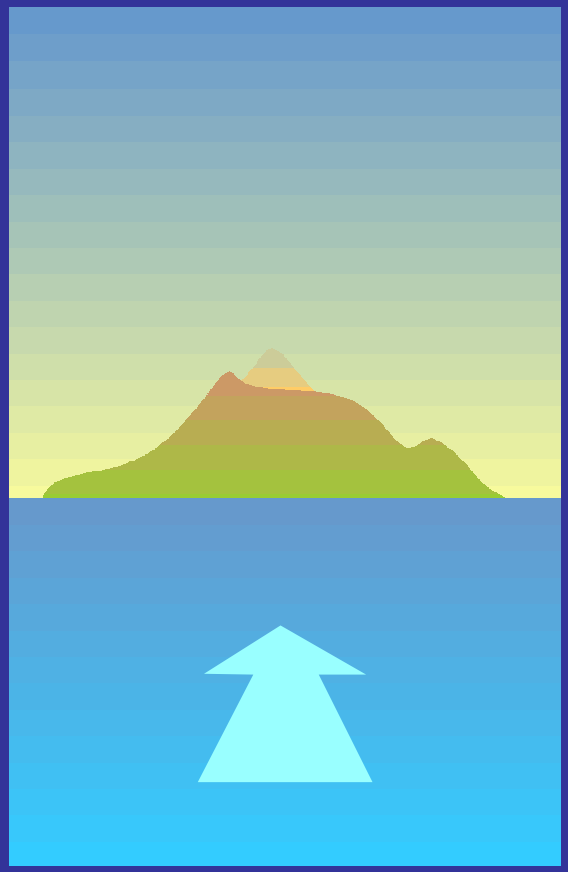
Nuklearmedizinische Diagnostik

Stephan Scheidegger

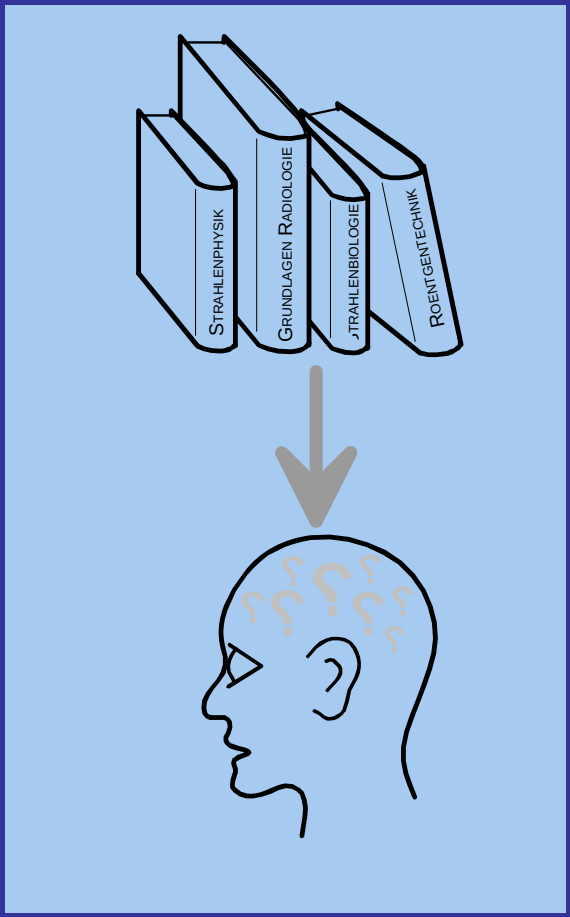
2014

Ziele



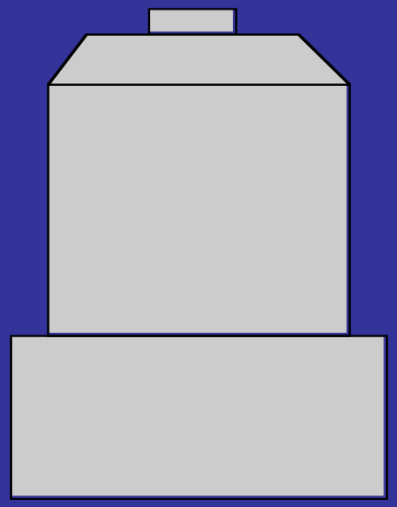
- grundlegende (bio)-physikalische und technische Prinzipien beschreiben können
- die wichtigsten diagnostischen Verfahren und deren Anwendungen kennen

Inhalt



- Überblick
- physikalische Grundlagen (Zerfallsarten)
- physiologische Grundlagen
- Szintigraphie
- Emissions-Computertomographie
- Literatur

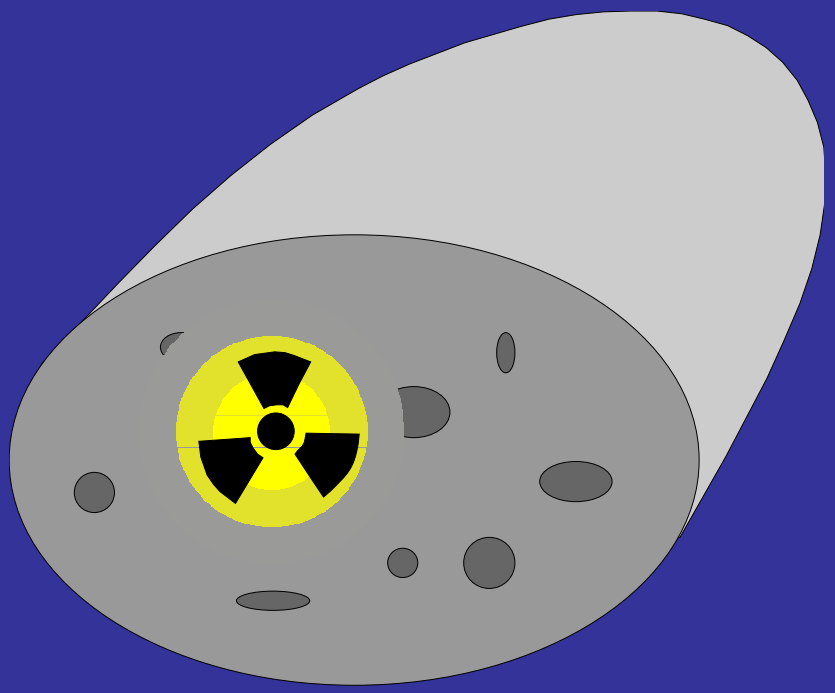
Überblick



Medizinische Anwendungen

- Diagnostik
- Therapie

Überblick



Auch
Schnittbildverfahren
möglich

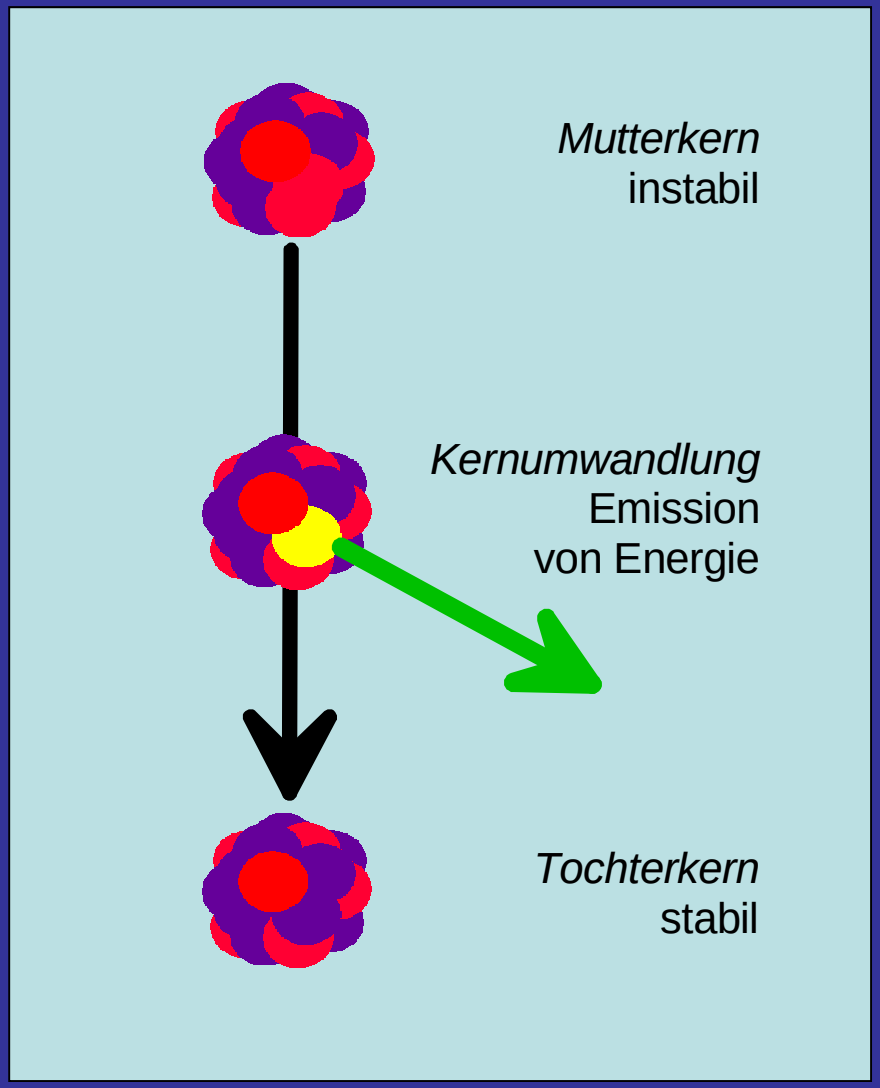
- CT
- MRI
- US
- PET / SPECT

Überblick

Tracer - Prinzip

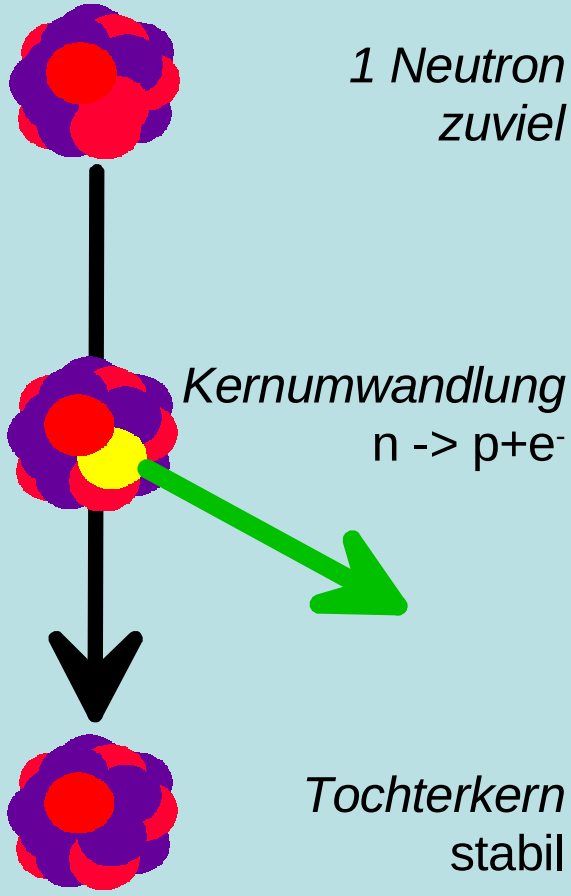
- Funkionsdiagnostik!
- bestimmt durch biochemische und biophysikalische Prozesse

Physikalische Grundlagen



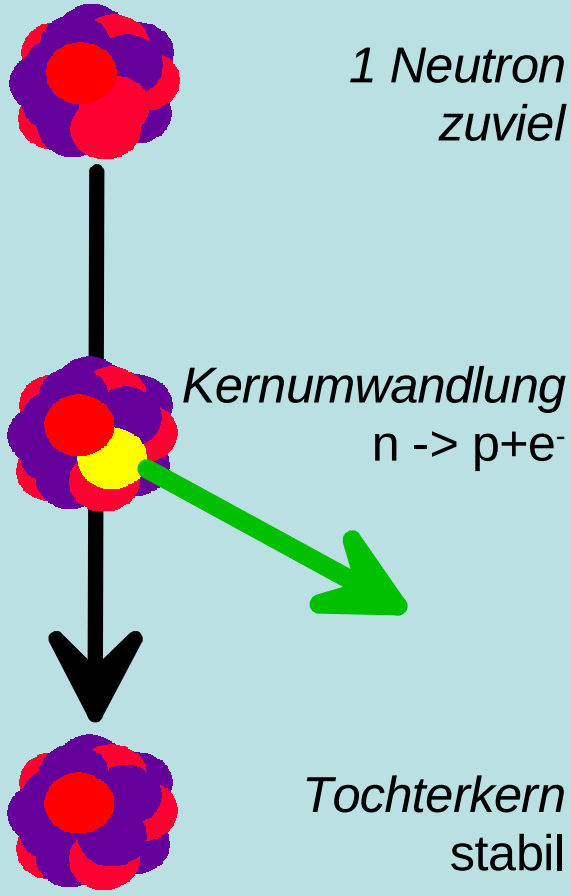
- Zerfall instabiler Atomkerne
- Energieabgabe durch Strahlung (α, β, γ)
- Tochterkern stabil oder instabil (Zerfallsketten)

β^- - Zerfall



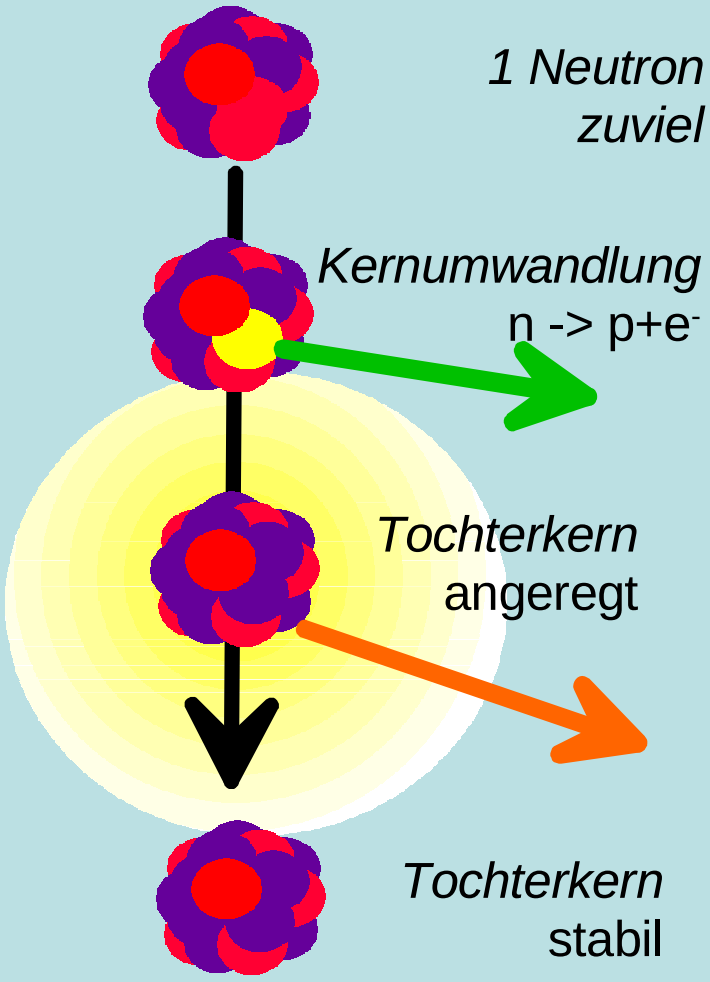
- n(udd)
- Umwandlung
  $d \rightarrow u + e^-$
- p(uud)

β^+ - Zerfall



- p(uud)
- Umwandlung
  $u \rightarrow d + e^+$
- n(udd)
- geht nur mit $E = mc^2$!
- Masse eines Positrons äquiv. zu 511 keV

γ- Zerfall



- Nach β-Zerfall angeregter Kern
- Energiefreisetzung bei Abregung
- Photon

Physiologische Grundlagen

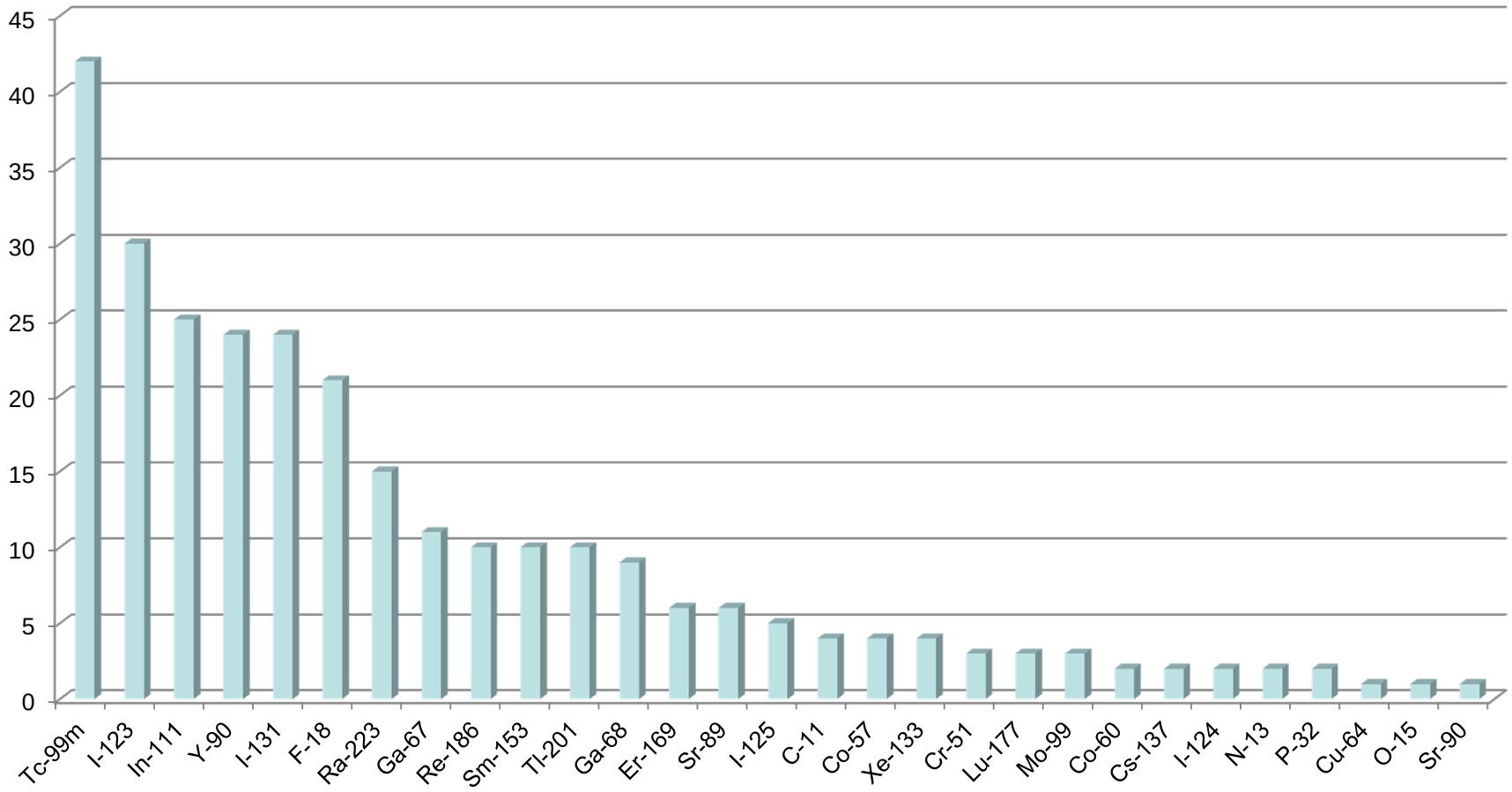
Grundprinzipien für Lokalisation (nur wenige Beispiele)

- aktiver Transport (NaJ, TcO_4, bei Schilddrüse)
- Phagozytose (Kolloide, RES von Leber und Milz)
- Diffusion (Sr-Nitrat, ^{18}F als Fluorid: Knochenumbauzonen)
- Metabolismus (Hormone: Nebenniere)

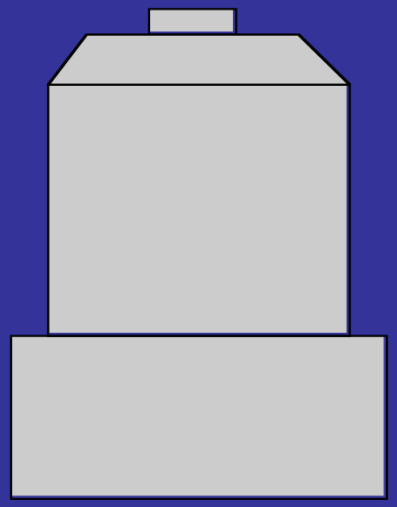
Physiologische Grundlagen

einige Radionuklide

- ^{51}Cr: phys. HWZ 27.7d
- ^{99m}Tc: phys. HWZ 6.02 h
- ^{123}I: phys. HWZ 13.2 h, biol. HWZ 80 d
- ^{125}I: phys. HWZ 60.14 d, biol. HWZ 80 d
- ^{131}I: phys. HWZ 8.04 d, biol. HWZ 80 d


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Tc-99m
I-123
In-111
Y-90
I-131
F-18
Ra-223
Ga-67
Re-186
Sm-153
Tl-201
Ga-68
Er-169
Sr-89
I-125
C-11
Co-57
Xe-133
Cr-51
Lu-177
Mo-99
Co-60
Cs-137
I-124
N-13
P-32
Cu-64
O-15
Sr-90

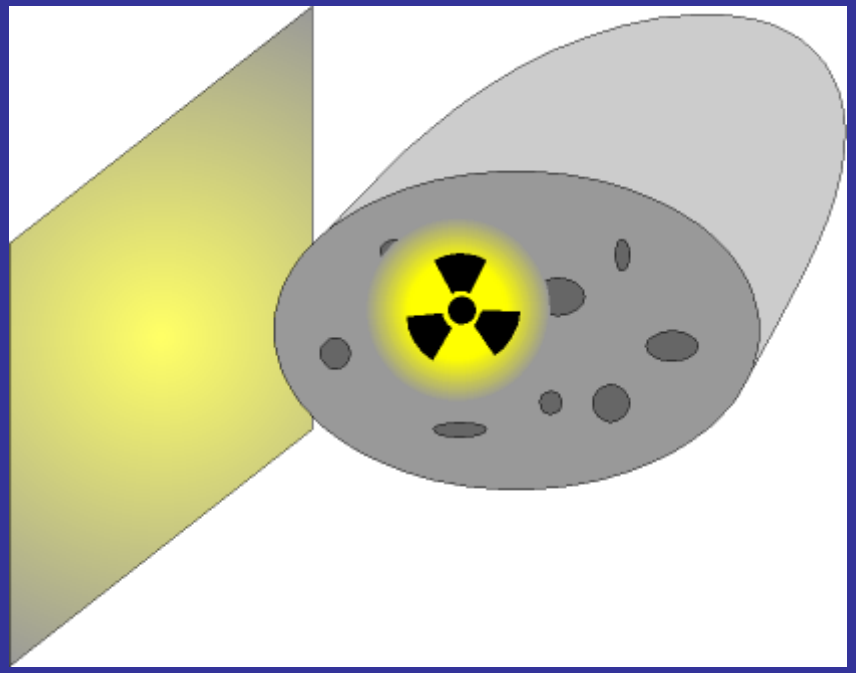
Szintigraphie



Ziel von Messungen

- Aktivitätsbestimmung (momentan und zeitabhängig)
- Aktivitätsverteilung

Szintigraphie

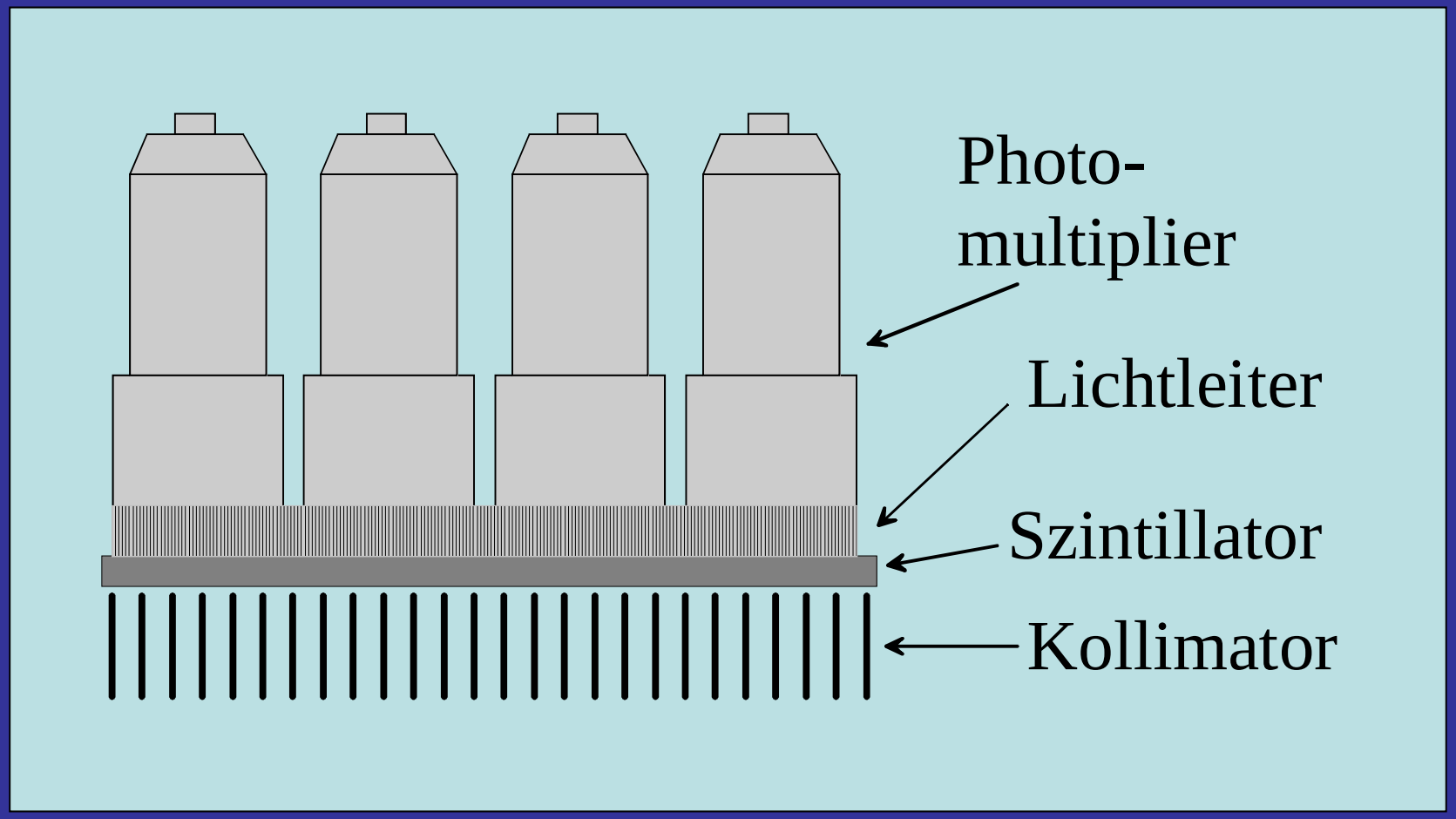


Gammakamera

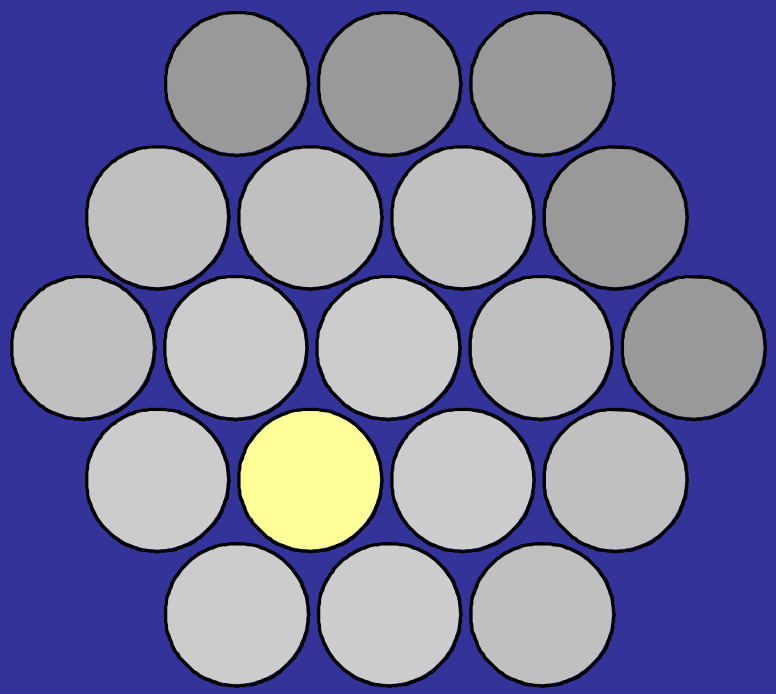
- Aktivitätsverteilung führt zu diffuser Intensitätsverteilung auf Bild
- Lösung: Abtasten des Körpers mit Detektor mit Kolimator
- oder Angerkammera

Szintigraphie

Angerkammera
(Anger, 1960)



Szintigraphie



Problem Lokalisation

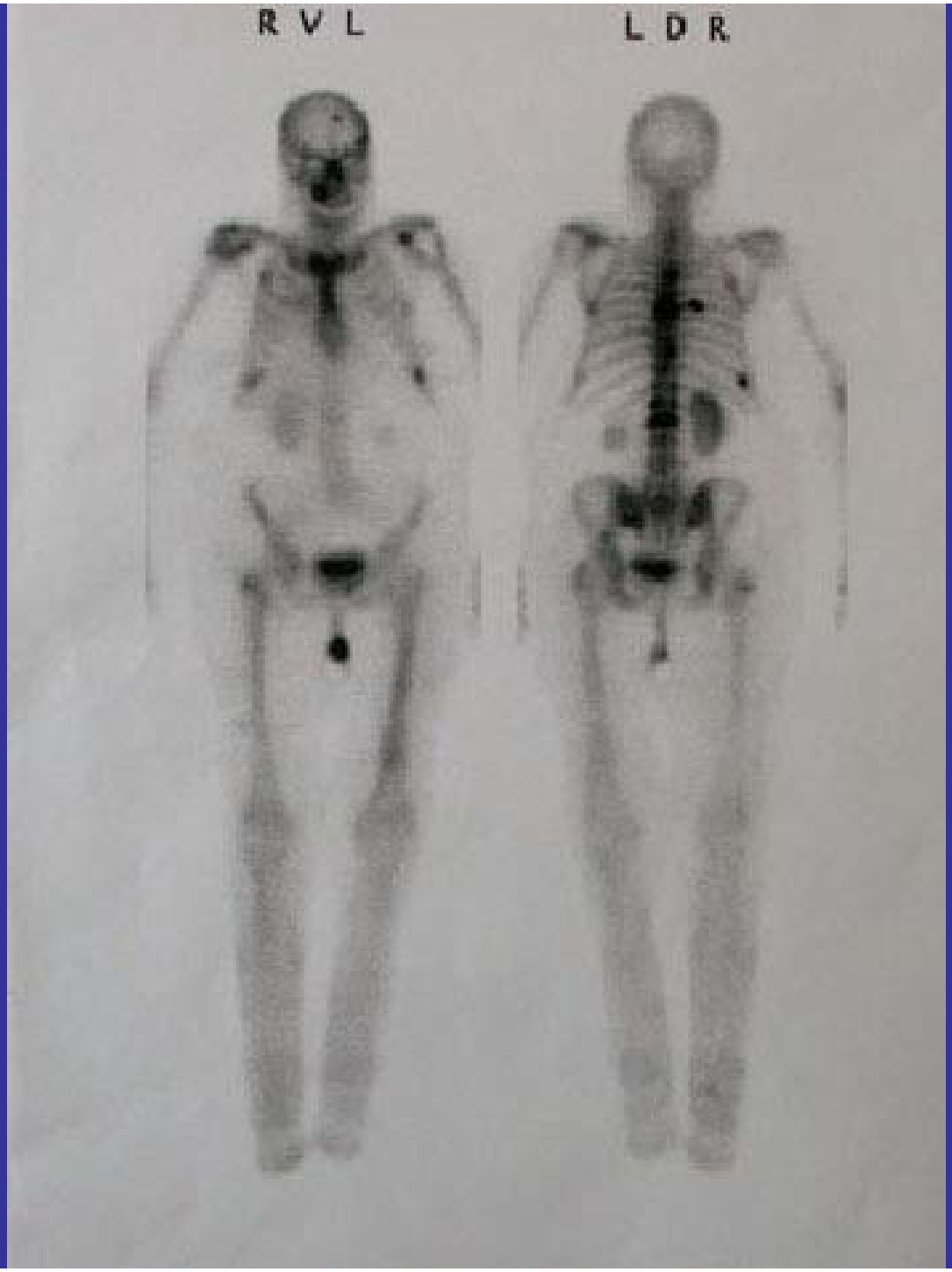
- 1 Photon wird in Licht umgewandelt
- Streuung im Szintillator
- Lichtverteilung mit Maximum (Schwerpunkt)

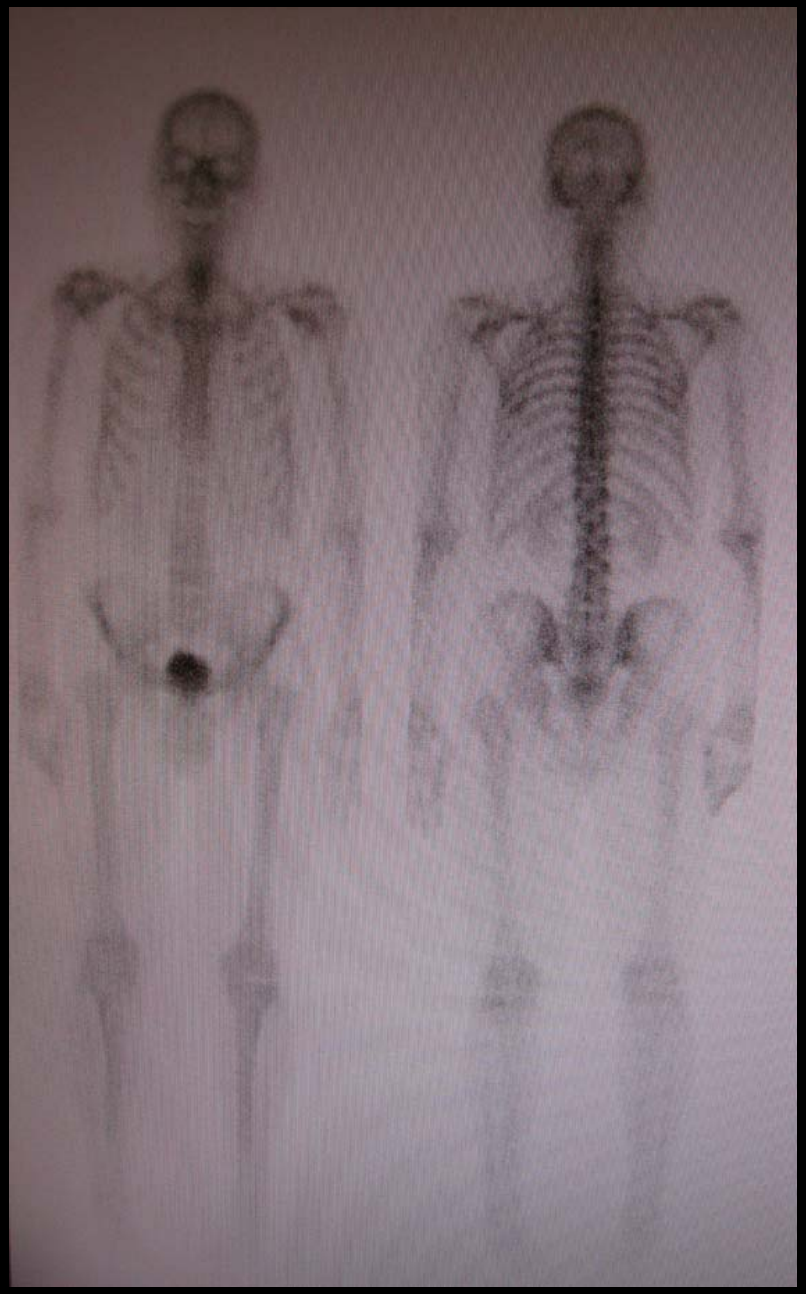
e.camduet
ASMUTH

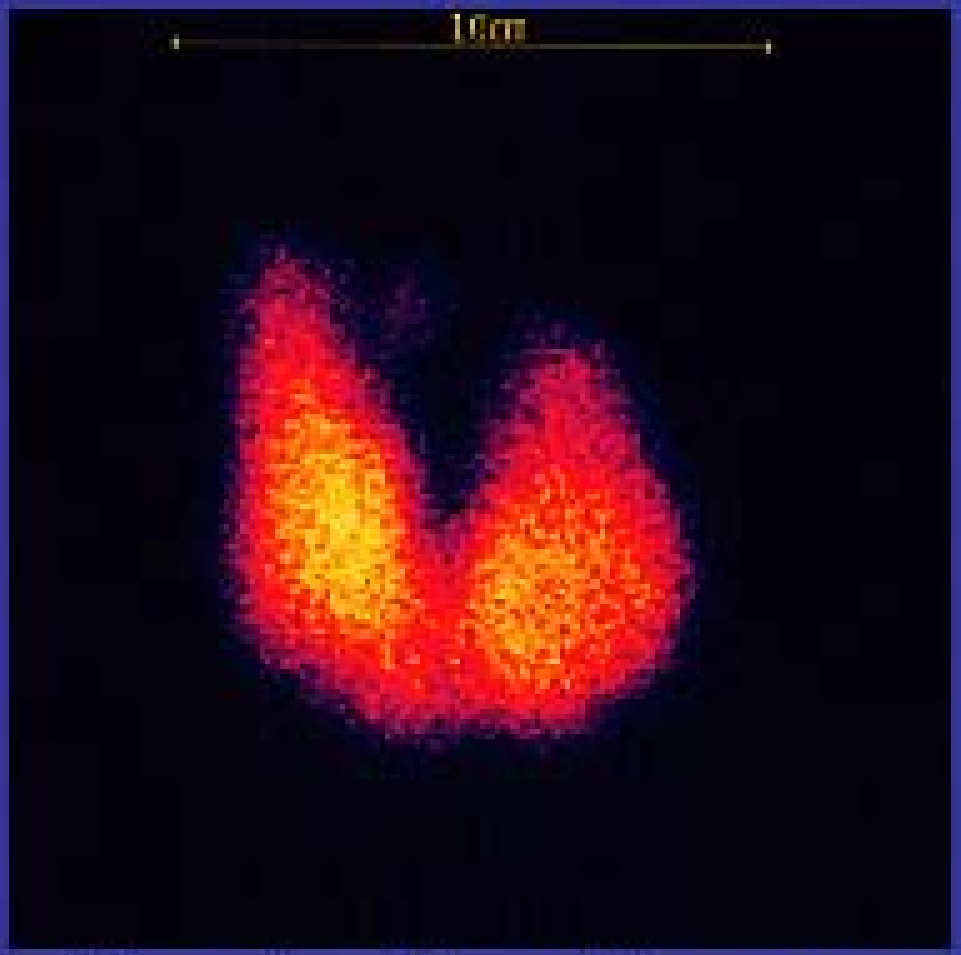
Szintigraphie

Anwendungen

- Schilddrüsenfunktion (Radiojod, ^{99m}Tc)
- Skelettszintigraphie (^{99m}Tc)
- Herzuntersuchung (^{201}Tl)

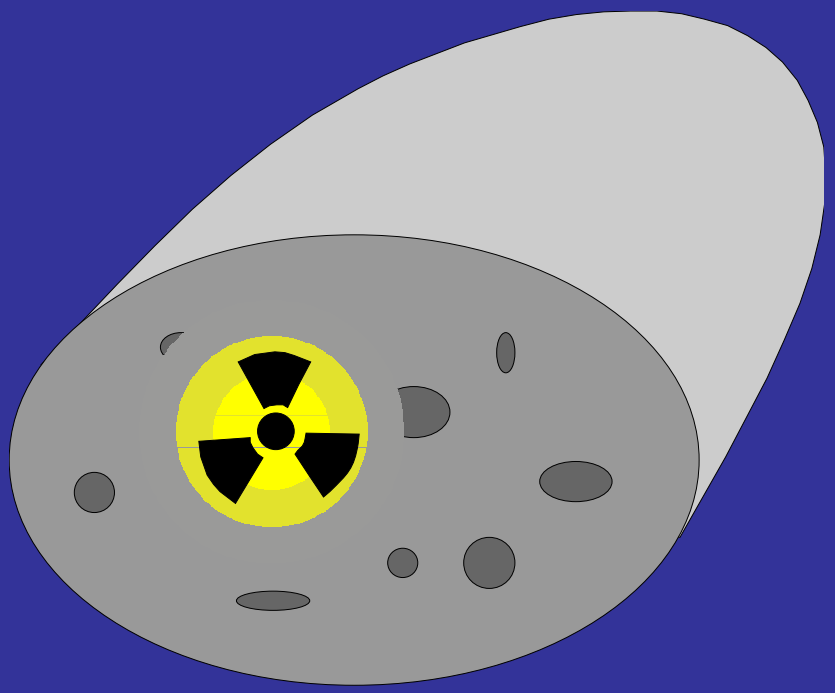

R V L
L D R





Basedow-Hyperthyreose
Tc-Uptake 16 %

Emissionscomputertomographie

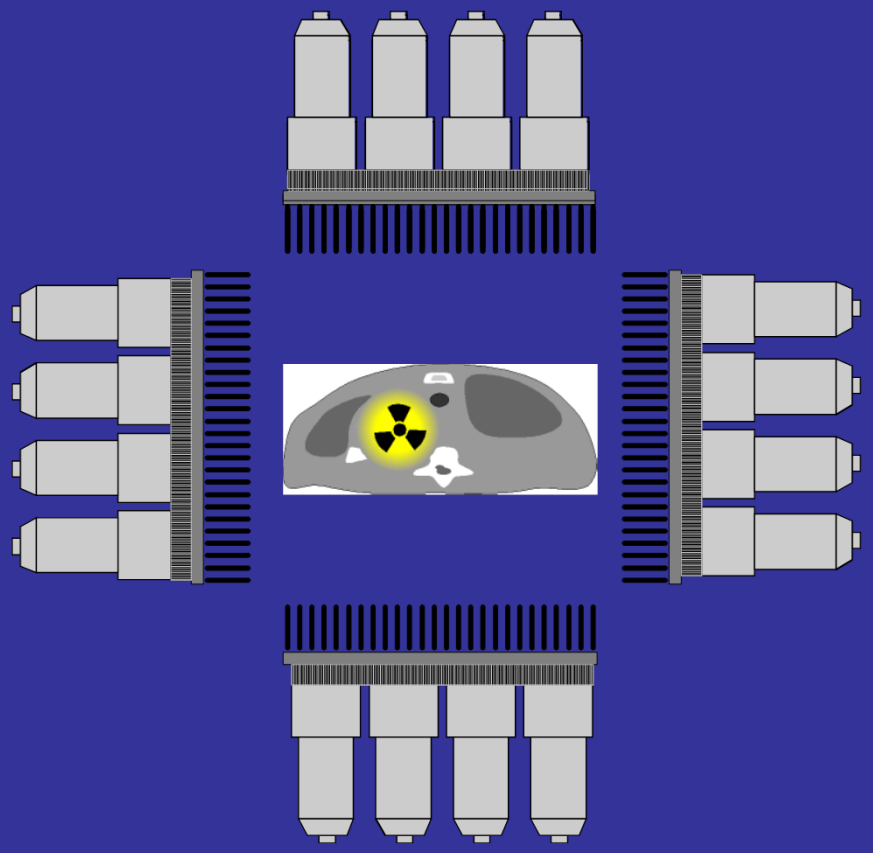


Verfahren

- SPECT
- PET

- SPECT-CT

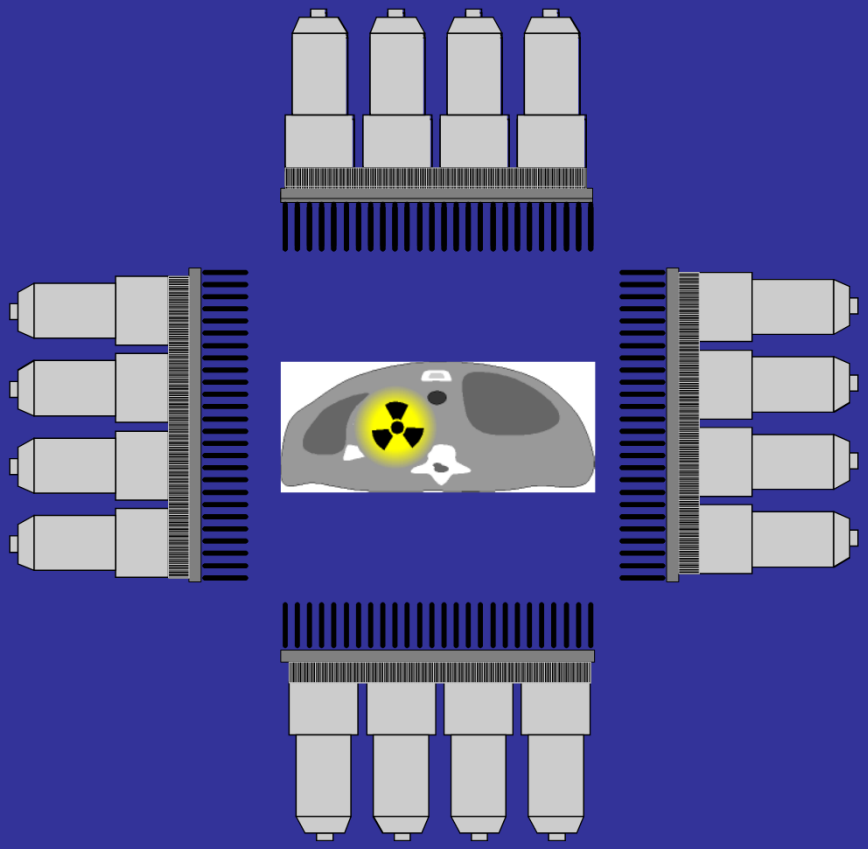
Emissionscomputertomographie



SPECT (Single Photon Emission CT)

- Detektor (Photonenzähler) mit starker Kollimation
- durch Kollimation Aufnahme von Projektionen möglich (analog CT)

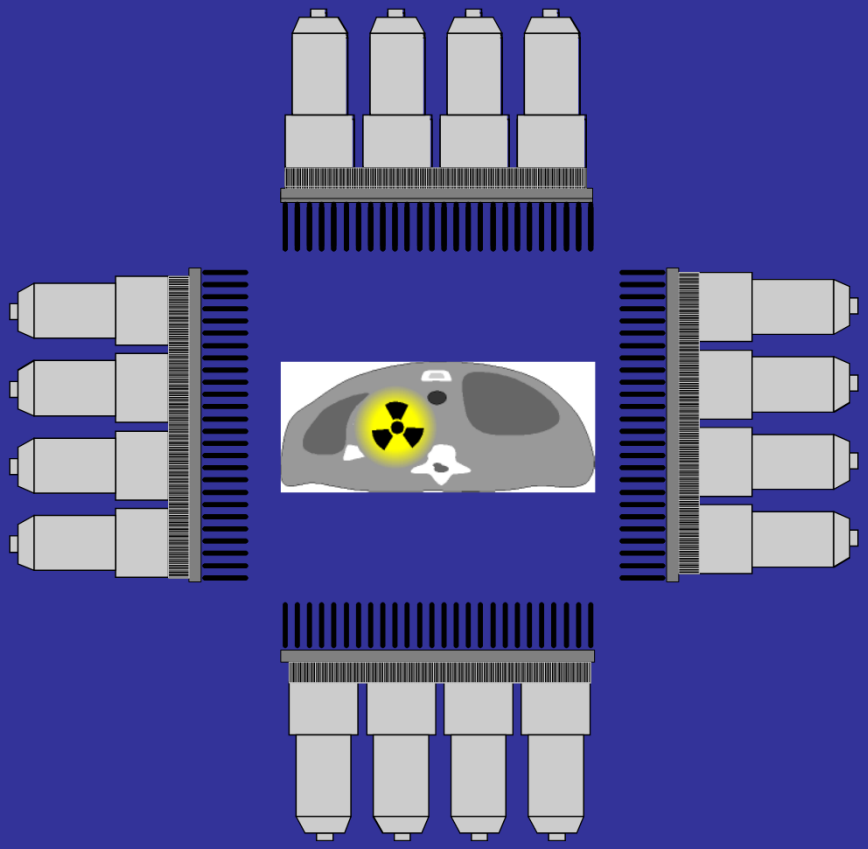
Emissionscomputertomographie



Vorteile von SPECT

- Bei Verwendung von Anger-Kammeras direkt Volumendatensatz messbar

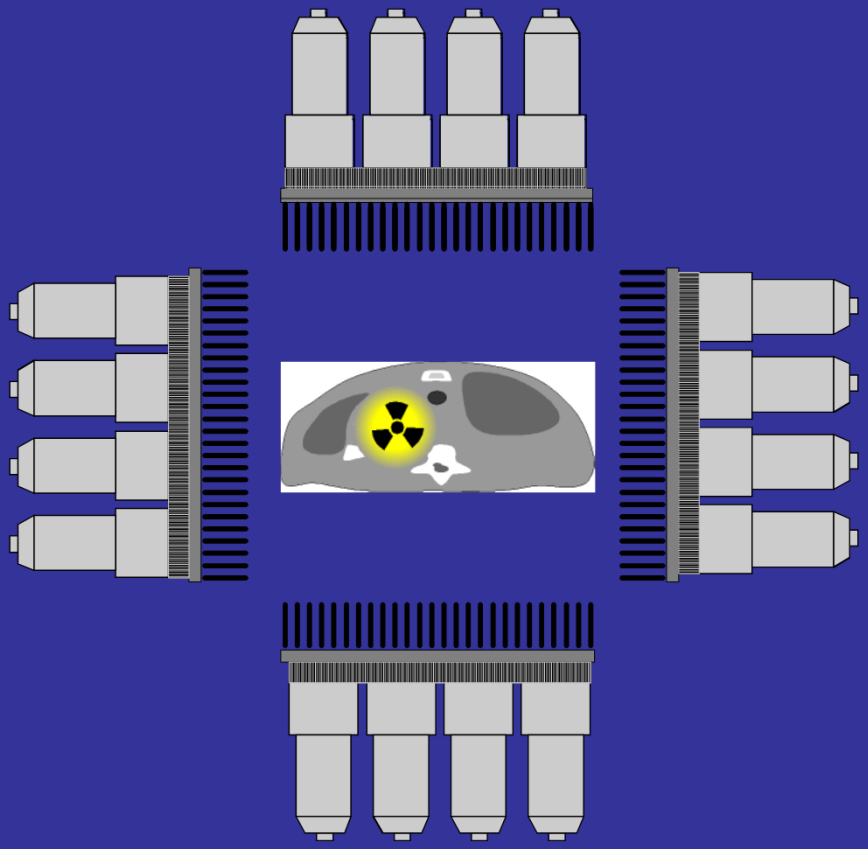
Emissionscomputertomographie



Nachteile von SPECT

- Strahler: Schwere, nicht natürlicherweise im Körper vorkommende Elemente

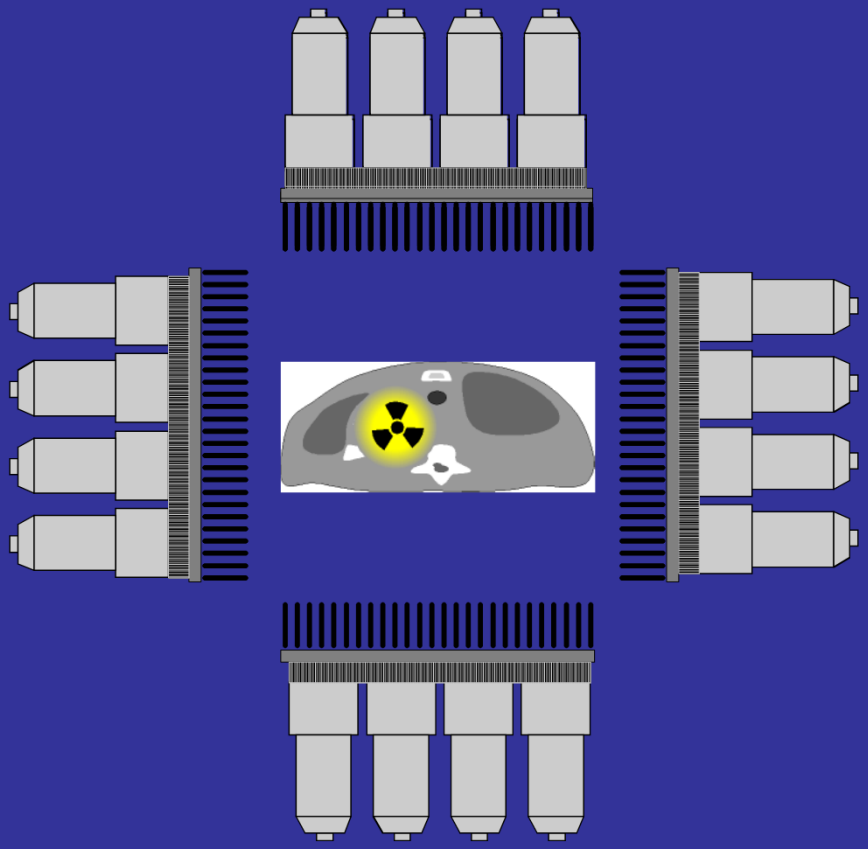
Emissionscomputertomographie



Nachteile von SPECT

- Ortsauflösung durch Kollimatoren bestimmt
- Abschwächung der Strahlung nur bedingt korrigierbar (deshalb ART-Algorithmus)

Emissionscomputertomographie



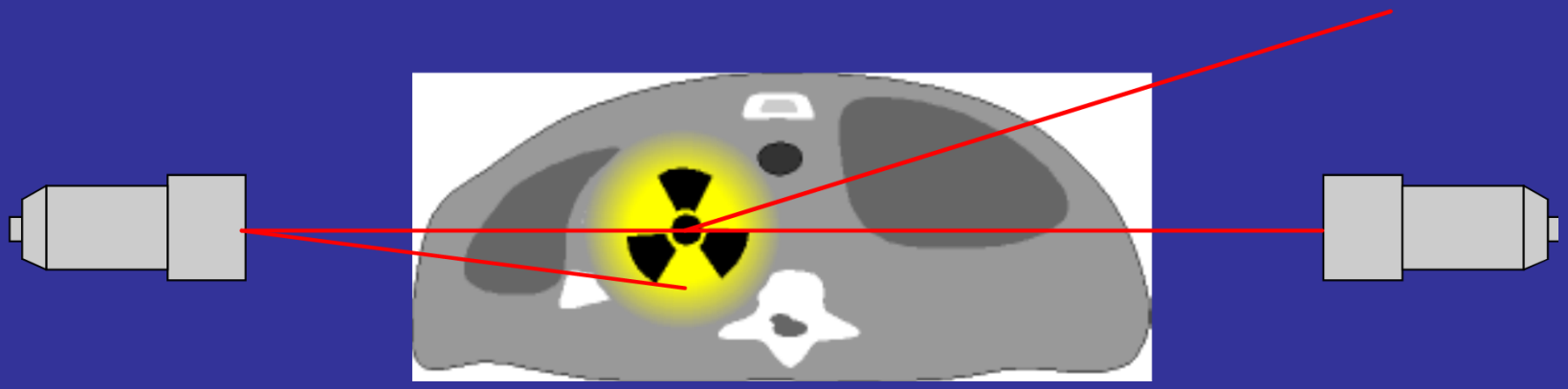
Nachteile von SPECT

- Ausbeute beim Messen der Strahlung gering (Rauschen, Messzeit!)

Emissionscomputertomographie

PET (Positronen-Emissions-Tomographie)

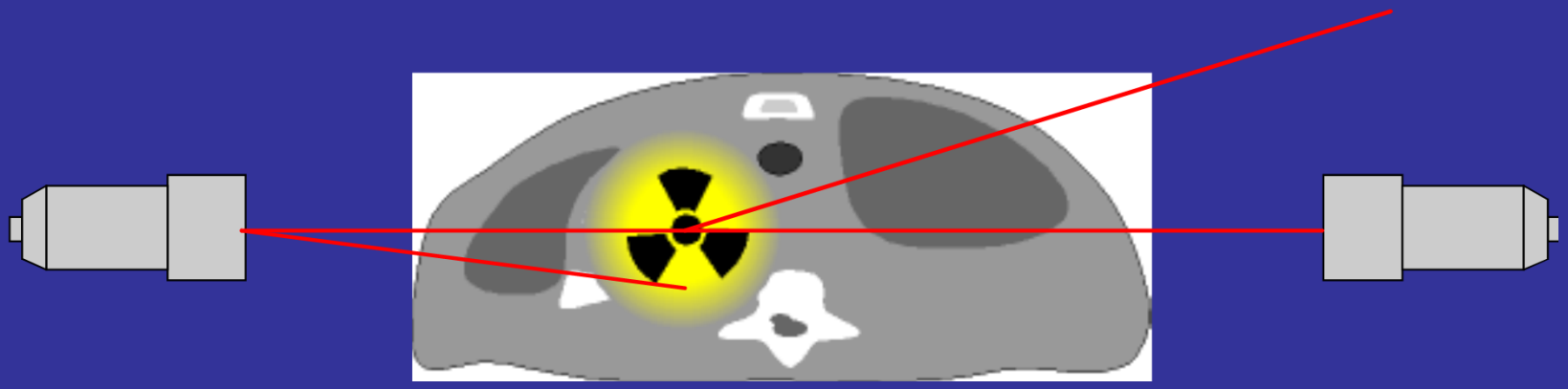
- Grundprinzip: Koinzidenz
- Vorteil: Kein Kollimator nötig



Emissionscomputertomographie

PET (Positronen-Emissions-Tomographie)

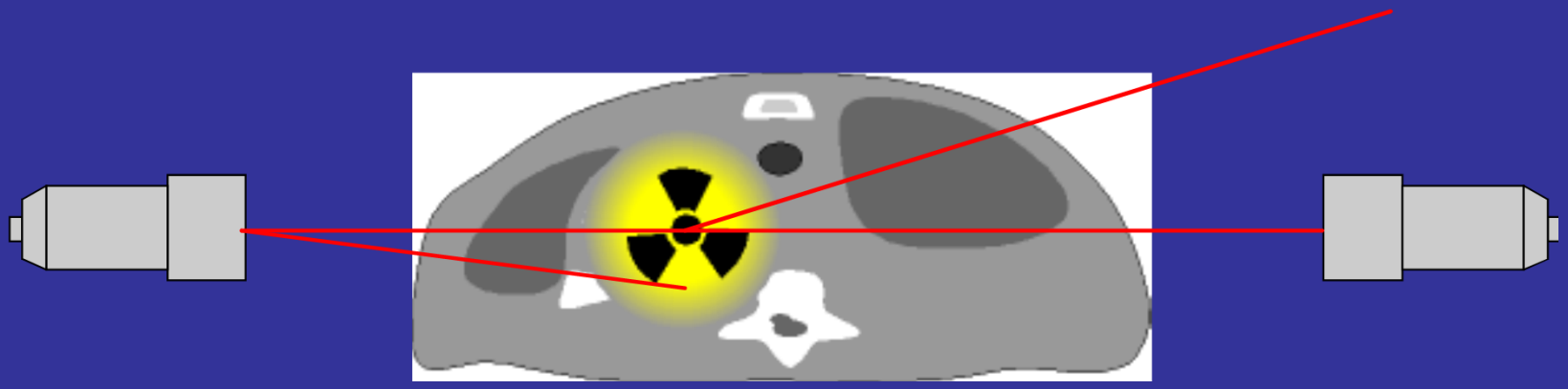
- Strahlenquelle: Positronenemitter (β^+-Zerfall)



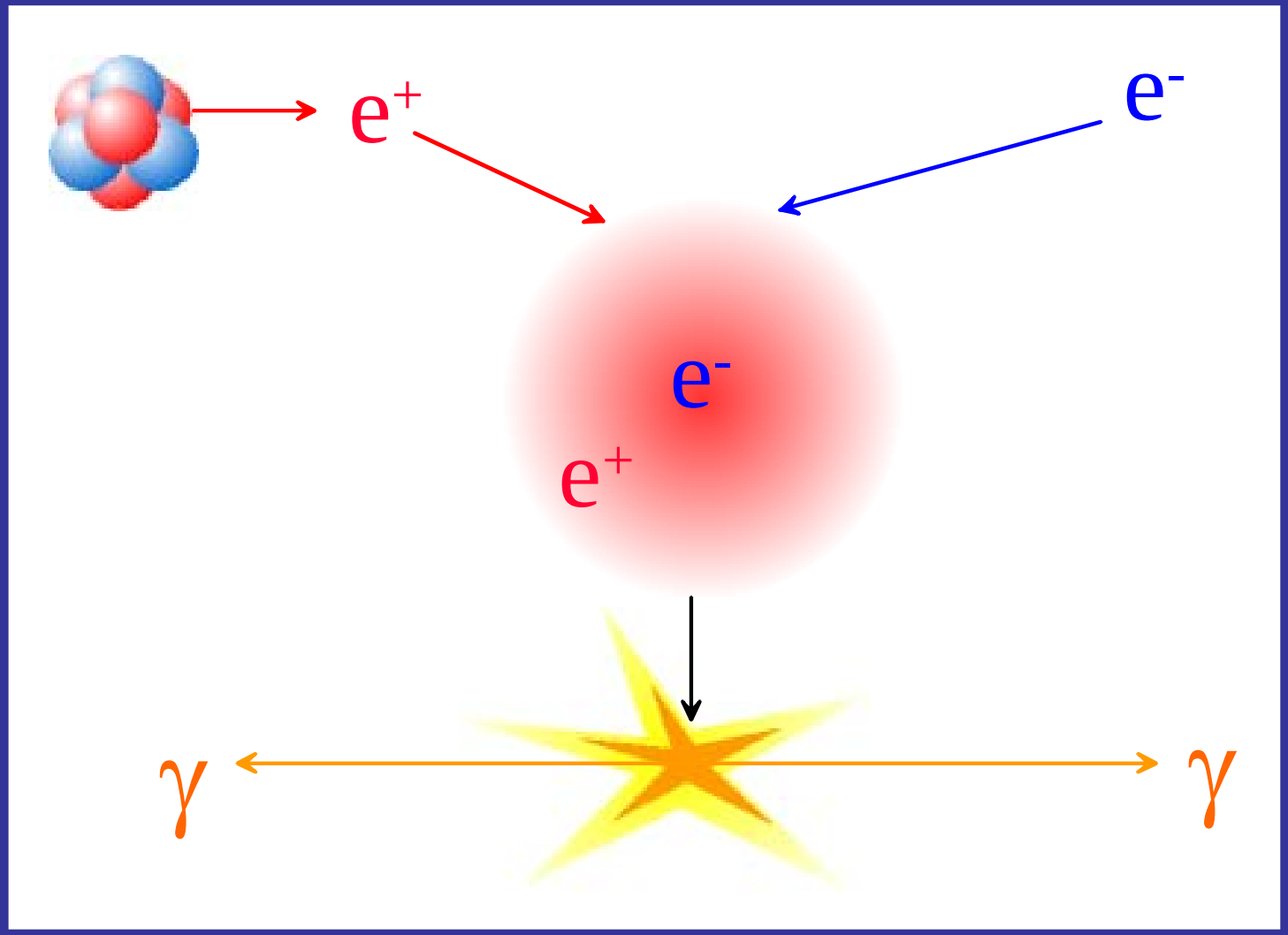
Emissionscomputertomographie

PET (Positronen-Emissions-Tomographie)

- Messung: Annihilationsstrahlung



Emissionscomputertomographie



Emissionscomputertomographie

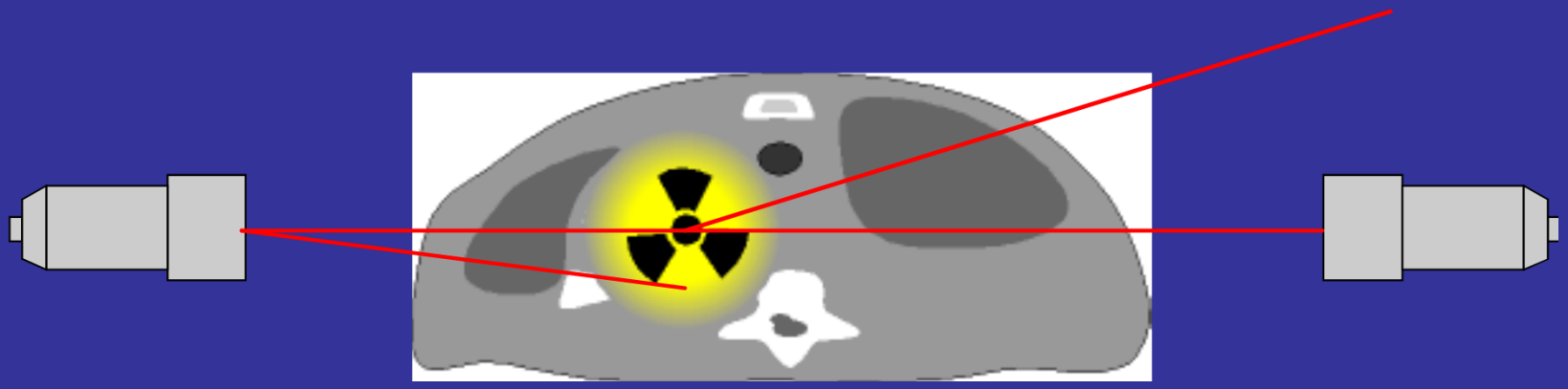
PET (Positronen-Emissions-Tomographie):
Nuklide

- ^{11}C: HWZ 20.3 min
- ^{13}N: HWZ 10 min
- ^{15}O: HWZ 2 min
- ^{18}F: HWZ 109.7 min
- ^{19}Ne: HWZ 17 s
- ^{55}Co: HWZ 17.5 h

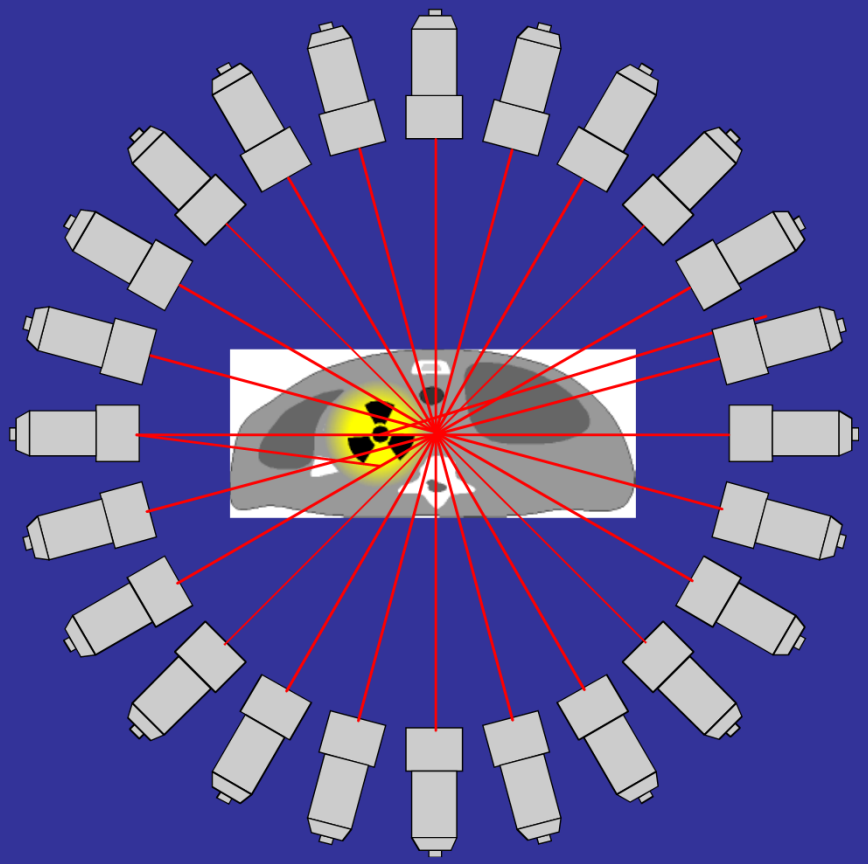
Emissionscomputertomographie

PET (Positronen-Emissions-Tomographie)

- Koinzidenztor (Intervall) durch Szintillator beeinflusst (günstig: NaI, CsF, BGO = $Bi_4Ge_3O_{12}$)



Emissionscomputertomographie



PET (Positronen-Emissions-Tomographie)

- effiziente Messung: Detektorring

Emissionscomputertomographie

Anwendungen von PET

- Neuropharmakologie (^{18}F-fluorodopamin)
- Pathophysiologie des Hirns (^{18}F-FDG)
- Tumordiagnostik (^{11}C-methionin, ^{18}F-FDG, ^{52}Fe, ^{82}Rb)
- Kardiologie, Nephrologie (^{18}F-FDG)

Emissionscomputertomographie

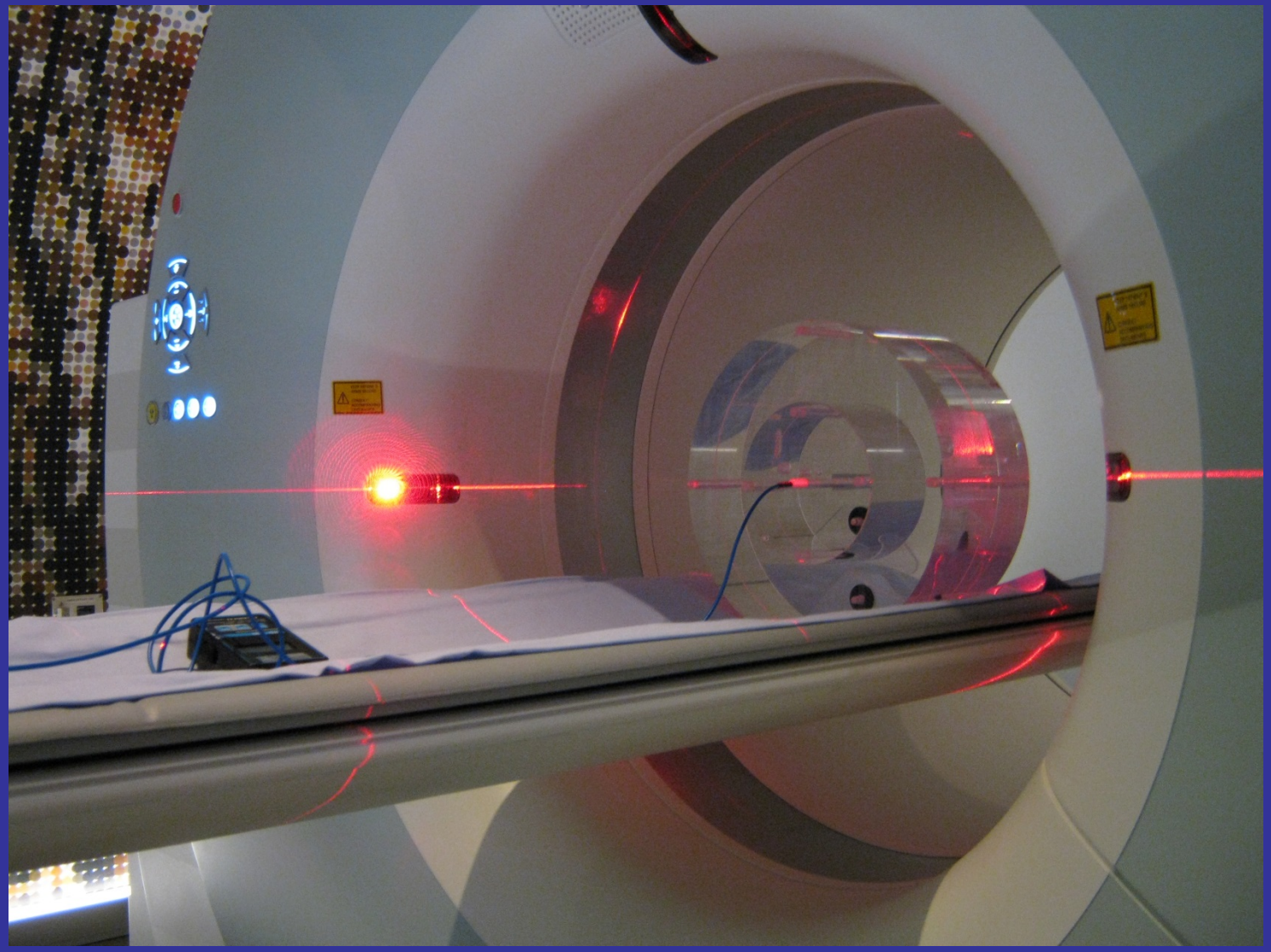
PET-CT

- Kombination (Bildfusion) von PET & CT bringt detaillierte anatomische Information mit Funktionsdiagnostik zusammen
- zunehmende Alternative: f-MRI
- PET MRI

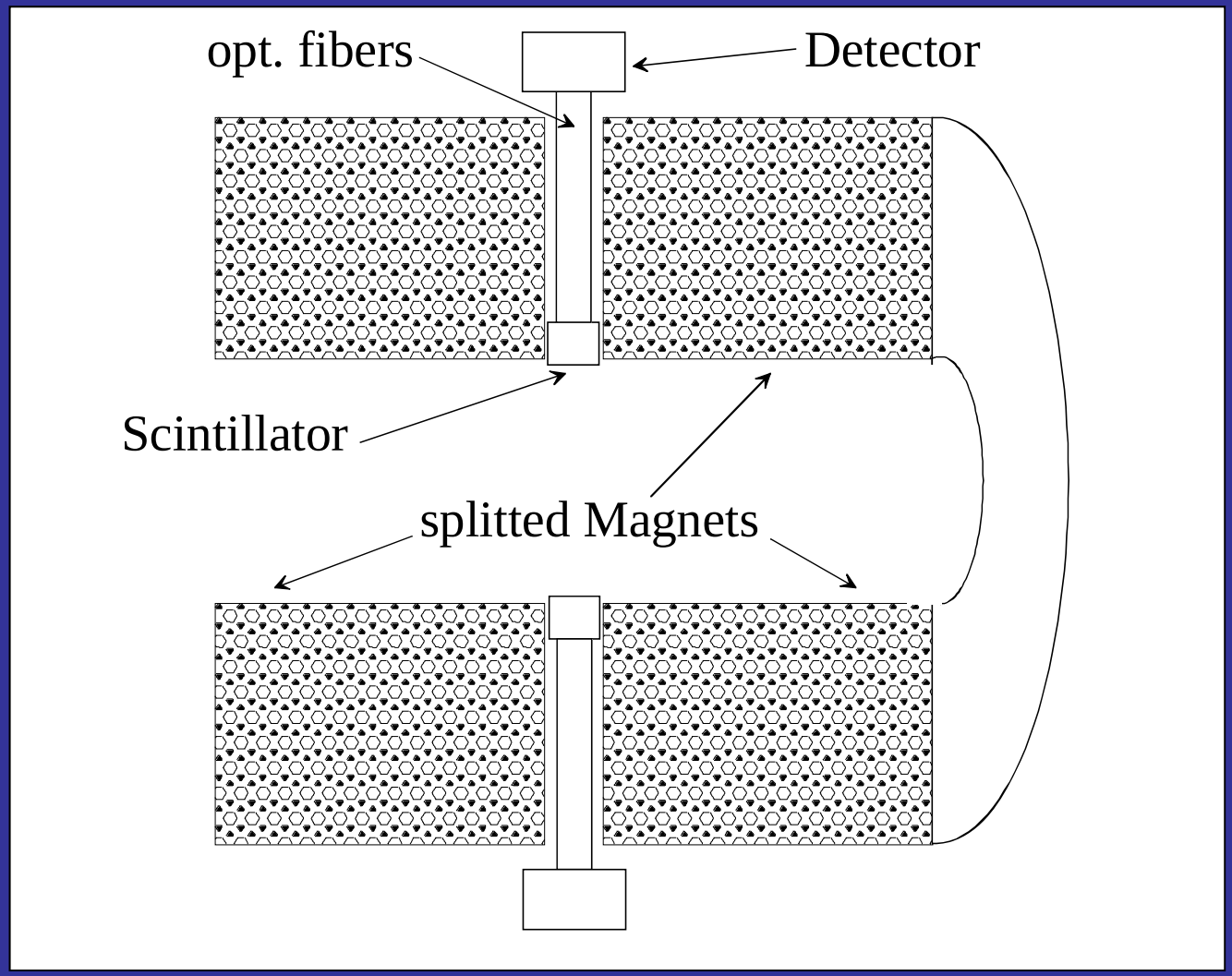
Emissionscomputertomographie

QS

PET-CT

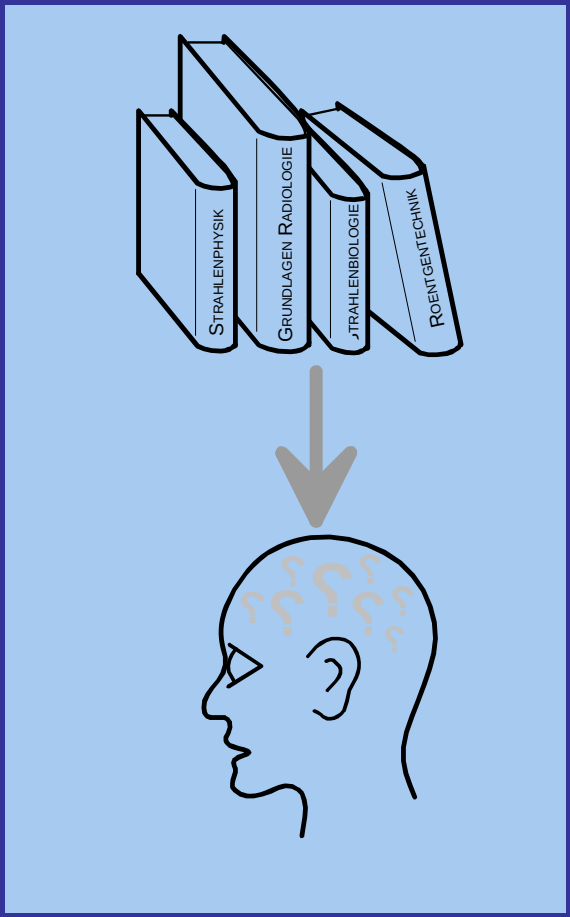


Emissionscomputertomographie



PET-MRI

Literatur



- Webb, S.: The Physics of Medical Imaging, Medical Science Series
- Krestl. E.: Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik. Verlag Siemens
- Scheidegger S. (2002): Physikalische Grundlagen der Dosimetrie im Strahlenschutz. Paul Scherrer Institut