

Quantum Dots in (bio)medizinischen Anwendungen

Stephanie Möller

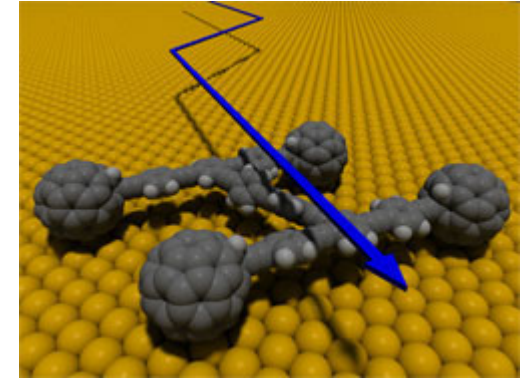
Nanotechnologie

Wintersemester 2006/2007

Übersicht

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

Einführung



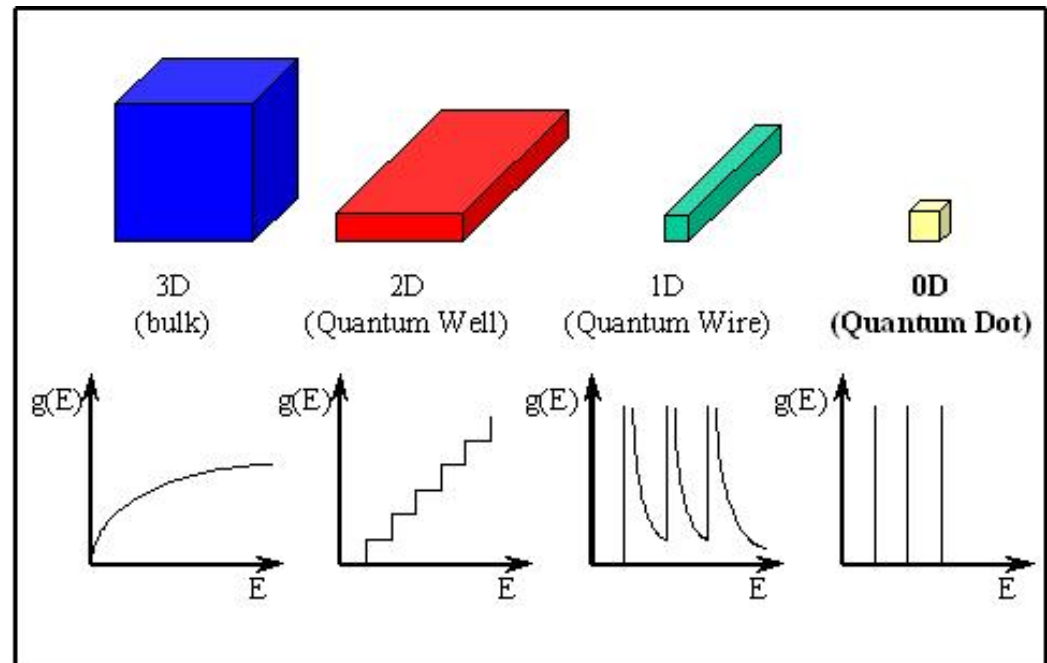
- Nanotechnologie
 - Grenzbereich, in dem Oberflächeneigenschaften über die Volumeneigenschaften von Materialien dominieren
 - quantenphysikalische Effekte
 - Größeninduzierte Funktionalitäten
- ➔ Anwendungen auf immer mehr Gebieten möglich
- Recherche „Quantum dot“
 - www.google.de 1.260.000 Treffer
 - 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)

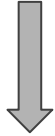
→ Sehr schmale Emissionsbanden

→ Hohe Mobilität

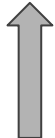


Quantum Dots – Einschränkungen

Festkörperchemie



Quantum Dots (Nanotechnologie)

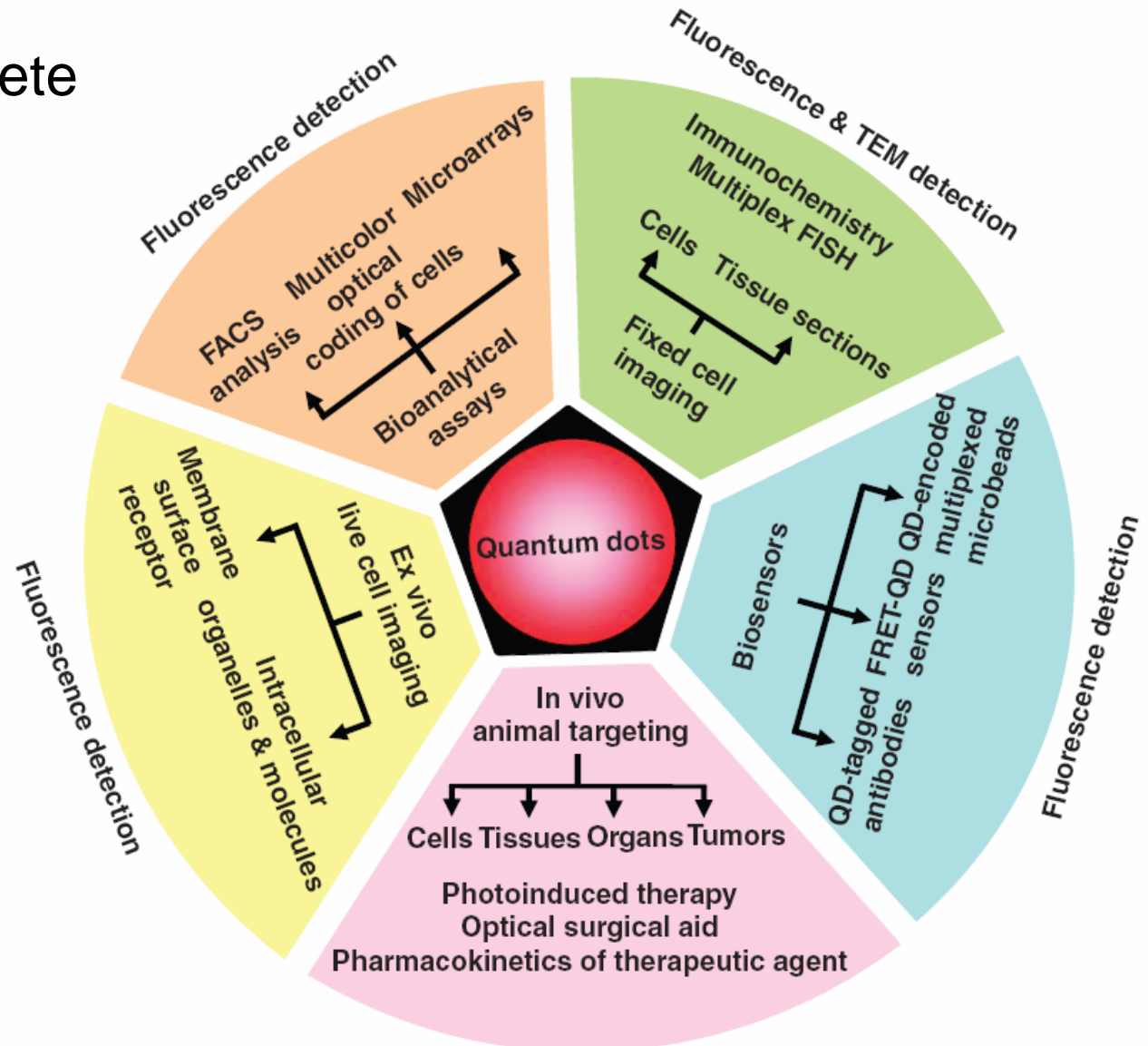


Molekulare Chemie

- 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

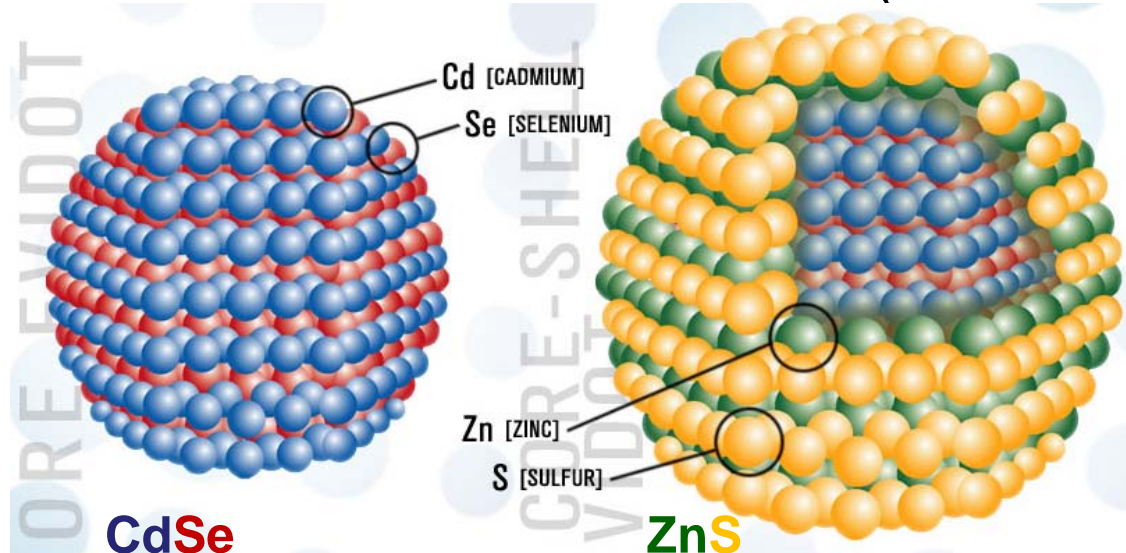
- (Körper)flüssigkeiten als Transportmedium
- Auswaschen von Schwermetall-Kationen

(3) Funktionalisierung

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

Biokompatibilität

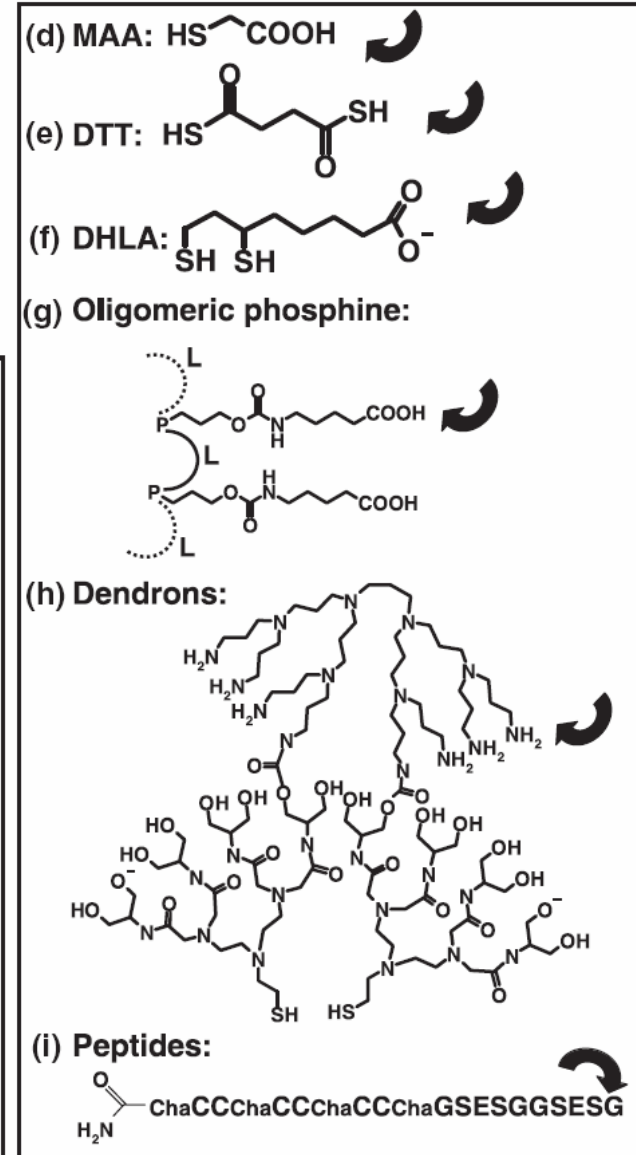
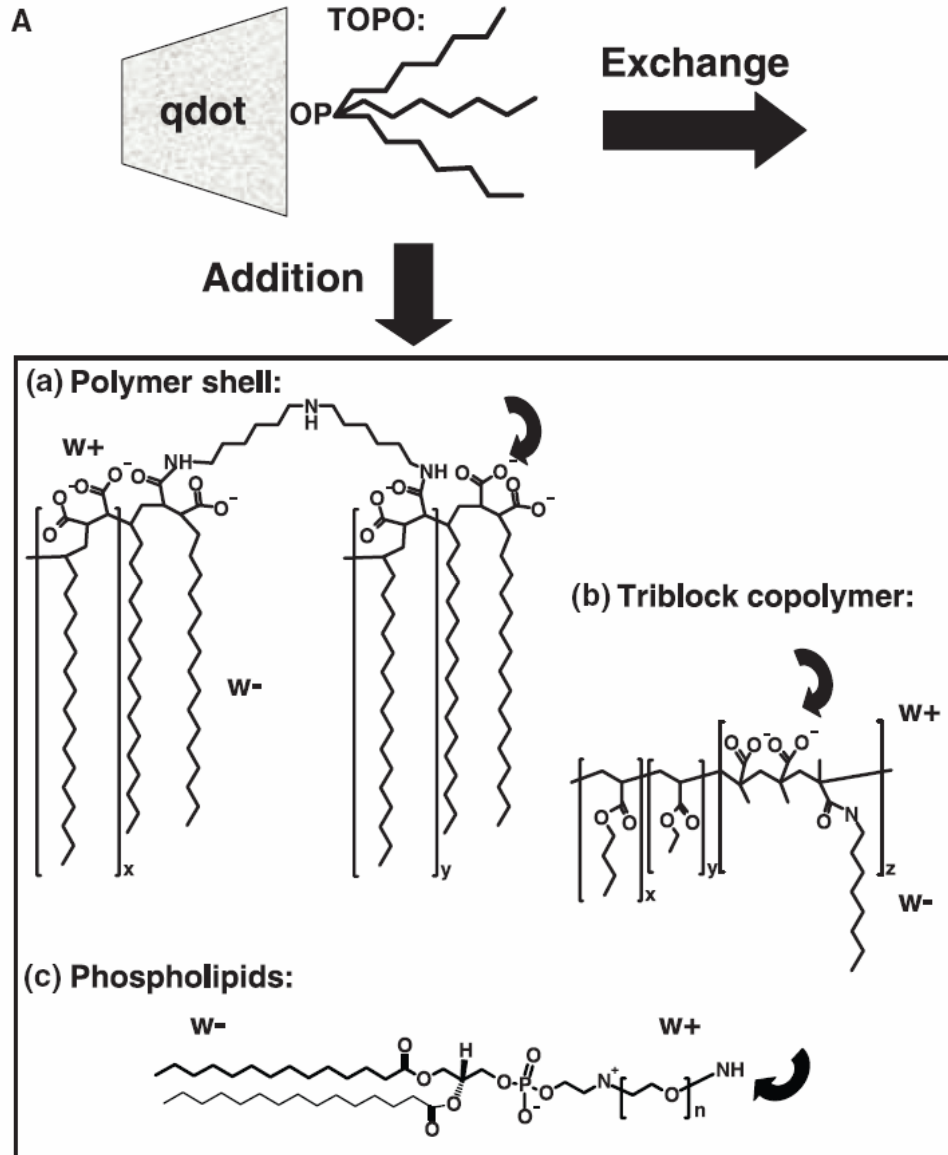
- Coating
 - Core-shell-Partikel
 - Mantel aus nicht-giftigen und stabilen Materialien
 - ZnS
 - SiO_2
 - Organische Moleküle oder Polymere (z. B. Polyethylenglycol)
- Emissionseigenschaften müssen erhalten bleiben (keine unbeabsichtigte Löschung)



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

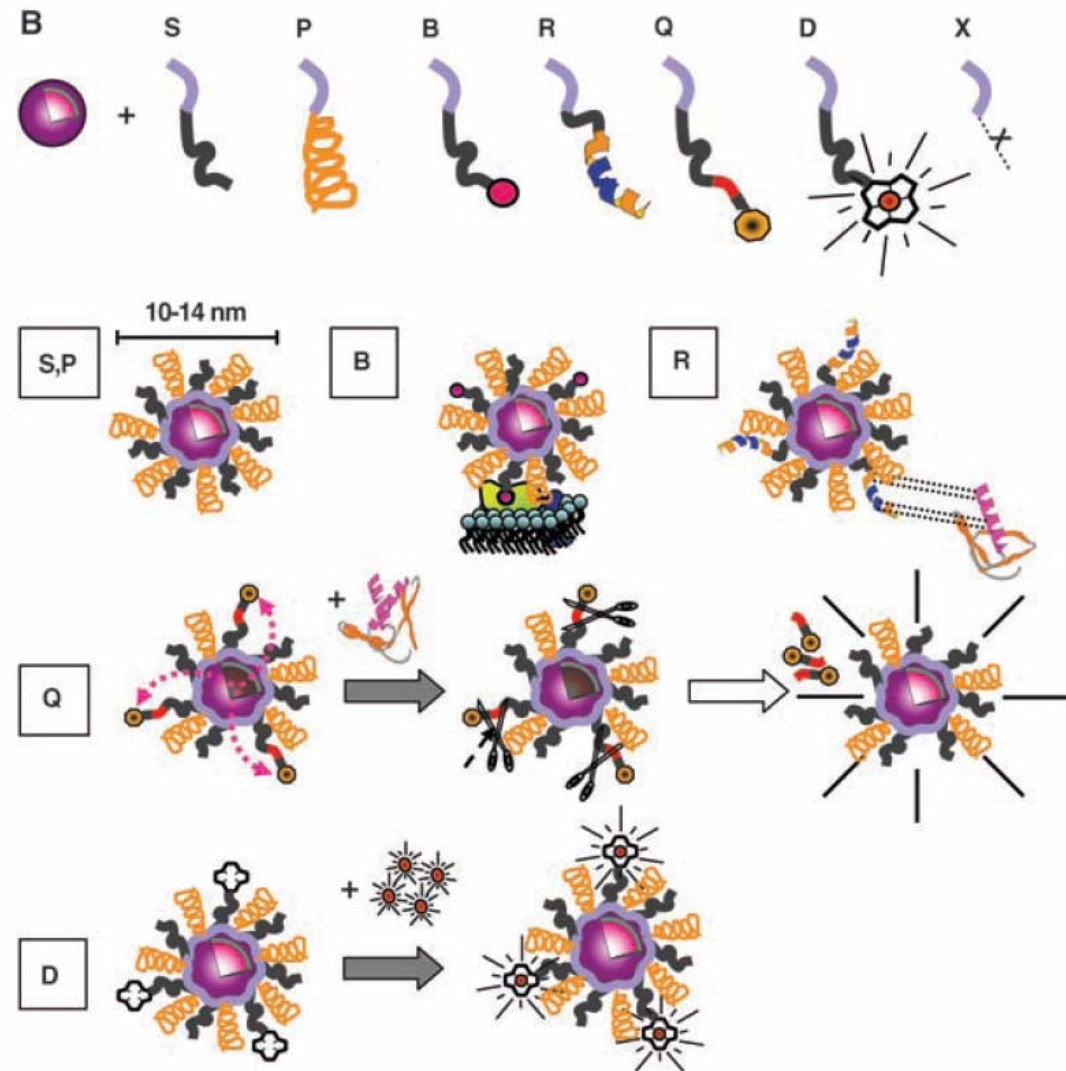
B Biotin

R Peptid-Erkennungssequenz

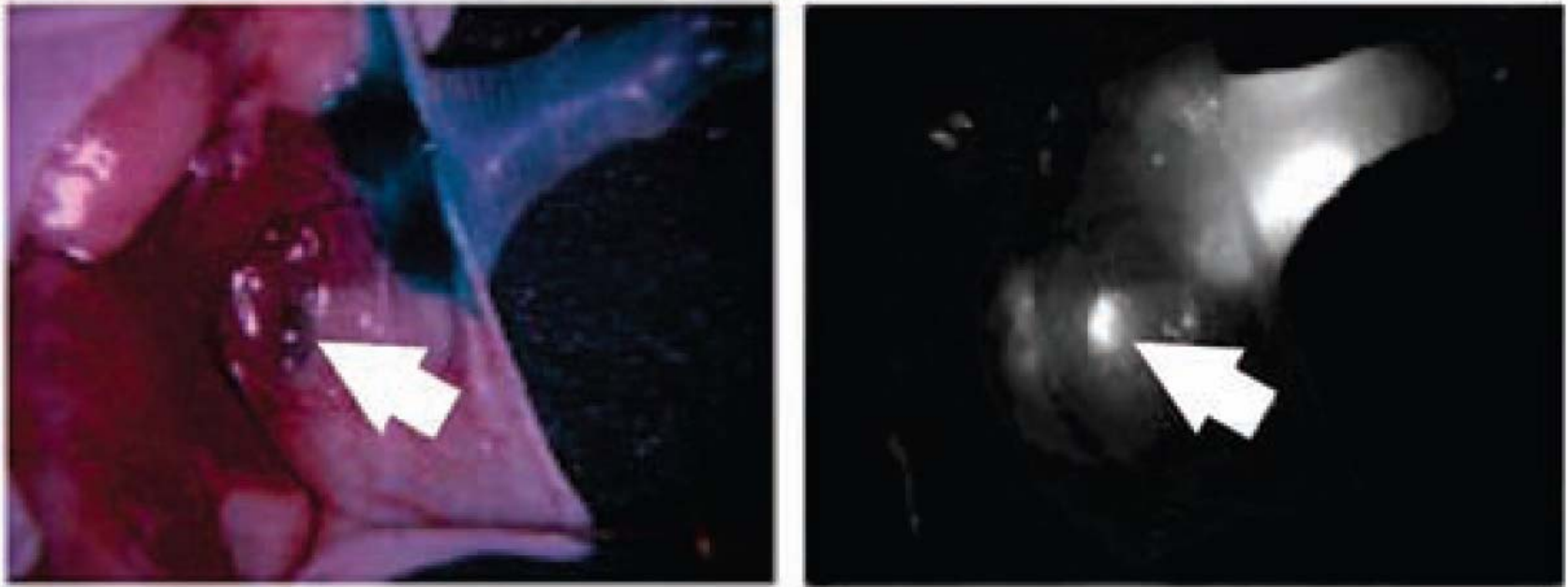
Q Quencher

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

X Peptid-codierte, nicht näher spezifizierte Funktion

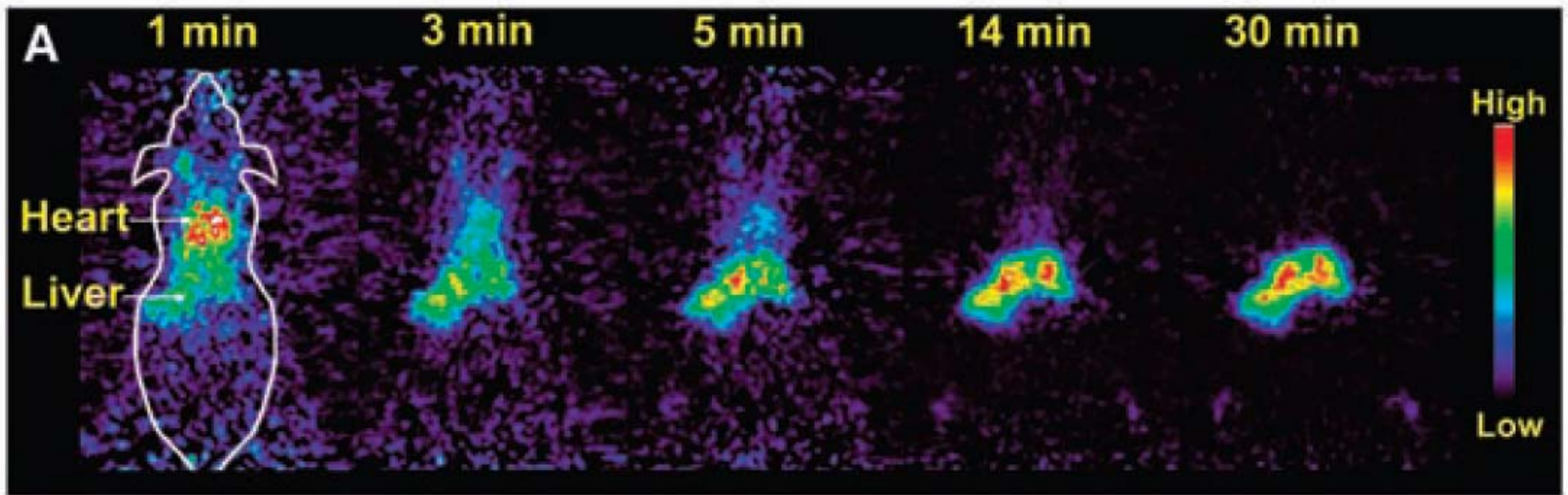


Beispiel 1



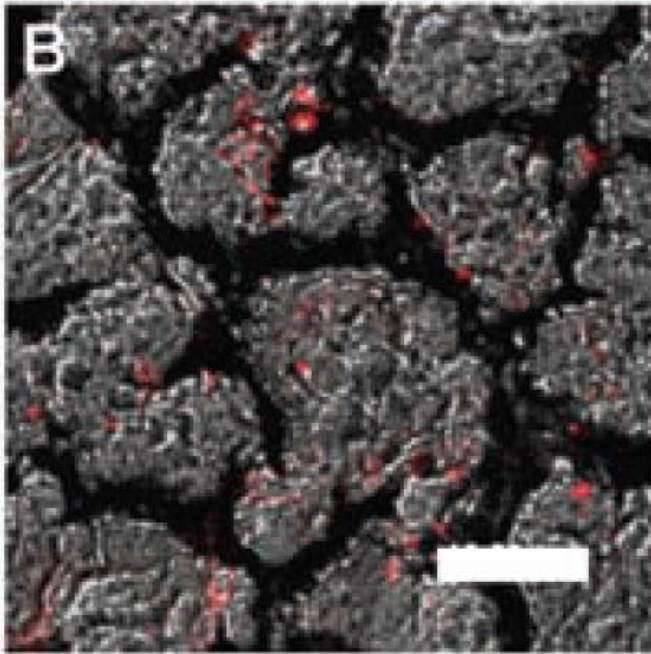
- Chirurgische Unterstützung durch NIR-Quantum-dots
 - Injektion von NIR-Quantum-dots unter die Haut der Maus
 - 5 min später Injektion von Isosulfan blau
 - Sowohl NIR-Quantum-dots als auch Farbstoff im Wächterlymphknoten (Pfeil)

Beispiel 2



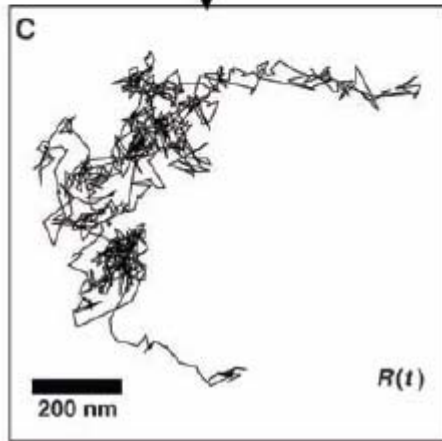
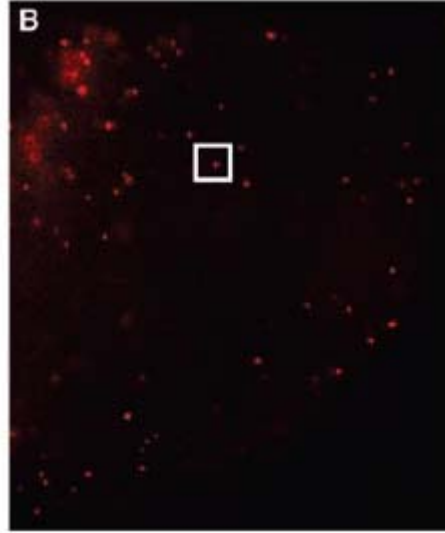
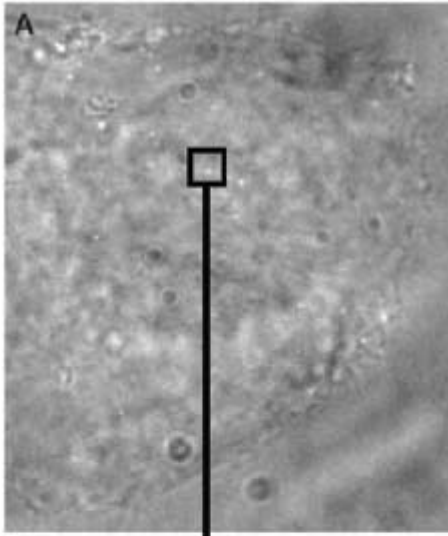
- Positronen-Emissions-Tomographie
 - Injektion von Quantum-dots mit ^{64}Cu (Positronen-emittierendes Isotop, durch DOTA an Quantum dot gekoppelt) in die Schwanz-Vene
 - Transport durch das Herz zur Leber
 - PET zeigt sehr schnelle Ansammlung in der Leber

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.