

# 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

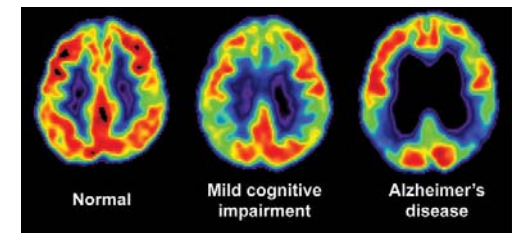
- Erforschung physiologischer Prozesse oder Diagnose von Krankheiten
- auf molekularer Ebene
- mittels bildgebender Verfahren
- in vivo.

## 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 ( $^{18}\text{F}$ Fluordesoxyglucose,)

$^{18}\text{F}$  Isotop

Desoxyglukose



Radioaktive Isotope

(SPECT, PET)

Fluorophor

(Fluoreszenzfarbstoff)

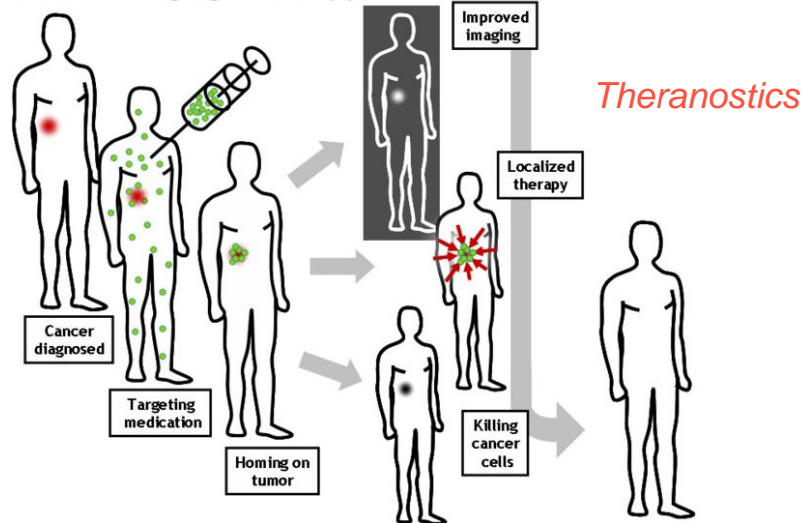
(Optische, akustische  
Methoden)

Gd, Fe, Eu, Ln (MNR)

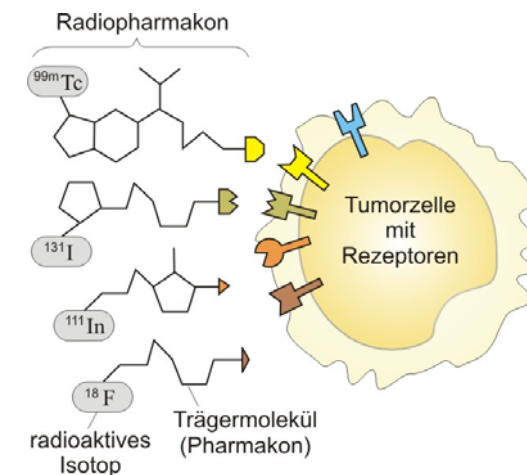
- Kleine Moleküle
- Peptide
- Eiweisse
- Antikörper

Nanopartikeln...

Molecular imaging & therapy



Radiopharmaka



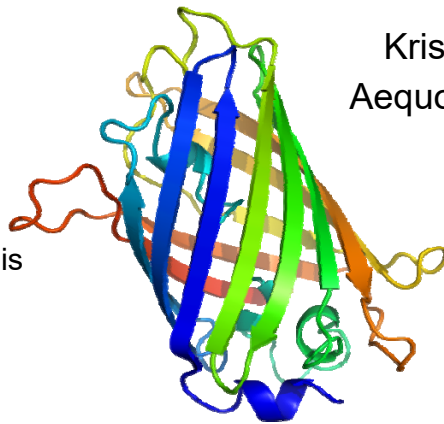
# Lumineszenzbasierende Bildgebung

## GFP: Grün fluoreszierendes Protein

238 AS,  
26,9 kDa

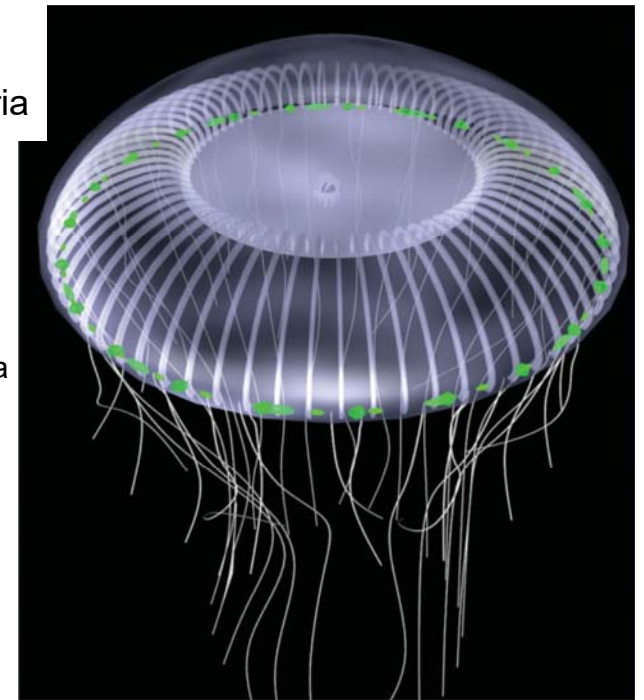
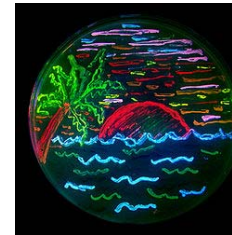
Kristallqualle  
*Aequorea victoria*

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



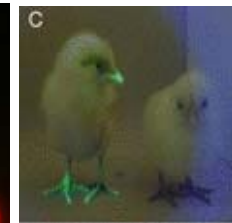
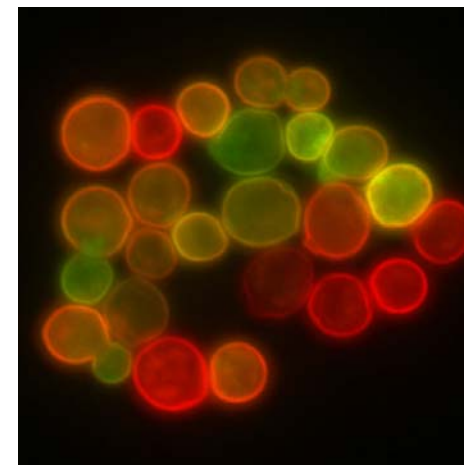
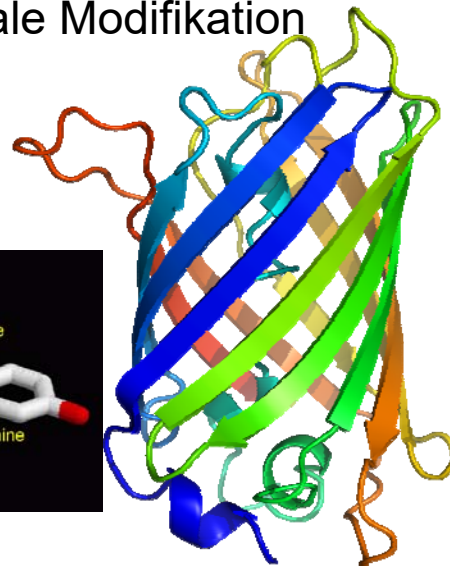
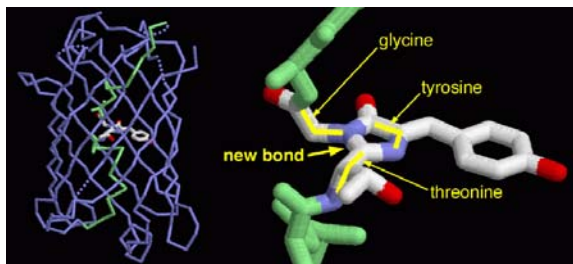
Kristallqualle  
*Aequorea victoria*

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

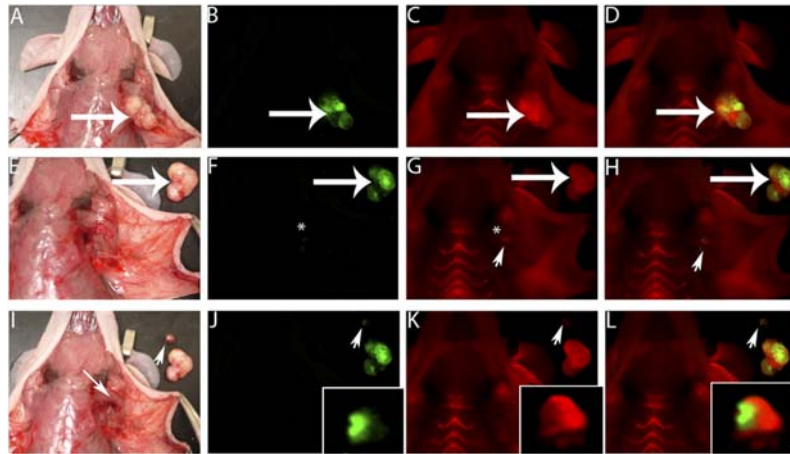


## Entstehung des Kromophores durch posttranslationale Modifikation

Ser-65  
Tyr-66  
Gly-67



ACPPs delineate tumor at the margin of resection.



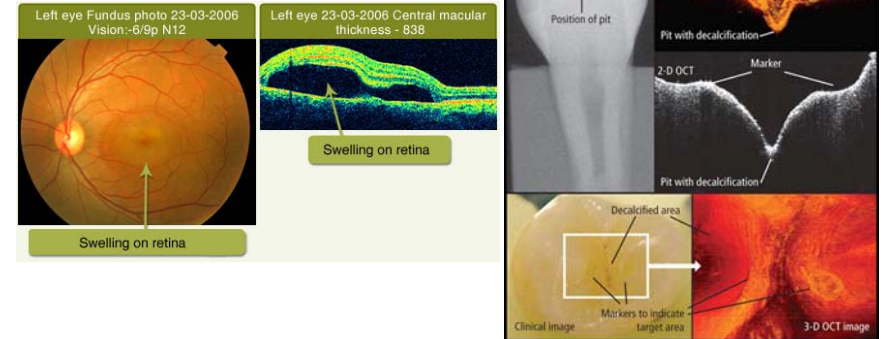
Nguyen Q T et al. PNAS 2010;107:4317-4322

©2010 by National Academy of Sciences

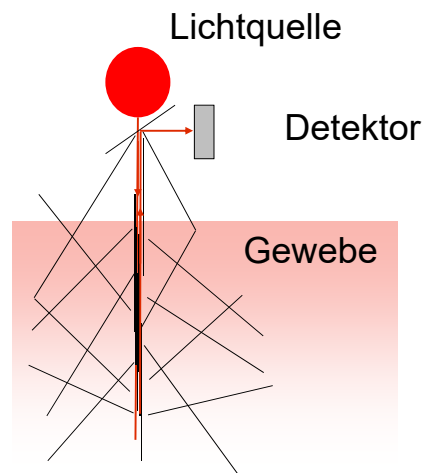
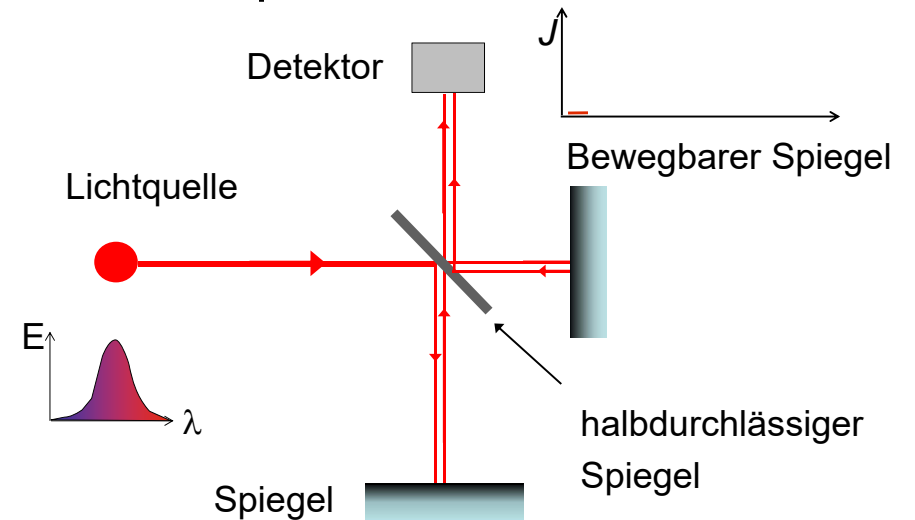
PNAS

## OCT

- Optische Kohärenztomografie
- Optical Coherence Tomography

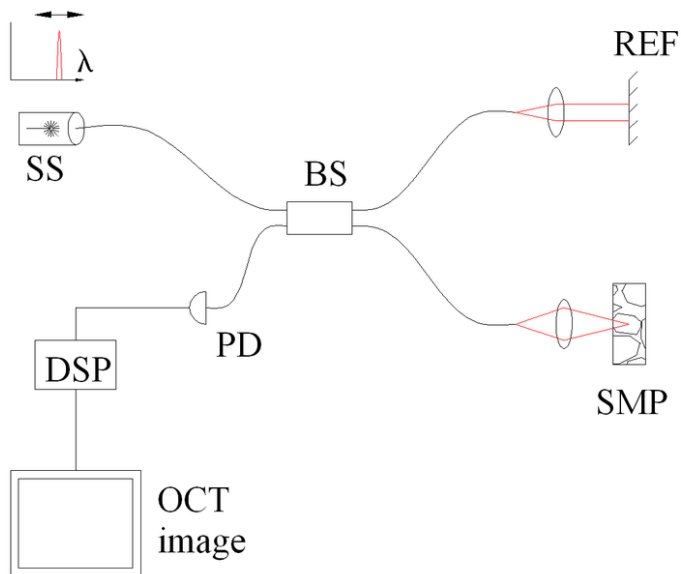
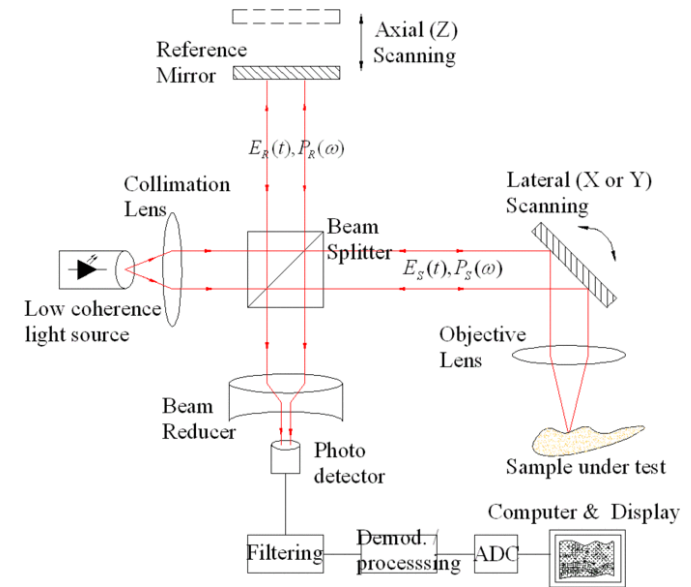
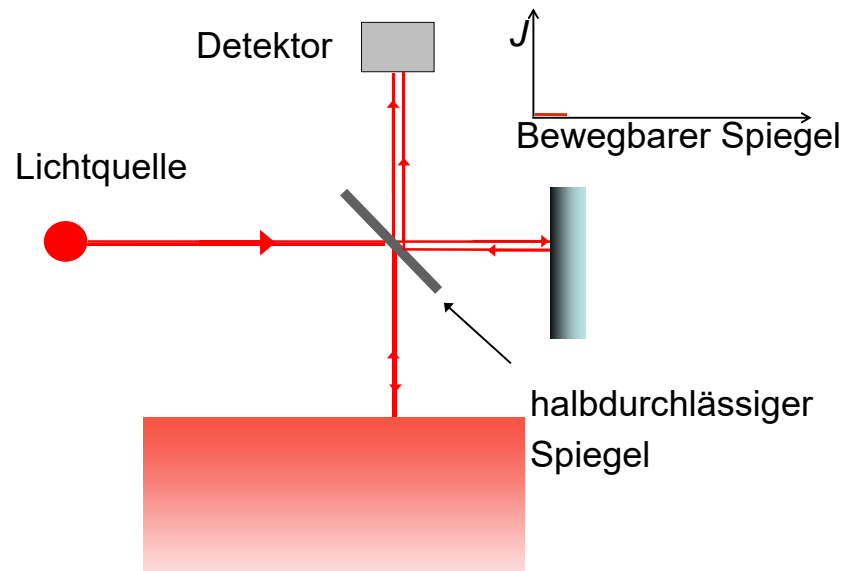


## Prinzip des Interferometers

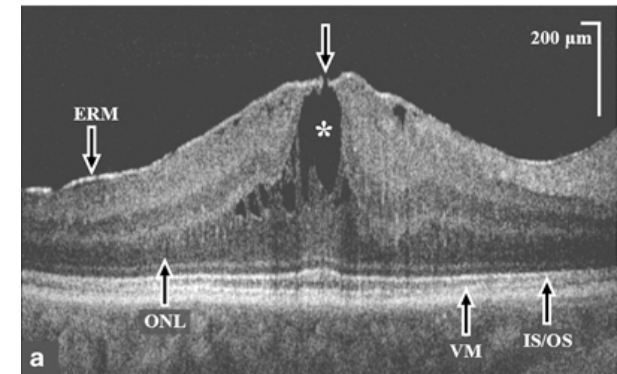


Problem:  
Streulicht stört die Abbildung!

# 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 Pilli<sup>1</sup>, P Lim<sup>1</sup>, R J Zawadzki<sup>1</sup>, S S Choi<sup>1</sup>, J S Werner<sup>1</sup> and S S Park<sup>1</sup>



## Eigenschaften der OCT

Auflösung: Mikrometer

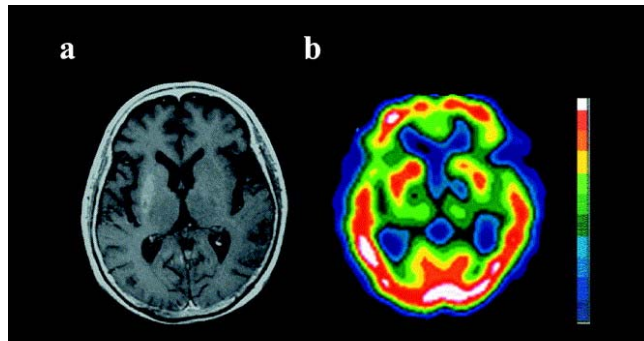
Eindringtiefe: Millimeter

Bildart: direkt tomographisches Bild

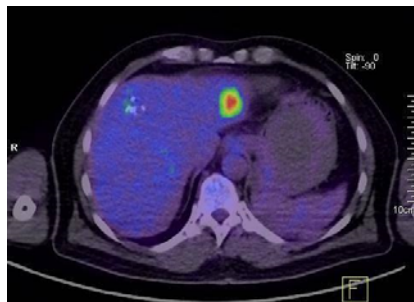
## Multimodale Techniken

- PET-CT
- SPECT-CT
- PET-MRI
  
- Funktionale – anatomische Aufnahmen

MRI-  
SPECT



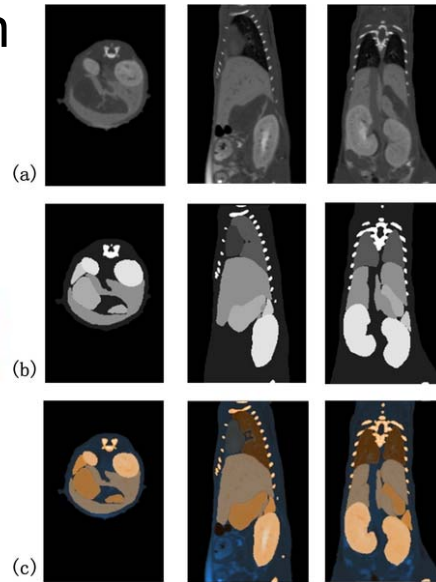
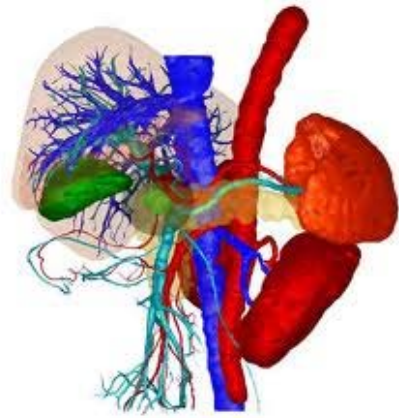
PET-CT



## Bildsegmentation

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

## Bildsegmentation



## Bildregistrierung

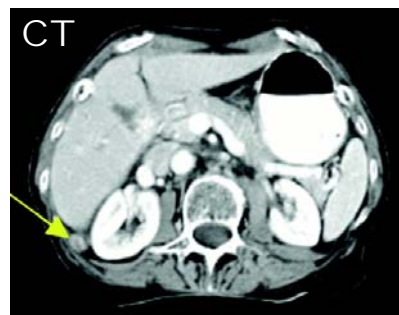
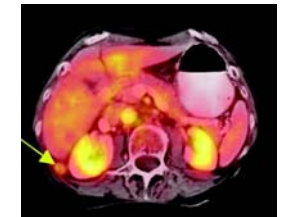
### Bildregistrierung:

zwei oder mehrere Bilder

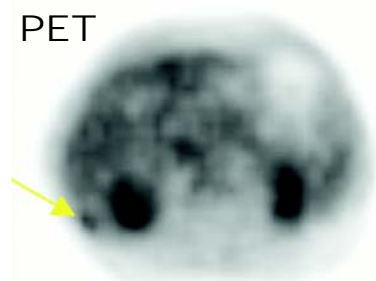
desselben Objekts,

in Übereinstimmung miteinander zu bringen

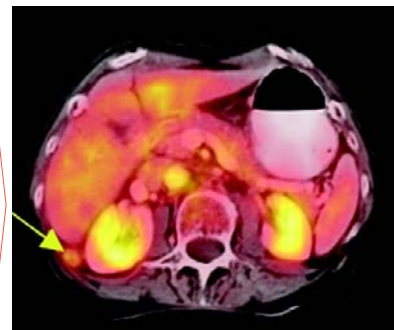
CT  
MRI  
PET  
SPECT



PET



Referenzbild



Objektbild

## Schritte der Bildregistrierung

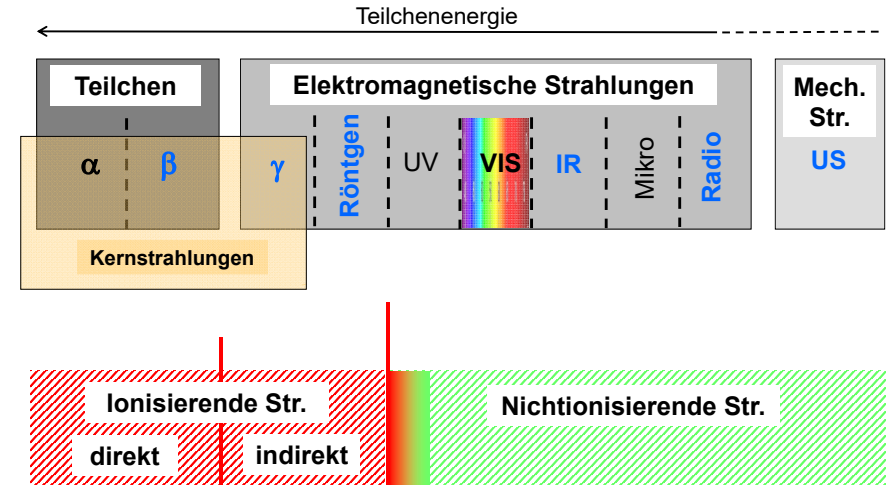
- Merkmalsextraktion: Aus den zu registrierenden Bildern werden Merkmale, wie z. B. Ecken, Kanten, Konturen oder ähnliches manuell oder automatisch detektiert.
- Merkmalsanpassung: Die Korrespondenz der extrahierten Merkmalspunkte wird hergestellt.
- Transformation: Das Objektbild wird mit der im vorherigen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

# Zusammenfassung

## Vergleich der bildgebenden Verfahren



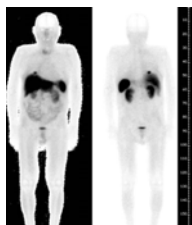
## Verwendete Strahlungen



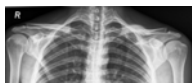
30

## Bildtyp:

### Summationsbild



Gammakamera



Röntgendurchleuchtung

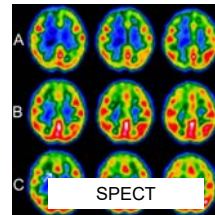
### Schichtbild = Tomogramm (T)

— 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?

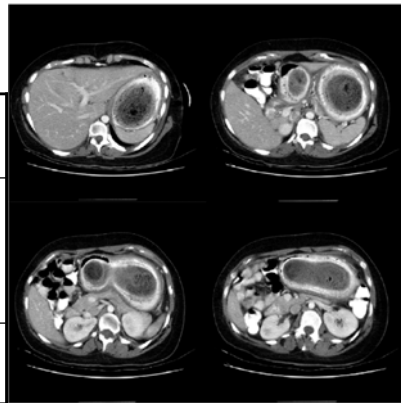
Stochastische  
Schädigung  
möglich!

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



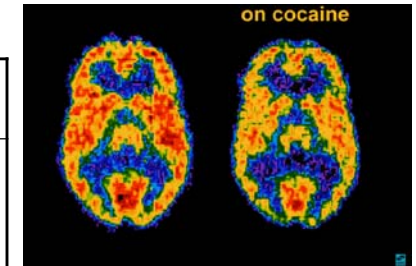
Nebenwirkungen/  
Risikos?

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: $\gamma$
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



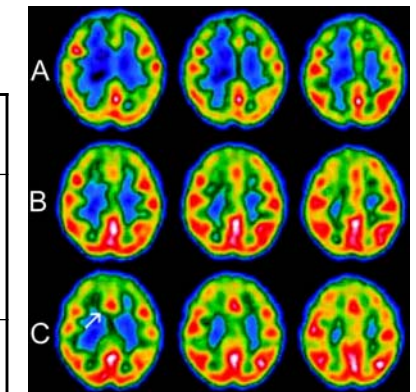
Nebenwirkungen/  
Risikos?

Stochastische  
Schädigung  
möglich!

35

## Nuklearmedizin SPECT

Verwendete Strahlung	e.m. Strahlung: $\gamma$
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



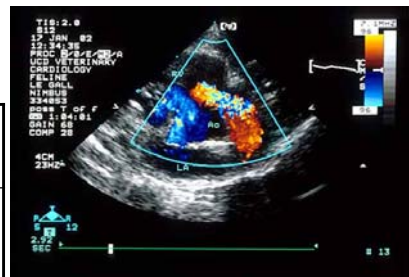
Nebenwirkungen/  
Risikos?

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



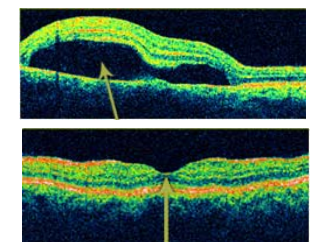
Nebenwirkungen/  
Risikos?

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 ( $\mu\text{m}$ )
Nachteile	sehr begrenzte eindringtiefe (mm)



Nebenwirkungen/  
Risikos?

Keine

40