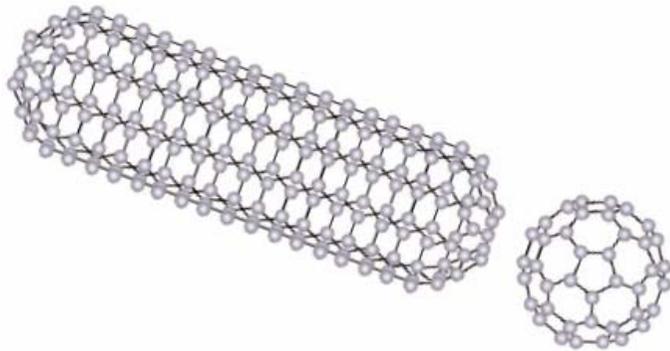


---

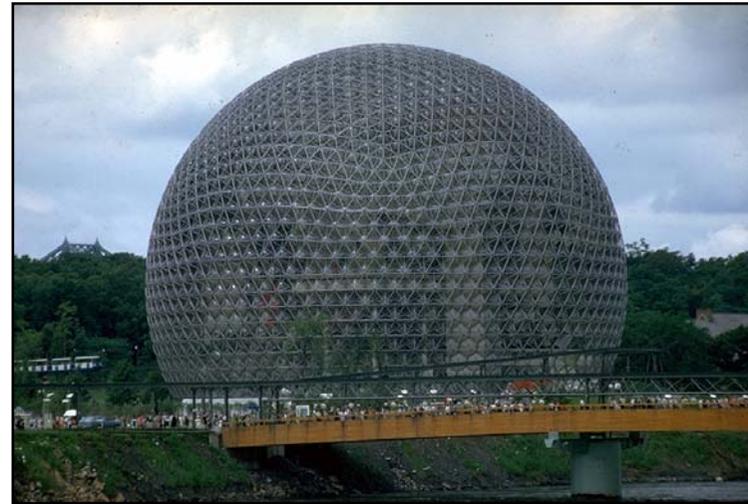
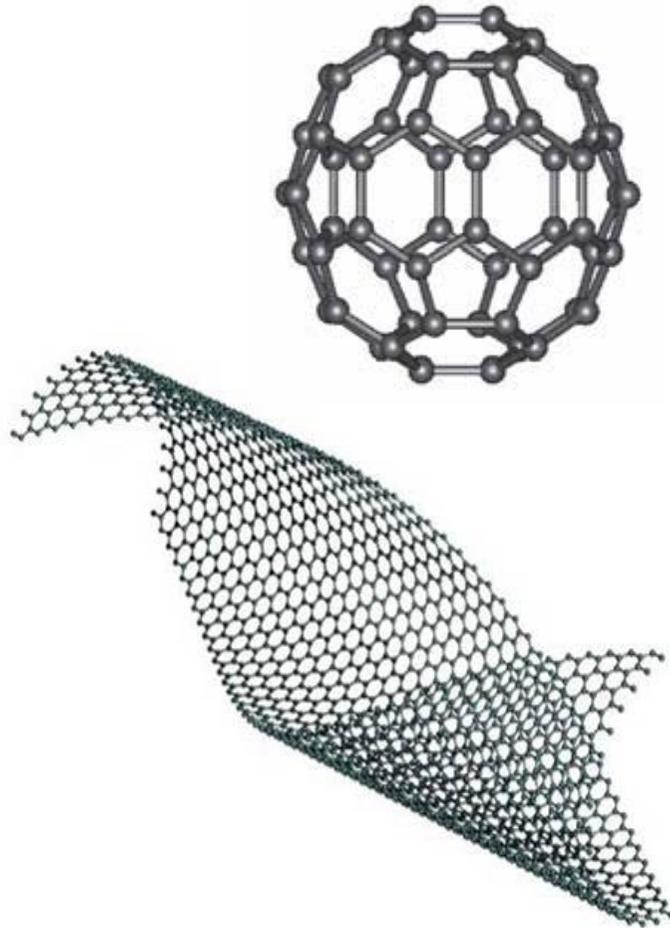
# Carbon Nanotubes for biomedical Applications

---

Lina Rustam

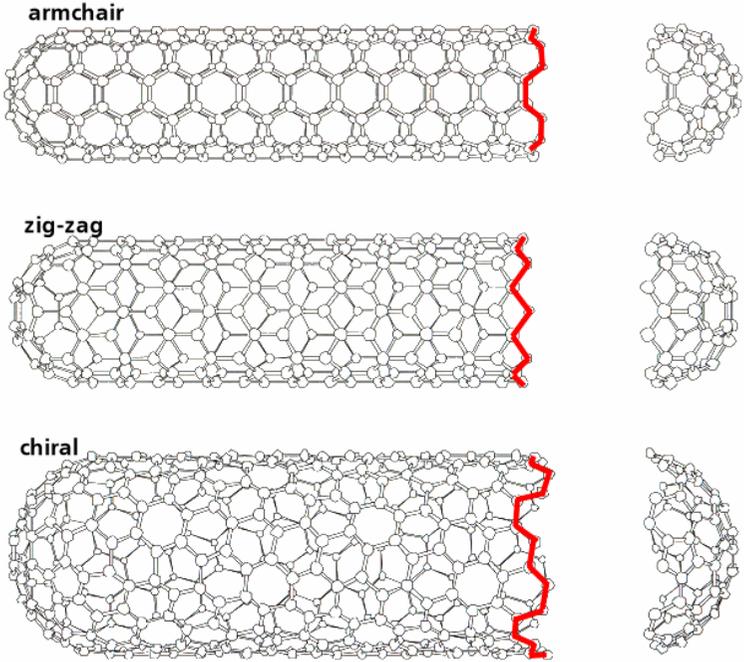


## Was sind Carbon Nanotubes?



- CNTs sind zu einer Röhre aufgerollte Graphitschichten und an den Enden mit halben Fullerenen verschlossen
- *Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Durchmesser von bis zu wenigen Nanometern und mehreren Mikrometern Länge; mehrwandig oder einwandig*  
**Iijima S, Nature, 354 (1991) 56**

Mögliche Strukturen der CNTs



SWNT

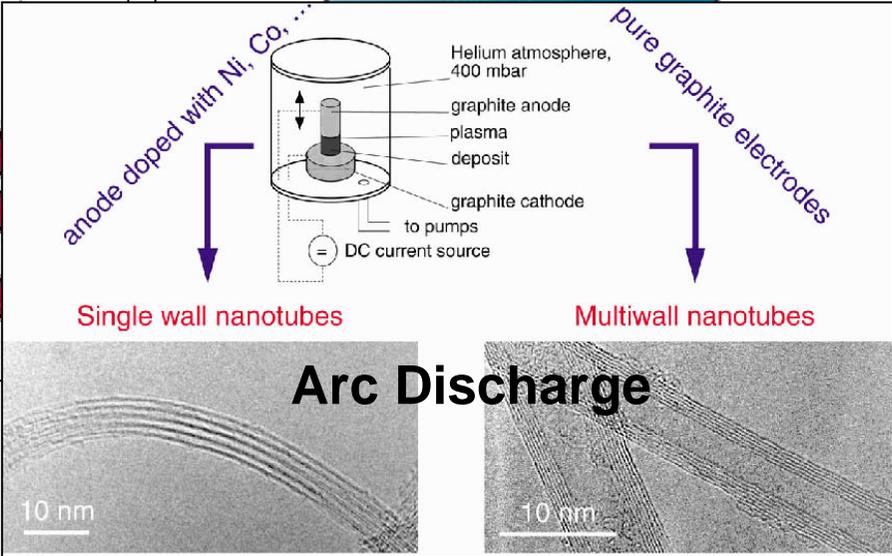
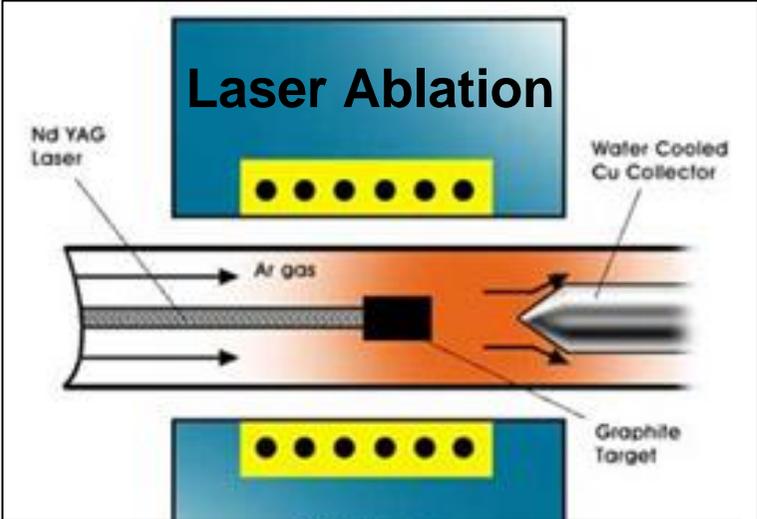
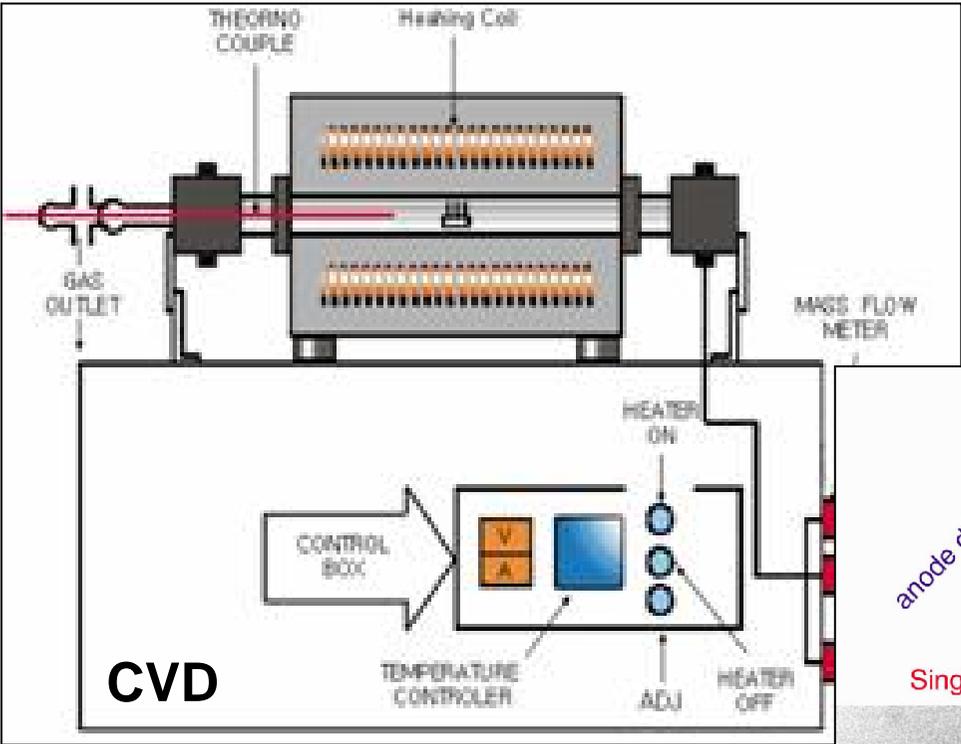


Bündel von SWNT



MWNT

# Herstellungsprozess der CNTs



### Eigenschaften einzelner Nanotubes

- elektrische Eigenschaften
  - hohe Leitfähigkeit
  - hohe Stromdichten
- mechanische Eigenschaften
  - hohe Zugfestigkeit von bis zu 75 GPa
  - hohes E-Modul von bis zu 1TPa
- thermische Eigenschaften
  - hohe thermische Widerstandsfähigkeit (bis zu 2800°C)
  - sehr hohe Wärmeleitfähigkeit (defektfrei bis zu 6000 W/mK)
- chemische Eigenschaften
  - hohe Reaktivität an den Endkappen durch Fünfecke in der Struktur

## Anwendungen

Für biomedizinische Anwendungen kommen in Frage

- Medizinische Werkzeuge & Geräte

  - Strahlung in der Onkologie

  - Sensoren

- Biopharmazeutika

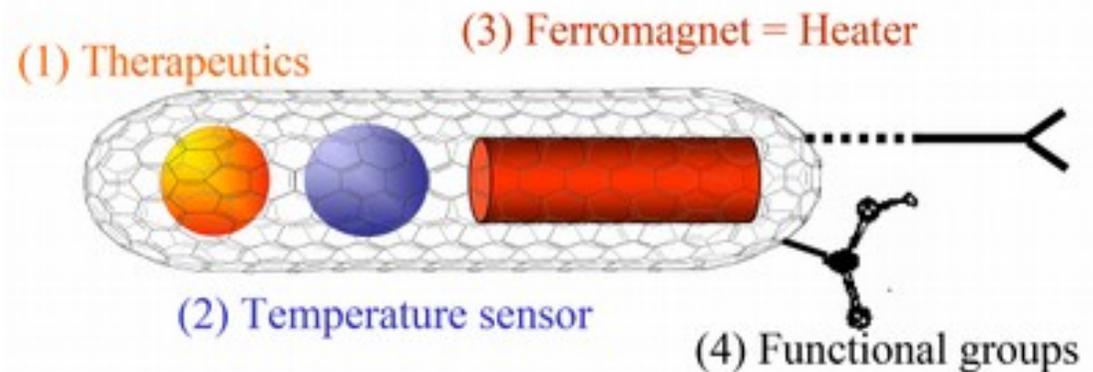
  - Medikamententransport

  - DNA-Transport

- Implantate

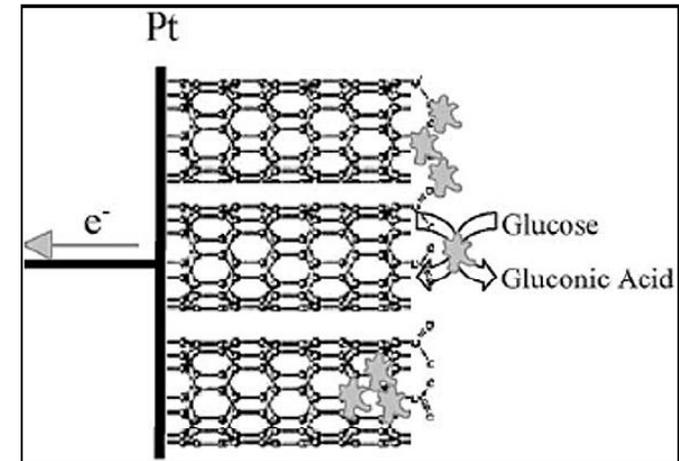
  - Nanosensoren

  - Aktuatoren



## Medizinische Werkzeuge & Geräte

- Onkologie - Entstehung von Röntgenemission  
Elektronen werden bei RT erzeugt  
ausgehender Strom kann über  
Spannung geregelt werden



- Sensortechnik

Sensoren überprüfen physikalisch quantitative Änderungen

CNTs als Druck, thermische-, Gas-, chemische- & biologische Sensoren

z.B. anwendbar bei Verbrennungsopfern, Augenoperationen, Dialyse

- Probenanalytik

CNTs werden als Cantilever im AFM genutzt

## Implantate

- implantierbare Nanosensoren

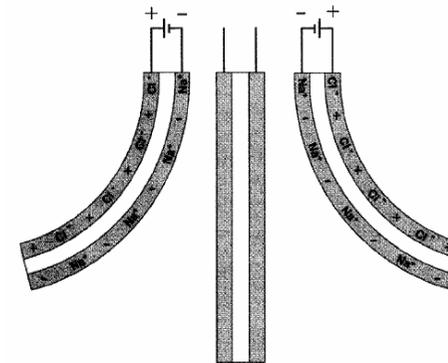
kleiner als microelectromechanical systems (MEMS)

Sensoren werden im Körper implantiert und messen regelmäßig den Blutzuckergehalt. Anwendung findet dieses Verfahren bei jungen und alten Diabetikern

Sensoren für die Überwachung des Puls & der Herzaktivität (Regulierung)

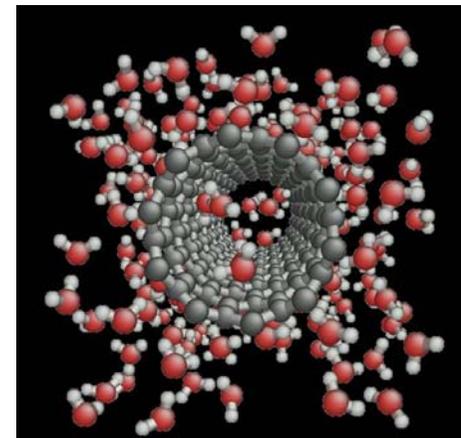
- Aktuatoren

Aktoren (Wandler) setzen elektronische Signale in mechanische Bewegung oder andere physikalische Größen um.

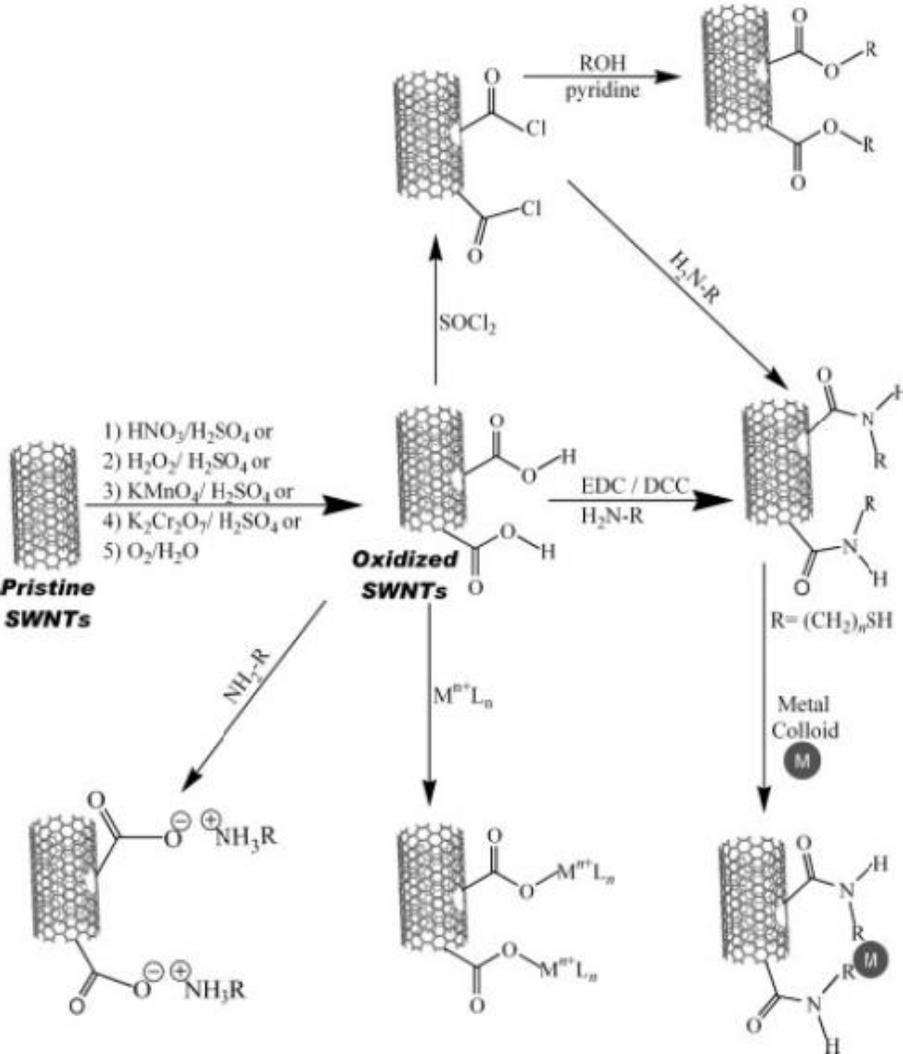
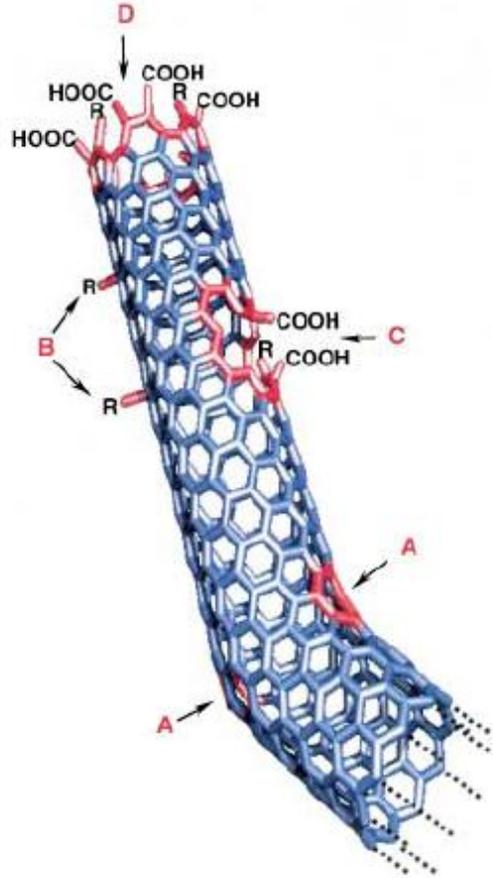


## Pharmazeutika

- wichtigste Charakteristikum für Medikamententransport:
  - kontrollierte Abgabe am Zielort
  - keine Zersetzung während des Transports, sondern erst am Zielort
  - Kapsel sollte mit Medikament kompatibel sein & einfach einzubinden sein
- CNTs eignen sich für Transport
  - äußere Schale wird funktionalisiert & CNTs gelangen durch Zellmembran
  - innere Schale wird mit Medikament gefüllt
  - innere & äußere Schalen werden unterschiedlich funktionalisiert



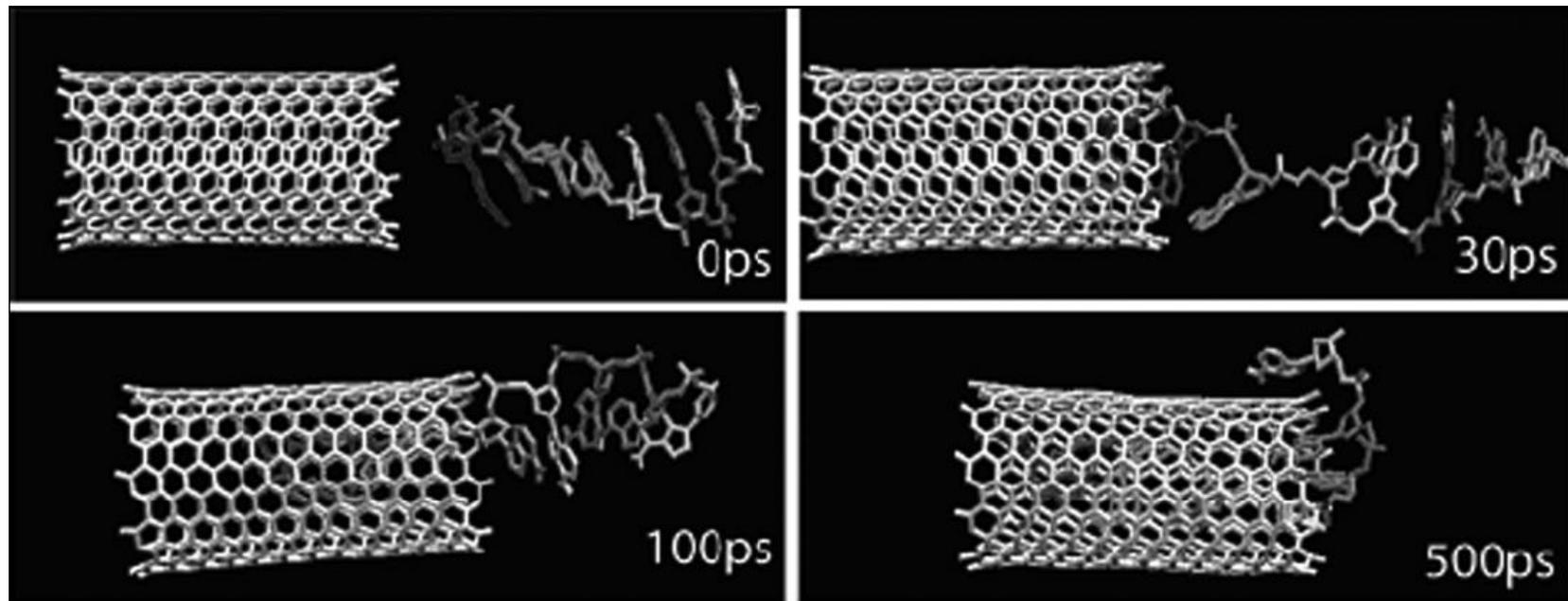
Kovalente Funktionalisierung



### DNA-Transport

- DNA kann durch extrem schnell wechselwirkenden Prozess in CNTs eingebracht werden und dient als Gentransport
- Durch Funktionalisierung werden CNTs wasserlöslich und können mit Aminosäuren & bioaktiven Peptiden reagieren
- Basis für Krebsbehandlung
  - Träger erreicht kranke Zellen
  - Enzyme werden abgegeben um den Krebs selbst zu zerstören oder zu reparieren
  - Anwendung für Therapie gegen Gehirntumor, wenn die Blut-Hirn-Barriere überwunden werden kann

## DNA-Transport



### Hyperthermie

- CNTs eignen sich für Hyperthermie-Therapien für die Zerstörung von Krebs
- Durch Absorption von IR-Strahlung wird an den Stellen, wo CNTs induziert worden, das Gewebe erhitzt.
- übriges Gewebe in der Region ist transparent für Strahlung
- Möglich aufgrund von Komplexbildung der SWNTs mit Phospholipiden, Oligonucleotiden und enthaltener Folsäure, die auf Folat enthaltene Krebszellen gelangen
- Laser bestrahlt die Zonen, SWNTs heizen sich auf und zerstören die Krebszellen