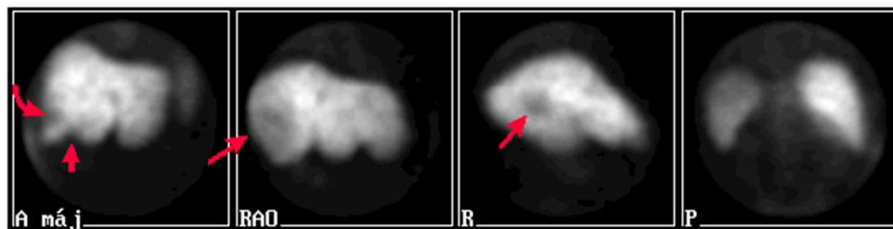
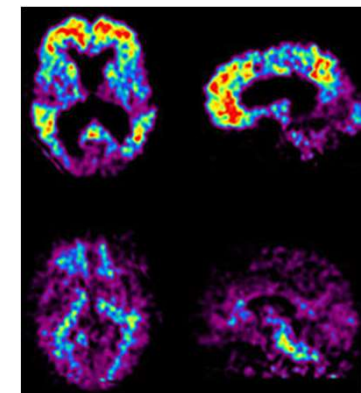


Nuklearmedizin: Isotopendiagnostik, Strahlentherapie.



László
Smeller



Semmelweis Universität
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie

Nuklearmedizin

Als Nuklearmedizin bezeichnet man die Anwendung von offenen radioaktiven Stoffen in medizinischer Diagnostik, Therapie und Wissenschaft.



György Hevesy
1885-1966
Nobelpreis in 1943

Isotopendiagnostik

Man bekommt Information über die Größe, und Funktion (Geschwindigkeit des Metabolismus) des Organs.

z. B.: Unter- oder Überfunktion der Schilddrüse, detektierung der Tumoren, Metastasen die schnell metabolisieren.

Strahlentherapie

Man verwendet den schädigenden Effekt der ionisierenden Strahlungen. Meistens werden Tumoren behandelt, die höhere Empfindlichkeit gegen Strahlenschädigung haben.

I. Physikalische Grundlagen der Isotopendiagnostik

1. Auswahl des Isotopes

2. Isotopendiagnostische Verfahren

1. Auswahl des Isotopes

- a. Isotop von welchem **Element** soll man wählen?
- b. Wie hohe **Aktivität** braucht man?
- c. Wie lange **Halbwertszeit** ist ideal?
- d. Welche **Strahlung** soll emittiert werden?

a. Isotop von welchem Element?

1. Ursprüngliche Idee:

Das Isotop wird in dem Zielorgan physiologisch aufgenommen.

z.B.: ^{59}Fe : Aufbau von Erythrozyten ✓
 ~~^{131}I für Schilddrüse~~ (zu hohe Strahlenbelastung!!)

Es gibt nur wenige organspezifische Elemente.

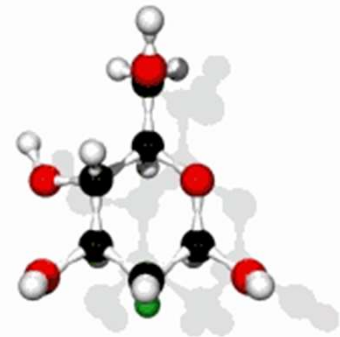
=> Anwendung von Trägermolekül:

2. Radiopharkon=Trägermolekül +Isotop

↑
Zielorgan spezifisch
bringt das Isotop zum
Zielorgan

← notwendig für die Messung

Vorteil der Anwendung der Radiopharmaka:
Ein Isotop mit günstigen Eigenschaften kann
gewählt werden

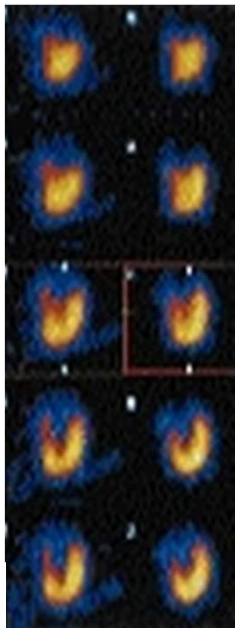


Radioactive Sugar

b. Wie hohe Aktivität braucht man?

Strahlenschutz:
so klein wie möglich

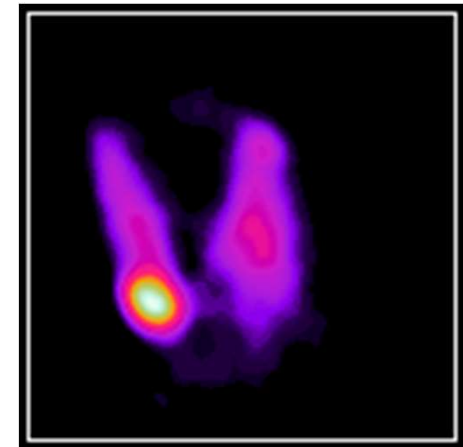
Qualität des Bildes:
so hoch wie möglich



die goldene Mitte:
10 MBq...100 MBq

Hängt auch von der Zeitdauer der
Messung ab.

Schnelle Aufnahmen brauchen
höhere Aktivität (z.B.: Herz)



c. Halbwertszeit

Anzahl der radioaktiven Atome
in dem Körper

$$N = \frac{AT}{\ln 2}$$

A : Aktivität, T : Halbwertszeit

Die Strahlenbelastung (Dosis) ist proportional mit
der Anzahl der eingegebenen radioaktiven Atomen (N)

=> T soll kurz sein

! Aber T muss grösser sein, als die
charakteristische Zeit des
untersuchten Lebensvorganges!

$$A = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| \qquad \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$
$$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} N$$

d. Welche Strahlung soll emittiert werden?

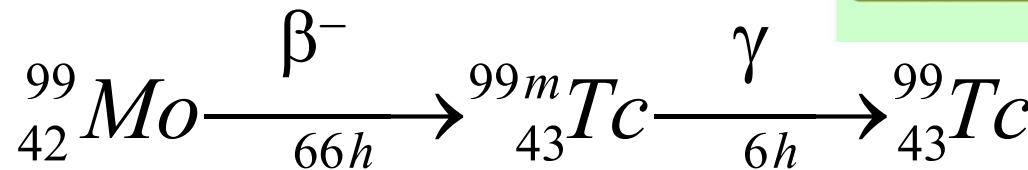
Das optimale Isotop emittiert **ausschließlich** γ -Strahlung!

PET, ist eine Ausnahme wo β^+ Isotop wird verwendet .
(siehe später.)

Ein reines γ -strahlendes Isotop:

- rar
- emittiert die γ -Strahlung während eines isomeren Kernüberganges z.B.: ^{99m}Tc

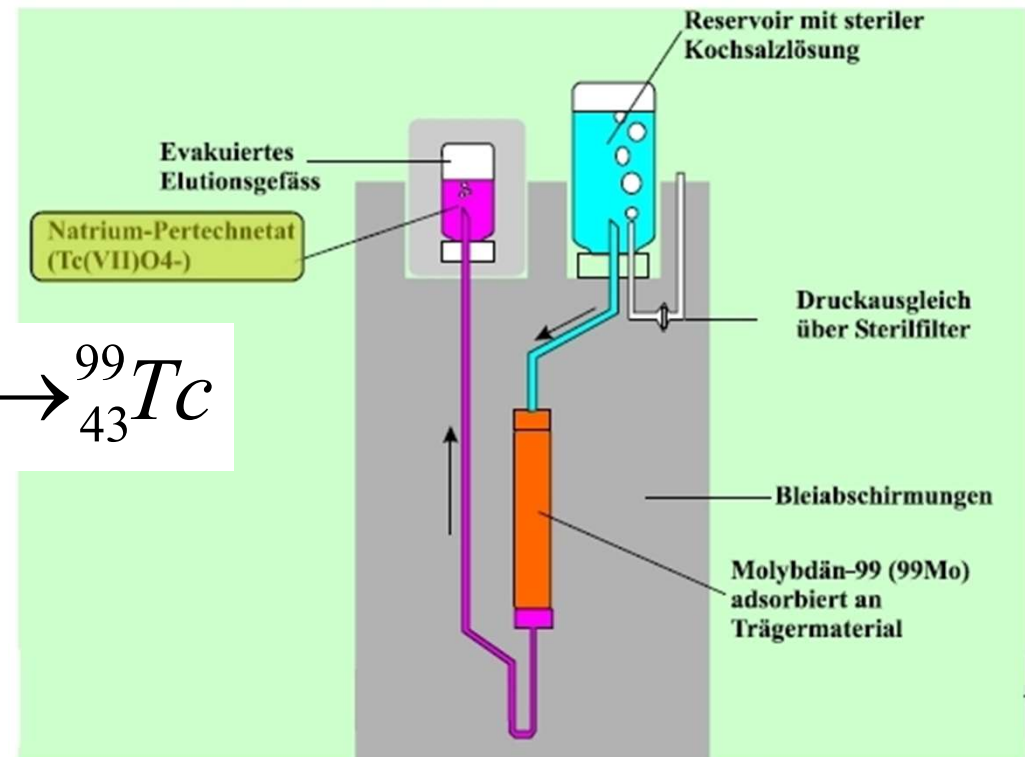
Technetium Generator



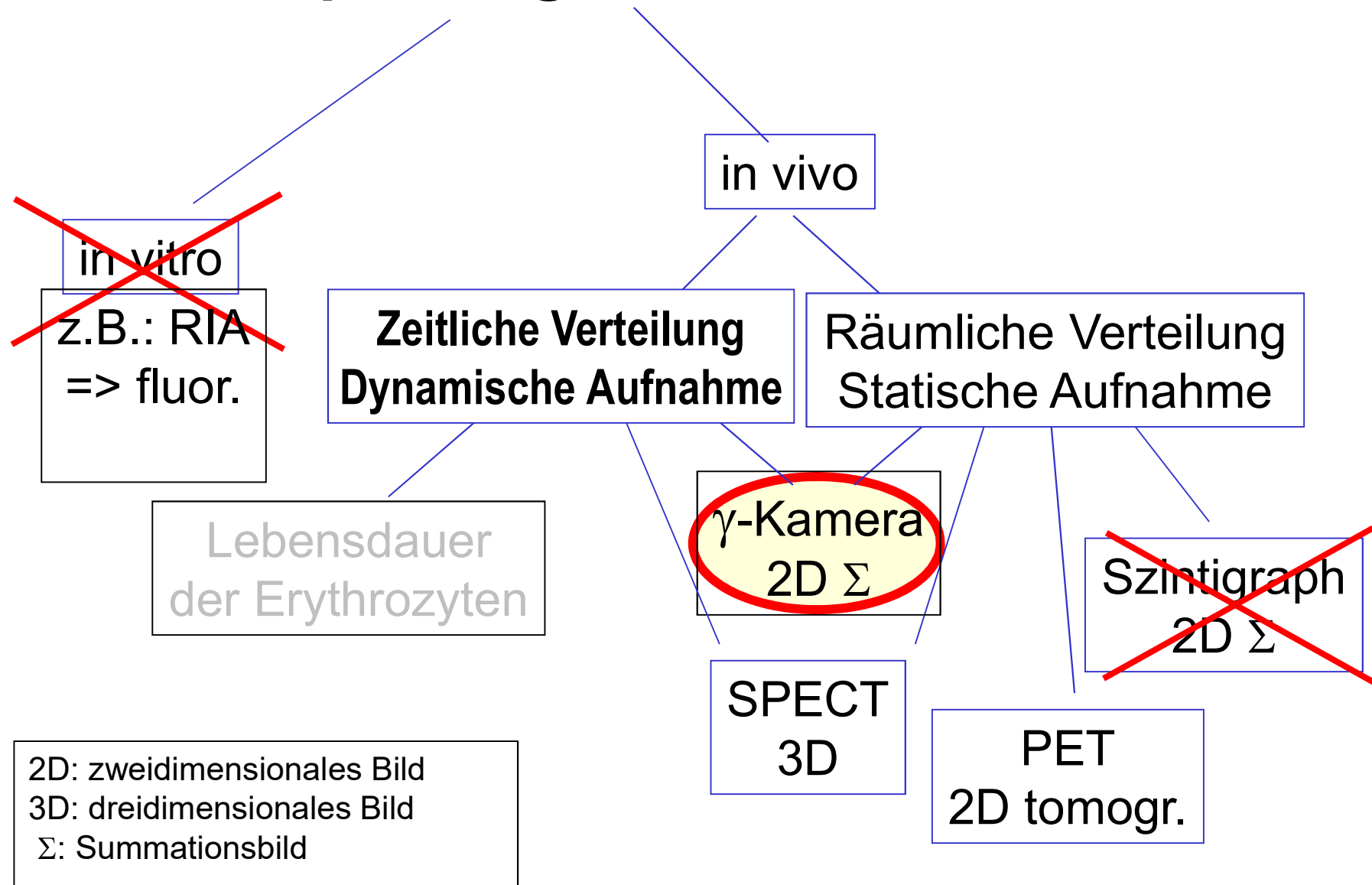
Die β^- und γ Emissionen sind zeitlich getrennt.

Ein reines γ -strahlendes ^{99m}Tc kann separiert werden.

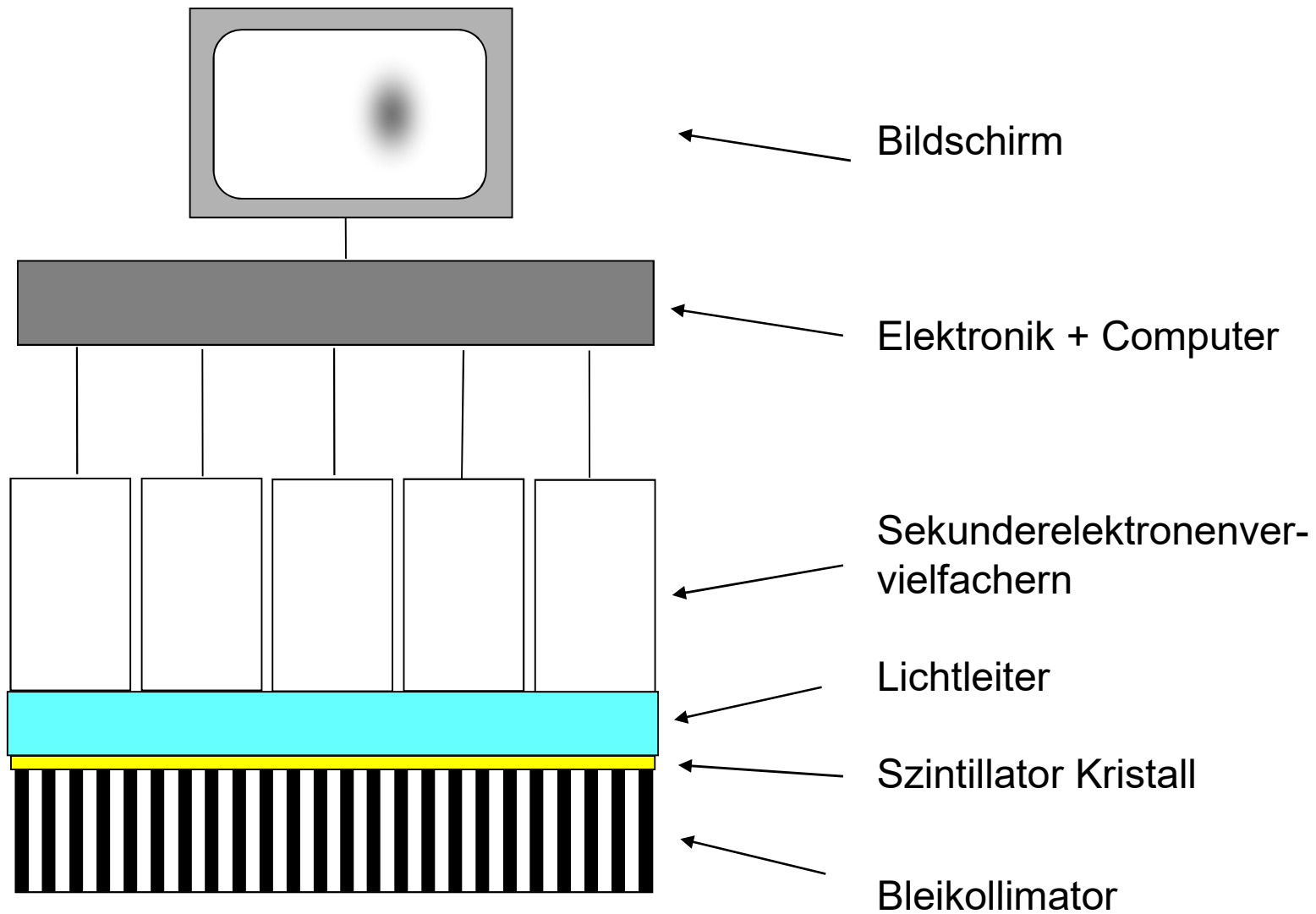
Die Reichweite der α und β Strahlungen sind zu klein, diese Strahlen treten aus dem Körper nicht aus!
Nur Strahlenschädigung!



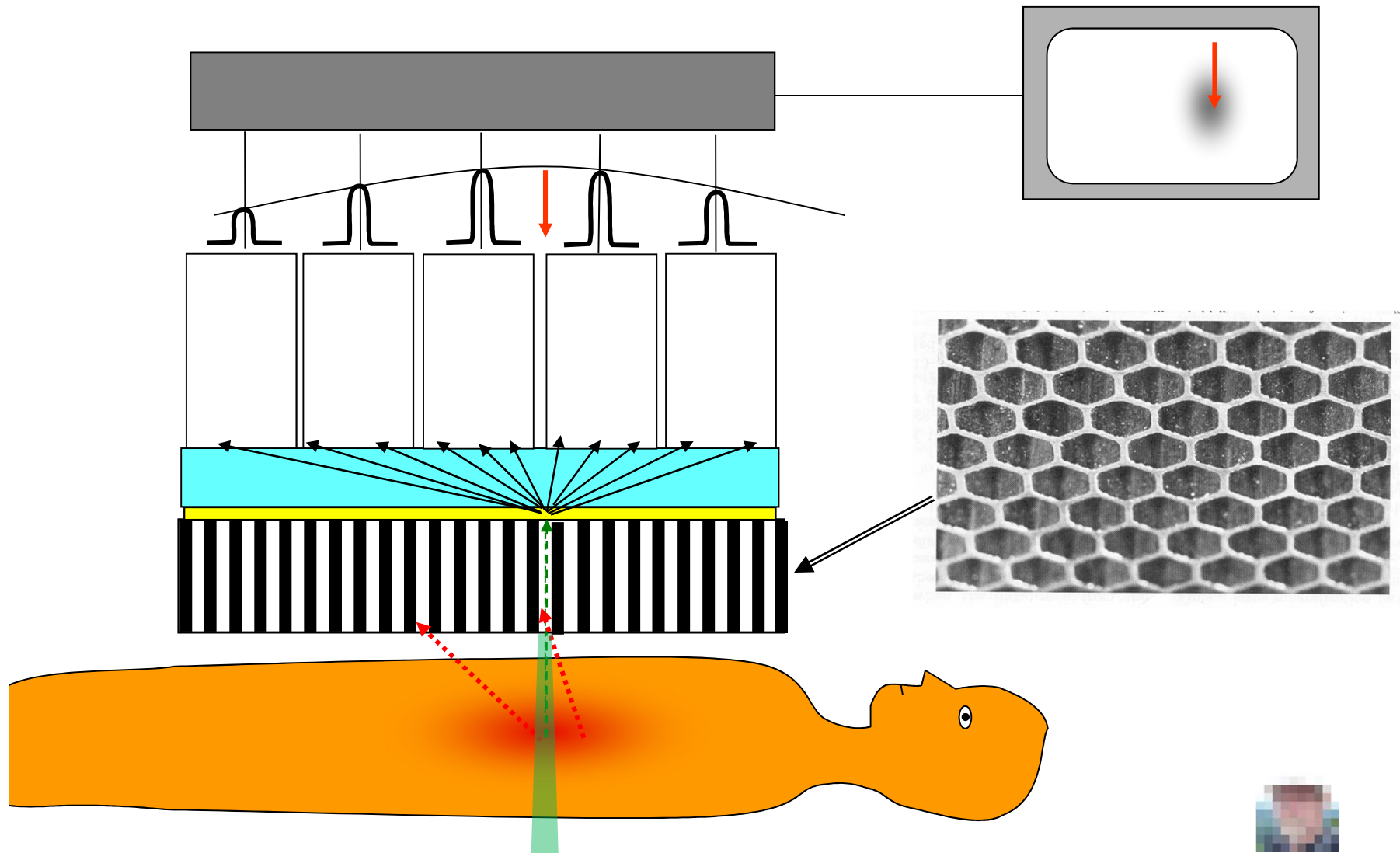
2. Isotopendiagnostische Verfahren



a. In vivo > Räumliche Verteilung > γ -Kamera



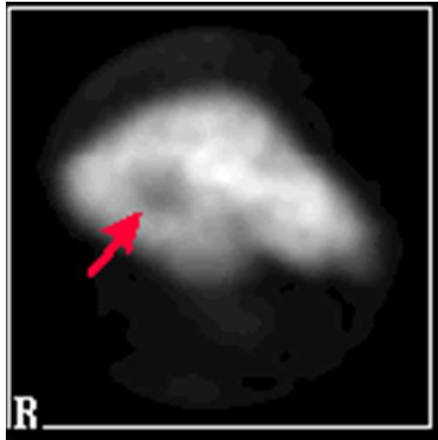
γ -Kamera





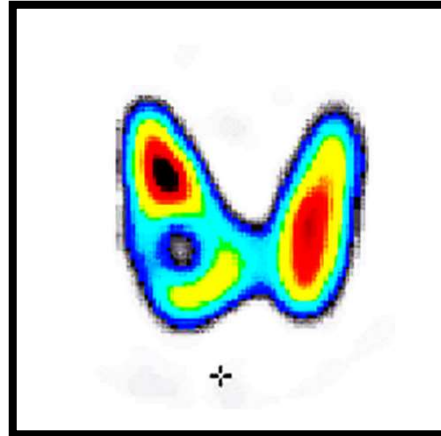


Beispiele für Gammakameraaufnahmen

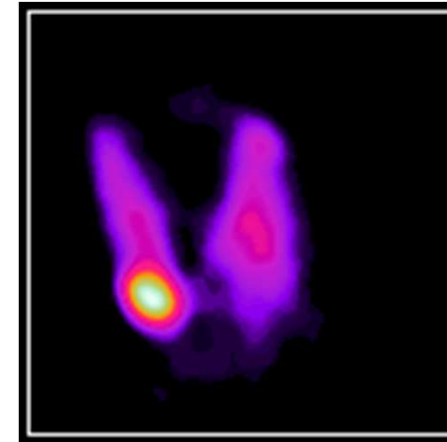


Metastase in dem Leber

^{99m}Tc -Radiopharmakon



Schilddrüse
Unterfunktion



Schilddrüse
Überfunktion

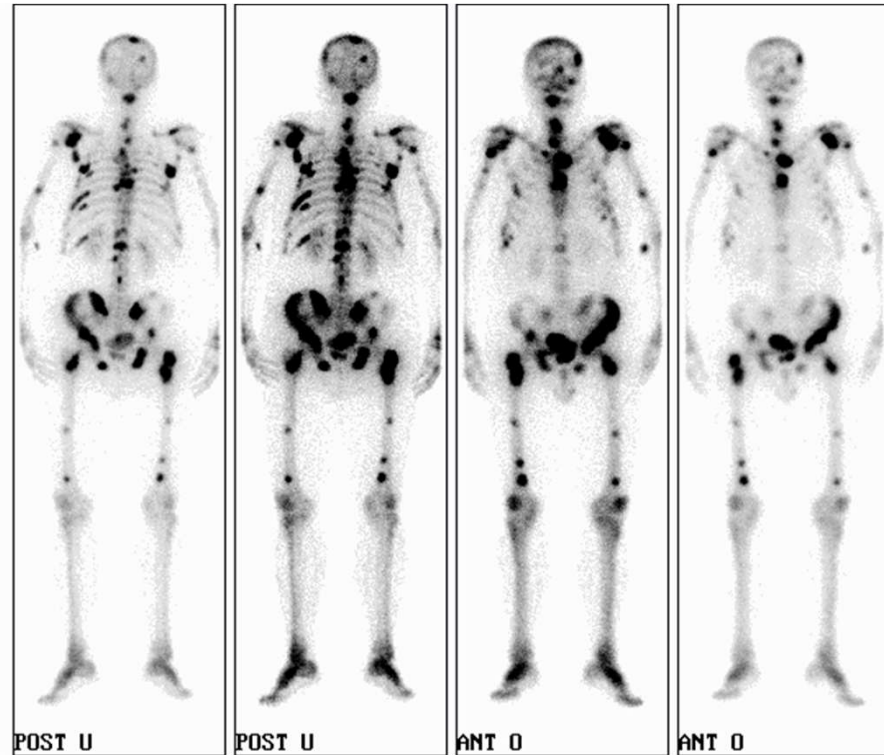
^{99m}Tc Pertechnetat

Knochenszintigraphie

^{99m}Tc -MDP (^{99m}Tc -methyl diphosphonate): 600 MBq



normal



Metastase

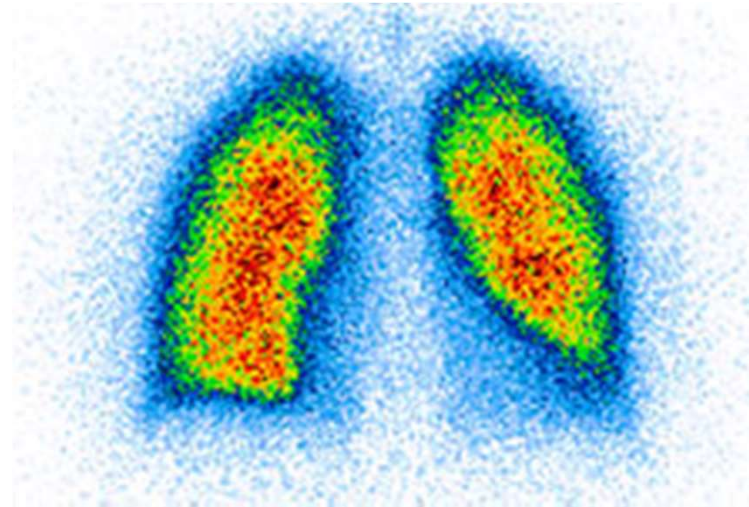
Lungenszintigraphie

Perfusion (Durchblutung)

Ventilation (Luftgänge)

Isotope:

^{133m}Xe ^{99m}Tc



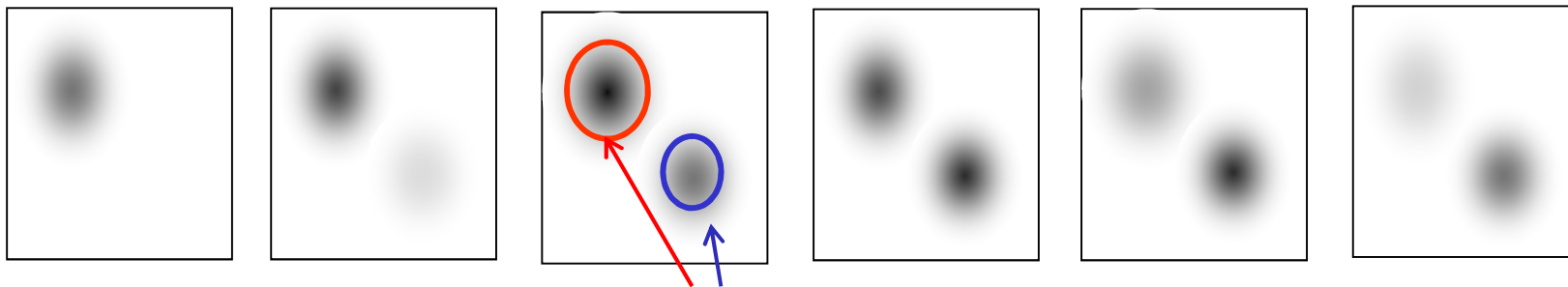
Doppelisotopenmarkierung: Man kann die zwei Lebensfunktionen mit einem Messgerät gleichzeitig untersuchen.

Isotopen mit unterschiedlicher γ -Energie müssen verwendet werden.

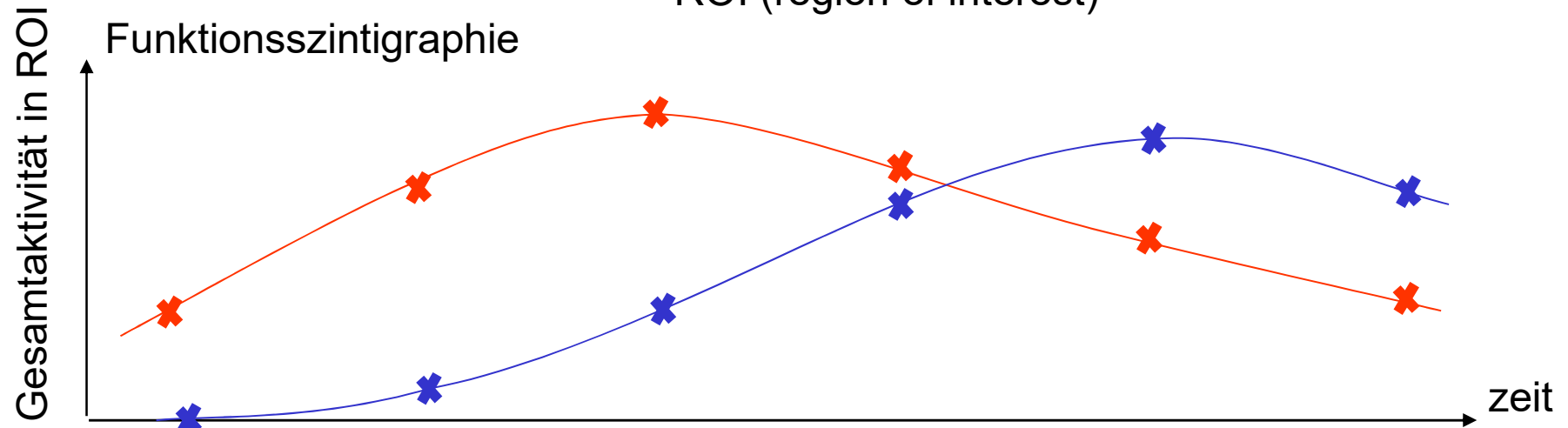
(Siehe Gamma-Energie Praktikum)

b. Kombinierte räumliche und zeitliche Information: **Dynamische Aufnahme**

Dynamische Aufnahme mit einem γ -Kamera: Aufnahmen werden in regelmäßigen Zeitintervallen registriert (Sequenzszintigraphie)

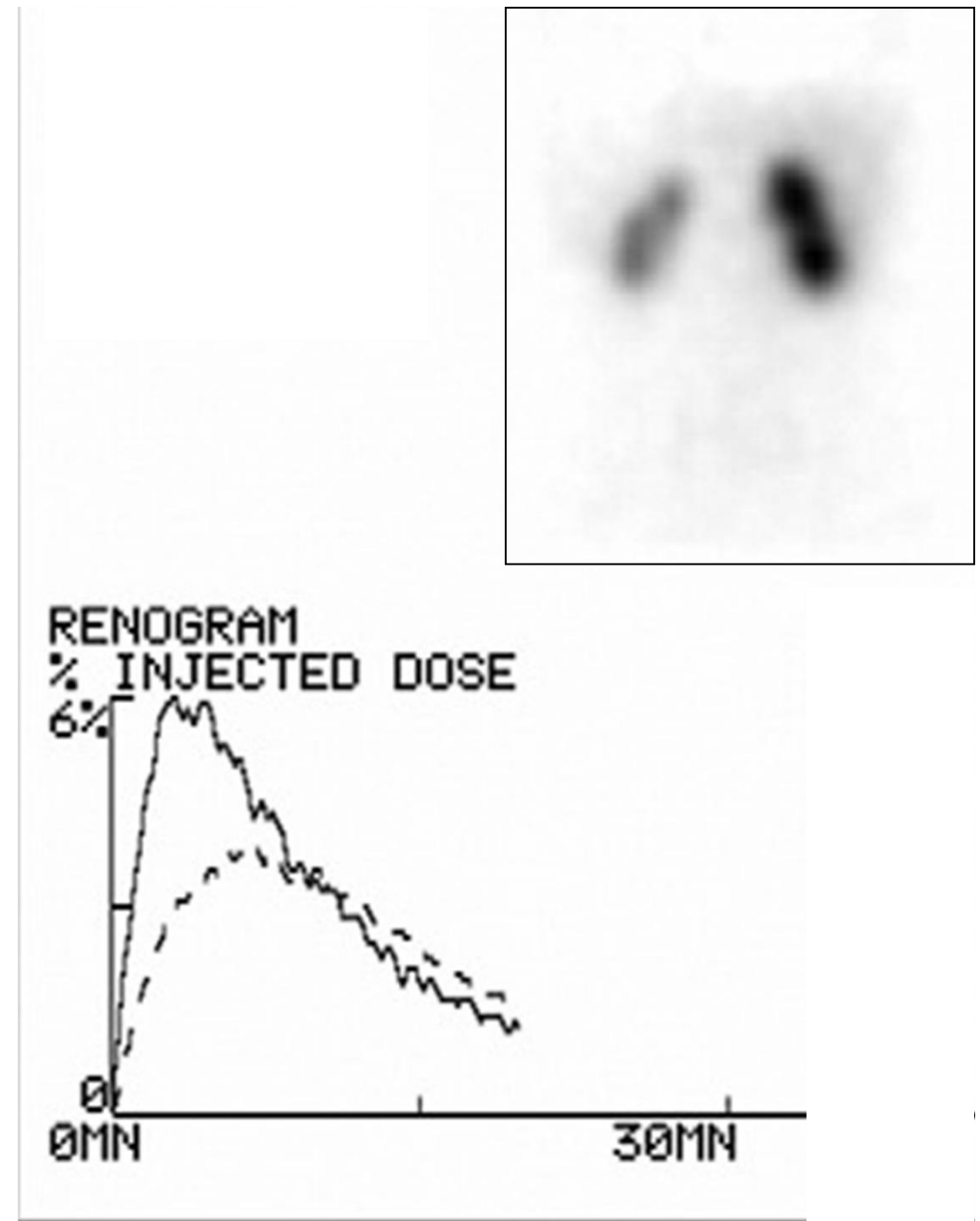
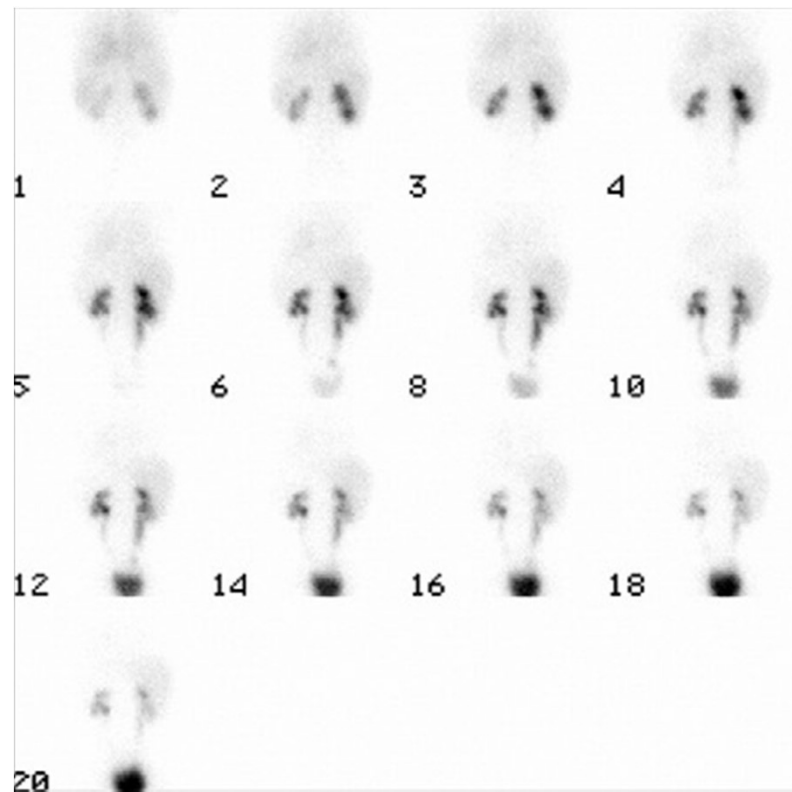


ROI (region of interest)



Beispiel:

Nierenaufnahmen eines Säuglings

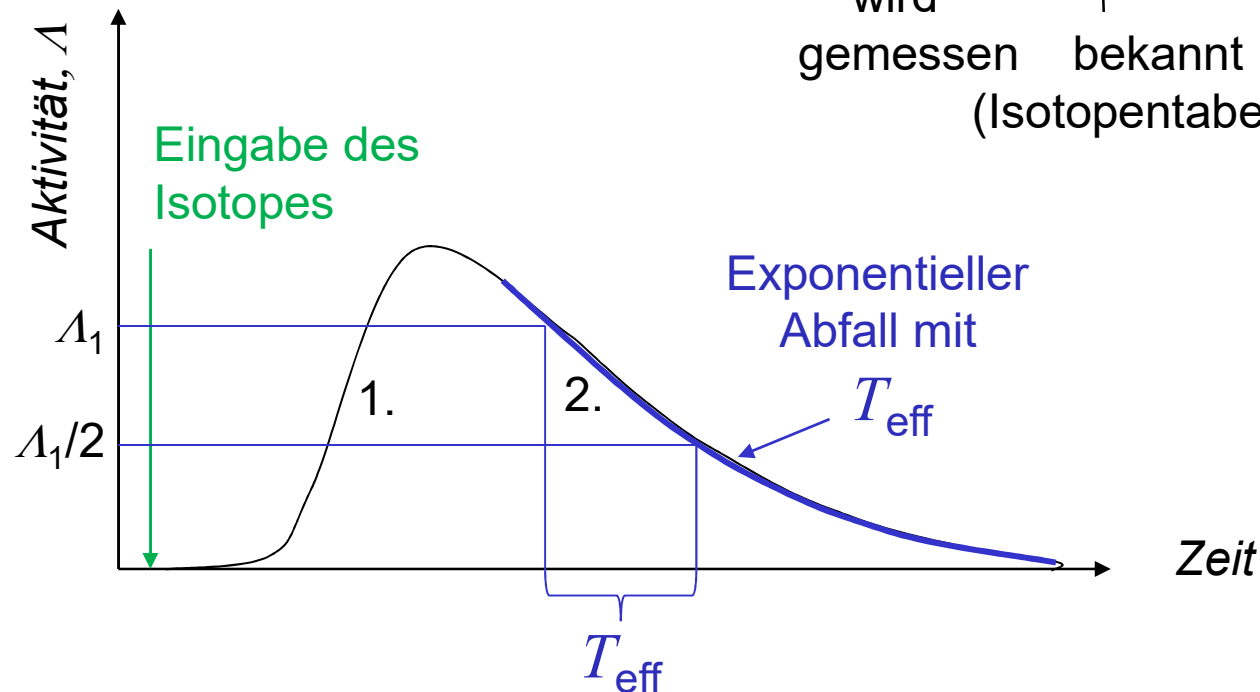


c. Typische Zeit-Aktivitäts-Kurve eines Organs

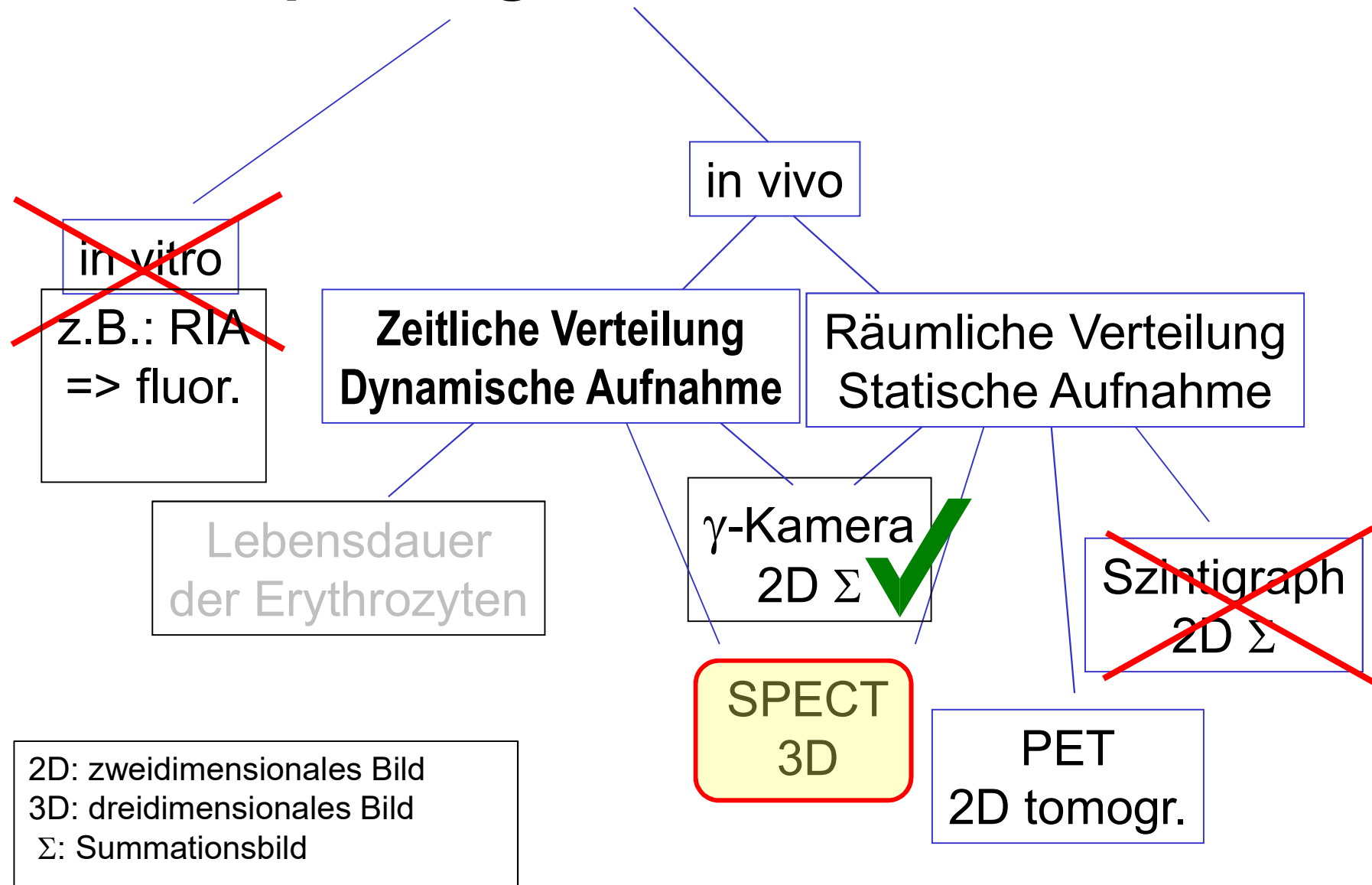
1. Anreicherung
2. Zerfall und Ausscheidung (Metabolismus)

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

↑
wird
gemessen
↑
bekannt
(Isotopentabelle)
↙
Wird berechnet



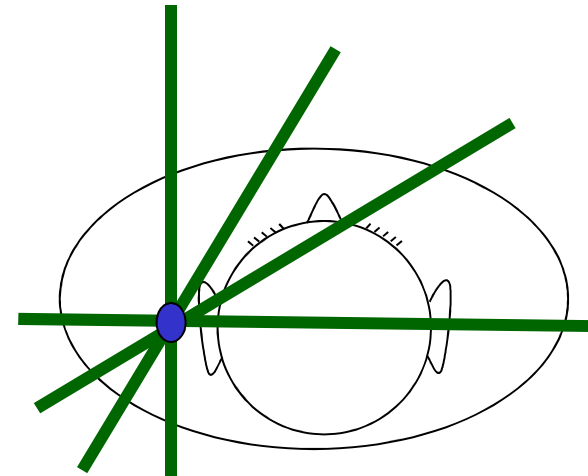
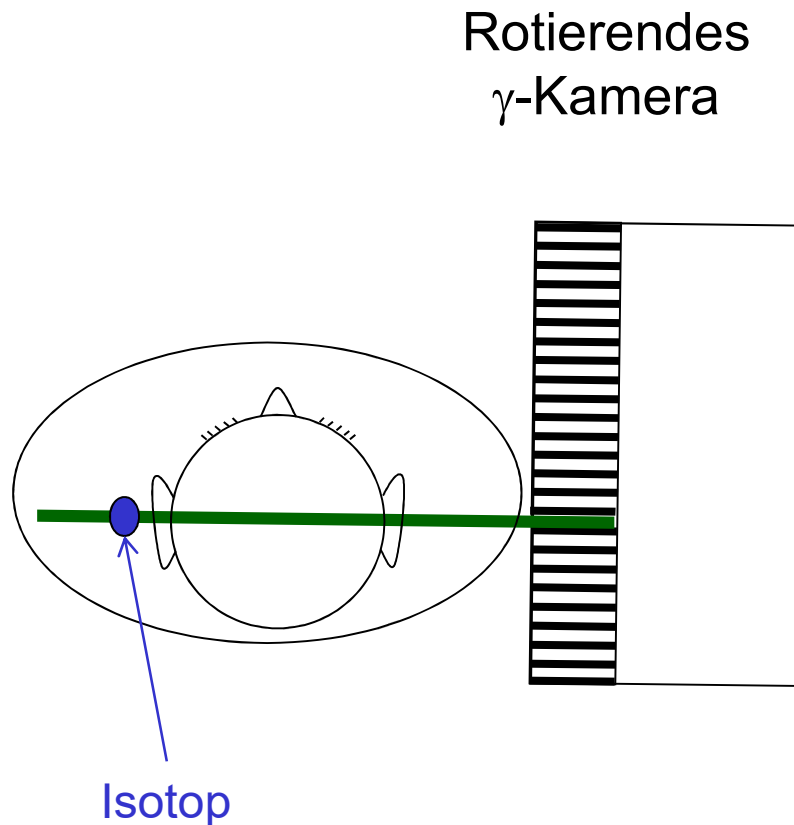
Isotopendiagnostische Verfahren



d. SPECT

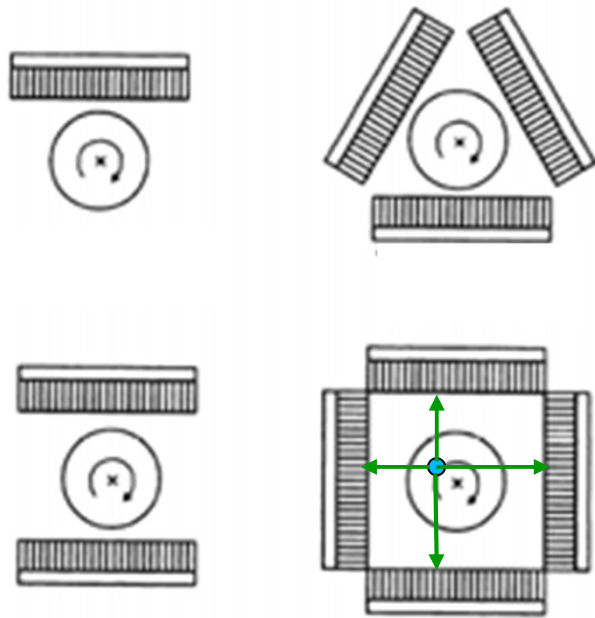
(Single Photon Emission Computed Tomography)

Schnittbilder werden durch das Verfahren der gefilterten Rückprojektion rekonstruiert. Erzeugt werden dabei dreidimensionale Darstellungen der Aktivitätsverteilung.

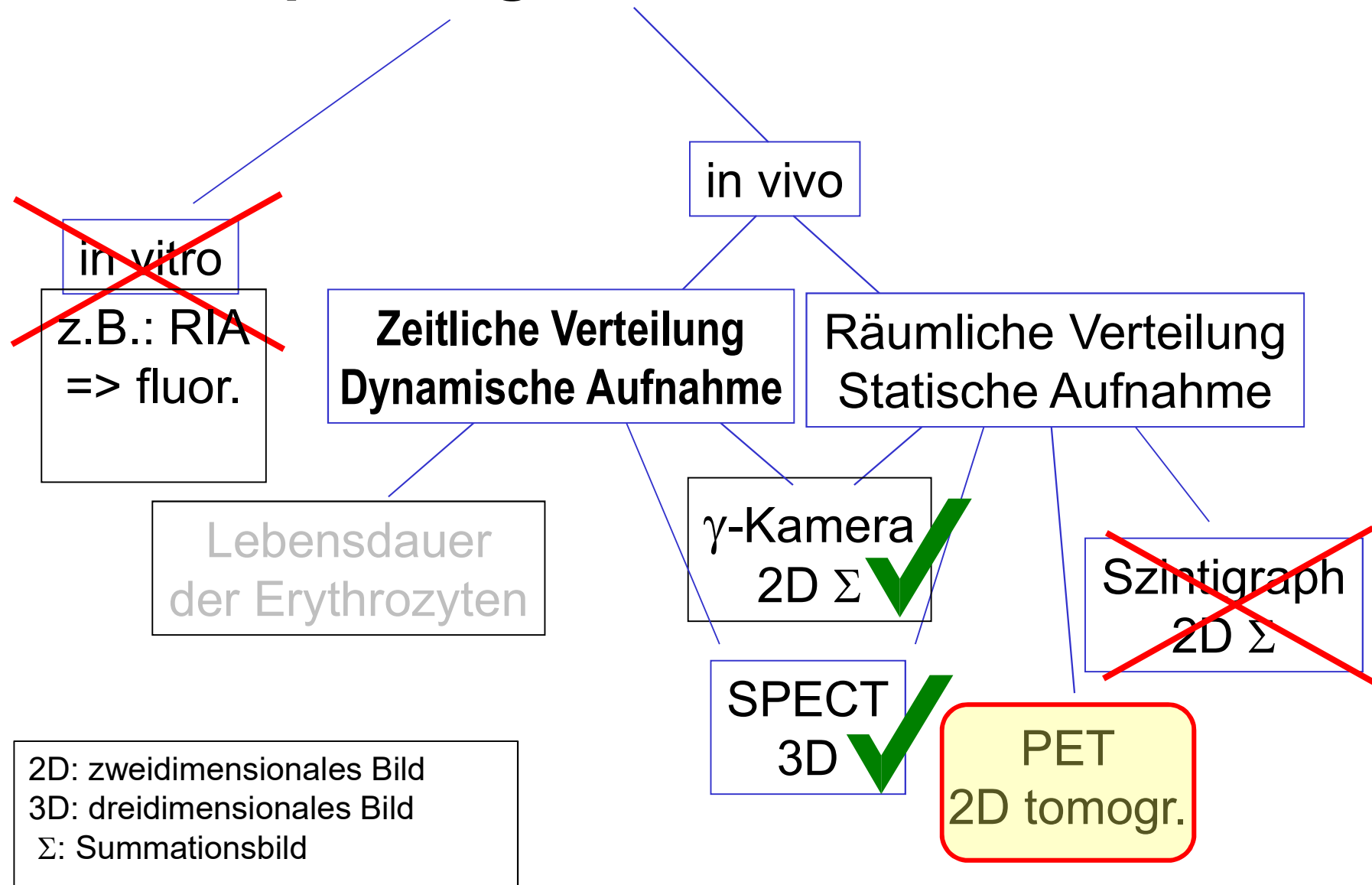


SPECT

(Single Photon Emission Computed Tomography)



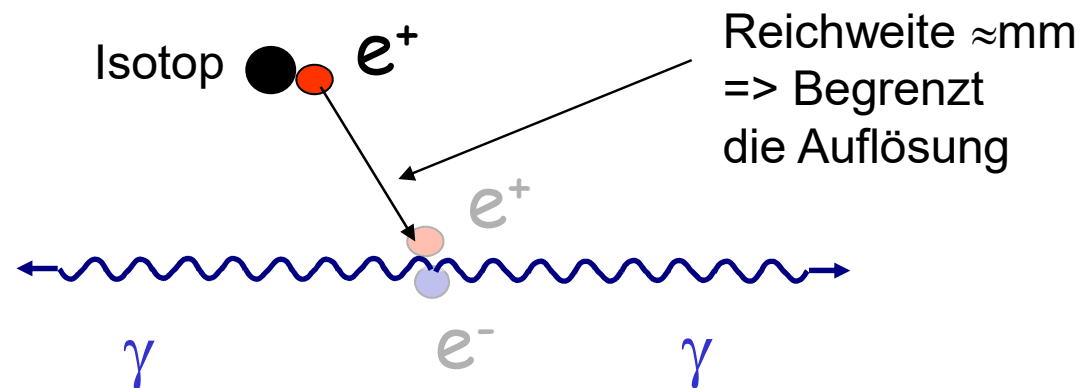
Isotopendiagnostische Verfahren



e. PET (Positron Emission Tomography)

Positronstrahlendes Isotop ist gebraucht

Das Verfahren basiert sich auf der Positronenannihilation

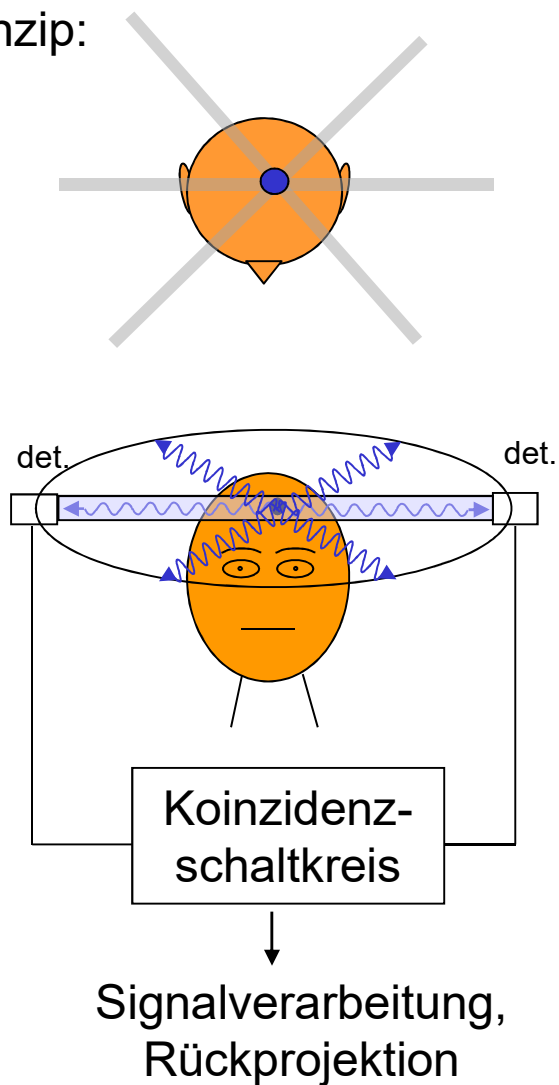


z.B.: ^{18}F $E_{\beta^+}=0,64\text{MeV}$ Reichweite $=0,2\text{ mm}$

Positronenstrahlendes Isotop findet man in der Natur nicht.
Künstliche Herstellung ist notwendig (z.B. mit einem Zyklotron)
Wegen der kurzen Halbwertszeit muss das Isotop am Applikationsort hergestellt werden.

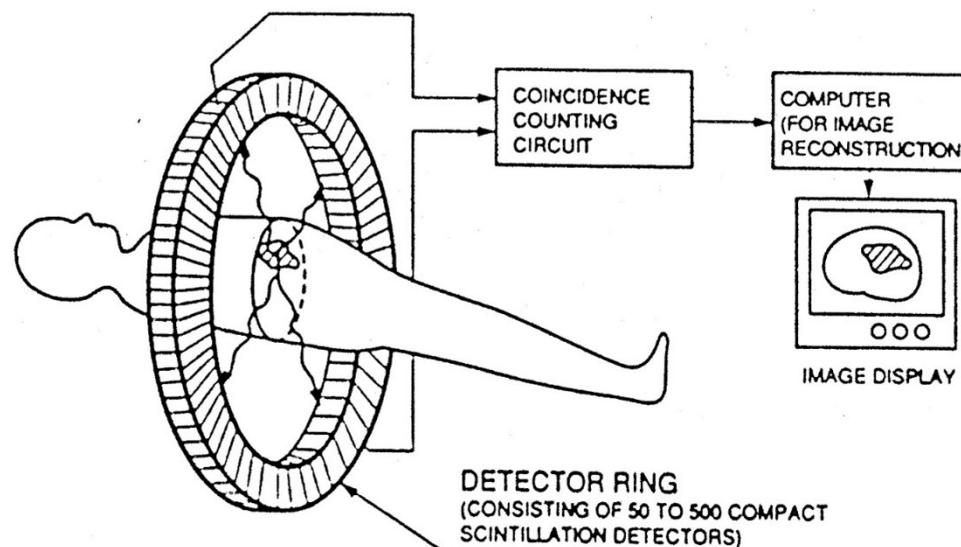
PET (Positron Emission Tomography)

Prinzip:

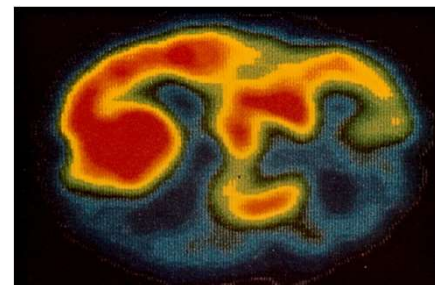
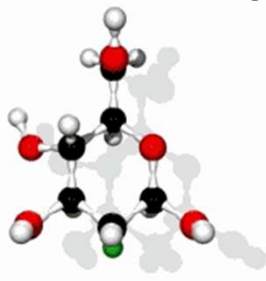


Praktische Messanordnung:

Detektorenring



FDG ^{18}F dezoxiglükóz



f. Multimodale Verfahren

**Gute anatomische
Auflösung:**

CT, MRT

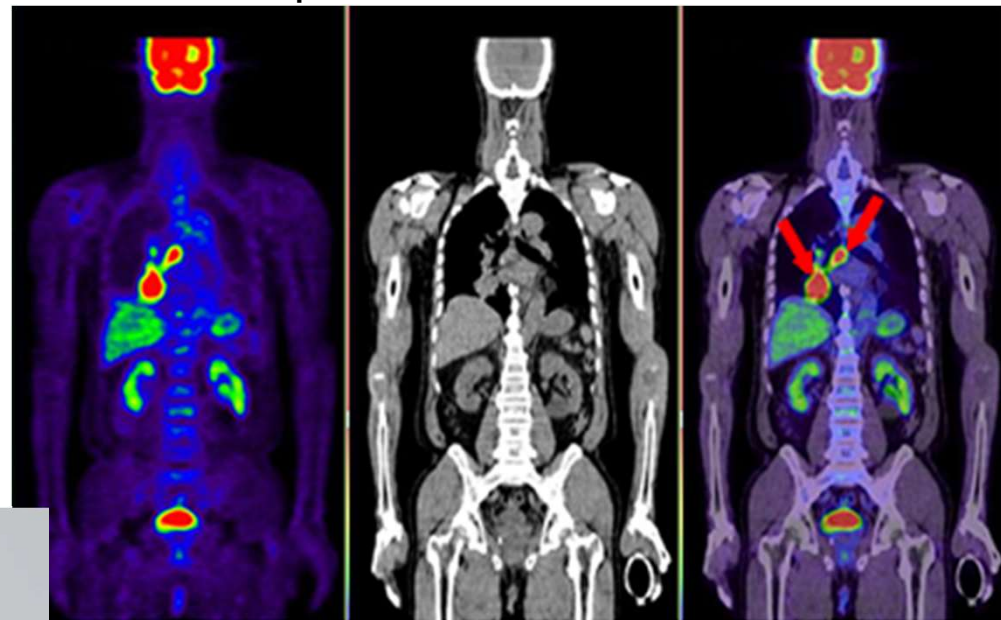
Funktion

(Metabolismus):

SPECT, PET



Beispiel: PET-CT

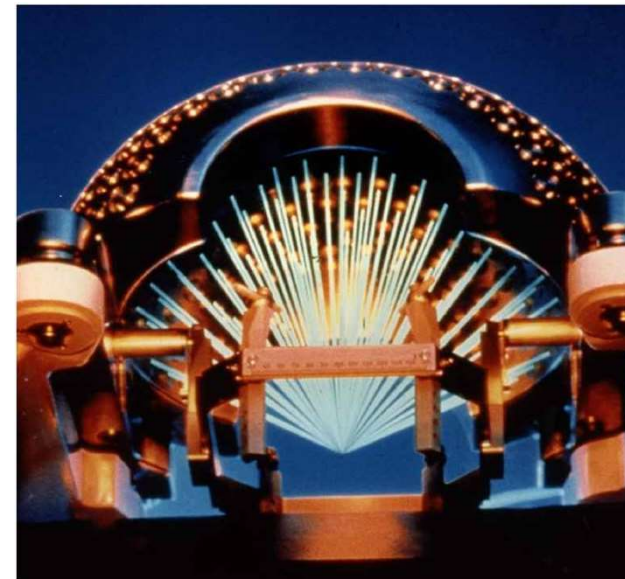


PET

CT

PET-CT

II. Physikalische Grundlagen der **Strahlentherapie**



Strahlentherapie: Anwendung der schädigende Wirkung der ionisierenden Strahlungen für Zerstörung der (hauptsächlich Tumor-) Geweben.

Fragen zu besprechen:

1. Welcher Strahlungstyp soll angewendet werden?
2. Welche Dosis anzuwenden?
3. Wie kann die Strahlung das Zielorgan erreichen (so dass die gesunde Geweben nicht beschädigen)?

1. Verwendete Strahlungsarten

- Gammastrahlung
- Elektronenstrahl.
- Hochenergetische Röntgenstrahlung (10-20 MeV!)
- Beta-Strahlung (bei Brachytherapie)

Gammastrahlung:

z.B.: ^{60}Co $E_{\gamma} \approx \text{MeV}$,

Aktivität: mehrere TBq

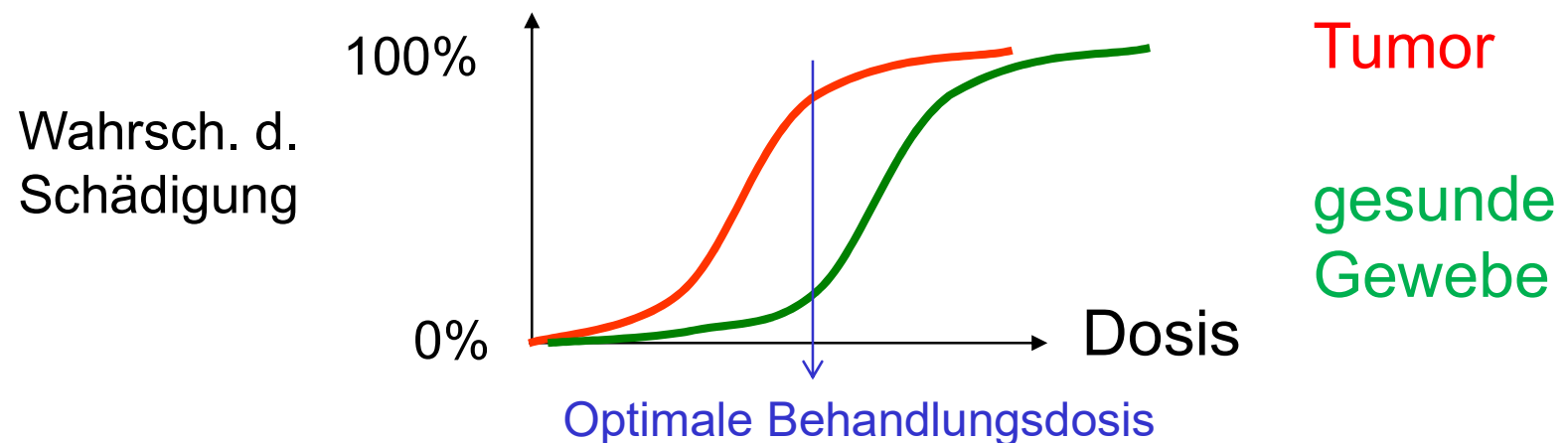
z.B.: bei Gammamesser



2. Wie hohe Dosis soll man verwenden?

Die Dosis der Behandlung beträgt 40-60 Gray
aber Lokalisiert und Fraktioniert (z.B.: 2Gy/Tag)

Die schnell wachsende Gewebe sind
empfindlicher gegen Strahlenschädigung.



Die Bestrahlung wird mit Hilfe der CT oder MRT Bilder geplant



CT

MRT



Arzt: Zeichnet den zu behandelnden Körperteil an dem CT oder MRT Bild ein. Gibt die Dosis der Therapie an.

Physiker: Berechnet die geometrische und zeitliche Parametern der Bestrahlung.

4. Wie kann die Strahlung das Zielorgan erreichen?

Strahlentherapeutische Behandlungstypen

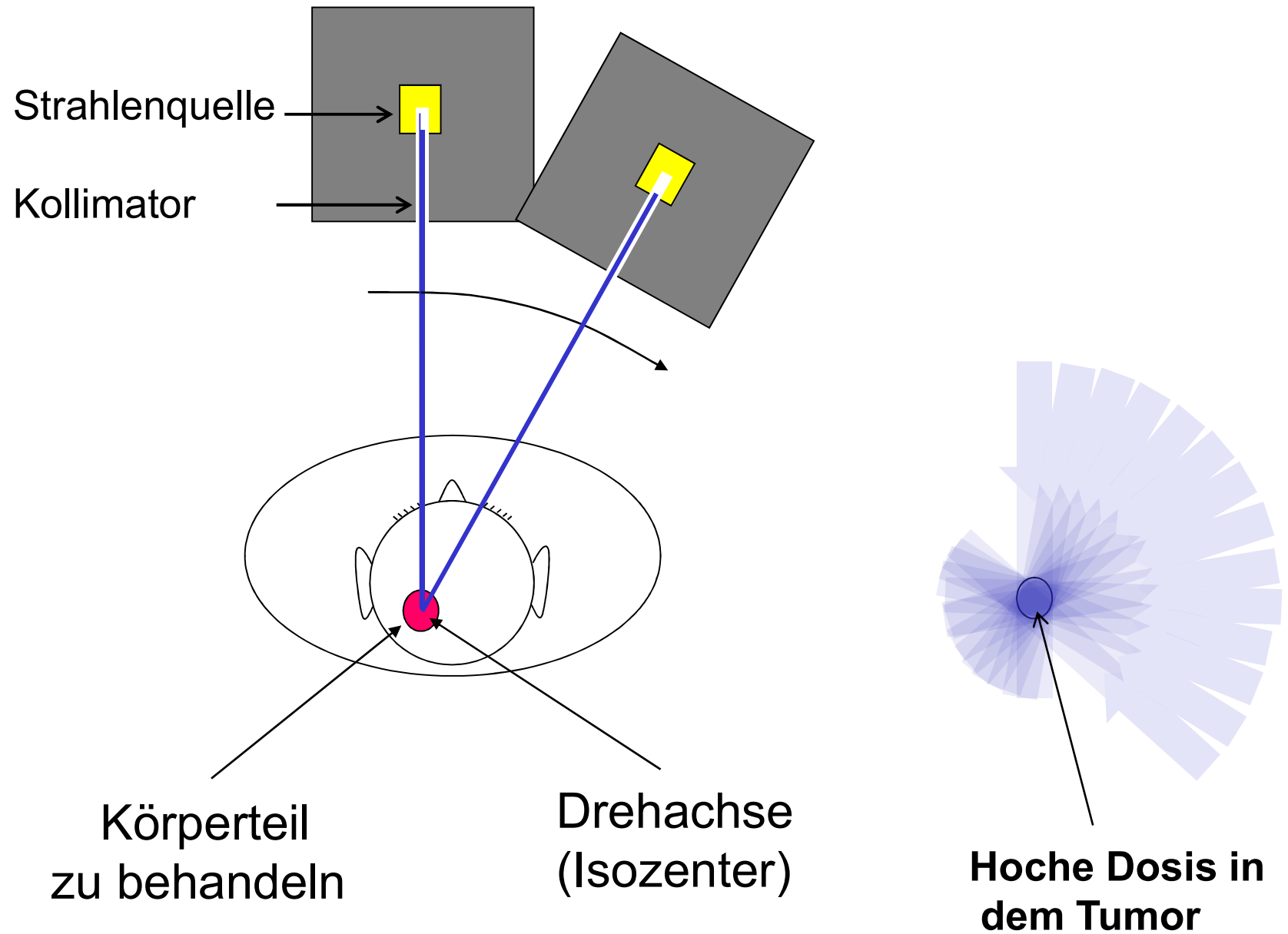
Teletherapie

Kontakt Therapie
(Brachytherapie)

Afterloading
(Nachladen)

Implantations-
verfahren

a. Teletherapie



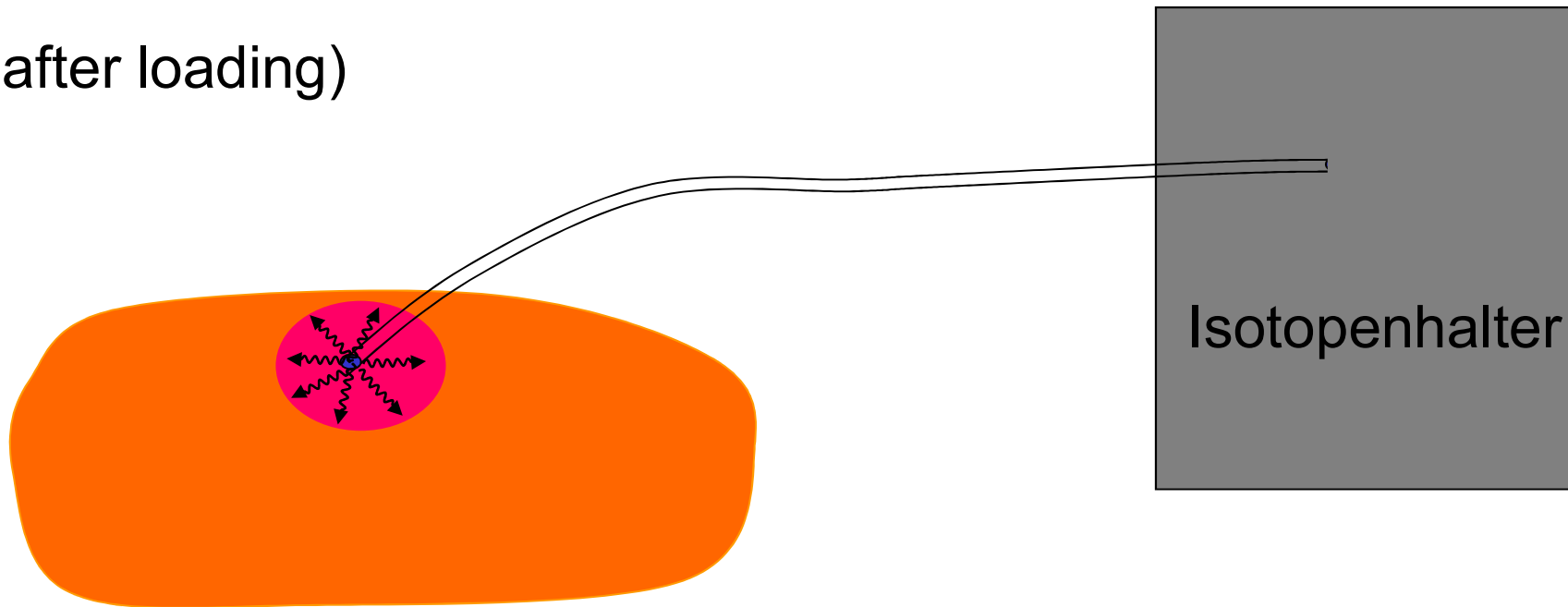


b. Afterloading Brachytherapie

$$D \sim J \sim \frac{1}{r^2}$$

Das Isotop wird in den Körper mit Fernsteuerung eingeschickt.

(after loading)



c. Brachytherapie mit Isotopenimplantate

z.B.: Prostata

^{192}Ir $\beta+\gamma$
 $T_{1/2}=74$ Tage



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Rechenaufgaben:
2.116-120, 9.8

