

Einführung in den Strahlenschutz im Umgang mit radioaktiven Stoffen

WiSe 2013
18. Oktober 2013



Prof. Dr. Klaus Schäfers
Dr. Stefan Wagner

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
European Institute for Molecular Imaging
Klinik für Nuklearmedizin

- Sie sollten am Ende dieses Kurses ...
 - **Strahlenarten (α, β, γ) und Begriffe** kennen und unterscheiden können
 - **Anwendungsgebiete** von Strahlung in der Nuklearmedizin kennen
 - Grundlegende **Gesetzmäßigkeiten** kennen (Halbwertszeitgesetz, Abstandsgesetz,...)
 - Möglichkeiten des **Strahlenschutzes** kennen (Maßnahmen, Gesetze)

Aktuelle Ereignisse

Fukushima (Wirtschaftsblatt, 11.03.2011)

- Japan erlebt das schwerste Erdbeben seiner Geschichte. Experten geben die Stärke mit 9,0 an.
- Eine extrem hohe Flutwelle trifft die Ostküste ...
- In einem Reaktor des AKW Fukushima Eins (Daiichi) fällt die Kühlung aus, ...
- Die Regierung ruft den atomaren Notfall aus und bezeichnet dies als Vorsichtsmaßnahme.

131 |
137 Cs



30.03.2011

Tokyo (250 km): 0.03-0.28 µSv/h
Fukushima (23 -39 km): 0.5-4.9 µSv/h

24.03.2011

Drei Mitarbeiter von Tepco erhalten erhöhte Strahlendosen: 170-180 mSv
Akute lokale Strahlen-Schädigung (Beine): 2-6 Sv

Der Fall Litwinenko

Tatort Pine Bar (Zeit, 8.12.2006)

Der russische Ex-Spion Alexander Litwinenko ist offenbar in der Bar des Millenium Hotels in London vergiftet worden. Das haben Ermittlungen ergeben.

^{210}Po



Fakten:

- Ehemaliger russischer KGB-Agent
- Kritiker des russischen Machtapparats
- 1. November 2006: Einlieferung in ein Londoner Krankenhaus
- Verdacht auf Thallium-Vergiftung
- Entdeckung von Polonium-210 im Urin
- 23. November 2006 verstorben

Der Fall „Rasenwalze“

Rentner stößt auf strahlenden Schrott (WDR, 15.08.2007)

Radioaktive Gartenpflege

Ein Rentner aus Gelsenkirchen demontierte ein altes Gartengerät - und entdeckte dabei radioaktives Material. Die Feuerwehr musste daraufhin zu einem Großeinsatz anrücken.

^{238}U



"Ich war schon durch den Bleimantel durch, als dieses seltsame Metallstück zum Vorschein kam."

"Als ich dann mit der Feile dran bin, gab es sofort einen Lichterbogen. Da war ich doch etwas beunruhigt."

Der Fall „Urenco“

Uranfabrik Gronau (Spiegel, 22.01.2010)

Mitarbeiter nach Strahlenunfall wohllauf

In einer Urananlage in Gronau ist es zu einem Zwischenfall gekommen. Ein Mitarbeiter war erhöhter Strahlung ausgesetzt. Sein Gesundheitszustand sei jedoch "sehr gut", sagten die Ärzte.

^{238}U



„In einem Spezialraum sollte ein als >leer und gewaschen< angelieferter Uranbehälter von einem Mitarbeiter für eine Druckprüfung vorbereitet werden.“

Dieser Behälter enthielt aber noch Reste von Uranhexafluorid. Dabei kam es am 21.01.2010 zu einer Freisetzung dieses Stoffes in unbekannter Menge.“

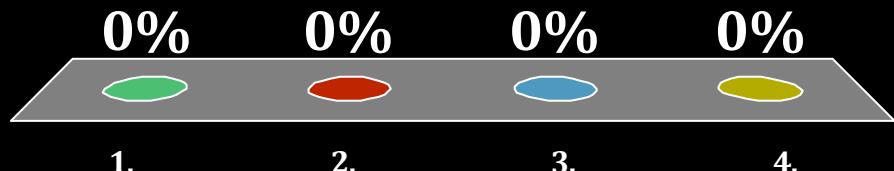
- **Fukushima: Cäsium-137 / Iod-131**
 - Radioaktiv
 - Halbwertszeiten: 30.2 Jahre / 8 Tage
 - Reiner Beta-Strahler (Zerfallsprodukt: Ba-137m) / Beta-/Gamma-Strahler (Xe-131)
 - Speicherung im Muskelgewebe / Schilddrüse
- **Litwinenko: Polonium-210**
 - Radioaktiv
 - Halbwertszeit: 138 Tage
 - Reiner Alpha-Strahler
 - Schädigung des Knochenmarks (Immunsystem)
- **Rentner/Mitarbeiter Urenco: Uran-238**
 - Radioaktiv
 - Halbwertszeit: 4 Milliarden Jahre
 - Alpha-Strahler, weitere Zerfallsprodukte
 - Schädigung der Niere (Trinkwasser)

Frage:

Wie schädlich ist Strahlung eigentlich?

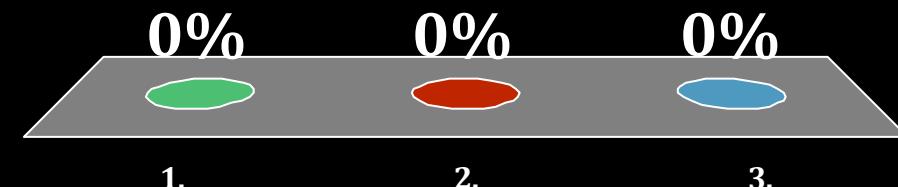
Welcher Gefahr hat sich der Mörder im Fall Litwinenko ausgesetzt ?

1. Alpha-Strahler sind generell ungefährlich
2. Eine Kontamination mit Po-210 ist extrem gefährlich
3. Eine Inkorporation mit Po-210 ist extrem gefährlich
4. Po-210 wurde erst in der Pine-Bar aktiviert

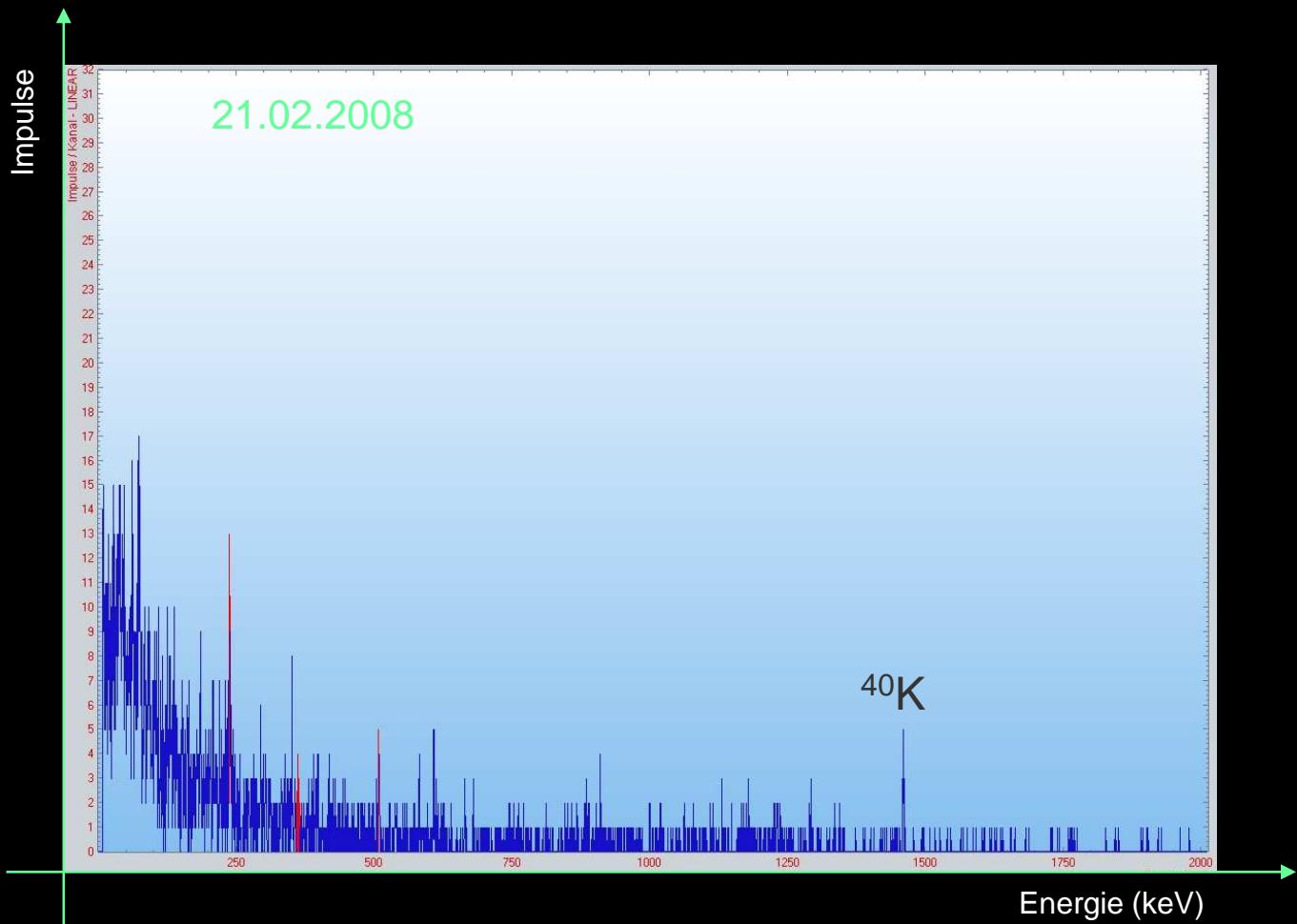


Welche Gefahren gehen von den genannten Isotopen aus?

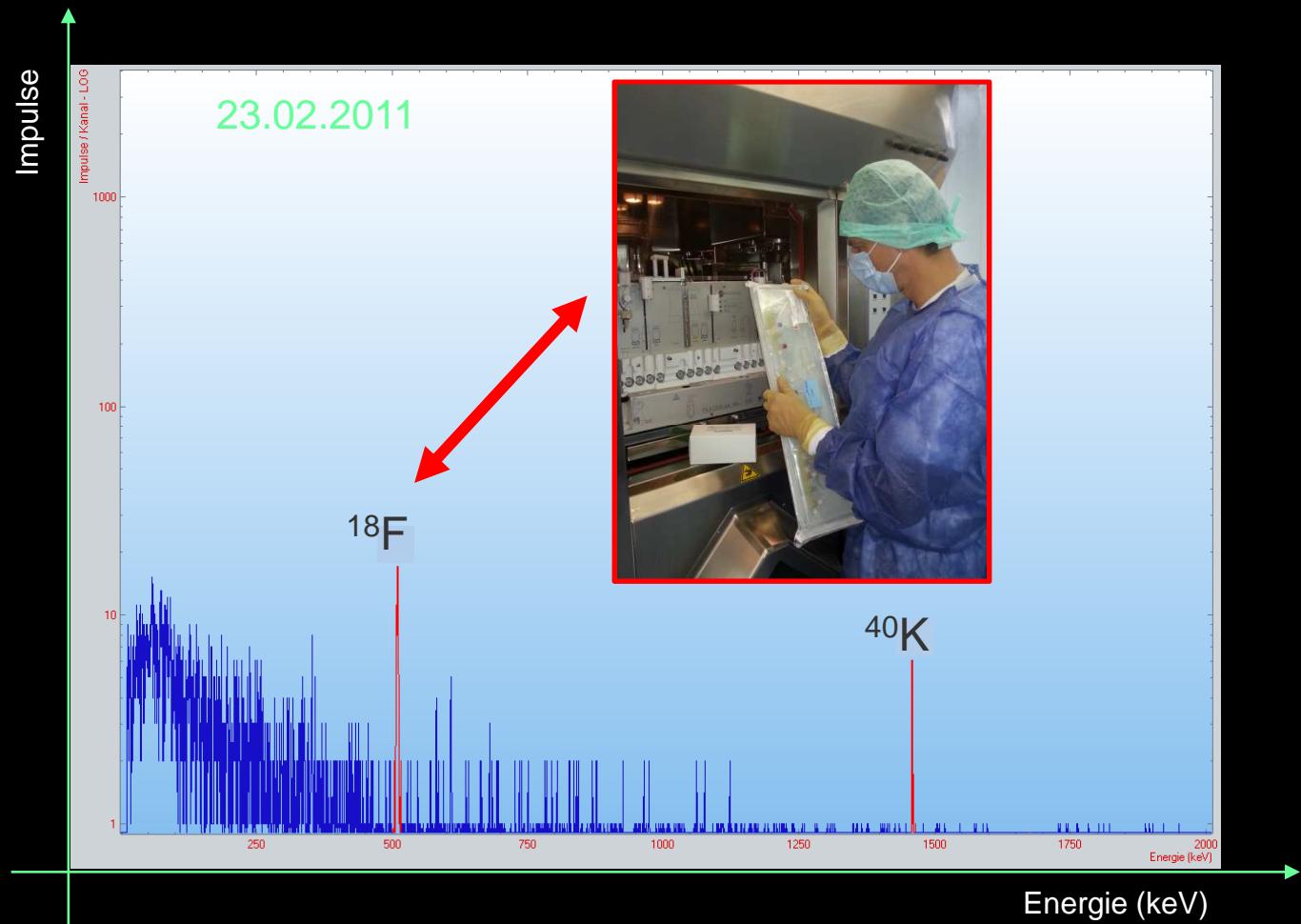
1. U-238 ist durch seine lange Halbwertszeit nahezu stabil und daher ungefährlich
2. I-131 wird selektiv von der Schilddrüse aufgenommen und ist deshalb gefährlich
3. Cs-137 ist ein reiner Beta-Strahler und deshalb von "außen" ungefährlich



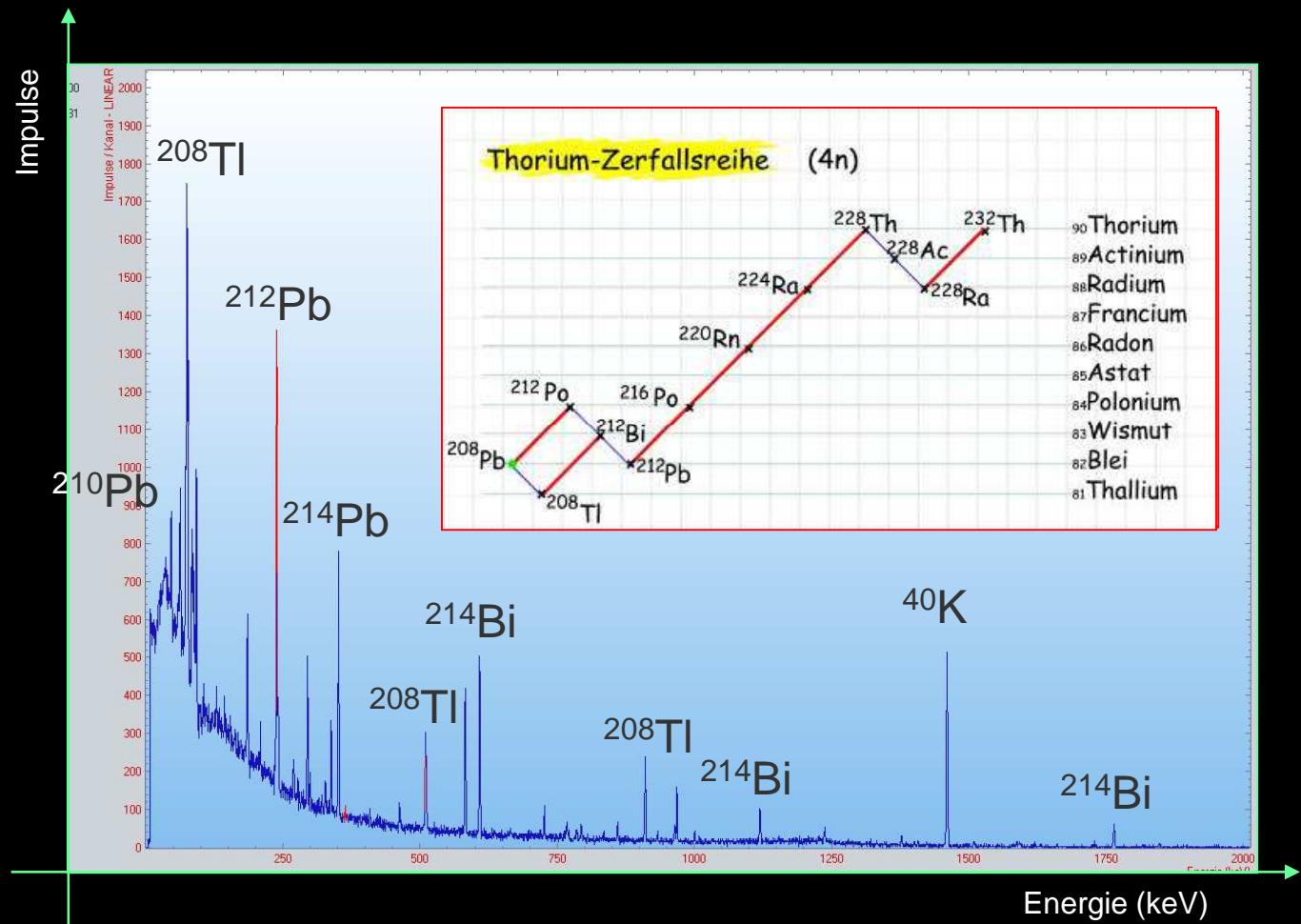
Ein „Experiment“



Ein „Experiment“



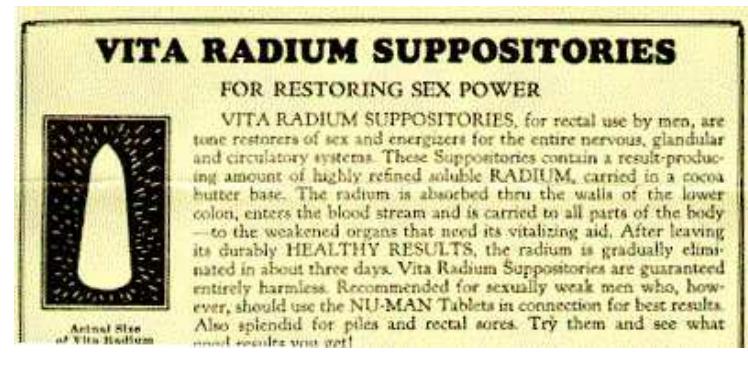
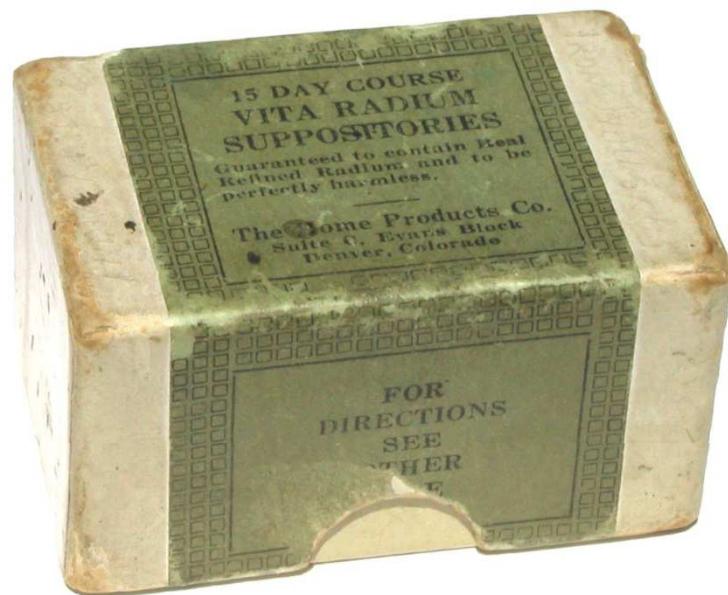
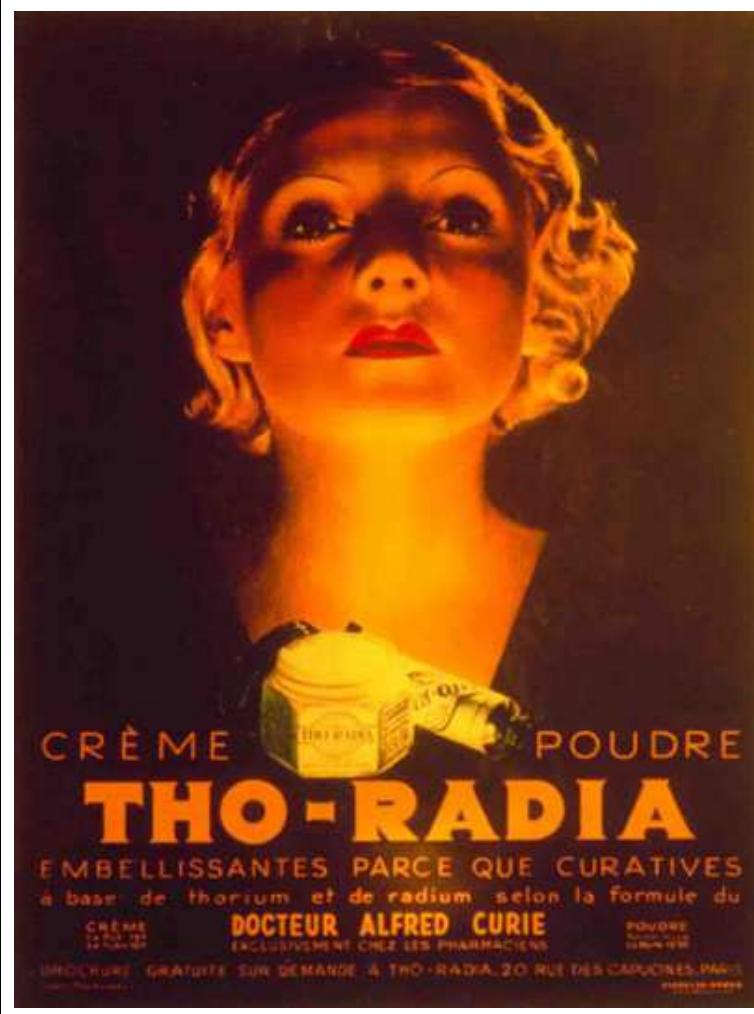
Ein „Experiment“



“Radiumanwendungen” bis 1932



“Radiumanwendungen” bis 1932



Radioaktivität

1896 – A.-Henri Becquerel entdeckt Radioaktivität

Entdeckung der Radioaktivität in Uranerz

Spätere Aktivitätseinheit: Bq
Nobelpreis der Physik 1903



RADIOACTIVITY, NEW PROPERTY OF MATTER



Grundidee der Radioindikatoren

1923 – Georg Karl von Hevesy: Verteilung von
radioaktivem Blei ^{212}Pb in der Ackerbohne

Radiotracer-Prinzip

Nobelpreis der Chemie 1943

LIII. THE ABSORPTION AND TRANSLOCATION OF LEAD BY PLANTS.

A CONTRIBUTION TO THE APPLICATION OF THE
METHOD OF RADIOACTIVE INDICATORS IN THE
INVESTIGATION OF THE CHANGE OF SUBSTANCE
IN PLANTS.

BY GEORGE HEVESY.

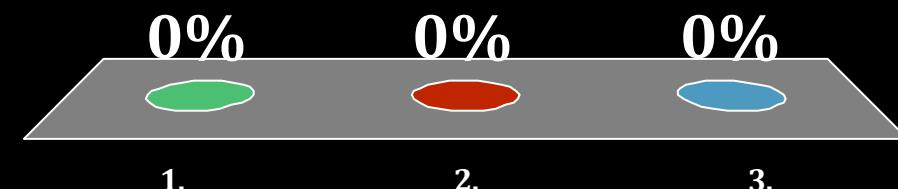
*From the Institute of Plant Physiology of the Agricultural High School,
and Institute of Theoretical Physics of the University, Copenhagen.*

(Received May 4th, 1923.)

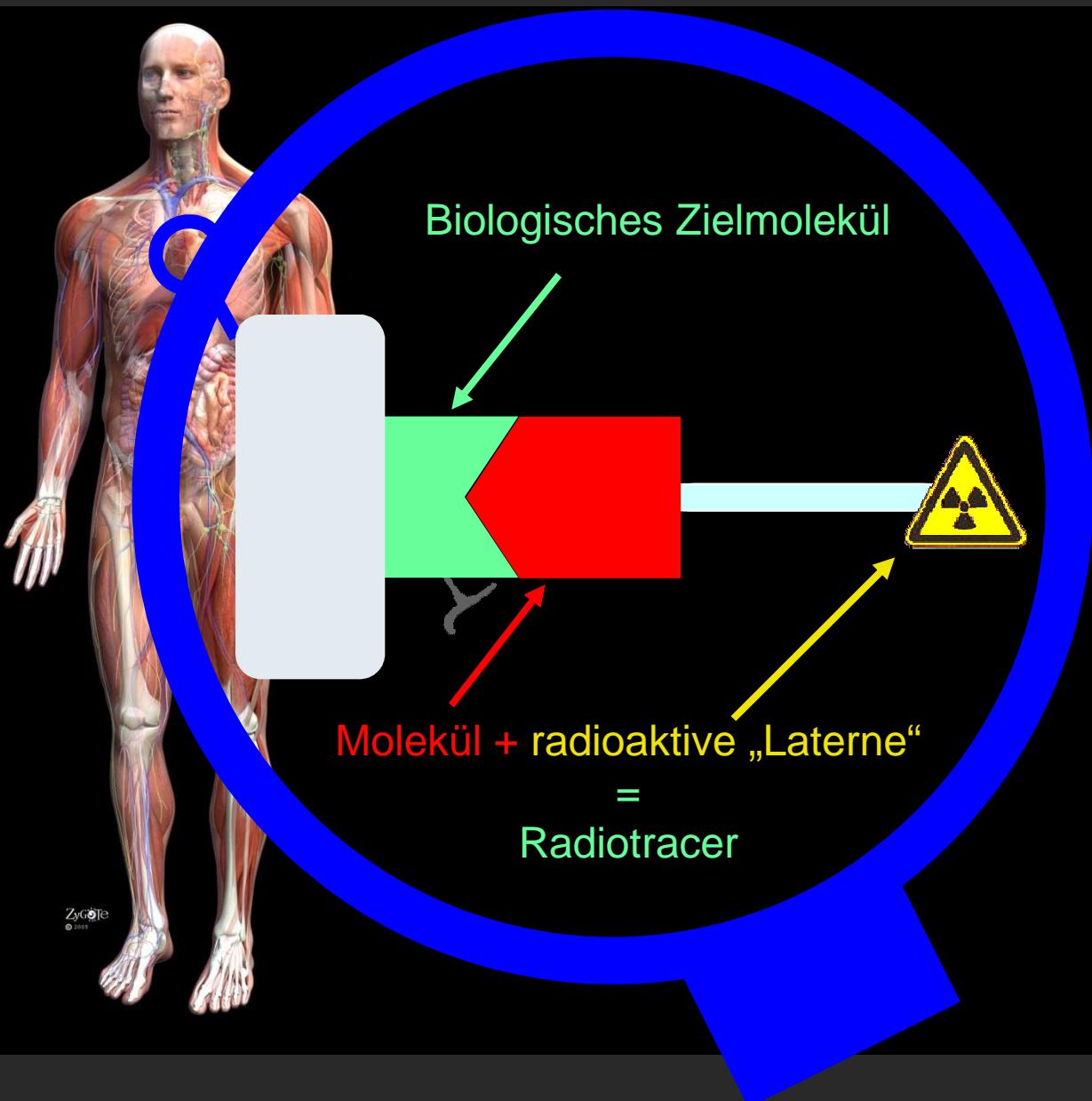


Wie kann man radioaktive Stoffe in der Nuklearmedizin einsetzen?

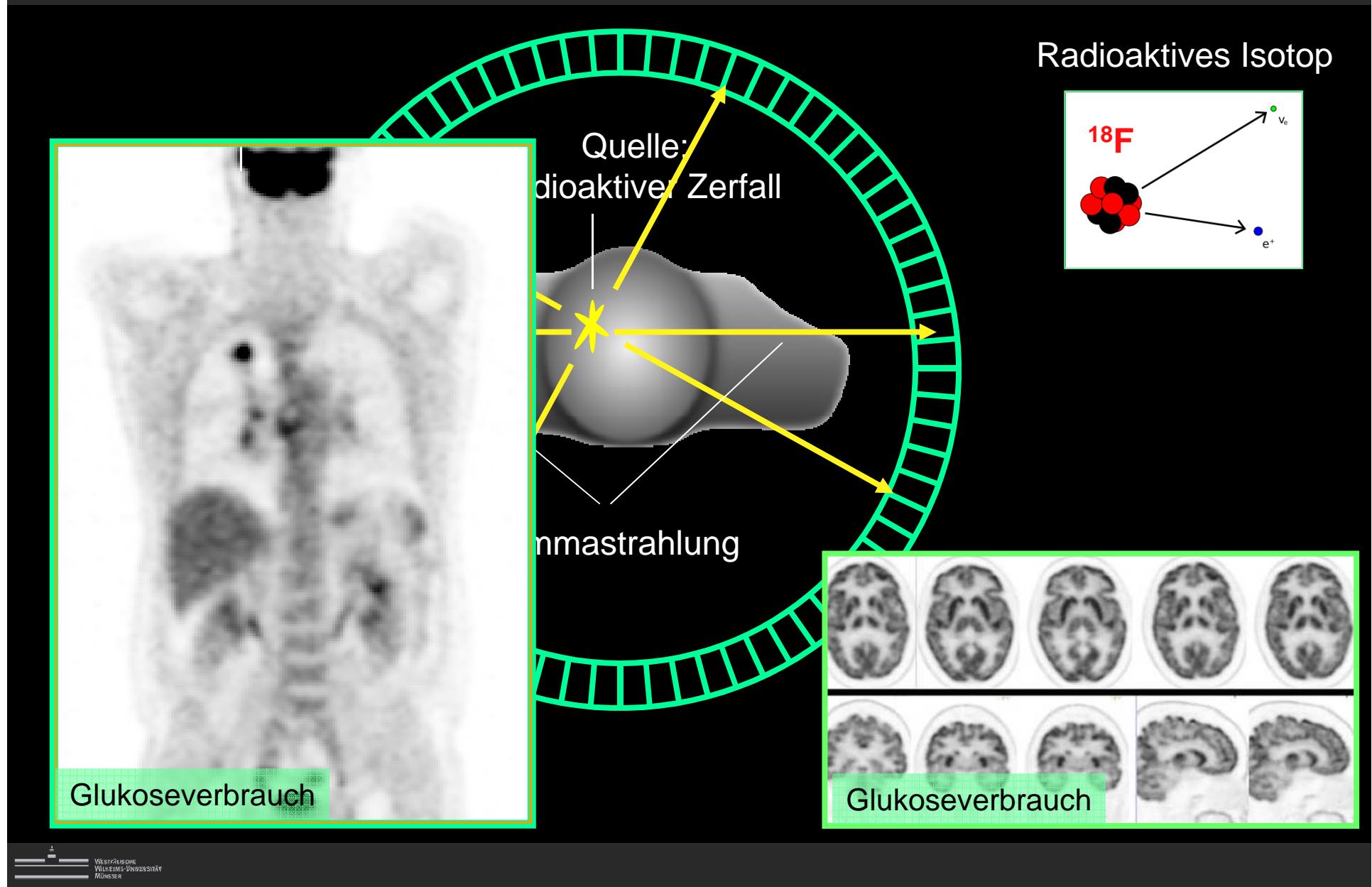
1. **Gamma-Strahler** eignen sich gut für die **Diagnostik**, da Gamma-Strahlung wenig vom Gewebe absorbiert wird
2. **Beta-Strahler** eignen sich gut für die **Therapie**, da sie lokal Tumorgewebe zerstören können
3. **Positronenstrahler** werden als Partikelstrahler für die **Therapie** eingesetzt



Prinzip der Tracer-Bildgebung

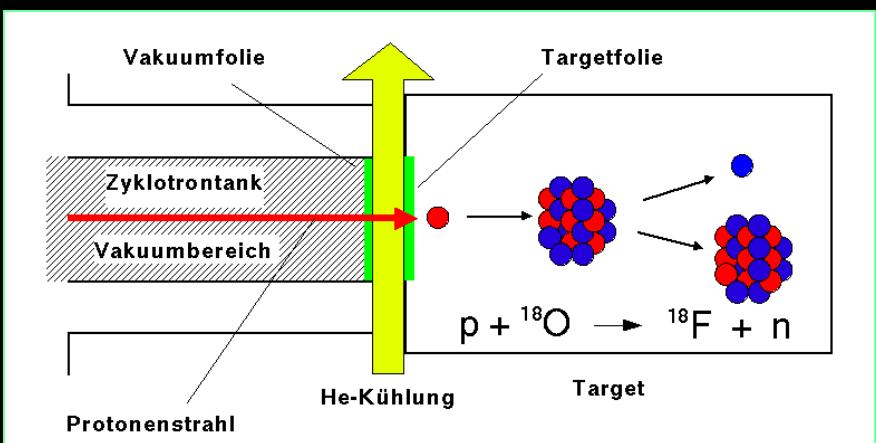
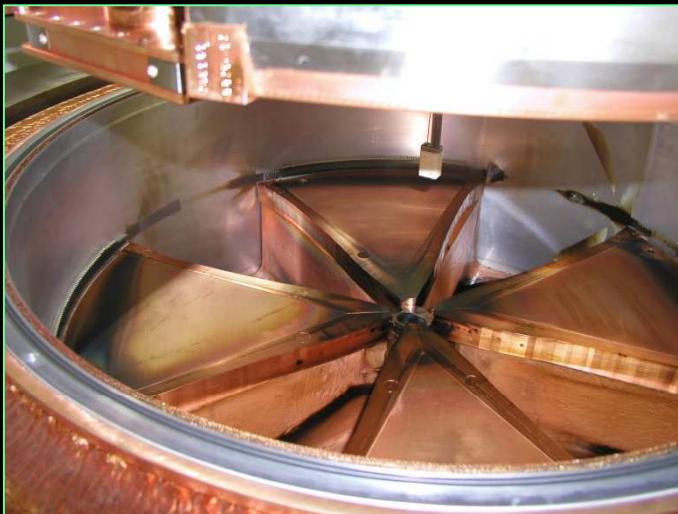
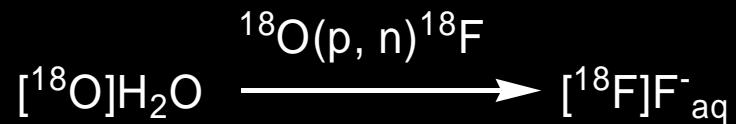


Prinzip der PET



Produktion des Radionuklids

Rezeptur für die Radionuklidproduktion



Radiopharmazeutische Chemie

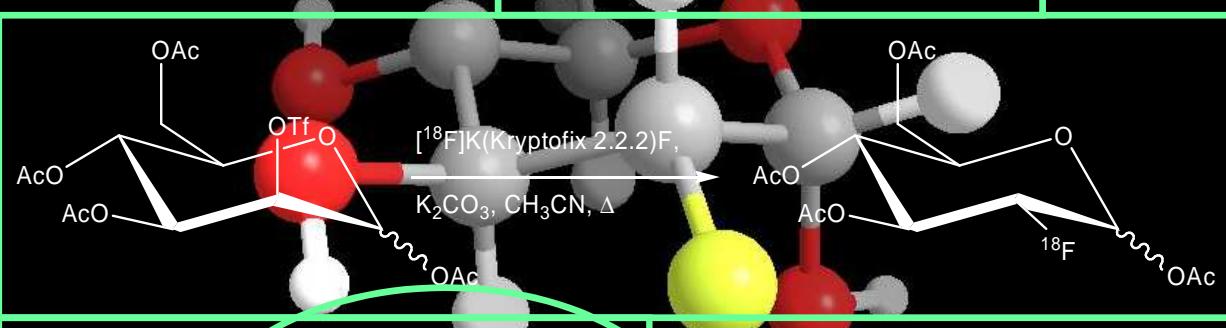
„Markierter Traubenzucker“

^{18}F -FDG

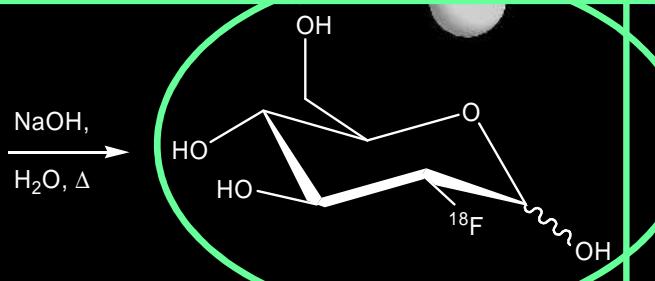
Produktion des radioaktiven Isotops



Radiosynthese



Qualitätskontrolle

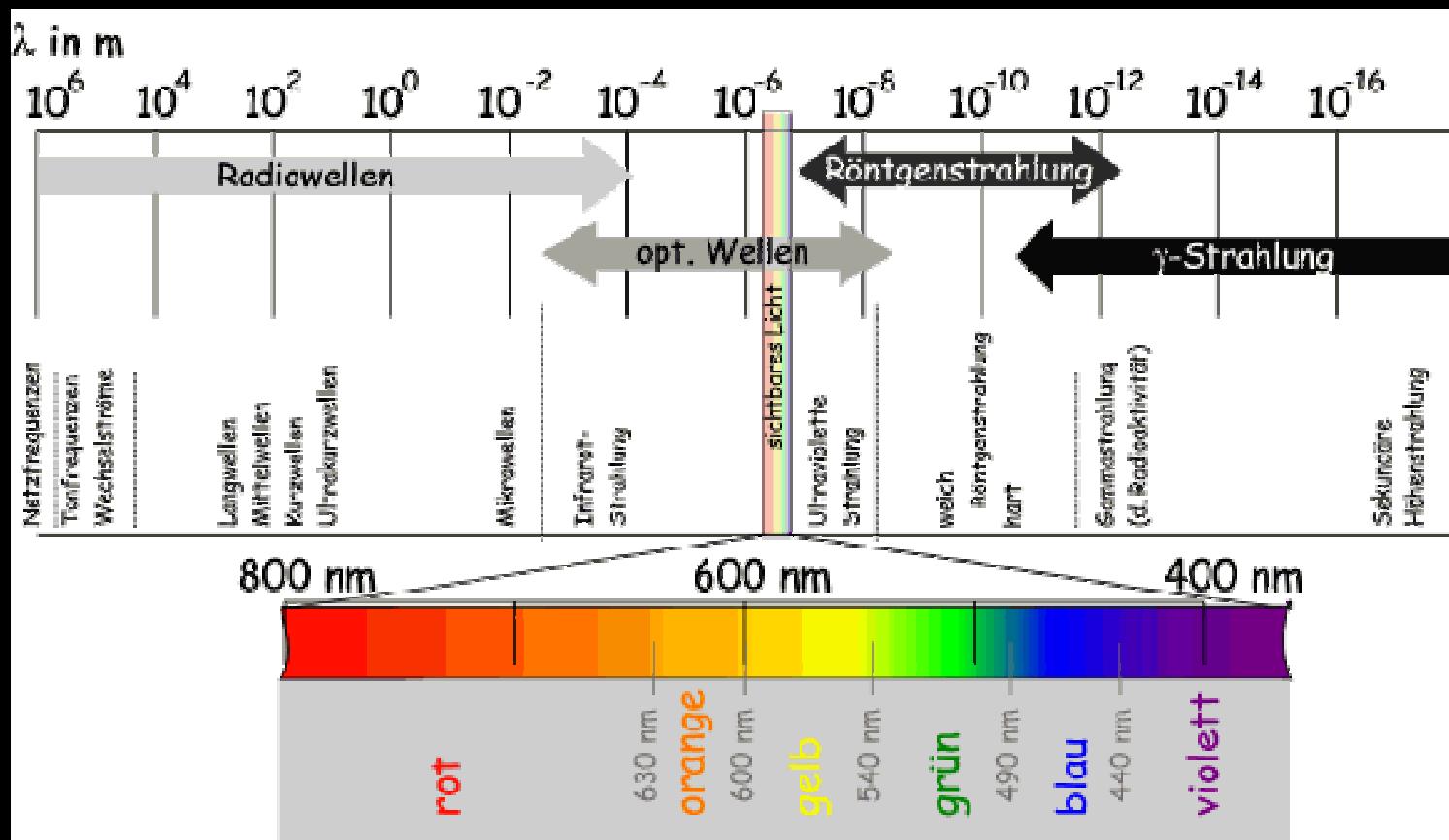


Energie kann von verschiedenen Strahlenarten auf das Gewebe übertragen werden:

- **Elektromagnetische Strahlung**
 - Röntgenstrahlung
 - Gammastrahlung
- **Teilchenstrahlung**
 - Alpha, Beta

Elektromagnetische Strahlung

• Spektrum



Beispiel: Teilchen- vs. Gammastrahlung

^{131}I $T_{1/2} = 8 \text{ Tage}$

β^- Teilchenstrahlung



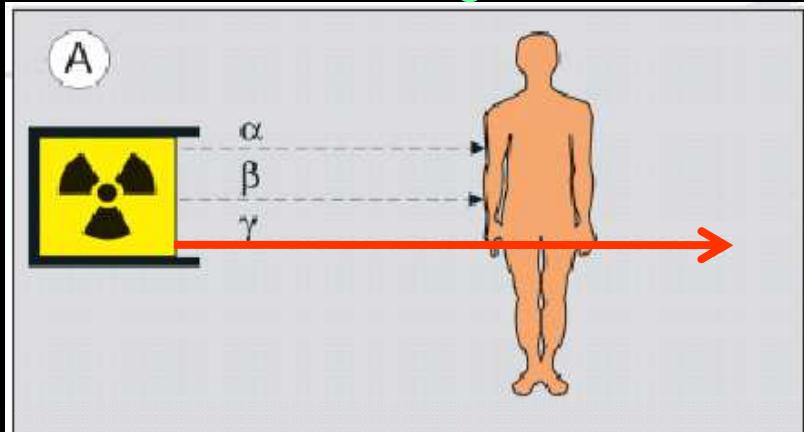
γ Gammastrahlung

Therapie

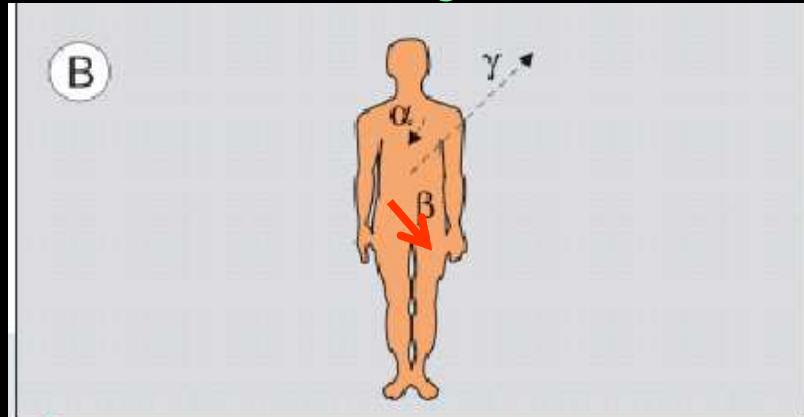
Bildgebung

Äußere vs. innere Bestrahlung

Äußere Bestrahlung



Innere Bestrahlung



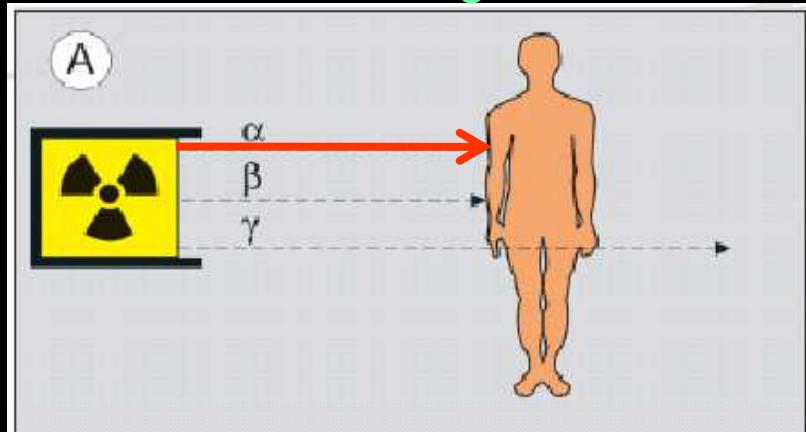
Fukushima (Bevölkerung)

- Beta-/Gamma-Strahler: ^{137}Cs / ^{131}I
- Effektive Dosis durch Gamma-Anteile

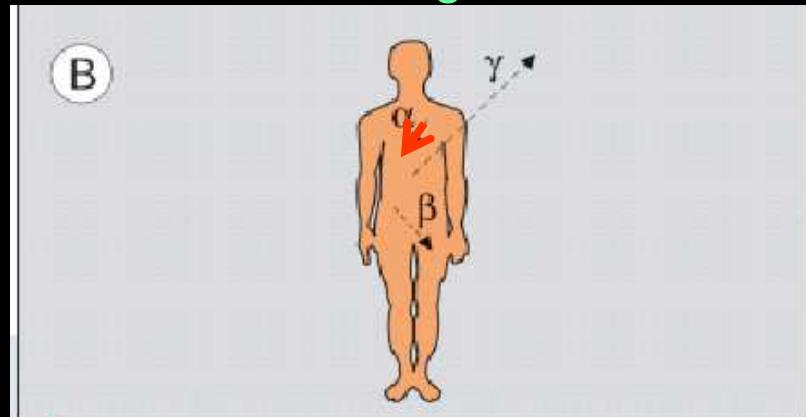
- Beta-/Gamma-Strahler: ^{137}Cs / ^{131}I
- Effektive Dosis durch Beta- und Gammastrahlung

Äußere vs. innere Bestrahlung

Äußere Bestrahlung



Innere Bestrahlung



Arzt, Täter

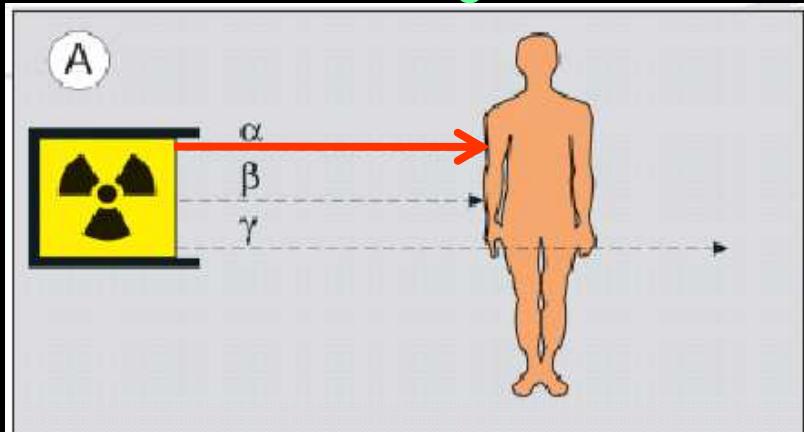
- Alpha-Strahler: ^{210}Po
- Abschirmung durch äußere Hautschichten
- Nahezu keine effektive Dosis

Alexander Litwinenko

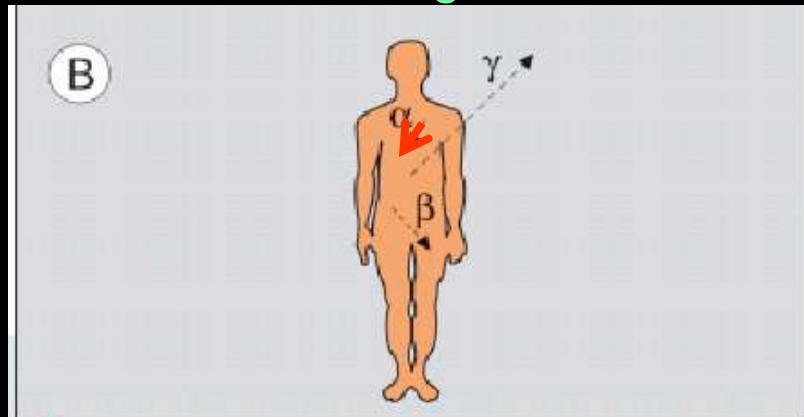
- Alpha-Strahler: ^{210}Po , 15 MBq, 0.1 μg
- Leberversagen, 40 Sv
- Knochenmark, 15 Sv, Todesursache nach 25 Tagen

Äußere vs. innere Bestrahlung

Äußere Bestrahlung



Innere Bestrahlung



Mitarbeiter Urenco

- Alpha-Strahler: ^{238}U
- Abschirmung durch äußere Hautschichten
- Nahezu keine effektive Dosis

- Alpha-Strahler: ^{238}U
- Effektive Dosis ca. 1 mSv
- Keine Schädigung nachweisbar
- Akute Schädigung durch Uranhexafluorid möglich (Lungenödem)

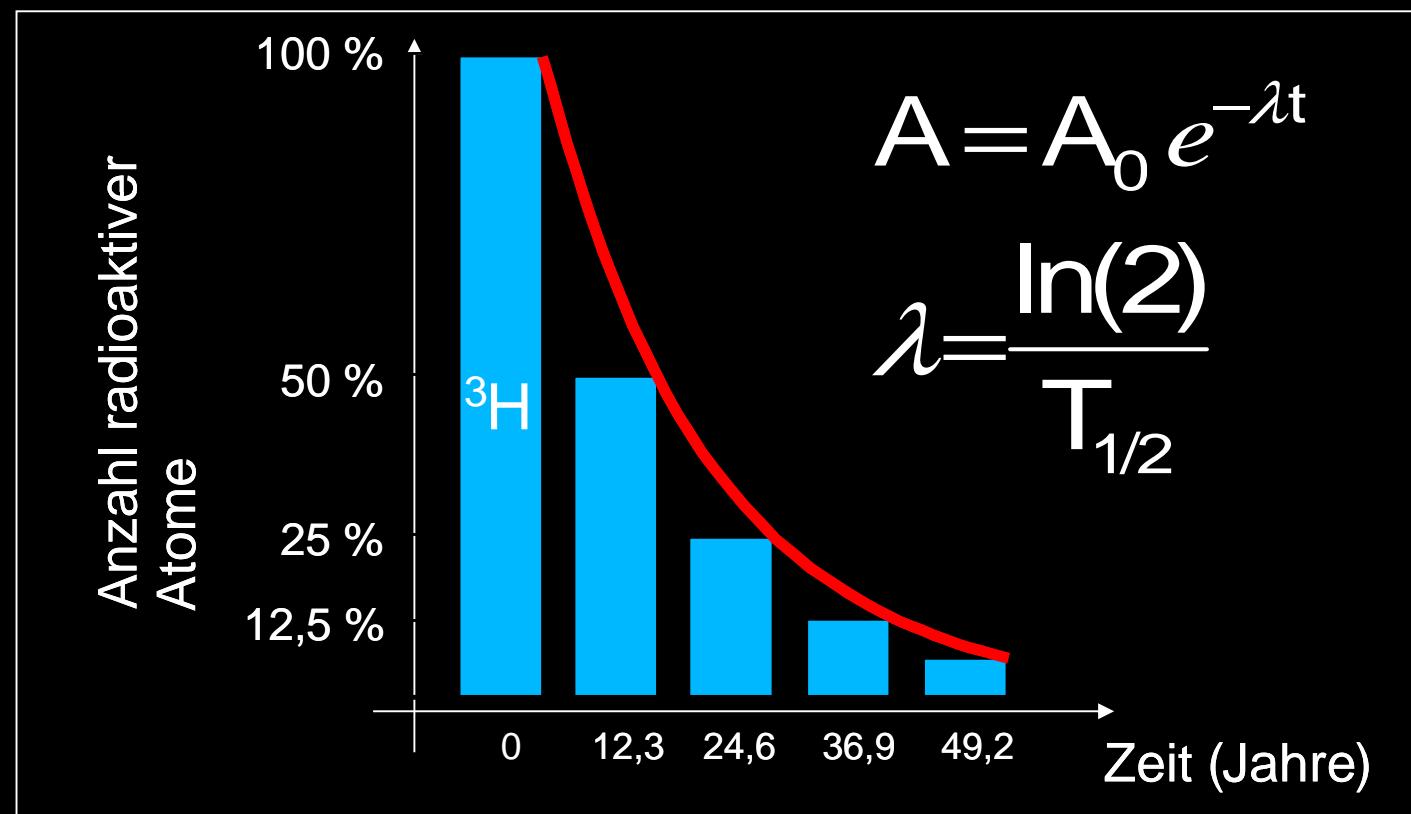
Frage:

Wie schädlich ist Strahlung eigentlich?

Zerfallsgesetz

- Beispiel: Tritium (${}^3\text{H}$)
- Physikalische Halbwertzeit:
- $T_{1/2} = 12,3$ Jahre

Einsatz in der
Grundlagenforschung



Halbwertszeiten

- physikalische Halbwertszeit
- biologische Halbwertszeit
 - Ausscheiden der Substanzen
- effektive Halbwertszeit
 - phys. und biol. Halbwertszeit

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{phys}} + \frac{1}{T_{biol}}$$

Polonium-210:

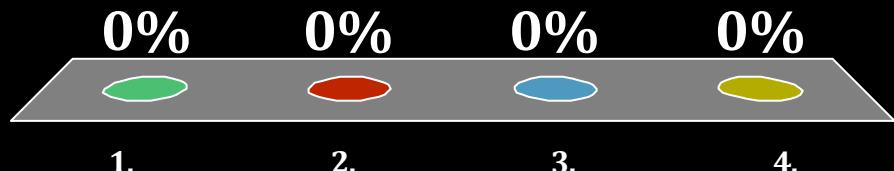
$$T_{eff} = \frac{138 \cdot 50}{138+50} \text{ Tage}$$
$$= 37 \text{ Tage}$$

Beispiel: Halbwertszeiten

• O-15	2 Minuten	}	PET
• F-18	2 Stunden		
• Tc-99m	6 Stunden	}	SPECT
• I-131	8 Tage		
• Co-60	5,4 Jahre	}	Strahlentherapie
• Cs-137	30 Jahre		
• Ra-226	1600 Jahre	}	Natürl. Strahlung
• U-238	4,5 Mrd. Jahre		

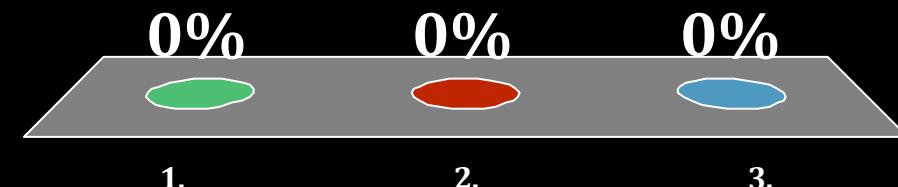
Welcher Gefahr hat sich der Mörder im Fall Litwinenko ausgesetzt ?

1. Alpha-Strahler sind generell ungefährlich
2. Eine Kontamination mit Po-210 ist extrem gefährlich
3. Eine Inkorporation mit Po-210 ist extrem gefährlich
4. Po-210 wurde erst in der Pine-Bar aktiviert



Welche Gefahren gehen von den genannten Isotopen aus?

1. U-238 ist durch seine lange Halbwertszeit nahezu stabil und daher ungefährlich
2. I-131 wird selektiv von der Schilddrüse aufgenommen und ist deshalb gefährlich
3. Cs-137 ist ein reiner Beta-Strahler und deshalb von "außen" ungefährlich



Wie schädlich ist Strahlung eigentlich?

Es kommt darauf an ...

- Dosis (Energie, Art, Abstand, Zeit, ...)

Minimierungsgebot (ALARA)

- Internationale und nationale Gesetze

...Ende



... Homepage der Nuklearmedizin
www.nuklearmedizin.uni-muenster.de
Reiter „Lehre“