

Medizinische bildgebende Verfahren

Spezielle Verfahren der medizinischen bildgebenden Techniken
Vergleich der bildgebenden Techniken

L. Smeller

- Molekulare Bildgebung.
- Optische Verfahren (OCT).
- Funktionelle bildgebende Verfahren.
- Multimodale Techniken: SPET-XCT, PET-MRI: Die Korrelation der funktionellen und morphologischen Informationen.
- Navigation, Bildsegmentation, Bildregistration.

Molekulare Bildgebung

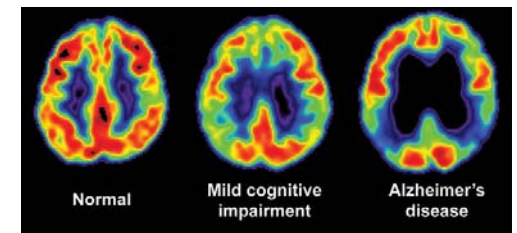
- Erforschung physiologischer Prozesse oder Diagnose von Krankheiten
- auf molekularer Ebene
- mittels bildgebender Verfahren
- in vivo.

Molekulare Bildgebung

Bestimmte Krankheiten auf molekulare Abnormalitäten zurückzuführen

Molekulare Signaturen von Krankheiten zu detektieren und für die medizinische Diagnose zu nutzen

Frühdagnostik
(häufig können die Symptomen nur später erkannt werden)





Signalgebendes
Molekül oder Atom

Zielfindungseinheit

das bildgebende
Verfahren

die zu detektierenden
molekularen Prozesse
(Krankheitspezifisch)

zB: FDG (^{18}F Fluordesoxyglucose,)

^{18}F Isotop

Desoxyglukose



Radioaktive Isotope
(SPECT, PET)

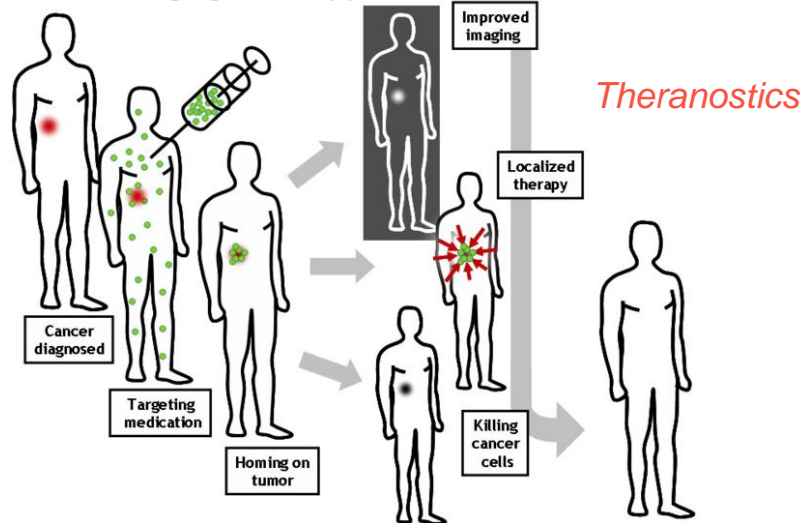
Fluorophor
(Fluoreszenzfarbstoff)
(Optische, akustische
Methoden)

Gd, Fe, Eu, Ln (MNR)

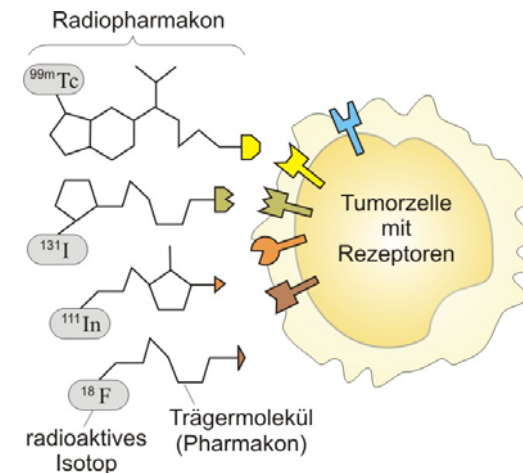
Nanopartikeln...

- Kleine Moleküle
- Peptide
- Eiweisse
- Antikörper

Molecular imaging & therapy



Radiopharmaka



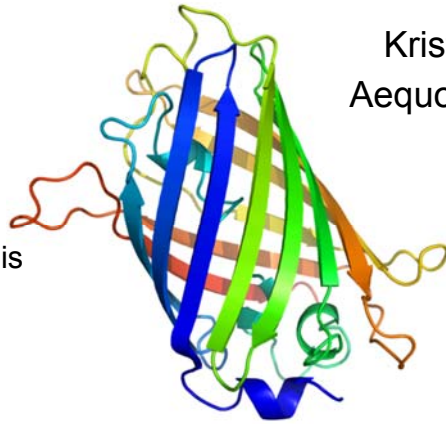
Lumineszenzbasierende Bildgebung

GFP: Grün fluoreszierendes Protein

238 AS,
26,9 kDa

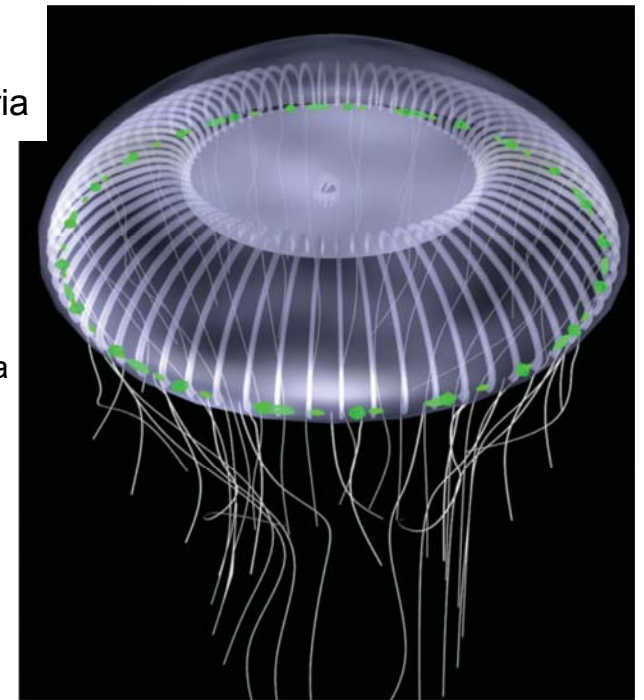
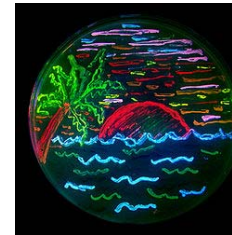
Kristallqualle
Aequorea victoria

2008: Nobel-Preis
in Chemie,
Roger Y. Tsien
Martin Chalfie
Osamu Shimomura



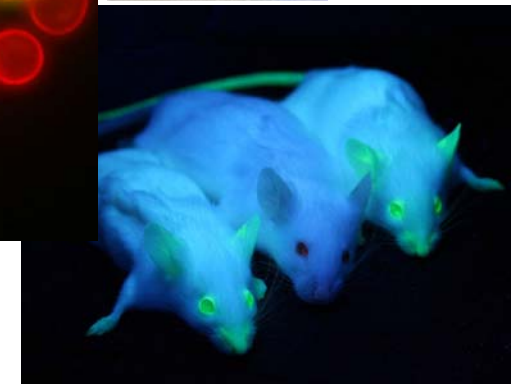
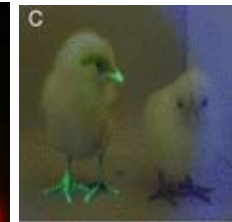
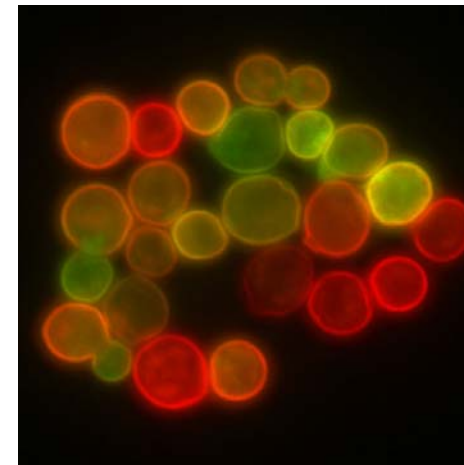
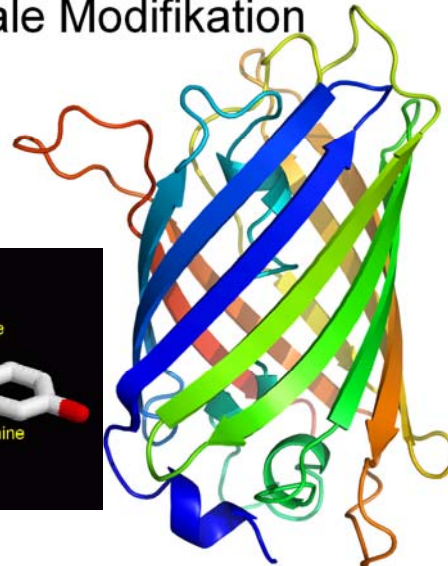
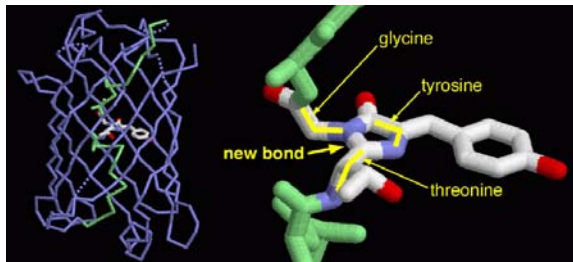
Kristallqualle
Aequorea victoria

2008: Nobel-Preis
in Chemie,
Roger Y. Tsien
Martin Chalfie
Osamu Shimomura

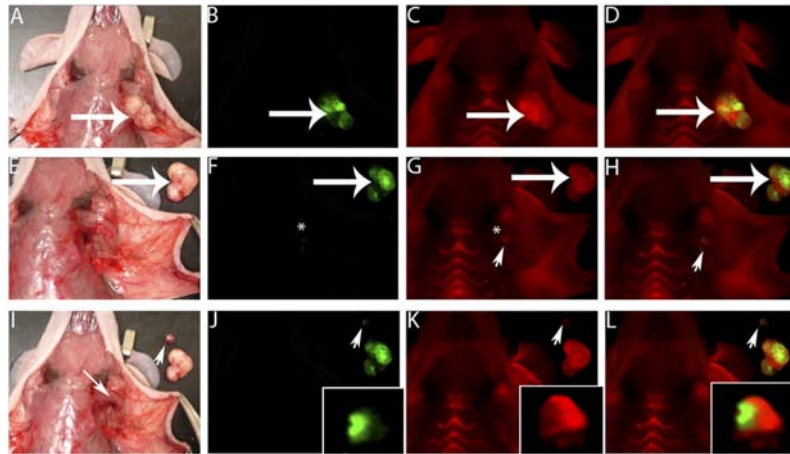


Entstehung des Kromophores durch posttranslationale Modifikation

Ser-65
Tyr-66
Gly-67



ACPPs delineate tumor at the margin of resection.



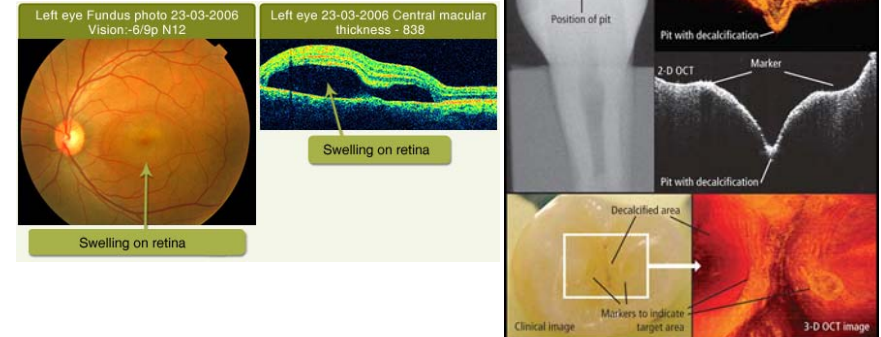
Nguyen Q T et al. PNAS 2010;107:4317-4322

©2010 by National Academy of Sciences

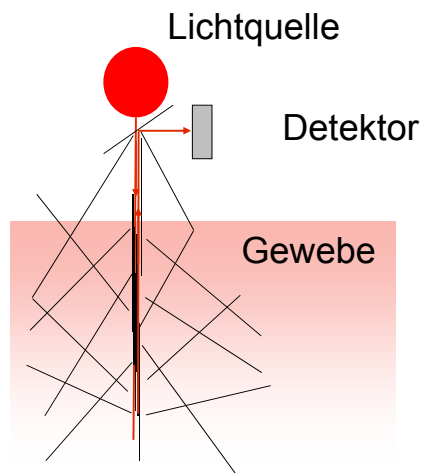
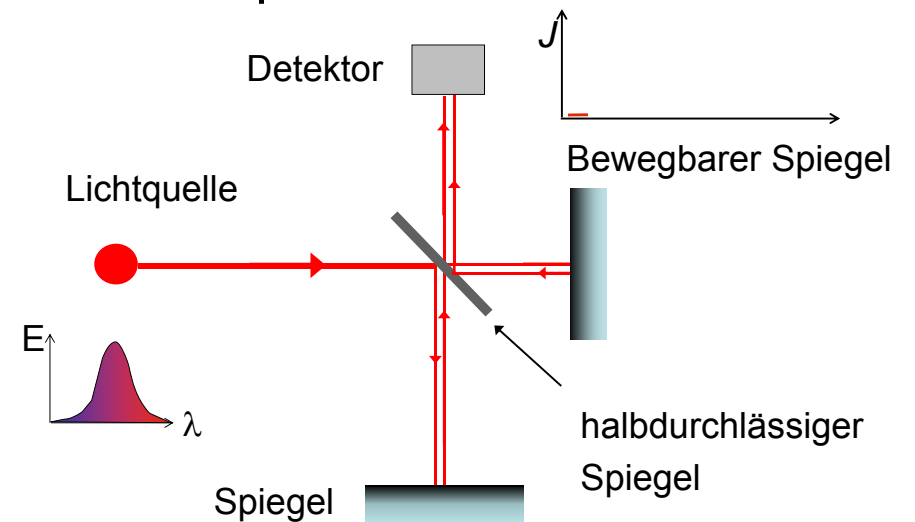
PNAS

OCT

- Optische Kohärenztomografie
- Optical Coherence Tomography

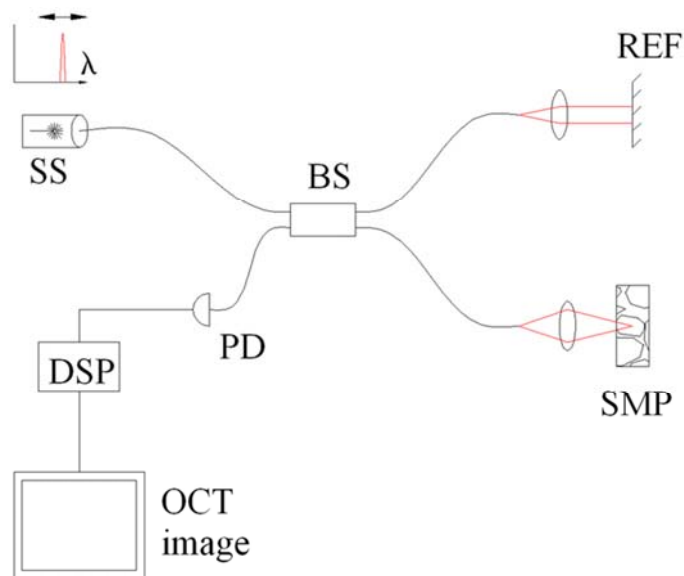
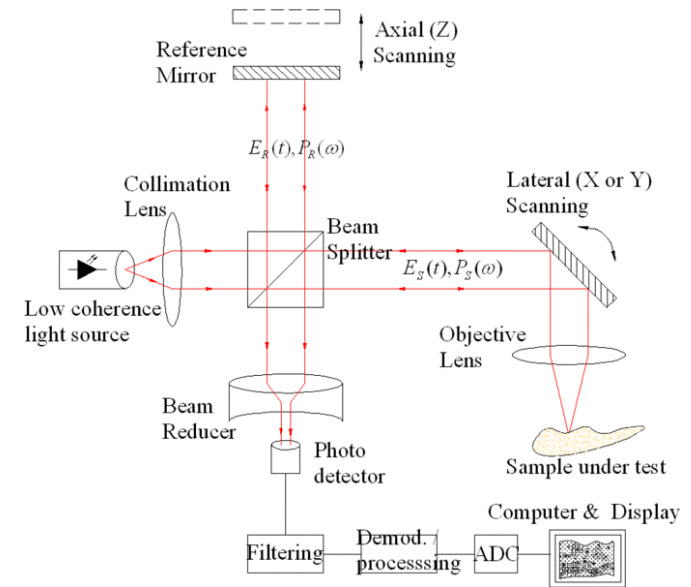
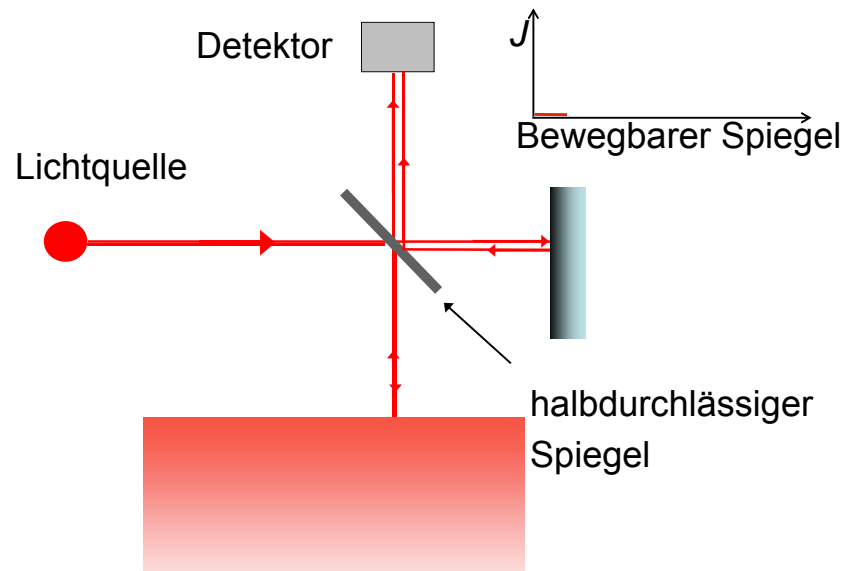


Prinzip des Interferometers

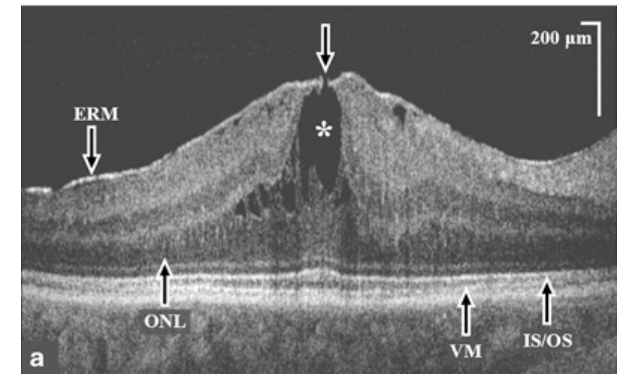


Problem:
Streulicht stört
die Abbildung!

Prinzip des Interferometers



Beispiel:



High-resolution Fourier-domain optical coherence tomography (FD-OCT) B-scan macular images through the fovea of eyes with idiopathic epiretinal membrane (ERM). (a) High-resolution FD-OCT image through the fovea of an eye with BCVA of 20/20, (group 1) showing a lamellar hole (white arrow) with cystoid spaces (white asterisk) in the outer nuclear layer (ONL), and a normal inner segment-outer segment (IS/OS) junction of the photoreceptor layer. Central foveal thickness was 229 μm on FD-OCT, whereas central macular thickness on Stratus OCT was 408 μm .

Eye (2011) 25, 775–783; doi:10.1038/eye.2011.55; published online 25 March 2011

Fourier-domain optical coherence tomography of eyes with idiopathic epiretinal membrane: correlation between macular morphology and visual function

S Pilli¹, P Lim¹, R J Zawadzki¹, S S Choi¹, J S Werner¹ and S S Park¹

Eigenschaften der OCT

Auflösung: Mikrometer

Eindringtiefe: Millimeter

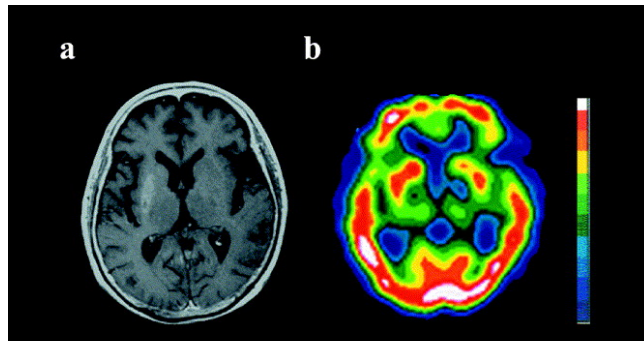
Bildart: direkt tomographisches Bild

Multimodale Techniken

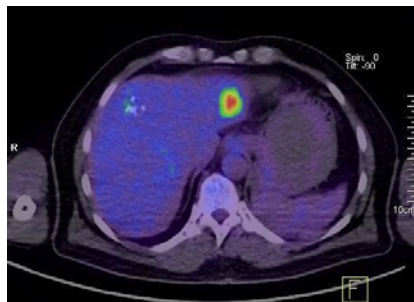
- PET-CT
- SPECT-CT
- PET-MRI

- Funktionale – anatomische Aufnahmen

MRI-
SPECT



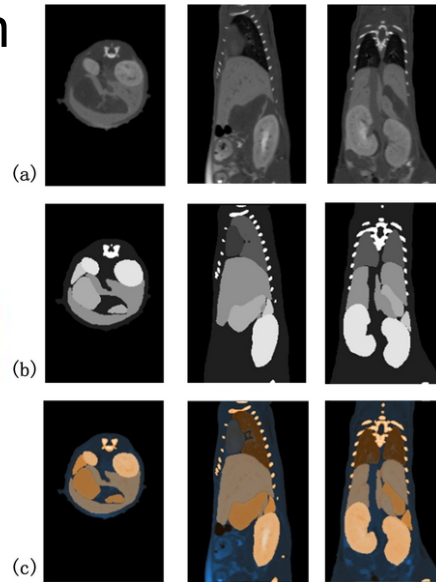
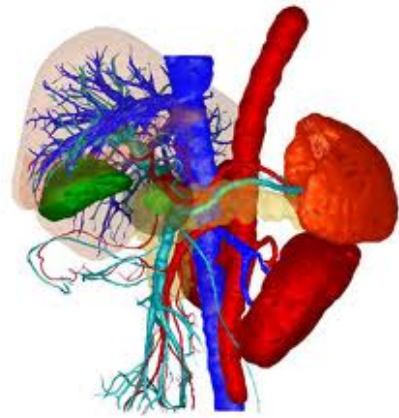
PET-CT



Bildsegmentation

Die Erzeugung von
inhaltlich zusammenhängenden Regionen
durch Zusammenfassung benachbarter Pixel
oder Voxel
entsprechend einem bestimmten
Homogenitätskriterium

Bildsegmentation



Bildregistrierung

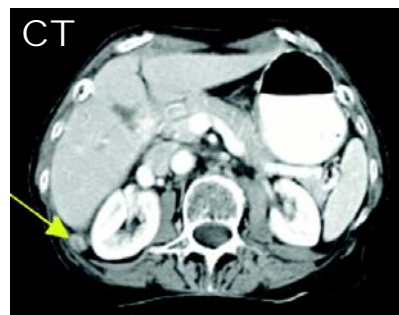
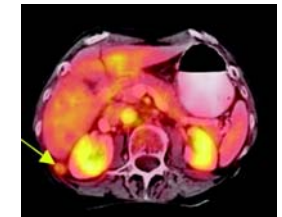
Bildregistrierung:

zwei oder mehrere Bilder

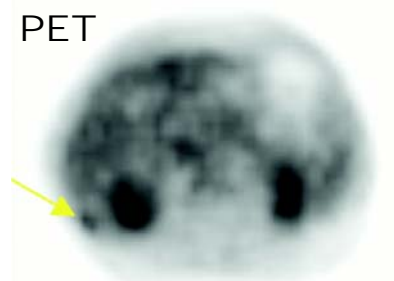
desselben Objekts,

in Übereinstimmung miteinander zu bringen

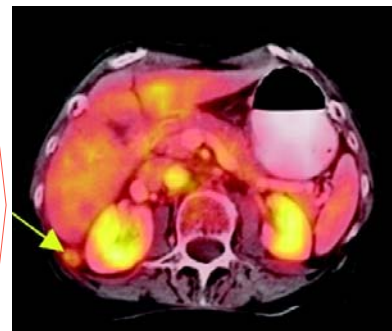
CT
MRI
PET
SPECT



PET



Referenzbild



Objektbild

Schritte der Bildregistrierung

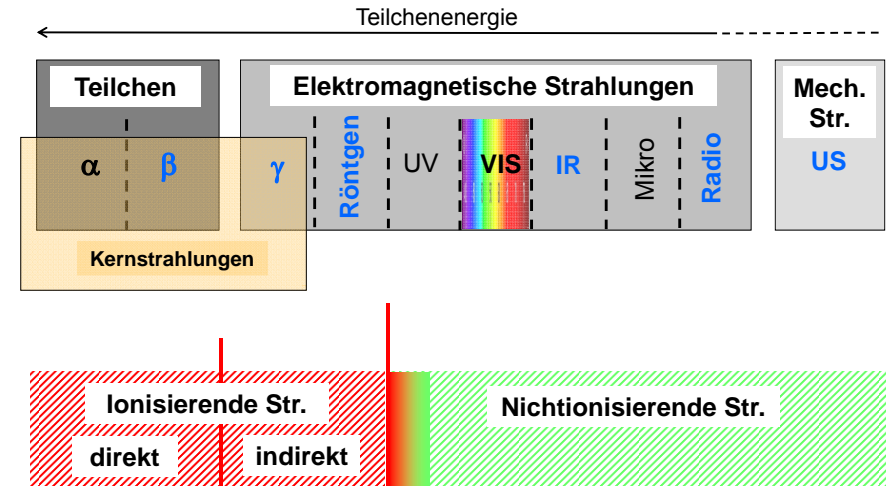
- Merkmalsextraktion: Aus den zu registrierenden Bildern werden Merkmale, wie z. B. Ecken, Kanten, Konturen oder ähnliches manuell oder automatisch detektiert.
- Merkmalsanpassung: Die Korrespondenz der extrahierten Merkmalspunkte wird hergestellt.
- Transformation: Das Objektbild wird mit der im vorherigen Schritt berechneten Umbildung transformiert. Hierbei kommen auch Interpolationstechniken zum Einsatz.

Zusammenfassung

Vergleich der bildgebenden Verfahren



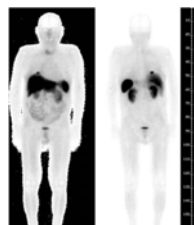
Verwendete Strahlungen



30

Bildtyp:

Summationsbild



Gammakamera

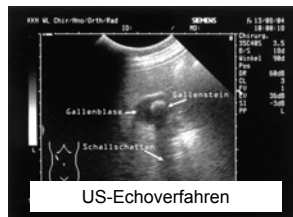


Röntgendurchleuchtung

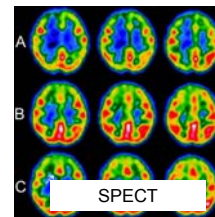
Schichtbild = Tomogramm (T)

— direkt gemessenes Tomogramm

— berechnetes Tomogramm



US-Echoverfahren



SPECT

Bildinfo:

morphologisch (M)
funktionell (F)

31

Röntgendiagnostik gewöhnliche Durchleuchtung

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung Röntgen
Prinzip	Unterschiedliche Schwächung der Rtg-Strahlen in verschiedenen Körperteilen
Dargestellte phys. Größe	durchdringende Strahlungsintensität
Bildtyp	Summationsbild
Information	morphologisch
Vorteile	hohe Auflösung, (<mm) schnell
Nachteile	Strahlenbelastung, Summ. B., schwacher Weichteilkontrast



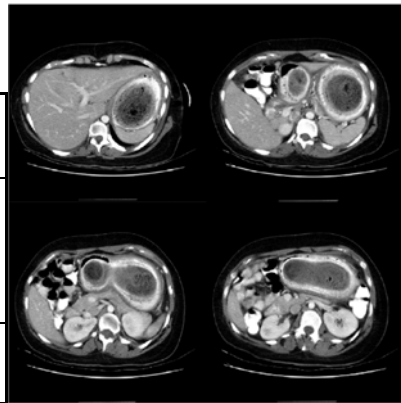
Nebenwirkungen/
Risikos?

Stochastische
Schädigung
möglich!

32

Röntgendiagnostik Computertomographie

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung Röntgen
Prinzip	Unterschiedliche Schwächung der Rtg-Strahlen in verschiedenen Körperteilen
Dargestellte phys. Größe	Schwächungskoeffizient
Bildtyp	berechnetes Tomogramm
Information	morphologisch
Vorteile	hohe Auflösung, (<mm) 3D, schnell
Nachteile	Strahlenbelastung, schwacher Weichteilkontrast



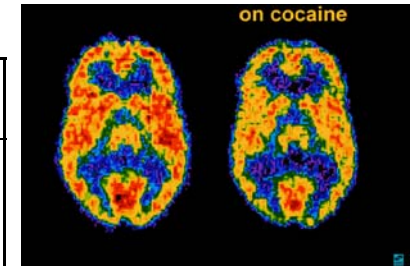
Nebenwirkungen/
Risikos?

Stochastische
Schädigung
möglich!

33

Nuklearmedizin PET

Verwendete Strahlung	$\beta^+ \rightarrow 2\gamma$
Prinzip	Radioaktive Stoffe chemisch-biologisch ununterscheidbar, physikalisch lokalisierbar
Dargestellte phys. Größe	Isotopenkonzentration
Bildtyp	berechnetes Tomogramm
Information	funktionell
Vorteile	hohe Empfindlichkeit 3D, Molekulare Bildgebung
Nachteile	Strahlenbelastung, begrenzte Auflösung: (einige mm), sehr teuer



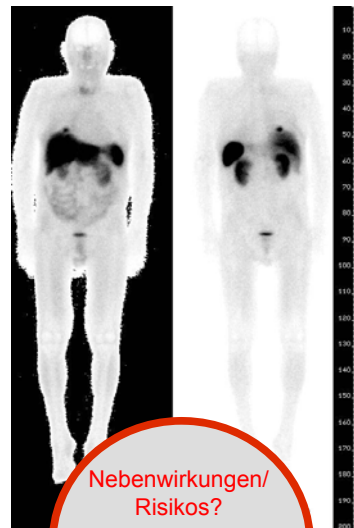
Nebenwirkungen/
Risikos?

Stochastische
Schädigung
möglich!

34

Nuklearmedizin Gammakamera

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung: γ
Prinzip	Radioaktive Stoffe chemisch-biologisch ununterscheidbar, physikalisch lokalisierbar
Dargestellte phys. Größe	Isotopenkonzentration
Bildtyp	Summationsbild
Information	funktionell
Vorteile	hohe Empfindlichkeit billig, Molekulare Bildgeb.
Nachteile	Strahlenbelastung, schwache Auflösung: (~ cm), Summationsbild



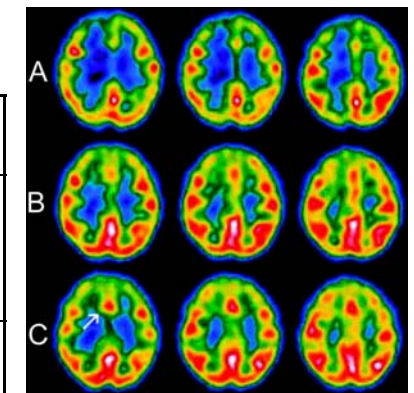
Nebenwirkungen/
Risikos?

Stochastische
Schädigung
möglich!

35

Nuklearmedizin SPECT

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung: γ
Prinzip	Radioaktive Stoffe chemisch-biologisch ununterscheidbar, physikalisch lokalisierbar
Dargestellte phys. Größe	Isotopenkonzentration
Bildtyp	berechnetes Tomogramm
Information	funktionell
Vorteile	hohe Empfindlichkeit billig, Molekulare Bildgeb.
Nachteile	Strahlenbelastung, schwache Auflösung: (~ cm)



Nebenwirkungen/
Risikos?

Stochastische
Schädigung
möglich!

36

MRT

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung: Radiowellen
Prinzip	Magnetfeld (B), Anregung, anschließend darauf RW-Emission
Dargestellte phys. Größe	Wasserstoffkonzentration, Relaxationszeiten: T_1 , T_2
Bildtyp	direktes Tomogramm
Information	morphologisch / funktionell
Vorteile	keine Strahlenbelastung gute Auflösung (mm), guter Weichteilkontrast.
Nachteile	teuer, unempfindlich, lange Aufnahmezeiten



Nebenwirkungen/
Risikos?

Herzschrittmacher,
Metallprothesen

37

Sonographie Echoimpulsverfahren

Verwendete Strahlung	mechanische Strahlung: US
Prinzip	US-Impuls wird bei Grenzflächen reflektiert
Dargestellte phys. Größe	Intensität des reflektierten Ultraschalles
Bildtyp	direktes Tomogramm
Information	morphologisch
Vorteile	keine Strahlenbelastung gleichzeitiges Bild, billig hohe Auflösung (mm)
Nachteile	Operatorabhängig Begrenzte eindringtiefe



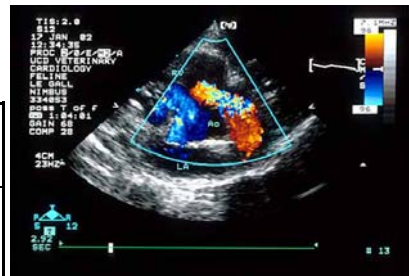
Nebenwirkungen/
Risikos?

Keine, wenn:
 $J < 0,1 \text{ W/cm}^2$
 $J \cdot t < 50 \text{ /cm}^2$

38

Sonographie Farb-Doppler Verfahren

Verwendete Strahlung	mechanische Strahlung: US
Prinzip	US Reflexion und Doppler Eff.: Frequenzverschiebung bei bewegten refl. Objekt
Dargestellte phys. Größe	Intensität des reflektierten Ultraschalls + Geschwindigkeit des refl. Objektes
Bildtyp	direktes Tomogramm
Information	morphologisch / funktionell
Vorteile	keine Strahlenbelastung gleichzeitiges Bild, billig hohe Auflösung (mm)
Nachteile	Operatorabhängig Eindringtiefe (dm), kein 3D



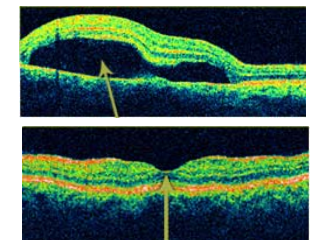
Nebenwirkungen/
Risikos?

Keine, wenn:
 $J < 0,1 \text{ W/cm}^2$
 $J \cdot t < 50 \text{ /cm}^2$

39

Optische Methode OCT

Verwendete Strahlung	elektromagnetische Str.: infrarotes Licht
Prinzip	Reflexion des Lichtes, und Interferometrie
Dargestellte phys. Größe	Intensität des reflektierten Lichtes
Bildtyp	direktes Tomogramm
Information	morphologisch
Vorteile	keine Strahlenbelastung hohe Auflösung (μm)
Nachteile	sehr begrenzte eindringtiefe (mm)



Nebenwirkungen/
Risikos?

Keine

40