alternative kann man sie nicht nennen, da sie eine ähnlich verheerende Wirkung haben, wie die "großen" Nuklearwaffen.

Zeitlicher Ablauf - B61-11 I

- November 1993: Verbot der Entwicklung von sogenannten "mininukes" vom Kongress in den USA
- Juli 1995: Erste Erwähnung in einer Radiodebatte, dass man auf der Suche für eine Nachfolge der B53 ist.
- September 1995: In einer Fußnote eines Berichts dreier Nuklearwaffenlabors Erwähnung, dass es eine Modifikation der B61 wird
- Veranschlagte Zeit für die (Weiter-)Entwicklung: 2 Jahre
- 1997: Die B61-7 werden zu B61-11 modifiziert, welche eine Sprengenergie zwischen 1 und 300 kt besitzen. Somit sind sie keine neue Entwicklung und auch keine "mini-nuke"!

Zeitlicher Ablauf - B61-11 II

- 2003: Aufhebung des Verbots zur Entwicklung von Mini-nukes, dafür Verbot der Tests und Herstellung solcher

Tricks zum Umgehen des Verbots

Die Neuentwicklung und Herstellung von "kleinen Kernwaffen" ist verboten.

Da die Neuentwicklung verboten ist, werden bestehende Bomben einfach modifiziert. So geschehen mit der B61-11, welche auf der B61-7 basiert. Weiterhin kann man die B61-11 nicht als "kleine Kernwaffe" ansehen, da die Sprengenergie variabel zwischen 1 kt und 350 kt liegt.

"Anwendungen"

- April 1996: Sprecher des Pentagon, unter anderem Dr. Smith, bedrohten Libyen mit der Einsatzmöglichkeit der B61-11, eine unterirdische Chemiefabrik, 60 km südlich von Tripoli, vernichten zu können.
- Die USA versichern seit 1978, niemals Nuklearwaffen gegen Mitglieder des "Nuclear Non-Proliferation Treaty" einzusetzen, sofern keine Kriegshandlungen vorliegen.
- 12 Tage bevor Smith diese Drohung macht, unterzeichnen die USA den "African Nuclear Weapons Free Zone Treaty", in welchem die USA versichern, keine dieser Staaten mit Nuklearwaffen zu bedrohen. Zu den Staaten gehört auch Libyen.
- Nachdem dies große Wellen im Senat schlug, wurde die Drohung zurückgenommen. Die B61-11 wurde natürlich weiterentwickelt.

"Anwendungen"

- April 1996: Sprecher des Pentagon, unter anderem Dr. Smith, bedrohten Libyen mit der Einsatzmöglichkeit der B61-11, eine unterirdische Chemiefabrik, 60 km sdlich von Tripoli, vernichten zu können.
- Die USA versichern seit 1978, niemals Nuklearwaffen gegen Mitglieder des "Nuclear Non-Proliferation Treaty" einzusetzen, sofern keine Kriegshandlungen vorliegen.
- 12 Tage bevor Smith diese Drohung macht, unterzeichnen die USA den "African Nuclear Weapons Free Zone Treaty", in welchem die USA versichern, keine dieser Staaten mit Nuklearwaffen zu bedrohen. Zu den Staaten gehört auch Libyen.
- Nachdem dies große Wellen im Senat schlug, wurde die Drohung zurückgenommen. Die B61-11 wurde natürlich weiterentwickelt.

"Anwendungen"

- April 1996: Sprecher des Pentagon, unter anderem Dr. Smith, bedrohten Libyen mit der Einsatzmöglichkeit der B61-11, eine unterirdische Chemiefabrik, 60 km südlich von Tripoli, vernichten zu können.
- Die USA versichern seit 1978, niemals Nuklearwaffen gegen Mitglieder des "Nuclear Non-Proliferation Treaty" einzusetzen, sofern keine Kriegshandlungen vorliegen.
- 12 Tage bevor Smith diese Drohung macht, unterzeichnen die USA den "African Nuclear Weapons Free Zone Treaty", in welchem die USA versichern, keine dieser Staaten mit Nuklearwaffen zu bedrohen. Zu den Staaten gehört auch Libyen.
- Nachdem dies große Wellen im Senat schlug, wurde die Drohung zurückgenommen. Die B61-11 wurde natürlich weiterentwickelt.

"Anwendungen"

- April 1996: Sprecher des Pentagon, unter anderem Dr. Smith, bedrohten Libyen mit der Einsatzmöglichkeit der B61-11, eine unterirdische Chemiefabrik, 60 km südlich von Tripoli, vernichten zu können.
- Die USA versichern seit 1978, niemals Nuklearwaffen gegen Mitglieder des "Nuclear Non-Proliferation Treaty" einzusetzen, sofern keine Kriegshandlungen vorliegen.
- 12 Tage bevor Smith diese Drohung macht, unterzeichnen die USA den "African Nuclear Weapons Free Zone Treaty", in welchem die USA versichern, keine dieser Staaten mit Nuklearwaffen zu bedrohen. Zu den Staaten gehört auch Libyen.
- Nachdem dies große Wellen im Senat schlug, wurde die Drohung zurückgenommen. Die B61-11 wurde natürlich weiterentwickelt.

Colin Powell - März 2002

Zitat:

"There is also an aspect of the story saying we're getting ready to develop new nuclear weapons. **We are not.** What we are looking at, and what we have tasked the Pentagon to do, is to see whether or not within our lowered inventory levels we **might want to modify or update or change some of the weapons** in our inventory to make them more effective. But we are not developing brand new nuclear weapons, and we are not planning to undergo any testing. So I want to make sure we don't get the international community upset by what is essentially sound conceptual planning on the part of the administration." - Colin Powell in CBS's Face the Nation am 10.3.2002

Kongressdiskussionen

Es sollten 15 Mio. Dollar pro Jahr investiert werden (2003-2005)

2003 wurden 15 Millionen Dollar gezahlt, 2004 wurden nach einer langen Diskussion die Mittel auf 7,5 Millionen Dollar gekürzt.

War der Artikel von Robert Nelson ein Grund dafür?

Kleine Kernwaffen und EPW

Kleine Kernwaffen senken die Hemmschwelle zum Einsatz (Libyen),
führen jedoch zu keiner Verringerung der Schäden.

Literatur

- R. Nelson: "Nuclear Bunker Busters, Mini-Nukes, and the US Nuclear Stockpile", *Science and Global Security*, 10:1-20, 2002
- R. Nelson: "Low-Yield Earth-Penetrating Nuclear Weapons", *F.A.S.*, Volume 54, Number 1, 2001
- Nuclear Weapons Databook, Volume I, U.S. Nuclear Forces and Capabilities, 1984

Webseiten

- <http://nuclearweaponarchive.org/> - Stand 5 Dezember 2005
- <http://johnstonsarchive.net/nuclear/wrjp164-04.html> - Stand 5 Dezember 2005
- http://www.nukewatch.org/facts/nwd/A_Summary.pdf - Stand 7 Dezember 2005
- <http://www.physicstoday.org/vol-56/iss-11/p32.html> - Stand 7 Dezember 2005
- <http://www.wws.princeton.edu/ota/disk1/1989/8909/8909.PDF>
- <http://brook.edu/dybdocroot/FP/PROJECTS/NUCW/COST/lasg.htm>,
Los Alamos Study Group - Stand 7 Dezember 2005
- http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=jf03norris

Bilder

- Folie 34,59,73, 76, 78, 93: R. Nelson: "Low-Yield Earth-Penetrating Nuclear Weapons", Science and Global Security, 10:1-20, 2002
- Folie 61, 64, 67, 98 R. Nelson: "Nuclear Bunker Busters, Mini-Nukes, and the US Nuclear Stockpile", Science and Global Security, 10:1-20, 2002
- Folie 41: <http://www.defensetech.org/images/B61-11.jpg>
- Folie 42:
http://www.nukestrat.com/graphics/B61-11_alaskadrops.jpg
- Folie 45:
http://www.globalsecurity.org/wmd/systems/images/b61_b-2.jpg
- Folie 48: R. Nelson: "Low-Yield Earth-Penetrating Nuclear Weapons", Science and Global Security, 10:1-20, 2002