

# Quantum Dots in (bio)medizinischen Anwendungen

Stephanie Möller

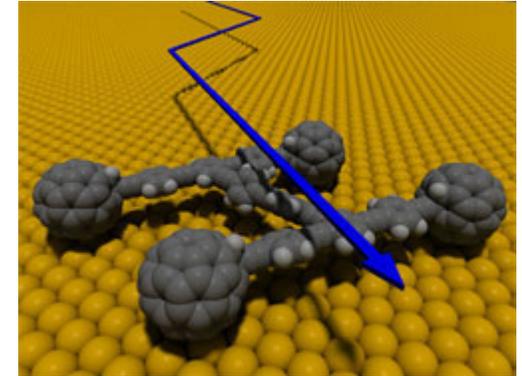
Nanotechnologie

Wintersemester 2006/2007

# Übersicht

- Einleitung
- Quantum Dots
  - Klärung des Begriffs
  - Besondere Eigenschaften
  - Einschränkungen
- (Bio)medizinische Anwendungen
  - Biokompatibilität
  - Löslichkeit
  - Funktionalisierung
- Beispiele

# Einführung



- Nanotechnologie

- Grenzbereich, in dem Oberflächeneigenschaften über die Volumeneigenschaften von Materialien dominieren
- quantenphysikalische Effekte
- Größeninduzierte Funktionalitäten

➔ Anwendungen auf immer mehr Gebieten möglich

- Recherche „Quantum dot“

- [www.google.de](http://www.google.de) 1.260.000 Treffer
- SciFinder 28.500 Treffer

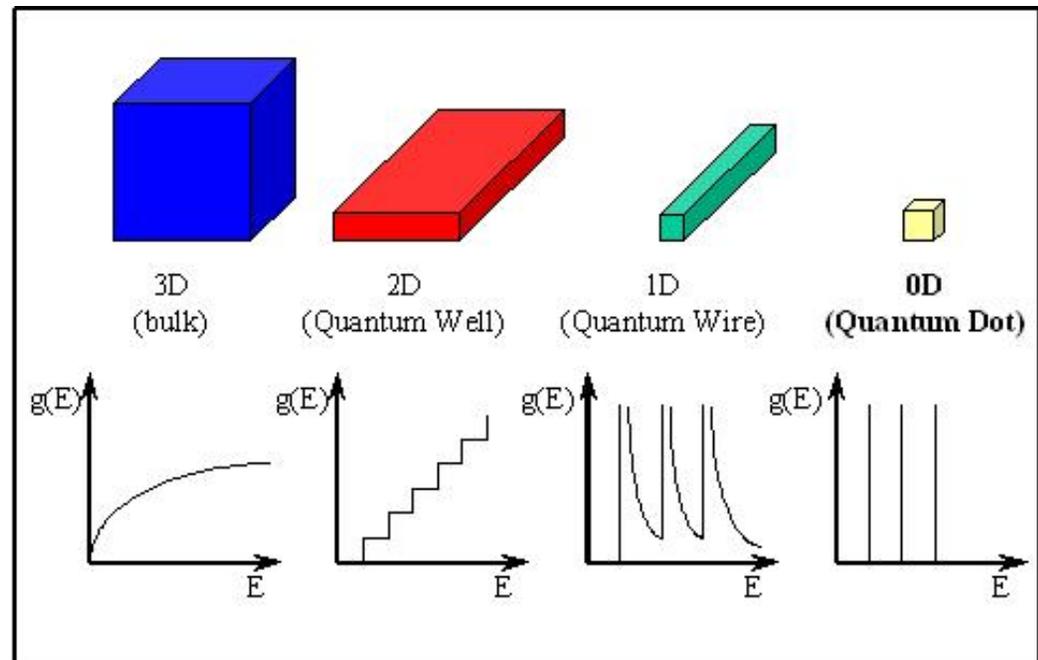
➔ Eines der zentralen Forschungsthemen

# Quantum Dots – Begriff und Eigenschaften

- Halbleiter in einer 0-dimensionalen Nanostruktur
- Begrenzen von Löchern (Valenzband), Elektronen (Leitungsband) und Excitonen in allen drei Raumrichtungen
- Diskretes, gequanteltes Energiespektrum → sehr scharfe Zustandsdichte (analog zu einem Atom)

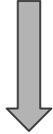
→ Sehr schmale Emissionsbanden

→ Hohe Mobilität

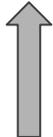


# Quantum Dots – Einschränkungen

Festkörperchemie



Quantum Dots (Nanotechnologie)

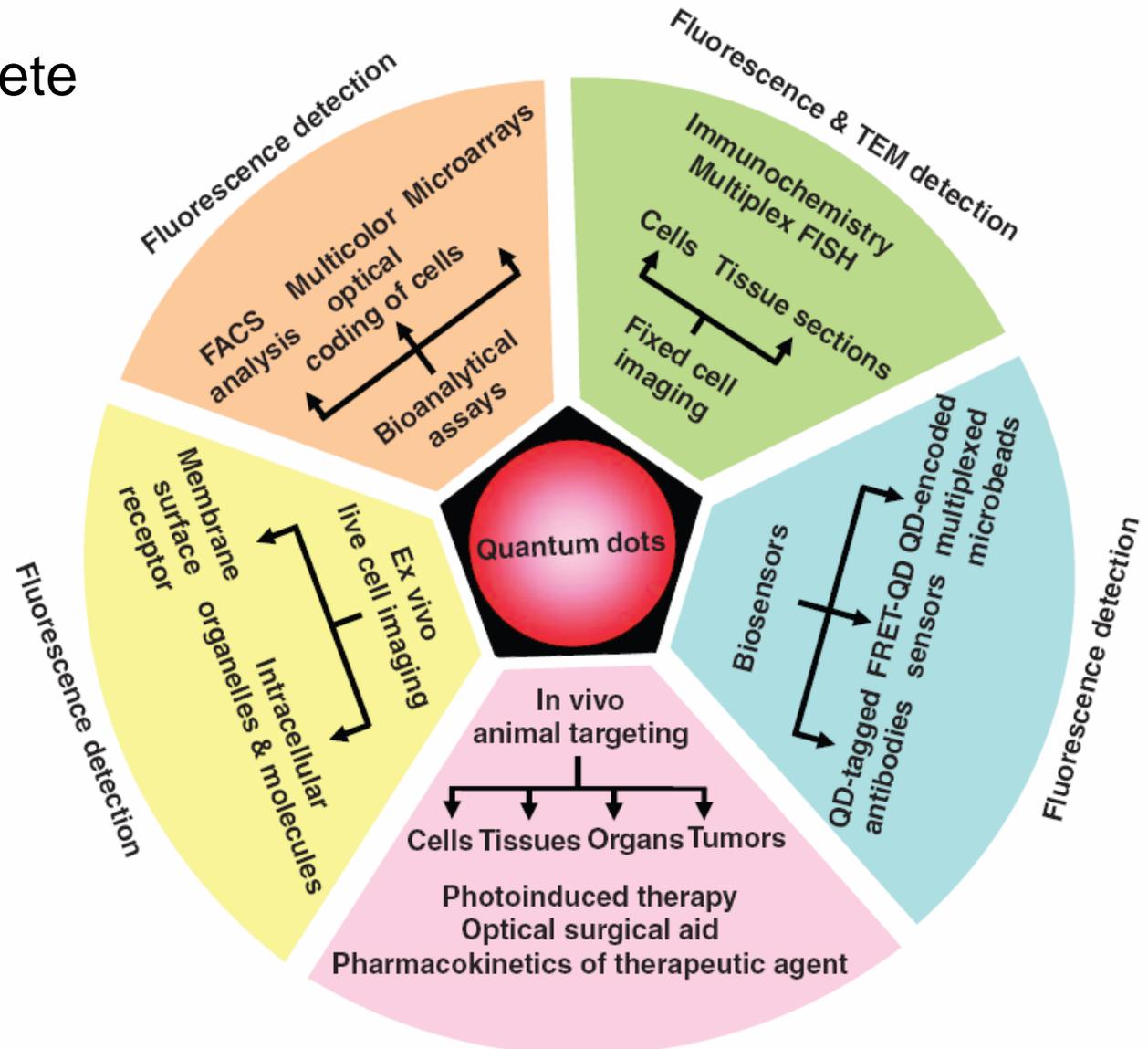


Molekulare Chemie

- Synthese (bottom-up, top-down)
- Stabilität (Agglomeration, Reaktivität)

# Biomedizinische Anwendungen

- Einsatzgebiete für QDs



# Biomedizinische Anwendungen

- Anwendung in der (Bio)medizin fordert bestimmte Eigenschaften:

## (1) Biokompatibilität

- bevorzugte Materialien: Cadmium, Selen, Tellur, Arsen, Indium ...
- Problem: Toxizität

## (2) Löslichkeit

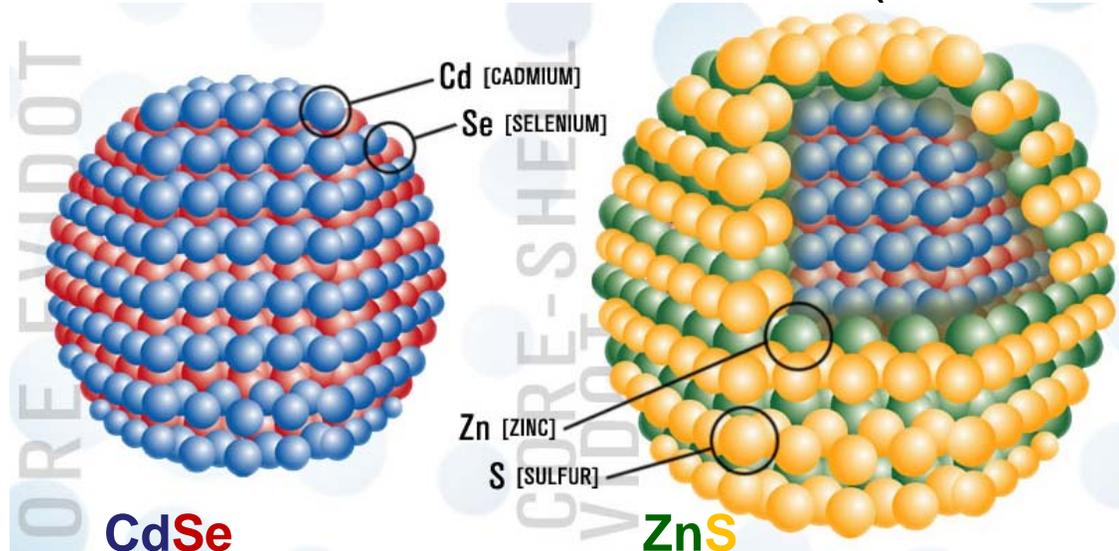
- (Körper)flüssigkeiten als Transportmedium
- Auswaschen von Schwermetall-Kationen

## (3) Funktionalisierung

- Lebewesen sind sehr komplexe Systeme
- Einsatz in diesem System erfordert hohe Spezifizierung

# Biokompatibilität

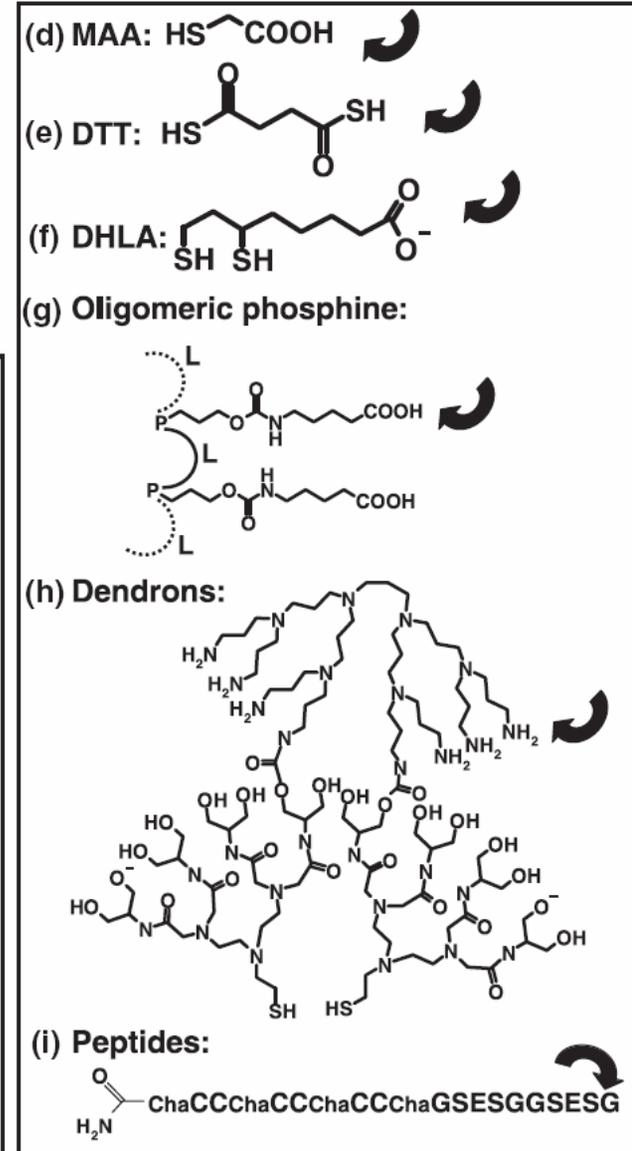
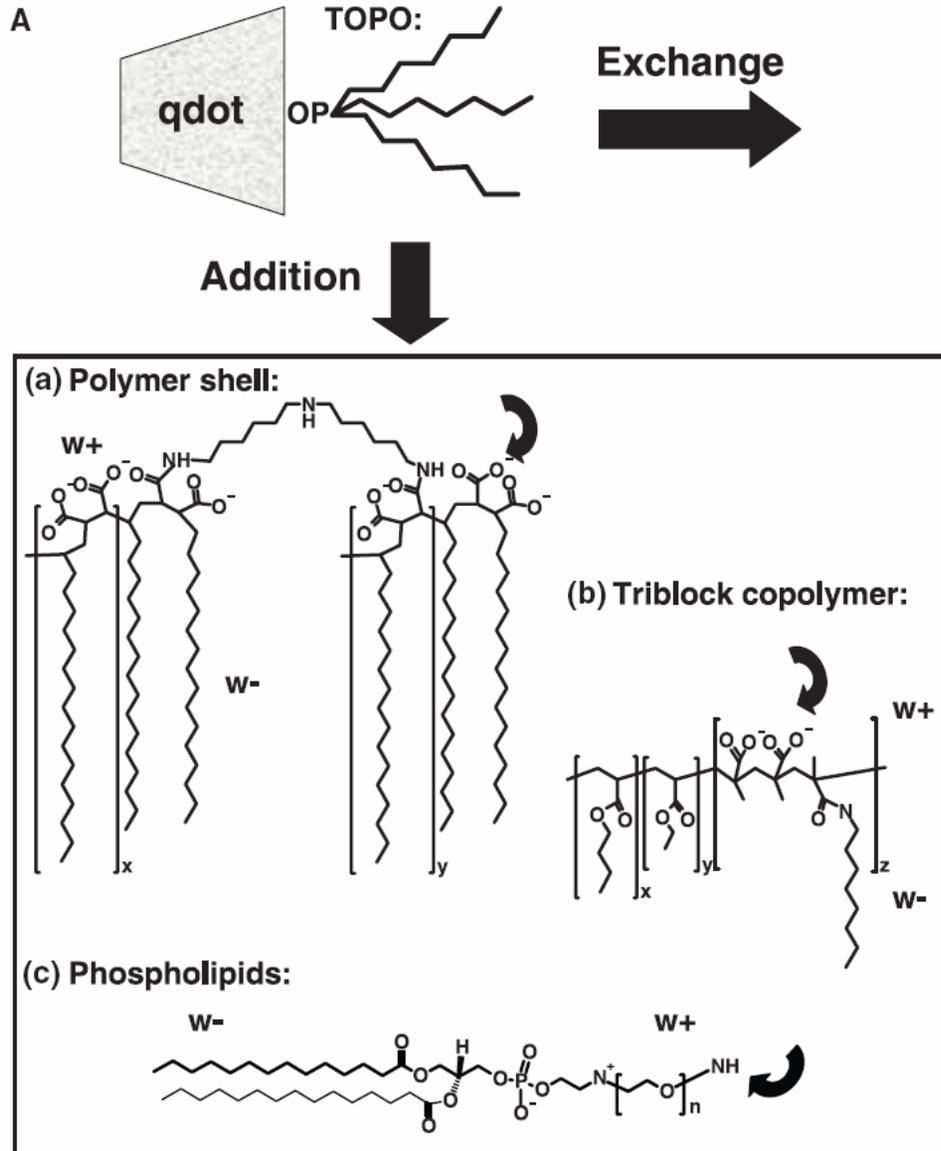
- Coating
  - Core-shell-Partikel
  - Mantel aus nicht-giftigen und stabilen Materialien
    - ZnS
    - $\text{SiO}_2$
    - Organische Moleküle oder Polymere (z. B. Polyethylenglycol)
- Emissionseigenschaften müssen erhalten bleiben (keine unbeabsichtigte Löschung)



# Löslichkeit

- Synthese der Quantum dots meist in organischen Lösungsmitteln
- ➔ Resultiert in Besetzung der Oberfläche durch hydrophobe Liganden
- Für Nutzung in wässrigen Systemen: Amphiphile äußere Oberfläche notwendig
  - Addition
  - Ligandenaustausch

# Löslichkeit



# Funktionalisierung

- Verwendung zur Visualisierung von biologischen Prozessen erfordert für jeden Prozess eigene Funktionalisierung
    - Aufbau biologischer Interfaces
    - Höchstselektive Wechselwirkungen
  - Je nach Auswahl der verwendeten Liganden können mit einem Partikel mehrere Prozesse verfolgt werden
- ➔ Multi-Sensoren

# Funktionalisierung

„Peptid-Werkzeugbox“

— hydrophobe Aminosäuren zur Bindung an QD

S Löslichkeit

P Polyethylenglycol

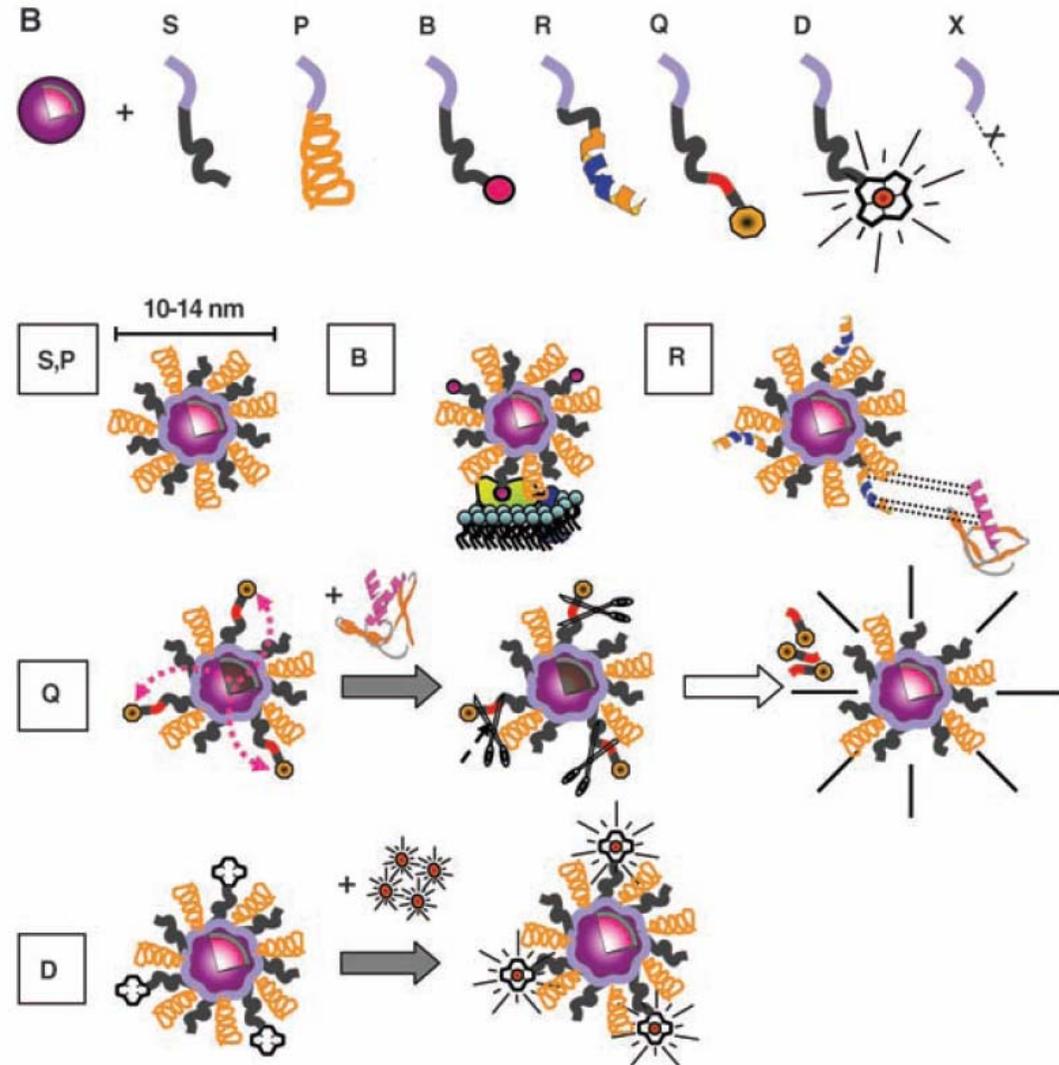
B Biotin

R Peptid-Erkennungssequenz

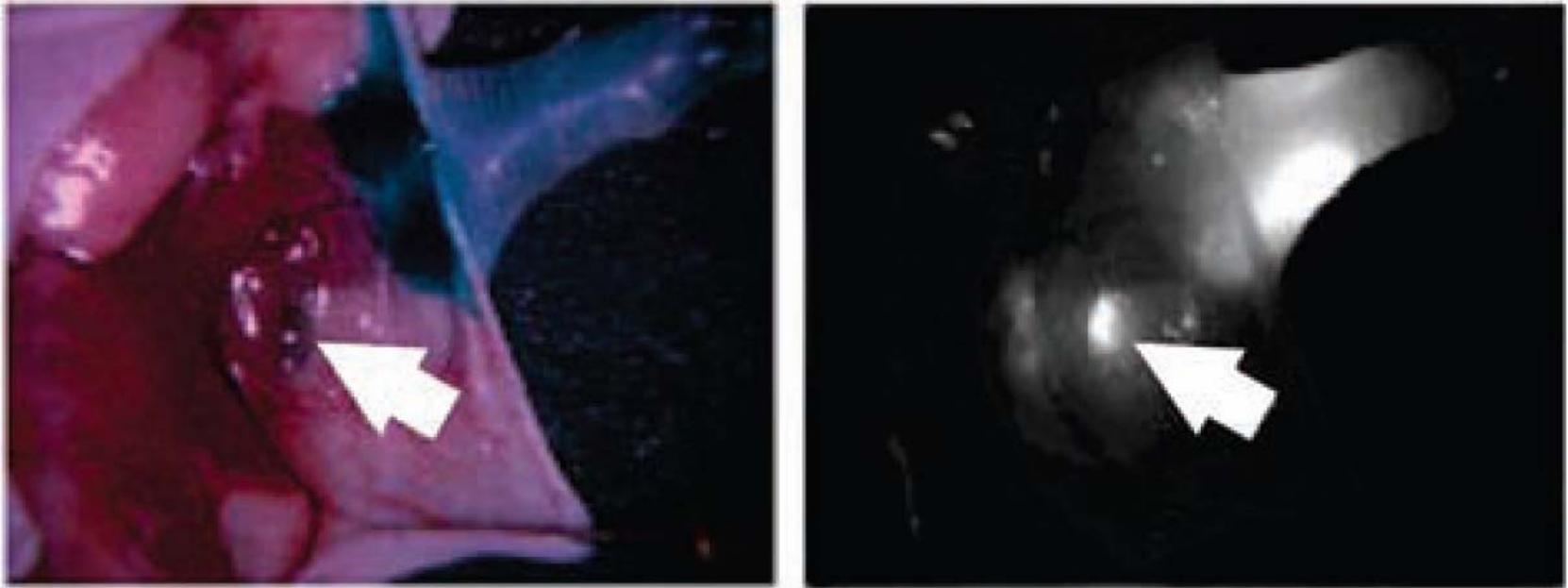
Q Quencher

D DOTA (1,4,7,10-Tetraazacyclododecane-N,N',N'', N'''-tetraacetic acid)

X Peptid-codierte, nicht näher spezifizierte Funktion

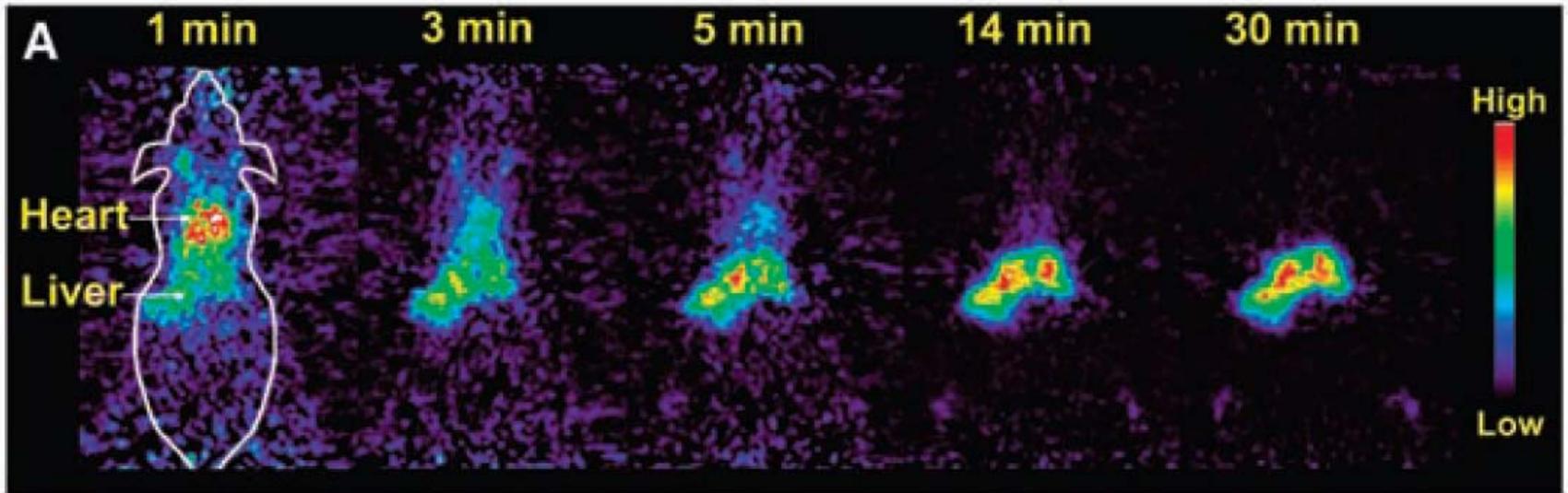


# Beispiel 1



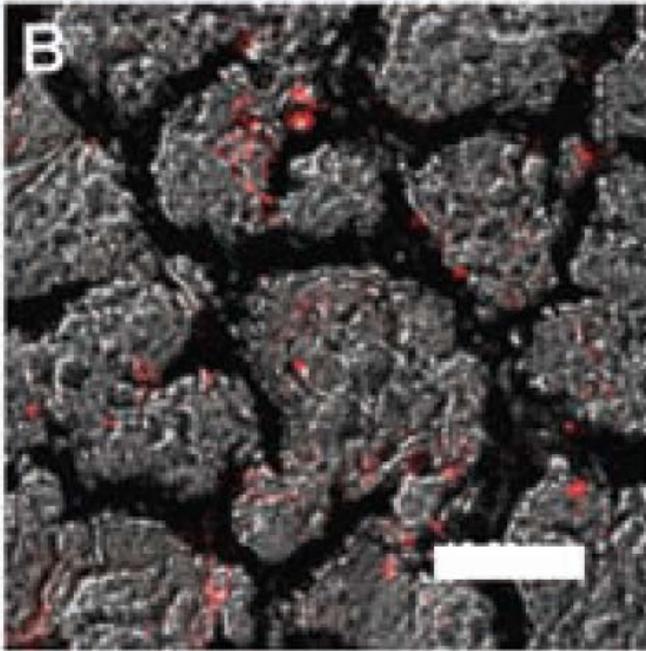
- Chirurgische Unterstützung durch NIR-Quantum-dots
  - Injektion von NIR-Quantum-dots unter die Haut der Maus
  - 5 min später Injektion von Isosulfan blau
  - Sowohl NIR-Quantum-dots als auch Farbstoff im Wächterlymphknoten (Pfeil)

# Beispiel 2



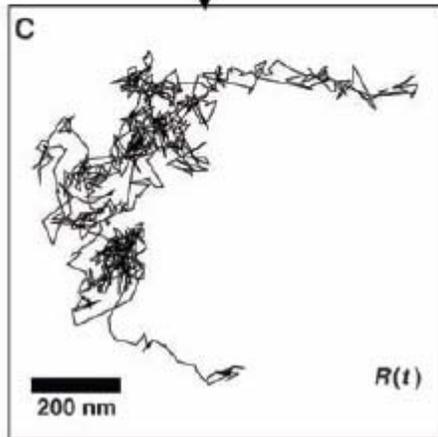
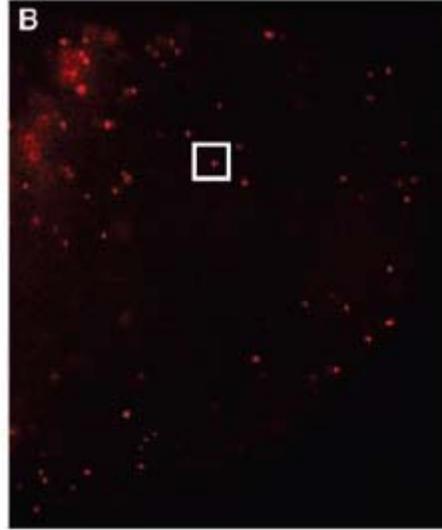
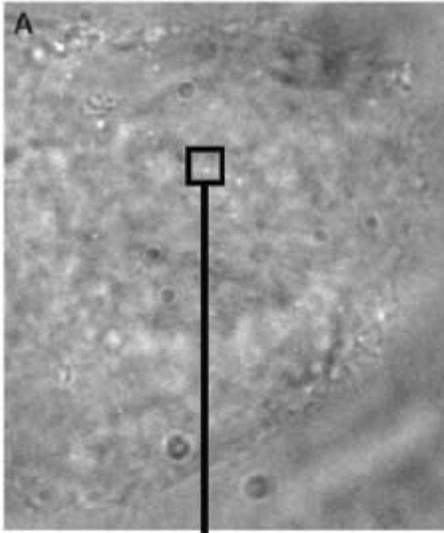
- Positronen-Emissions-Tomographie
  - Injektion von Quantum-dots mit  $^{64}\text{Cu}$  (Positronen-emittierendes Isotop, durch DOTA an Quantum dot gekoppelt) in die Schwanz-Vene
  - Transport durch das Herz zur Leber
  - PET zeigt sehr schnelle Ansammlung in der Leber

# Beispiel 2



- Lumineszenz-Spektren der Leber-Zellen
  - Übereinandergelegte Bilder der Differential-interference contrast-Mikroskopie (DIC) und der orts aufgelösten Emissionsspektroskopie
  - Quantum dots sind in den Leber-Zellen

# Beispiel 3



- Single-Particle-Tracking
  - Räumliche Verfolgung von bestimmten Prozessen
  - DIC-Mikroskopie-Bild (A) und ortsaufgelöstes Emissionsspektrum (B)
  - Diffusionsweg des Quantum dots (C)
  - 1000 Aufnahmen (10 pro Sekunde)

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.**