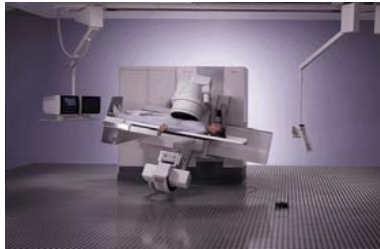


Nuklearmedizin



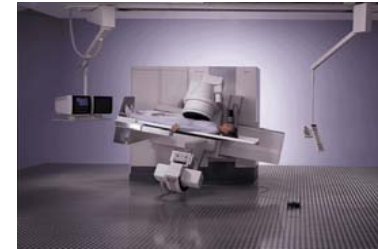
Notwendige Vorkenntnisse

Kernphysik:

- Aufbau des Atomkerns, Ordnungszahl, Massenzahl, Isotope, Radioaktivität
- Zerfallstypen (α , β^- , β^+ , prompt γ , isomere Kernumwandlung), Aktivität
- Zerfallsgesetz, Absorption von radioaktiven Strahlungen, Reichweite, Annihilation

1

Nuklearmedizin



Notwendige Kenntnisse

Biophysik für Mediziner:

II/3.2.4, VIII/3.2, VIII/4.4

Praktikumsbuch Biophysik:

Isotopendiagnostik

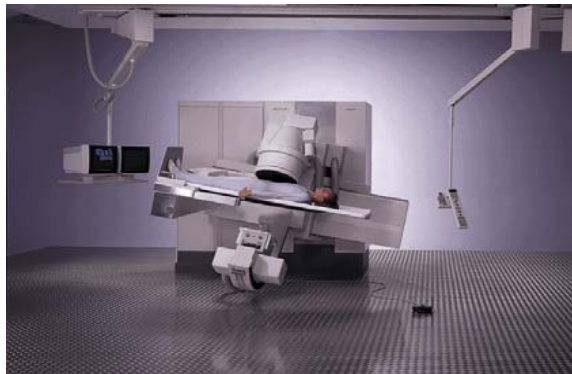
Rechenaufgaben:

6. Woche 30, 32, 34, 36

7. Woche 37, 40, 42

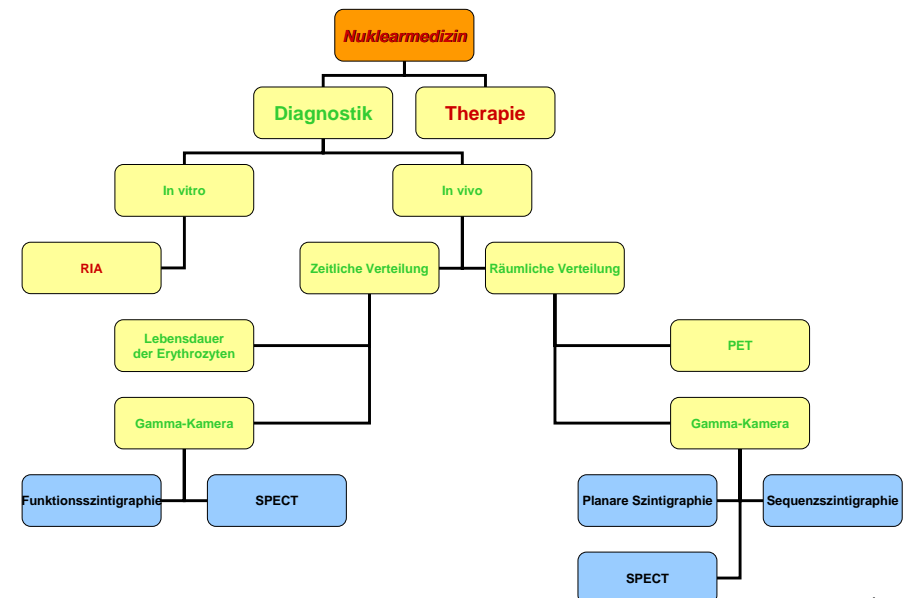
2

Nuklearmedizin



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

3



4

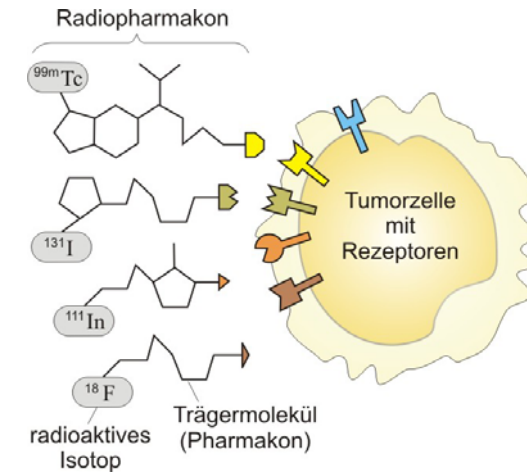
Radiopharmaka

Radiopharmaka sind pharmakologisch wirksame Substanzen, die mit einer geringen Menge eines kurzlebigen radioaktiven Nuklids (radioaktives Isotop) markiert sind.

Tracer-Prinzip: Die Radiopharmaka folgen im Körper dem durch das Pharmakon vorgegebenen Weg und erlauben durch das strahlende Label eine Verfolgung von außen (bei Gamma-strahlenden Nukliden) oder eine gezielte therapeutische Wirkung am Zielort (bei Beta- oder Alpha-strahlendem Isotop).

5

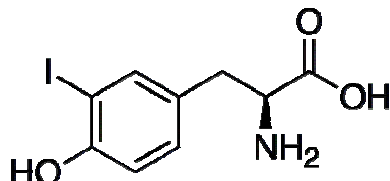
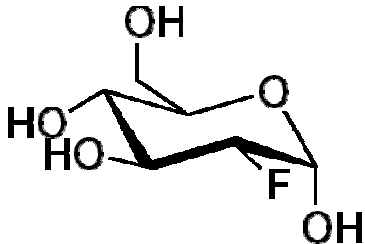
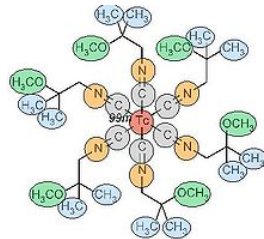
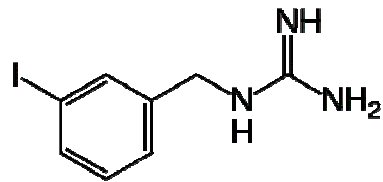
Radiopharmaka



Das strahlende Isotop wird an ein Pharmakon gebunden, das Radiopharmakon koppelt sich dann an die Zielzelle

6

Radiopharmaka



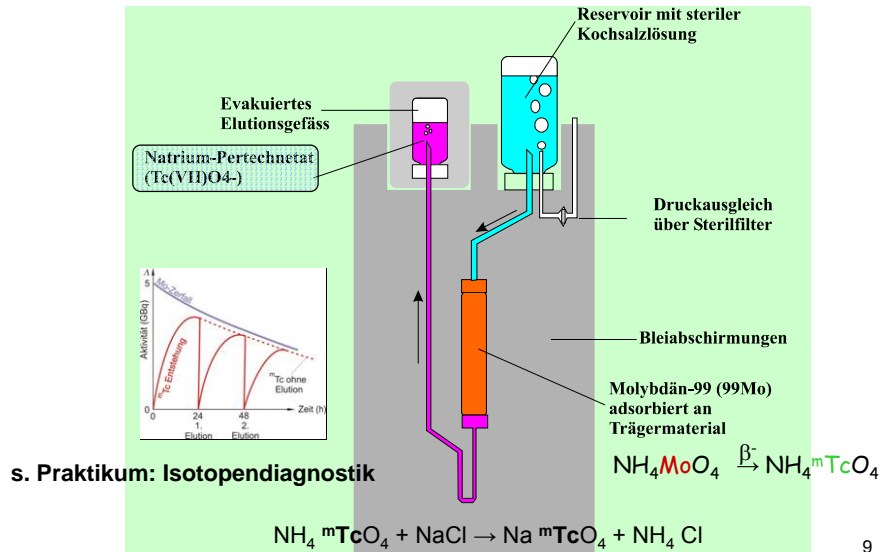
7

Beispiele für Anwendung von Radiopharmaka

- ^{133}Xe – Untersuchung der Lungenventilation
- ^{123}I – Schilddrüsenszintigraphie (Natriumjodid), Tumorszintigraphie (markiertes Meta-iodo-benzylguanidin, MIBG)
- ^{131}I – Schilddrüsenszintigraphie (Natriumjodid)
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – Herzmuskelperfusion (markiertes Methoxy-isobutyl-isonitril, MIBI), Hirnperfusion, Entzündungsprozesse (markiertes Hexamethylen-propylamin-oxim, HMPAO)

8

Technetium Generator



9

George de Hevesy (geboren *György Hevesy*)

(* 1. August 1885 in Budapest;
† 5. Juli 1966 in Freiburg im Breisgau),
war ein ungarischer Chemiker.



Hevesy studierte Chemie, Mathematik und Physik in Budapest, Berlin und Freiburg. Anschließend arbeitete er unter anderem bei Ernest Rutherford und Friedrich Adolf Paneth. In Kopenhagen entdeckte 1922 er gemeinsam mit Dirk Coster 1922 das Element Hafnium. Er ist einer der **Begründer der Radiochemie und Erfinder der Tracermethode**, mit der chemische Elemente durch die Beimischung ihrer radioaktiven Isotope analytisch gekennzeichnet werden. Er hat auch die Neutronenaktivierungsanalyse als analytisches Verfahren eingeführt. Von 1926 bis 1934 war er Professor an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten floh er nach Kopenhagen und 1943 weiter nach Stockholm. Im gleichen Jahr wurde ihm der **Nobelpreis für Chemie** verliehen. Bis 1961 arbeitete er in Stockholm und wandte sich physiologischen und klinischen Fragestellungen auf dem Gebiet der Radiobiologie zu.

10

Nuklearmedizin

1. In vitro Laboruntersuchungen
2. Volumenbestimmung von Körperräumen
3. Bestimmung der Isotopenverteilung
4. Tomographische Verfahren

11

Nuklearmedizin

1. In vitro Laboruntersuchungen

RIA: Radioimmunoassay

R. Yalow - 1977, Nobelpreis für Medizin und Physiologie

Anwendung von radioaktiv markierten Substanzen/Liganden
radioaktiv markiertes Antigen

RIA-Test: Der Test basiert auf einer Kompetitionsreaktion zwischen dem radioaktiv markierten und dem unmarkierten Antigen um den Antikörper

- sehr genaue bestimmung der Konzentration von z.B. Hormonen, Enzymen, Tumorantigenen, Infektionsantigenen, Arzneimitteln und DNA
- heute: statt Radioaktivität, sind Fluoreszenzmethoden oft benützt.

keine Strahlenbelastung

12

Nuklearmedizin

2. Volumenbestimmung von Körperräumen

- das Gesamtvolumen des Wassers
- das Blutplasmavolumen
- die Menge der austauschbaren Natriumionen
- die mittlere Lebensdauer der Erythrozyten
- die Kinetik der Eisen- und Kalziumaufnahme

13

Nuklearmedizin

3. Bestimmung der Isotopenverteilung

- Feststellung der Form, Größe, metabolischen Aktivität von Organen
- zweidimensionale Projektion der Anreicherung der Isotope in einzelnen Organen, Zellräumen, Kompartiments

Zeitliche Verlauf der Aktivität auch

14

Nuklearmedizin

4. Tomographische Verfahren

- räumliche, dreidimensionale Verteilung der Radioisotope
 - SPECT (single photon emission computed tomography)
 - PET (positron emission tomography)

15

Physikalische Aspekte bei der Auswahl von in vivo applizierten Isotopen

! Schutz des Patienten vor den Strahlungsschädigungen !

- Überlegungen hauptsächlich in der Diagnostik
- In der Strahlentherapie:
Schutz der übrigen Körperteile

16

Anforderung gegenüber Isotopen für Isotopendiagnostik

✓ Zielsetzung: Heilen!

- ✓ Diagnostik dient nur den Ärzten zu helfen
- ✓ Die Aufgabe ist die durch die Isotopendiagnostik verursachten Strahlenschädigungen zu minimalisieren.

- Anforderung I.: minimale Strahlenschädigung
- Anforderung II.: entsprechend der Anf.I., Anwendung γ -strahlender Isotope ist erwünscht.
- Anforderung III.: Benutzung von Isotopen kürzerer Halbwertszeit
- Anforderung IV.: Unterschiede in Hinsicht biologischer/biochemischer Prozesse zu minimalisieren

17

Physikalische Aspekte bei der Auswahl von in vivo applizierten Isotopen

1. Charakter der Strahlung

Das ideale Isotop für die Diagnostik ist der reine γ -Strahler (siehe Ionisationsvermögen, Reichweite)

Die Kernisomerie ist von großer Bedeutung
→ siehe Technetiumgenerator

18

Physikalische Aspekte bei der Auswahl von in vivo applizierten Isotopen

2. Die Halbwertszeit

$$\Lambda = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N$$

Bei gleichgroßer Aktivität ist eine geringere Menge des Isotops mit kürzerer Halbwertszeit erforderlich

19

Physikalische Aspekte bei der Auswahl von in vivo applizierten Isotopen

3. Die Photonenenergie der γ -Strahlung

Damit die Strahlung aus dem Organismus austreten und dann detektiert werden kann, sind höhere Energien wünschenswert

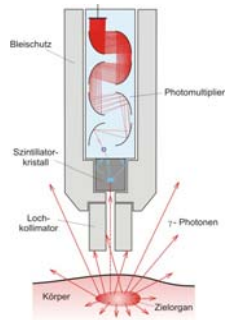
Bei geringer Photonenenergie: die Strahlung wird schon von dünnen Schichten vollkommen absorbiert

Bei zu hoher Photonenenergie: die Strahlung wird auch im Detektor nicht absorbiert (keine Wechselwirkung)

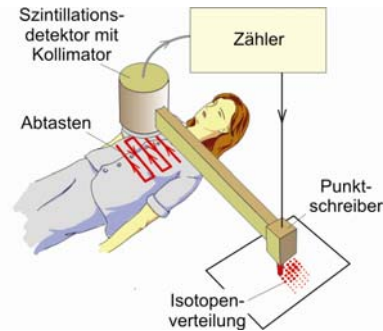
20

Nuklearmedizinische Techniken

Szintigraphie



Der Lochkollimator gestattet nur das Detektieren der in Lochrichtung einfallenden γ -Photonen



Funktionsprinzip des Szintigraphen

21

Nuklearmedizinische Techniken

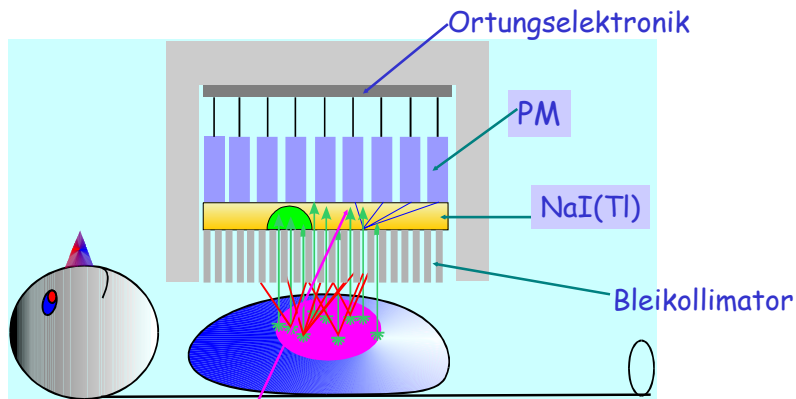
Gammakamera

Erfinder: Hal Anger



22

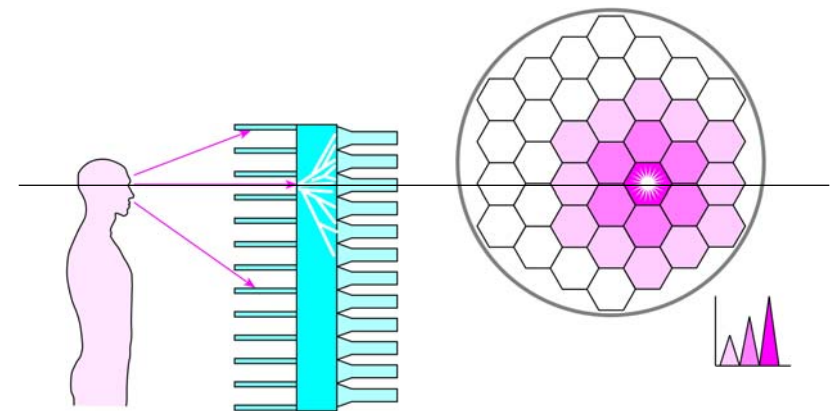
räumliche Auflösung — Bleikollimator
nur Strahlen parallel mit der Kollimatorachse
können durchdringen



Szintillation in unterschiedlicher Weite von PM
→ Intensitätsunterschied → Ortsbestimmung

23

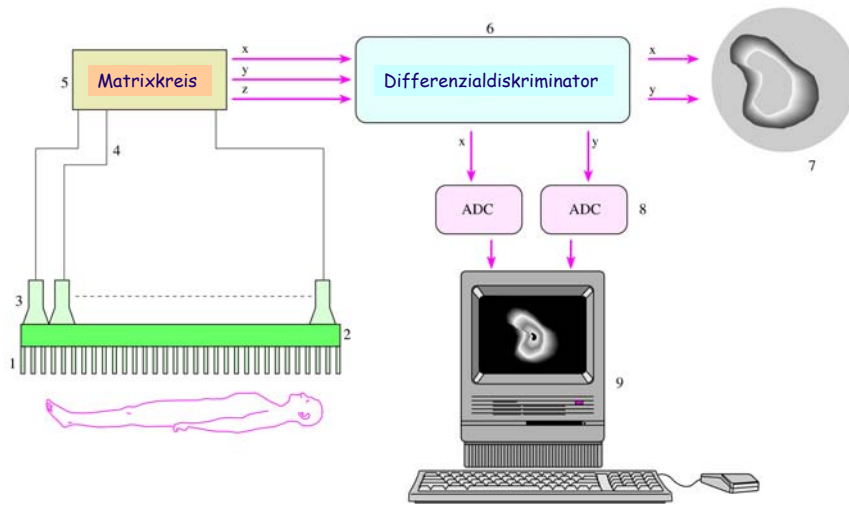
Detektor + PM



Von den Photonen aus dem radioaktiven Zerfall erreichen nur die den Kristall, die parallel zu den Kollimatorspalten vor dem Szintillationskristall verlaufen.
Die von den γ -Photonen generierten Lichtblitze werden von Photoelektronenvervielfachern am Kristall detektiert.

Aufsicht des Szintillationskristalls und der gekoppelten sechseckigen Photoelektronenvervielfacher

24



25

Messverfahren mit Gammakamera

Arten der Szintigraphie:

- Planare Szintigraphie
- Sequenzszintigraphie
- Funktionsszintigraphie
- SPECT (Single Photon Emission Computed Tomographie)
- Positronenemissionstomographie (PET)

Statische Szintigramme: Summationsbild einer Langzeitaufnahme

Dynamische Szintigramme: filmartige Verlaufsaufnahme

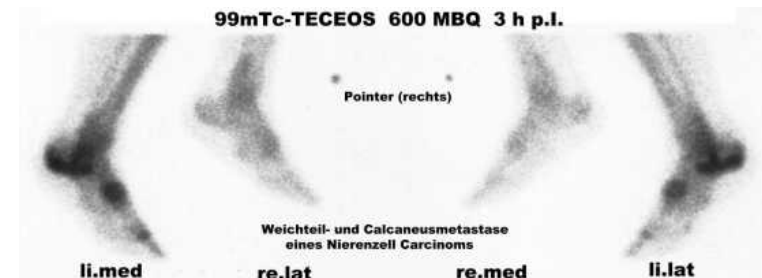
26

Einige Charakteristiken der nuklearmedizinischen Methoden

- ✓ die nuklearmedizinischen Methoden sind Funktionsorientiert (im ggt. z.B. zur Rtg.-CT, Sonographie, Kernspintomographie); z.B.: Durchblutung, Stoffwechsel und Vitalität der Organen/Tumoren;
- ✓ Anreicherung und Verteilung der Radiopharmaka im Zielorgan;
- ✓ Zeitliche/r Aufnahme/Abbau des dem Organismetabolismus entsprechenden Radiopharmakon;
- ✓ Vergleich der Funktion der paarigen Organe

27

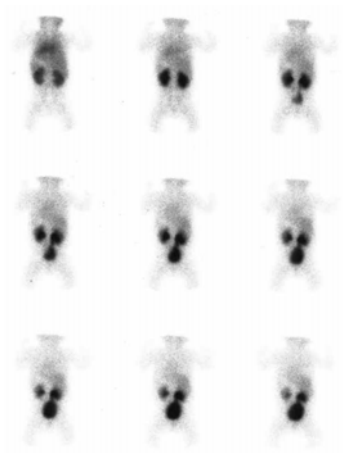
Planare Szintigraphie



Aufnahme von einem Körperabschnitt zu einem definierten Zeitpunkt. Das dreidimensionale zu untersuchende Organ wird zweidimensional abgebildet. Sehr oft werden dabei Aufnahmen von zwei Ansichten angefertigt

28

Sequenzszintigraphie

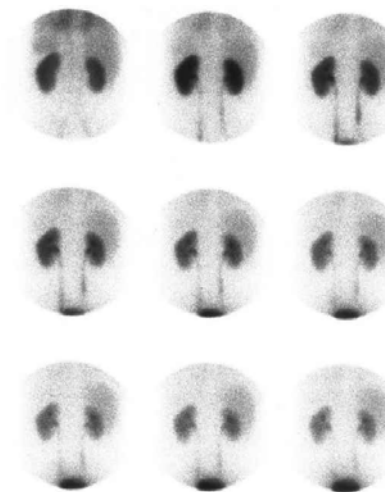


Es handelt sich um eine **fortlaufende Aufnahmeserie** mit Erstellung mehrerer, **zeitlich aufeinanderfolgender Einzelbilder**.

In den Abbildungen ist eine Sequenz von Nierenaufnahmen mit zeitgerechtem Aktivitätsdurchsatz durch das Parenchym nach Gabe von 70 MBq Tc-99m-MAG3 mit neun Bildern bei einer Aufnahmezeit von 120 Sekunden dargestellt.

29

Sequenzszintigraphie



^{99m}Tc -MAG3
(Mercaptoacetyltriglycine)

zeitliche Folge von Nierenaufnahmen eines Säuglings

30

Funktionsszintigraphie:

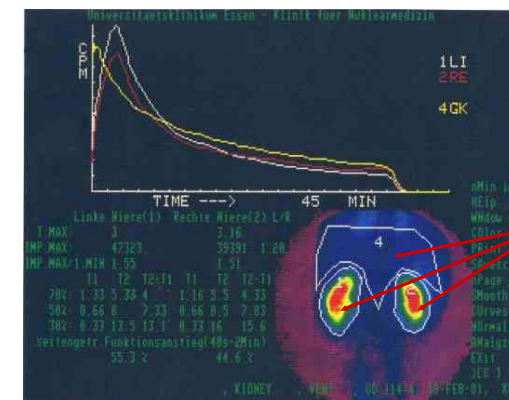
Auswertung der Tracerkinetik einer **Sequenzszintigraphie** über **Festlegung von Regions of Interest (ROI)** am Bildsichtgerät und Berechnung von **Funktionskurven**.

1. Sequenzaufnahme
2. Funktionsauswertung durch Festlegung von ROI

31

Funktionsszintigraphie:

Aus der vorigen Abbildung ergeben sich nach Durchführung der ROI-Technik folgende **Funktionskurven** für die beiden Nieren, aus der sich eine seitengleiche regelrechte tubuläre Sekretionsleistung der Nieren und kein Anhalt für eine Harnabflußbehinderung ergibt.



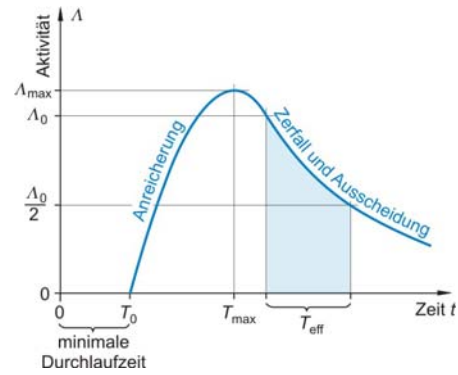
Regions of Interest (ROI)

32

Funktionsszintigraphie:

ZEIT-AKTIVITÄTS-KURVE

Die zeitliche Verfolgung der Stoffwechselprozesse im Organ erfolgt durch Aufnahmen der Zeit-Aktivitäts-Kurve.



s. Praktikum: Isotopendiagnostik