

# Auswirkungen bei Kernwaffeneinsätzen

Rudolf Engelbrecht, Christian Katzlberger

**GESCHÄFTSFELD Strahlenschutz**

# Fragestellungen

## Konsequenzen für Messstellen in Österreich

Kernfrage:

Welche Auswirkungen hätte ein Kernwaffeneinsatz für das laborgestützte Messnetz

Unterschied zu KKW Unfall

Quellterm

Nuklide

Spaltprodukte  
vs.  
Aktivierungsprodukte

Isotopenverhältnisse

Mutter-Tochter-  
Systeme

Zeitliche Entwicklung

# Vorgehen

Bombentypen und Funktionsweise

Einsatzszenarien

Quellterm(e)

Ausbreitung (BMK)

Assessment eines möglichen Fallouts (Dosisrelevanz)

*Woher nimmt man die Information?*

# Vorgehen

## Woher nimmt man die Information?



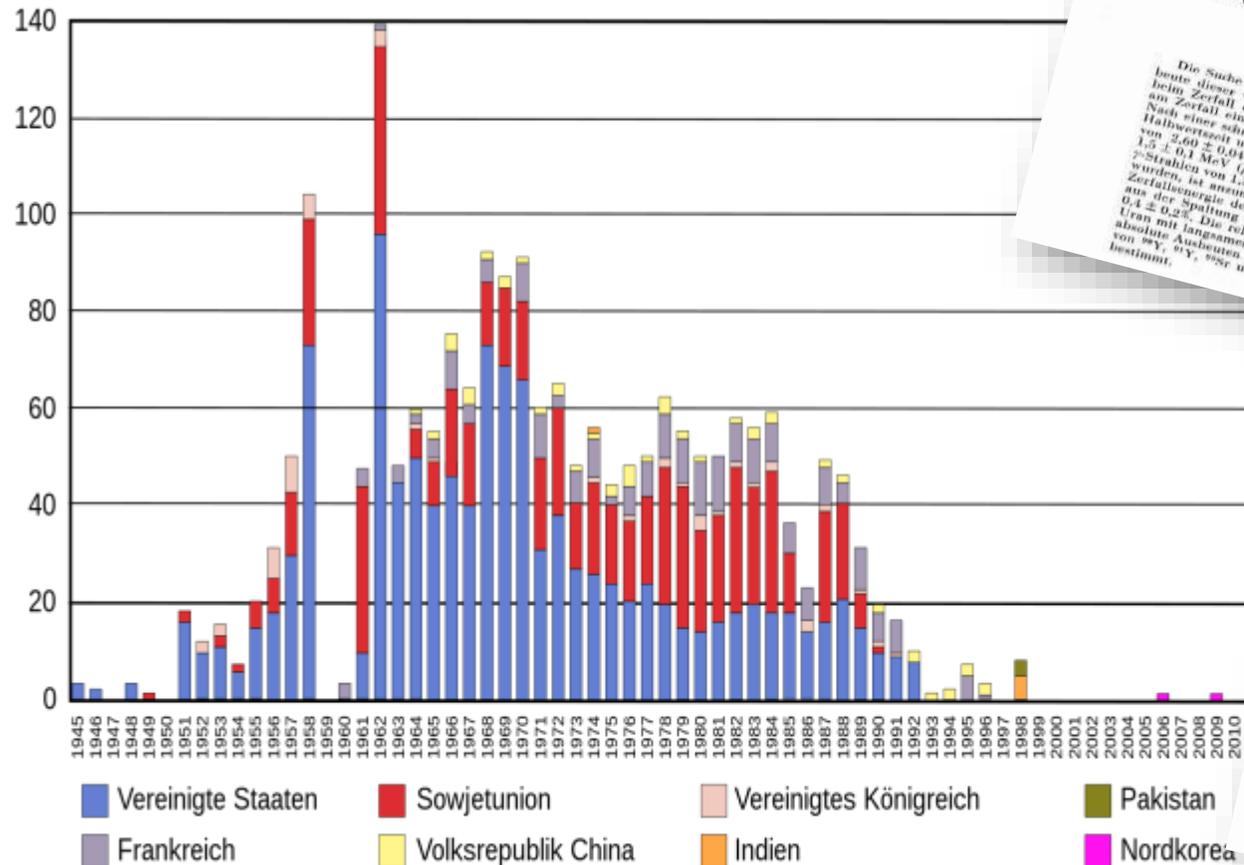
Quelle: Screenshot <https://tvthek.orf.at/history/>

# Vorgehen

## Literatur – Literatur - Literatur



Weltweite Nukleartests 1945 - 2018



Tests der USA seit 2017 declassified, Informationen frei zugänglich



FALLOUT AND RADIOLOGICAL COUNTERMEASURES

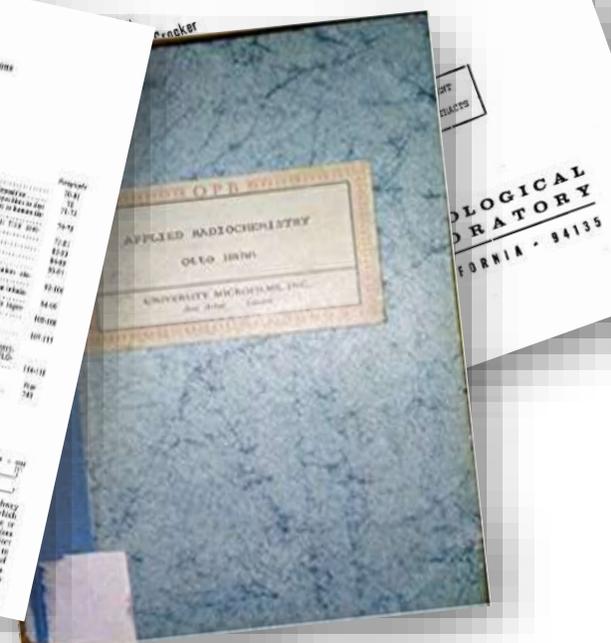
Über einige Strontium- und Yttriumisotope bei der [...]  
Von Günter Herrmann\* und Fritz Strassmann  
Aus dem Anorganisch-Chemischen Institut der Universität  
17. Naturforsch. H. 2, 516-521 (1958); eingegangen am 9. Sept.



PHYSICAL AND RADIOCHEMICAL PROPERTIES OF FALLOUT PARTICLES

ANNEX E  
Exposures resulting from nuclear explosions

Section	Page
INTRODUCTION	1
I. FALLOUT AND TRANSPORT OF RADIOACTIVE PARTICLES WITHIN THE CONTINENT	1
II. INTERNAL IRRADIATION	1
III. EXTERNAL IRRADIATION	1
IV. SUMMARY OF JUNE EXPOSURE DATA FROM NUCLEAR EXPLOSIONS	1



# Strategische und Taktische Nuklearwaffen der RF

## Einsatzszenarien

580 Kernwaffen  
für strategische Bomber  
(Marschflugkörper)

935 Kernwaffen  
für Seestreitkräfte

387 Kernwaffen  
für Luft- und  
Raketenabwehr



90 Kernwaffen  
für boden-gestützte  
Raketensysteme

500 Kernwaffen  
für Luftwaffe

1500 Kernwaffen  
noch zu zerlegen

200 Kernwaffen  
im Lager  
(SLBM)



600 Kernwaffen  
U-Boot-gestützte  
ballistische Raketen  
(SLBM)



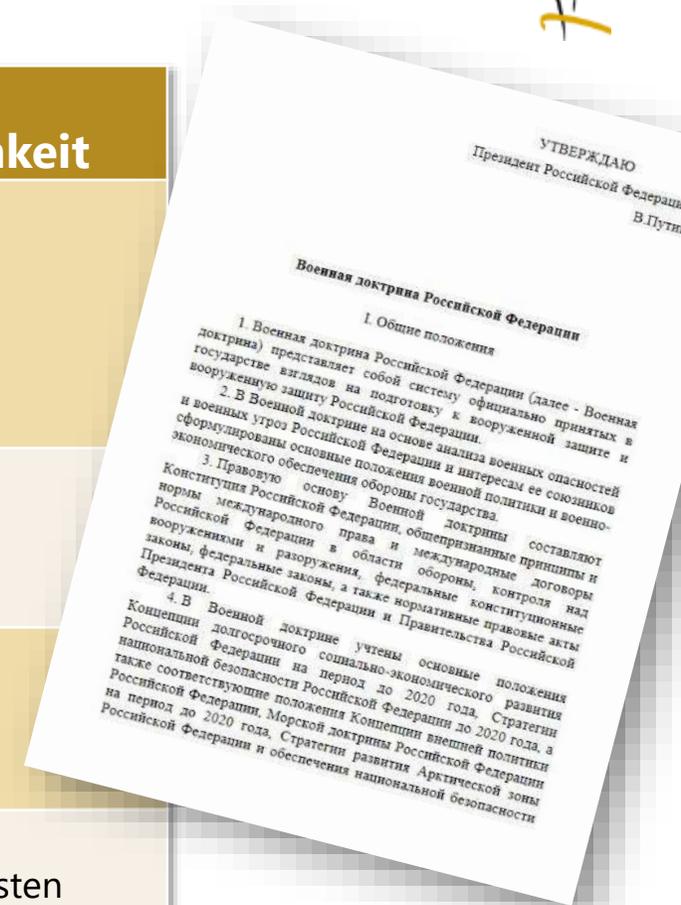
373 Kernwaffen  
im Lager für  
Interkontinentalraketen

812 Kernwaffen  
auf  
Interkontinentalraketen

# Warum?

## Mögliche Szenarien und ihre Wahrscheinlichkeit

Szenario	Charakteristika	Wahrscheinlichkeit
Eskalation zur Deeskalation (Russische Militärdoktrin, 2014, Punkte 16 u 18)	mehrere örtlich verteilt, zeitgleich, zB 9M728/9M729/RK55, Sprengkopf 200kT offizielle Reichweite 450km, lt Nato: 3000 bis 5500km, TEL stationiert Kapustin Yar (Volgograd), Uboote (ab Akula Klasse),	gering
Bedrohung der Existenz der Russischen Föderation (Russische Militärdoktrin, 2014, Punkt 27)	mehrere örtlich und zeitlich verteilt, System wie oben oder Iskander	steigend
Shock and Awe (Hiroshima-Nagasaki-Szenario)	mindestens 2 zeitversetzt, zB Kh-47M2 KINZHAL mit 100 - 200kT Fixsprengkopf, Reichweite lt RF 200km, lt Nato 1000km	steigend
Zerstörung von Nachschublinien	einzelne, bodennah; zB 9K720 Iskander, thermonuklearer 5 bis 50kT Fixsprengkopf*, Reichweite 2000km	am wahrscheinlichsten
Eskalation auf Natogebiet	mehrere Natostützpunkte zeitgleich, 50 bis mehrere hundert kT	derzeit gering



\*Sprengkopf fix mit der Trägerrakete verbunden, keine Mehrfachsprengköpfe möglich

Quellen: Kroenig, Russlands Nuklearstrategie gegenüber Europa; SIRIUS; 2018; und TASS

# Ein historisches Beispiel aus den USA (17.3.1953)

**Atomic Annie: 280mm Geschütz, Reichweite 12km, 15kt in 150m Höhe**

**Nevada National Security Site History**

## Atomic Annie

**Introduction**

On May 25, 1953, during the Operation Upshot-Knothole test series at the Nevada Test Site, now known as the Nevada National Security Site (NNSS), a milestone occurred in missile development. A 280-mm cannon, nicknamed Atomic Annie, fired the first and last nuclear projectile as part of the Grable test. The M1-0 artillery shell was propelled a distance of seven miles. It exploded in the air and had a yield of 15 kilotons (15,000 tons of TNT).

**Deployment**

Two 280-mm cannons were shipped by rail from Fort Sill, Oklahoma, to Las Vegas, Nevada, along with a twenty-eight inch artillery crane. The cannons were transported to the Nevada Test Site, about 45 miles northwest of Las Vegas, where crews spent a month conducting firing practice before the nuclear projectile was actually fired.

According to Charles Bell, an Army Driver at the time, "the two cannons were unboxed side by side just east of the Mercury Highway, about seven miles to the south of Primmman Flat. Prior to our arrival, engineers had bulldozed a packed dirt road to take the weight of the two cannons. That was one of the drawbacks of the 280-mm cannon. Because it weighed 55 tons, it could only be driven on normal roads, or prepared surfaces."

**Test Grable**

Grable was the sixth test of Operation Upshot-Knothole. The nuclear projectile was detonated at 5:30 a.m. (PDT) on May 25, 1953. The projectile descended 134 feet above Primmman Flat. It is the only nuclear device ever fired from a cannon. After the test, the cannons and gun crews returned to Fort Sill.



A 280 mm cannon nicknamed Atomic Annie fired a 15 kiloton nuclear projectile which descended 134 feet above Primmman Flat. The smaller mushroom cloud occurred seven miles to the north of the cannon.



One of the two 280 mm cannons that a practice round at the Nevada Test Site



Quelle: [https://www.nato.int/cps/en/natohq/declassified\\_138236.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/declassified_138236.htm)

# Ein historisches Beispiel aus den USA (19.7.1954)

F-89 Scorpion feuert Luft-Luft-Rakete, 2kT in 3000m Höhe



**On July 19, 1957,  
five men stood at Ground Zero of an  
atomic test that was being conducted at  
the Nevada Test Site.**

**This was the test of an air-to-air 2 KT  
nuclear missile which was detonated  
10,000 ft above their heads.**

**A tape recorder was present to  
record their experience.**

# Ein bisschen Bombenphysik

## Bombentypen

Kernspaltungsbombe auf  
Uran/Plutoniumbasis  
(Atombombe)

- Spaltprodukte proportional zur Sprengkraft (YIELD),

Zwei-Stufen-Kernwaffen (Teller-  
Ulam-Design H-Bombe oder  
geboosterte A-Bombe)

- im Verhältnis zu ihrer Sprengkraft weniger radioaktive Spaltprodukte, da ein großer Teil der Sprengkraft durch die Fusionsreaktion bereitgestellt wird.

Drei-Stufen-Kernwaffen mit  
Ummantelung aus  $^{238}\text{U}$

- Aufgrund ihrer Größe besonders viel Spaltprodukte.

Schmutzige Bombe (keine  
Kernwaffe im engeren Sinn,  
entspricht der *atomic bomb* von  
H.G. Wells)

- lokale Kontamination durch die beigesetzten radioaktiven Stoffe.

# Ein bisschen Bombenphysik

## Die kritische Masse hängt ab von

- dem verwendeten spaltbaren Material (Nuklid oder Nuklidgemisch)
- der Dichte und der Form des Objektes,
- der Anwesenheit von Moderatoren oder Neutronenabsorbierenden Substanzen
- und der Anwesenheit von Neutronenreflektoren um das Objekt.

Die Spaltung von 50 g <sup>235</sup>U setzt die Explosionsstärke von 1 kT frei.  
 Moderne Kernwaffen verwenden Beryllium bzw U-238 Reflektor



			30 cm Stahl Reflektor
			6,1
			83
			17,2
		5	3,74–4,01
	3,1	1,71	1,62
<sup>238</sup>	9,04–10,31	7,35	4,7
<b>Pu-239</b>	10	5,42–5,45	4,49
Pu-240	35,7–39,03	32,1–34,95	18,3–22,6
Pu-241	12,27–13,04	5,87–6,68	5,05–5,49
Pu-242	85,6	78,2	36,2–48,1

Quellen: IRSN; Evaluation of nuclear criticality safety data and limits for actinides in transport, 2014  
 Blanchard et al, Updated Critical Mass Estimates for Plutonium-238; WSRC-MS-99-00313

# Ein bisschen Bombenphysik

Quellterm in mehrere Kategorien unterteilbar



*Spaltprodukte*

*Unverbrannter Kernbrennstoff  
(z. B. U oder Pu)*

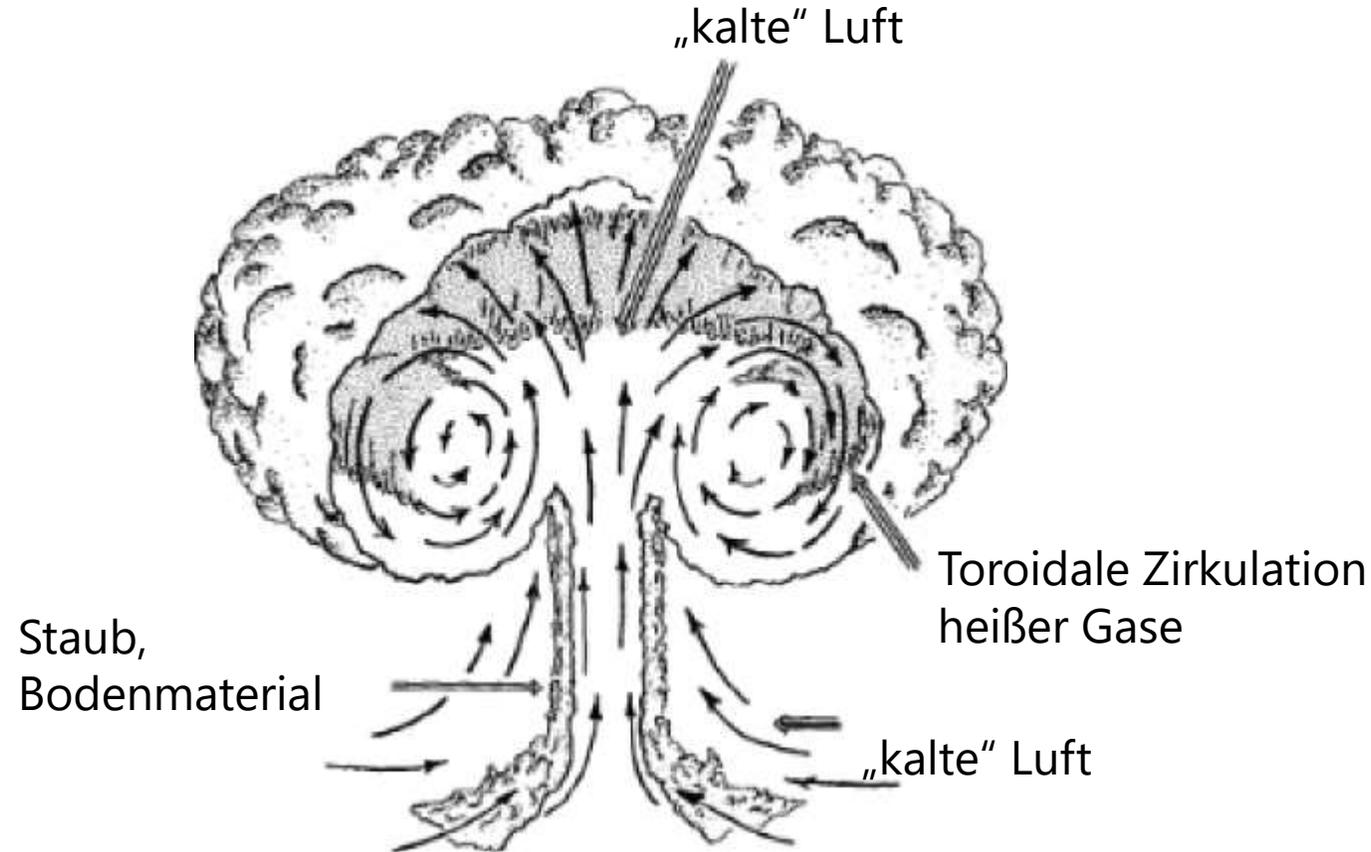
*Neutronenaktivierte  
Bombenkomponenten*

*Neutronenaktivierte Luft*

*Neutronenaktiviertes Erdreich oder Salze des Meerwassers in  
der Umgebung von Ground Zero*

# Ein bisschen Bombenphysik

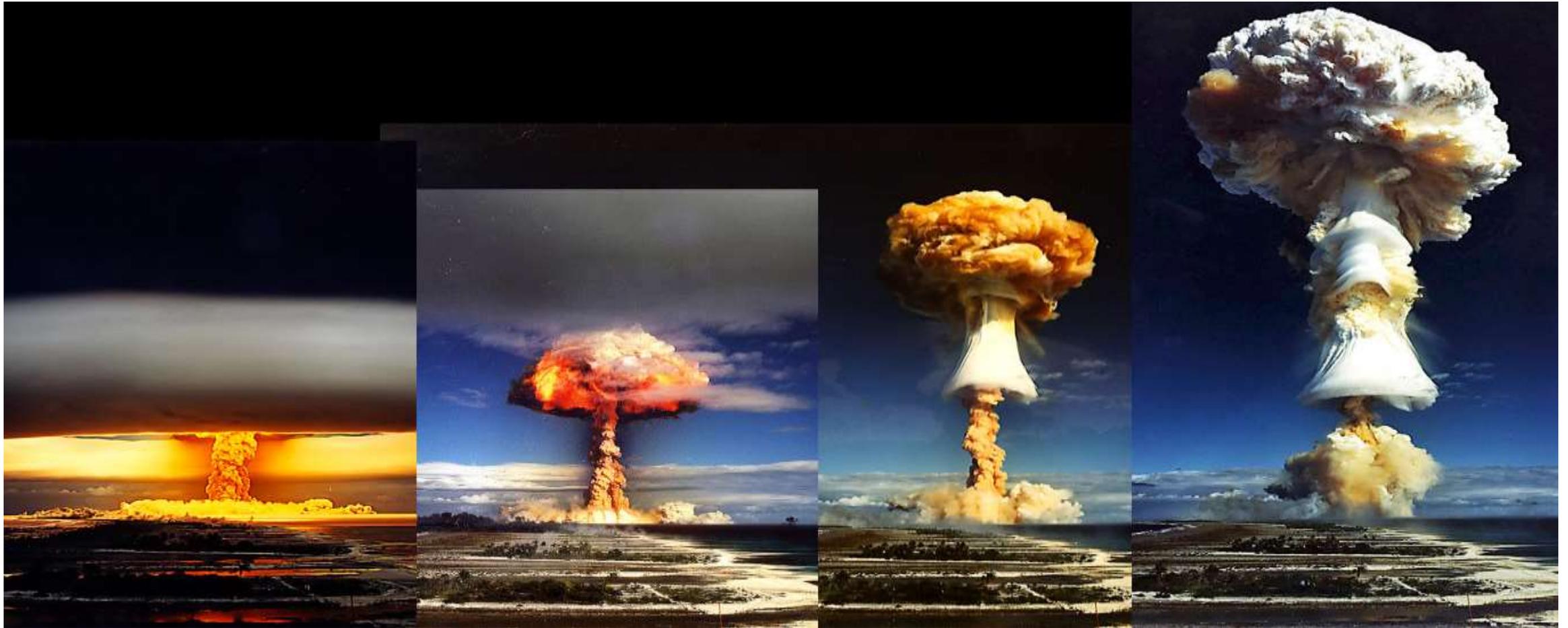
## Ausbildung des Pilzes bestimmt den nachfolgenden Fallout



Entstehung der Pilzwolke nach einer bodennahen Explosion

Quelle: Glasstone u Dolan, *The Effects of Nuclear Weapons*. (3 Ed). U.S. Government Printing Office. 1977)

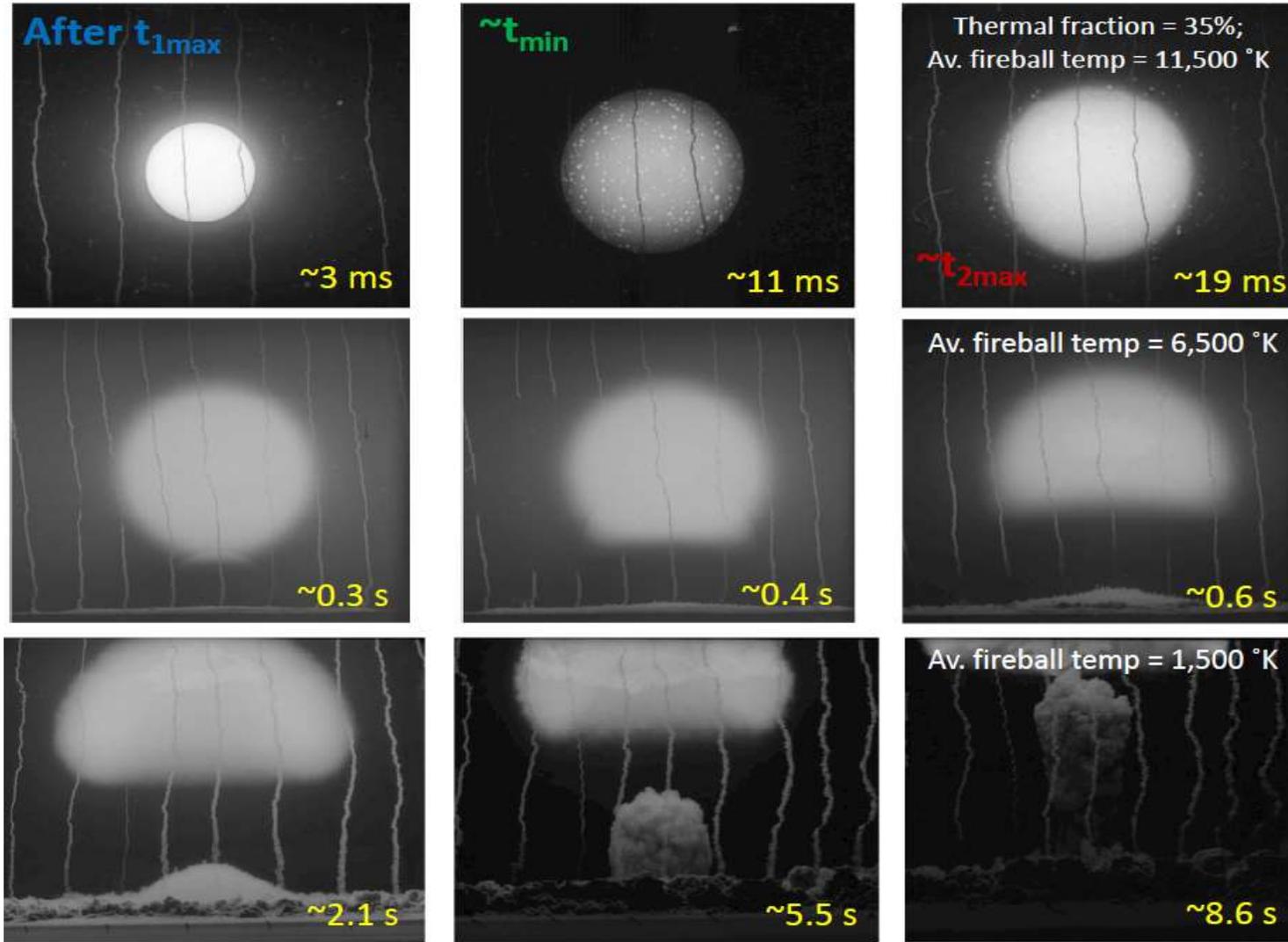
## Ausbildung des Pilzes bestimmt den nachfolgenden Fallout



Sequenz einzelner Phasen der Ausbildung des Pilzes eines Bombentests am Mururoa/Fangataufa Atoll

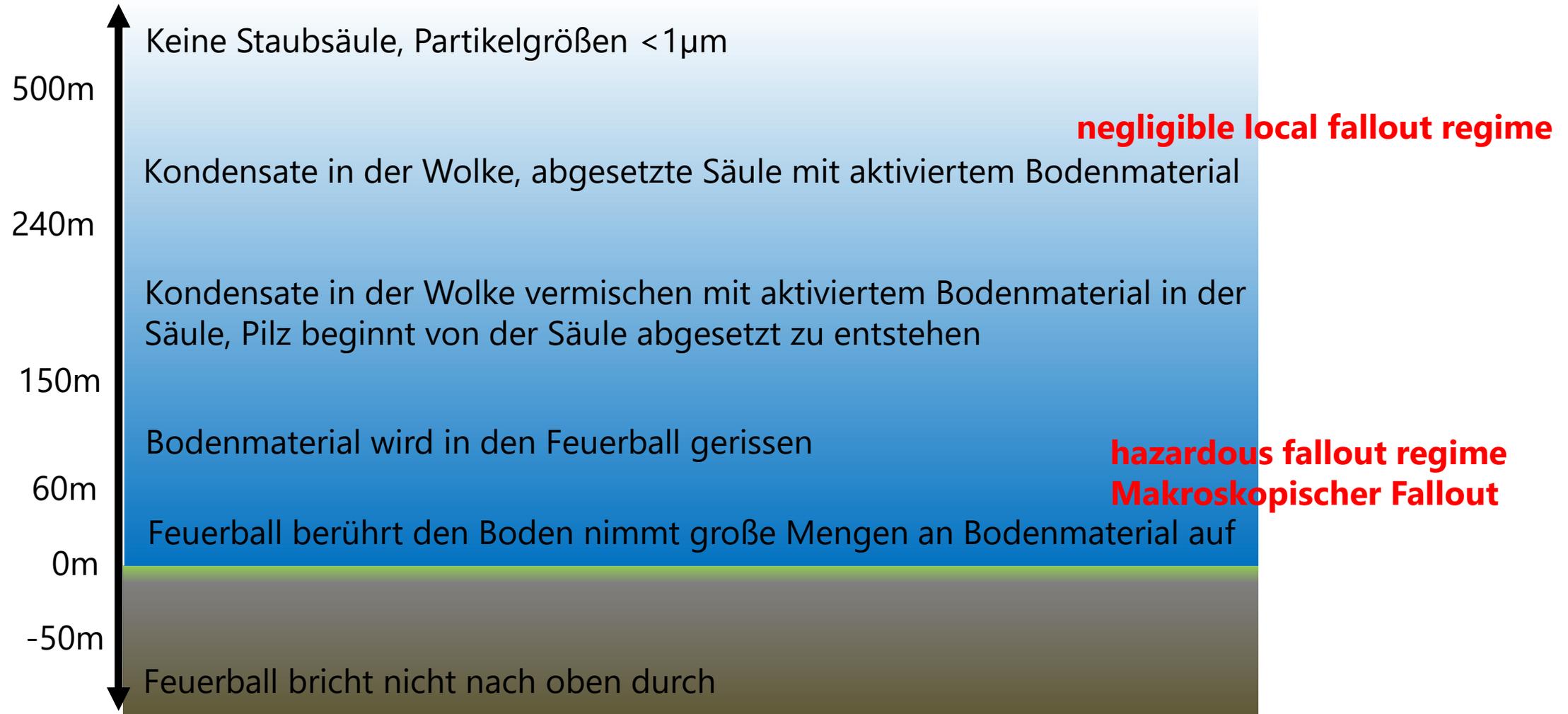
# Fallout – welche Nuklide entstehen

## Wettlauf von Zeit, Temperatur und Umgebung



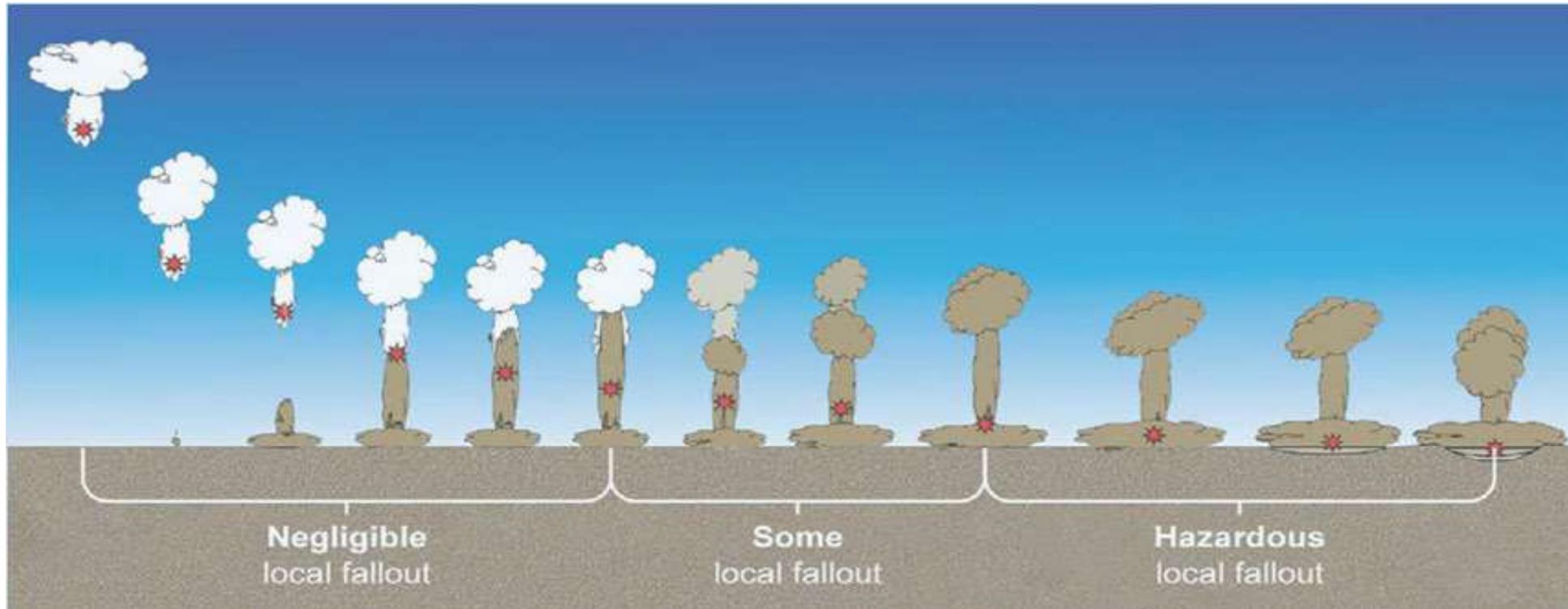
# Fallout

**Height of Burst (HOB) bestimmt die WW mit der Umgebung – 1kT**



# Fallout

Height of Burst (HOB) bestimmt die WW mit der Umgebung



Beispiele für Wolkenformen und Schattierungen für verschiedene HOB bei einer Detonation mit 1 kT. Die Farbe der Wolke zeigt die Menge an Umweltmaterialien, wie Schmutz, in der Wolke an, wobei braune Wolken die meisten und weiße Wolken die wenigsten Materialien enthalten (abgeleitet von Spriggs G. D. et al, 2020)

# Fallout

## Height of Burst (HOB) bestimmt die WW mit der Umgebung

Nicht nur Höhe, auch YIELD und Dichte der Luft sind ausschlaggebend:

### *SCALED HEIGHT OF BURST:*

$$SHOB = HOB * \left(\frac{\rho}{Y}\right)^{1/3}$$

Mit      HOB = Height of Burst  
          ρ     = Dichte der Luft  
          Y     = Stärke der Bombe in kT

### *Local fallout-free Grenze:*

$$FHOB = 55 * Y^{0,4}$$

Mit      Y = Stärke der Bombe in kT

Hiroshima: 167m                      (Zündhöhe: 600m)  
Nagasaki: 185m                        (Zündhöhe: 503m)

# Beispiel Hiroshima

## Height of Burst (HOB) bestimmt die WW mit der Umgebung

Little Boy

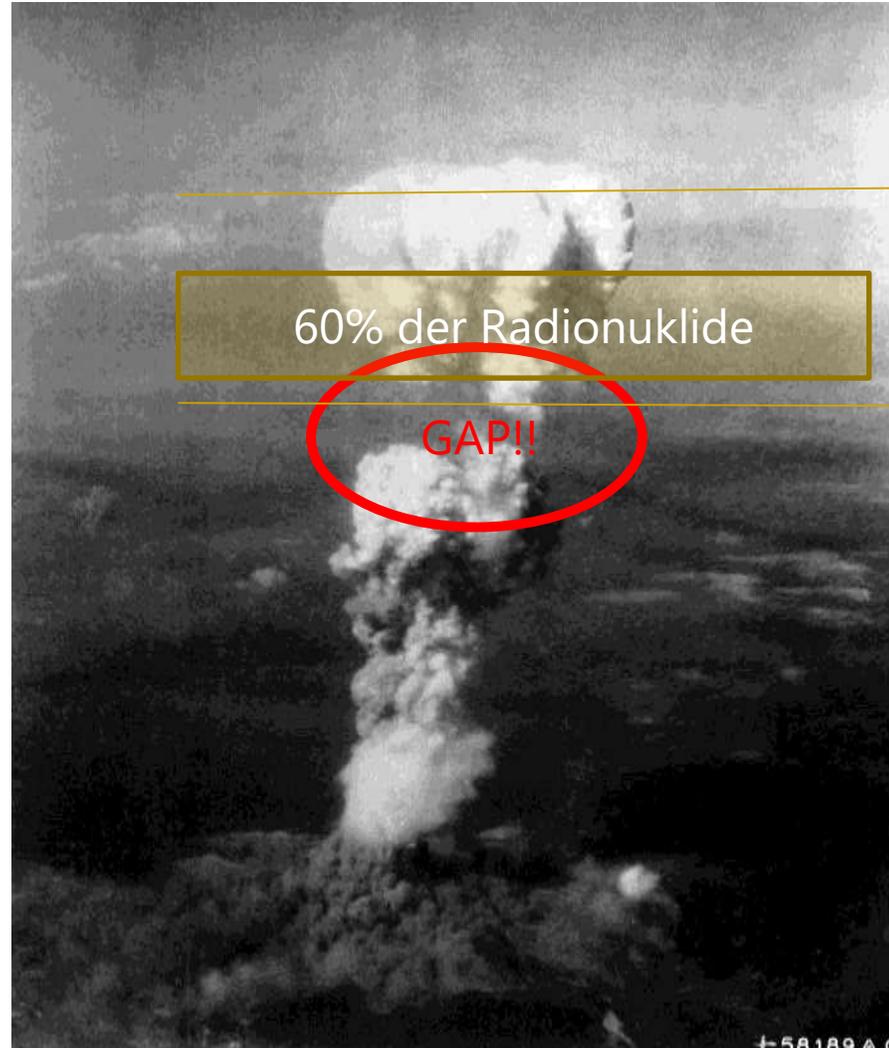
64 kg Uran mit einem Anteil von 80 %  $^{235}\text{U}$ .

ca. 650 g  $^{235}\text{U}$  gespalten  
geschätzte Stärke: 16 kT (Young, 2007)

Zündhöhe: ~600 m,

Dichte:  $1,11 \text{ kg/m}^3$

→ SHOB: 247 skalierte Meter



Stratosphäre

14 km

Cirrus Wolken

10 km

Stratocumulus Wolken

-> Wettergeschehen



# Die üblichen Verdächtigen

## Was wissen wir?

Radio-nuklid	Halbwertszeit	Organe/Gewebe bei Erwachsenen, die die höchste Dosis durch Ingestion erhalten	Organe/Gewebe bei Erwachsenen, die die höchste Dosis durch Inhalation erhalten
<sup>89</sup> Sr	50,6 d	Knochenhaut, Dickdarm, rotes Knochenmark	Knochenhaut, Dickdarm, rotes Knochenmark, Lunge
<sup>90</sup> Sr	28,9 a	Knochenhaut, Dickdarm, rotes Knochenmark	Dickdarm, Knochenhaut, rotes Knochenmark, Lunge
<sup>90</sup> Y	64,1 h	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>91</sup> Sr	9,65 h	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>91</sup> Y	58,5 d	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>92</sup> Sr	2,66 h	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>92</sup> Y	3,54 h	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>93</sup> Y	10,2 h	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>97</sup> Zr	16,7 h	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>97</sup> Nb	72,1 min	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>99</sup> Mo	66,0 h	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>99m</sup> Tc	6,0 h	Magenwand, Schilddrüse	Lunge, Dickdarm
<sup>103</sup> Ru	39,2 d	Blase, Magenwand, Dickdarm, Eierstöcke, rotes Knochenmark, Uterus	Dickdarm, Lunge
<sup>103m</sup> Rh	56,1 min	Magenwand, Dickdarm	Lunge, Magenwand
<sup>105</sup> Ru	4,4 h	Dickdarm, Magenwand	Lunge, Dickdarm
<sup>105</sup> Rh	35,4 h	Dickdarm	Lunge, Dickdarm
<sup>106</sup> Ru	372 d	Magenwand, Dickdarm	Dickdarm, Lunge

# Die üblichen Verdächtigen

## Was wissen wir?

Radio-nuklid	Halbwertszeit	Organe/Gewebe bei Erwachsenen, die die höchste Dosis durch Ingestion erhalten	Organe/Gewebe bei Erwachsenen, die die höchste Dosis durch Inhalation erhalten
<sup>132</sup> Te	3,20 d	Knochenhaut, Dickdarm, Schilddrüse, Eierstöcke	Knochenhaut, Dickdarm, Schilddrüse
<sup>132</sup> I	2,30 h	Schilddrüse	Schilddrüse
<sup>131</sup> I	8,03 d	Schilddrüse	Schilddrüse
<sup>133</sup> I	20,8 h	Schilddrüse	Schilddrüse
<sup>135</sup> I	6,58 h	Schilddrüse	Schilddrüse
<sup>137</sup> Cs	30,1 a	Alle	Alle
<sup>140</sup> Ba	12,8 d	Knochenhaut, Dickdarm, Eierstöcke	Dickdarm, Lunge
<sup>140</sup> La	1,68 d	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>141</sup> La	3,92 h	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>142</sup> La	91,1 min	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>143</sup> Ce	33,0 h	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>143</sup> Pr	13,6 d	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>144</sup> Ce	285 d	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>144</sup> Pr	17,3 min	Magenwand	Magenwand, Lunge
<sup>145</sup> Pr	5,98 h	Magenwand, Dickdarm	Magenwand, Dickdarm, Lunge
<sup>239</sup> Np	2,36 d	Dickdarm	Dickdarm, Lunge
<sup>239</sup> Pu	24100 a	Dickdarm	Lunge

# Nuklid- und Isotopenverhältnisse

## Was wissen wir?

Radionuklidzusammensetzung:

Die üblichen Verdächtigen analog zu Reaktorunfall

ABER:

Andere Nuklidverhältnisse

Reaktor: Cs-137:Sr-90 = 90:1

Cs-137:Cs-134 = 1,8:1 (nach 2 Jahren Reaktorlaufzeit)

Bombenfallout: Cs-137:Sr-90 = 1,6:1

Cs-137:Cs-134 = 100:1 (Größenordnung)

Teilchen mit hohem Schmelzpunkt:  
Partikelgröße: 0,4 – 4,0 µm von , zumeist gebunden an  
Eisenoxid oder Aluminiumoxid



Nahbereich (ca 100 km)

Leicht flüchtige Teilchen:  
Partikelgröße: <0,4 µm



Fernbereich

# Laborgestützte Überwachung

## Luftsammler im Detail



Innsbruck Snow White  
(Hochvolumensammler)

11 Standorte

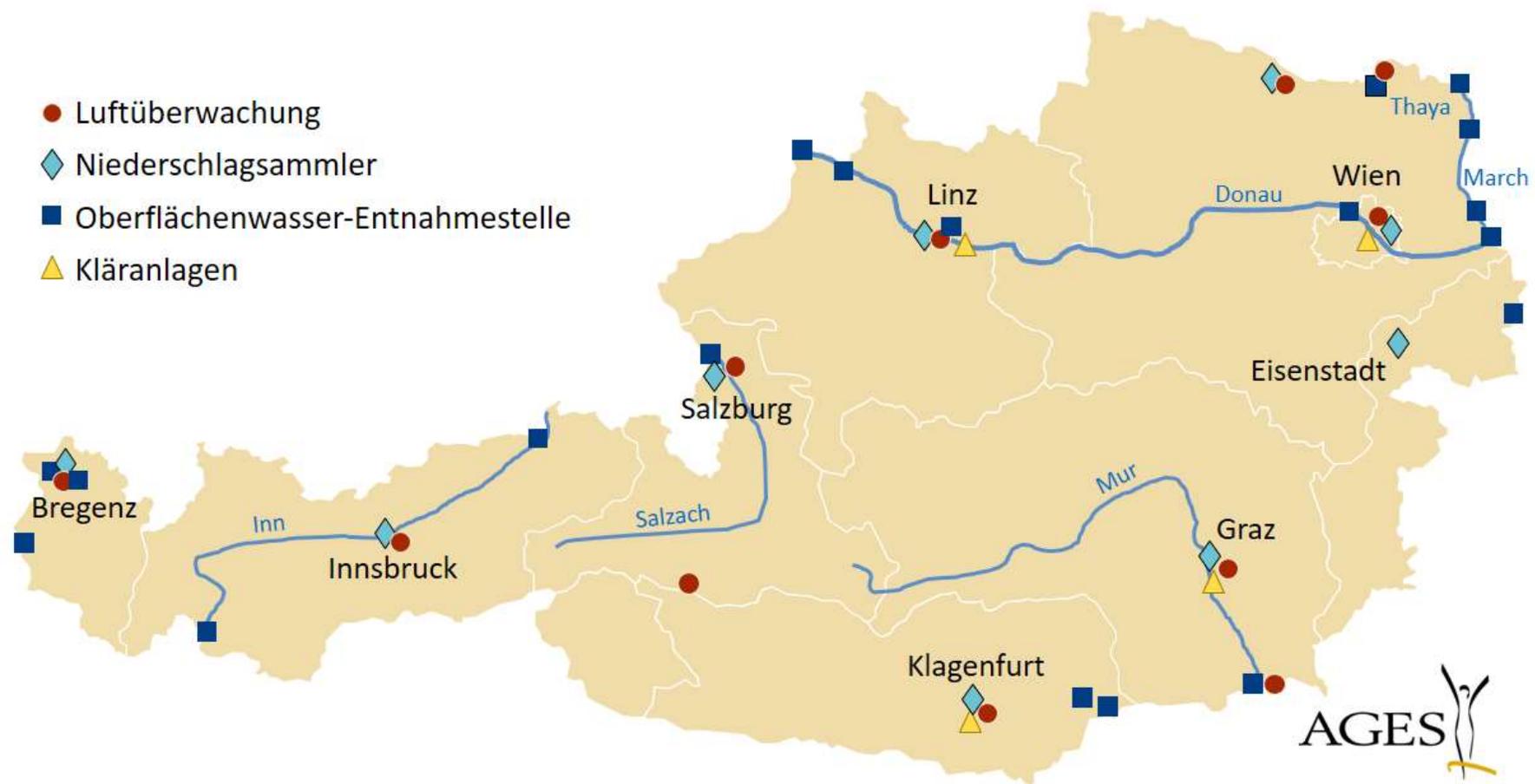
- Sammelintervall: wöchentlich (im Notfall kürzere Intervalle möglich)
- Sonnblick täglich



Wien Luftsammler & Niederschlagsammler

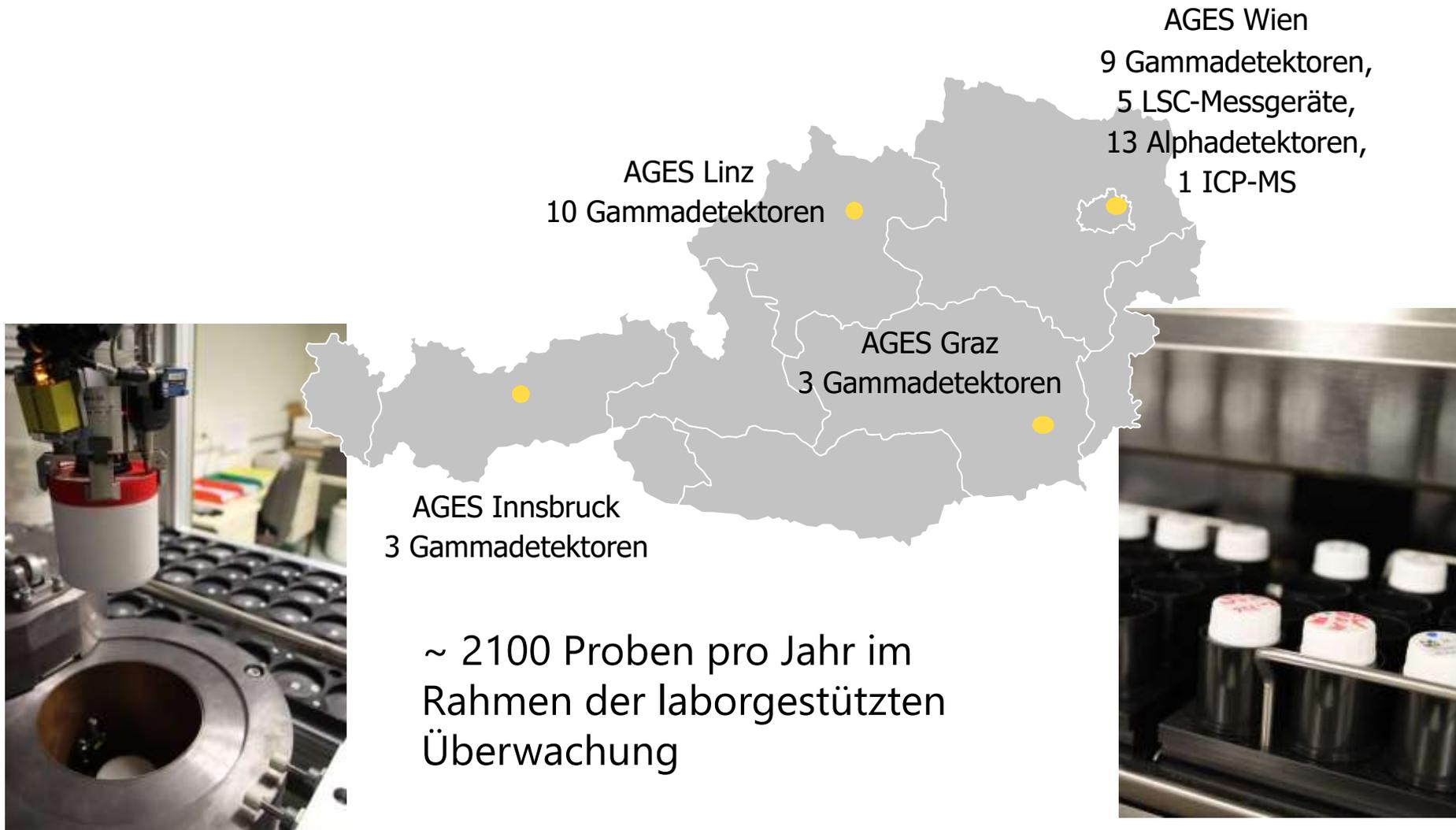
# Laborgestützte Überwachung

## Probenahmestellen für Umweltproben



# Laborgestützte Überwachung

## Labor Standorte Strahlenschutz AGES



Probenwechsler Gammadetektor AGES Wien



LSC AGES Wien

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit





AGES

**Mag. Dr. Christian Katzlberger**

Leiter Geschäftsfeld Strahlenschutz

**AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit  
und Ernährungssicherheit GmbH**

Spargelfeldstraße 191

1220 Wien

Christian.katzlberger@ages.at

**www.ages.at**