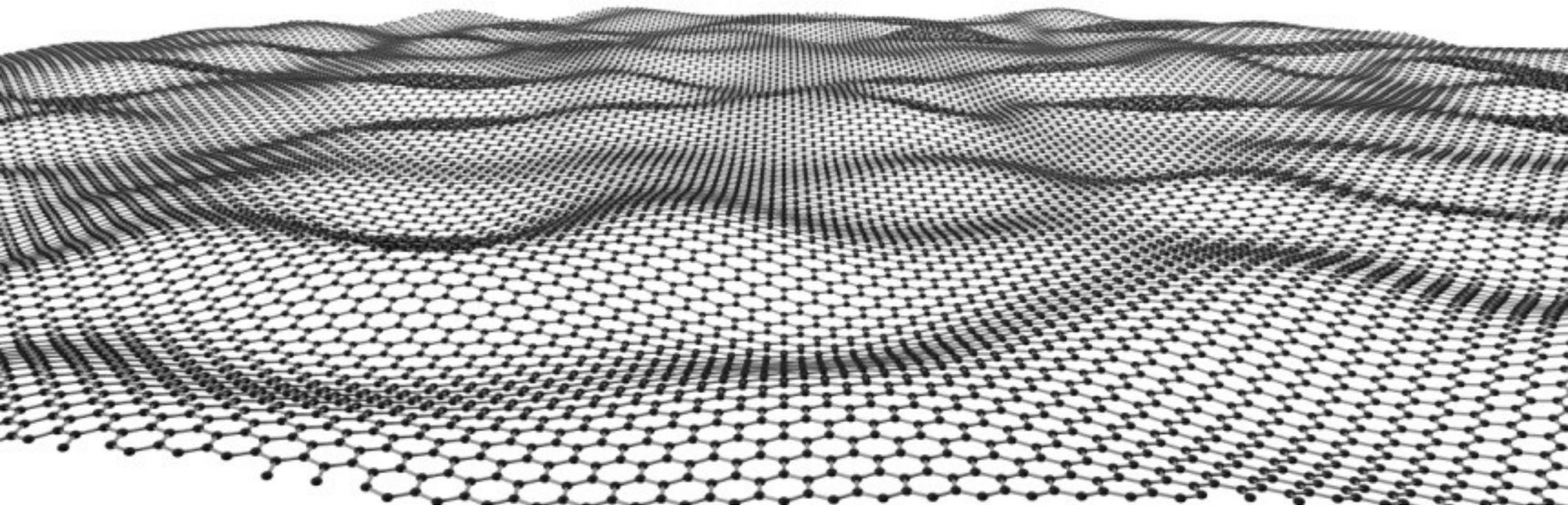


N. Severin, M. Dorn, A. Kalachev, J. P. Rabe

Replication of Single Macromolecules with Graphene



Referent: Christian Niederauer

Aufbau

- Einführung in die Technik
- Probenvorbereitung und Messtechnik
- Messungen
- Analyse und Diskussion
- Fazit
- Quellen

Einführung in die Technik

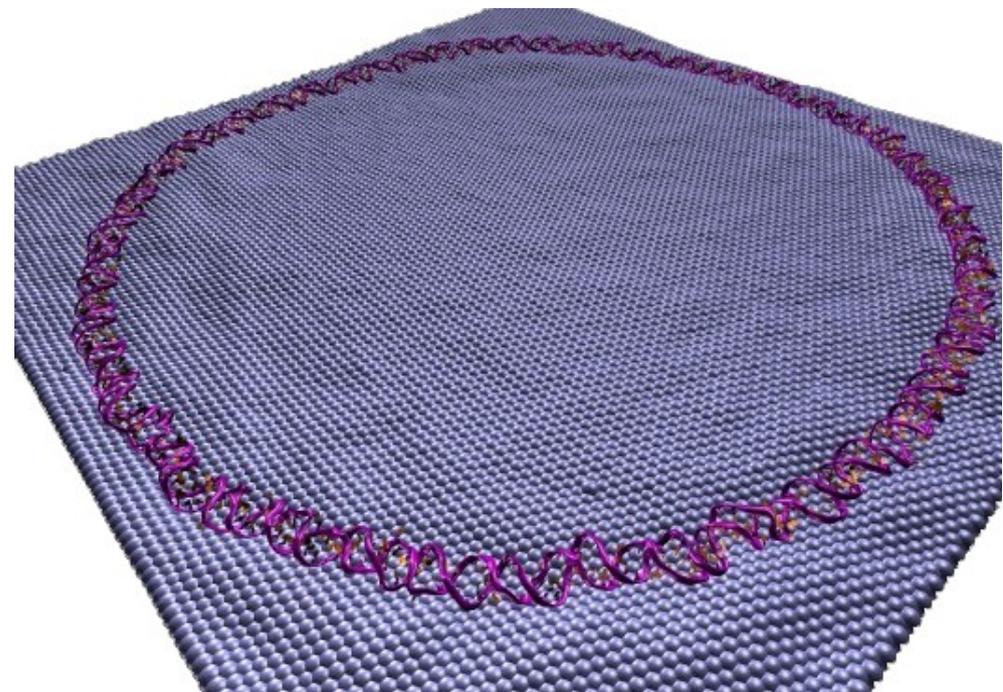
Querschnitt



→ Bringt Adhäsion an Glimmer das Graphen dazu sich zu verformen?

Einführung in die Technik

- Graphen: guter Leiter → Nano-Elektronik?
Verformung bestimmt Eigenschaften von Graphen
- Glimmer: flaches Substrat, bindet gut mit Graphen
- DNA-Plasmide:
 - kleine Strukturen
 - leicht erkennbar
 - einfach zu verarbeiten



Aufbau

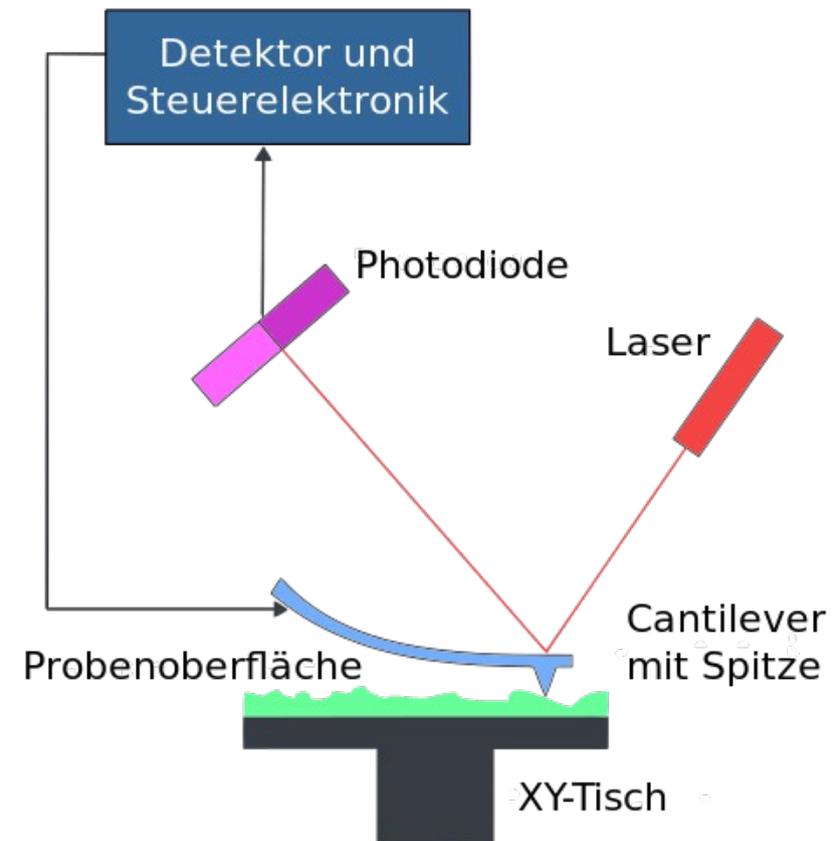
- Einführung in die Technik
- **Probenvorbereitung und Messtechnik**
- Messungen und Analyse
- Diskussion
- Fazit
- Quellen

Probenvorbereitung

- DNA-Pufferlösung auf Glimmer
- Waschen & Trocknen
- Graphenscheiben abblättern (HOPG)
- Graphen auf Substrat pressen

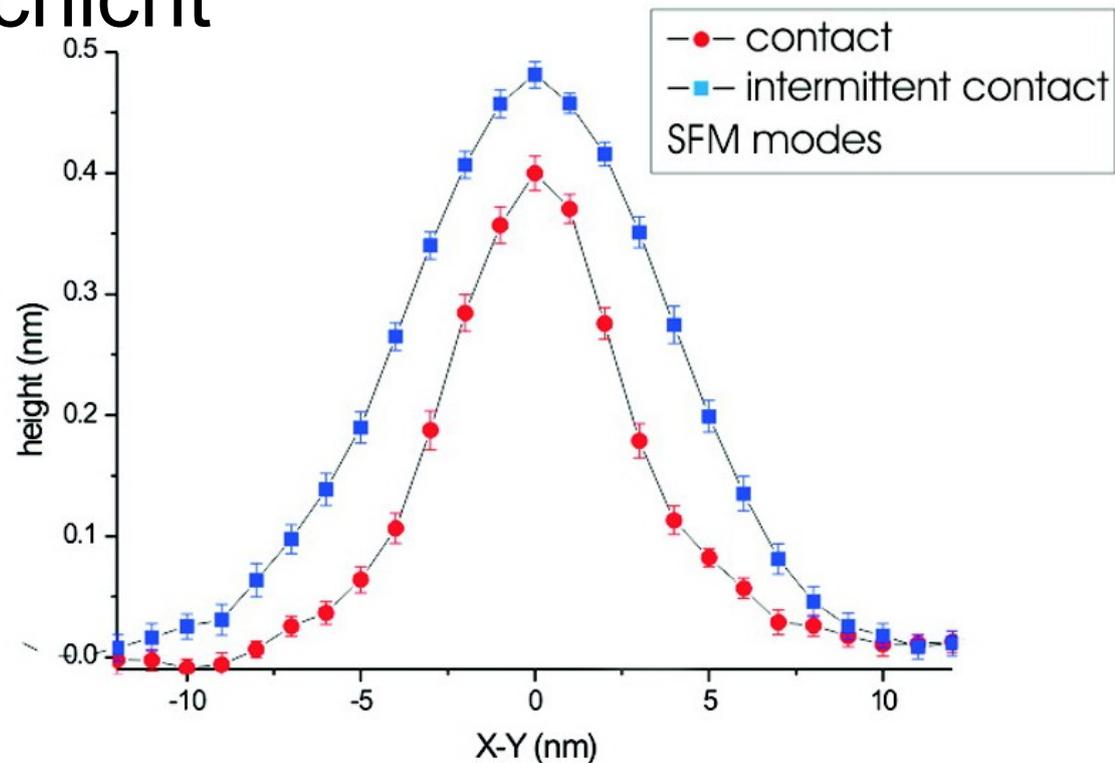
Messtechnik

- Abtastung der Probe mit AFM ($\sim 7\text{nm}$ -Spitze)
 - Intermittierender- und Kontakt-Modus
- Aufnahmen um Probeninklination und thermisches Rauschen bereinigt



Messtechnische Besonderheiten

- Strukturen im Kontaktmodus niedriger, schmaler
- Erklärung: DNA-Plasmide aus wässriger Lösung
→ Flüssigkeitsreste im Kontaktmodus nicht sichtbar
- Graphen als Schutzschicht
 - Gegen Scherkräfte
 - Gegen Oxidation

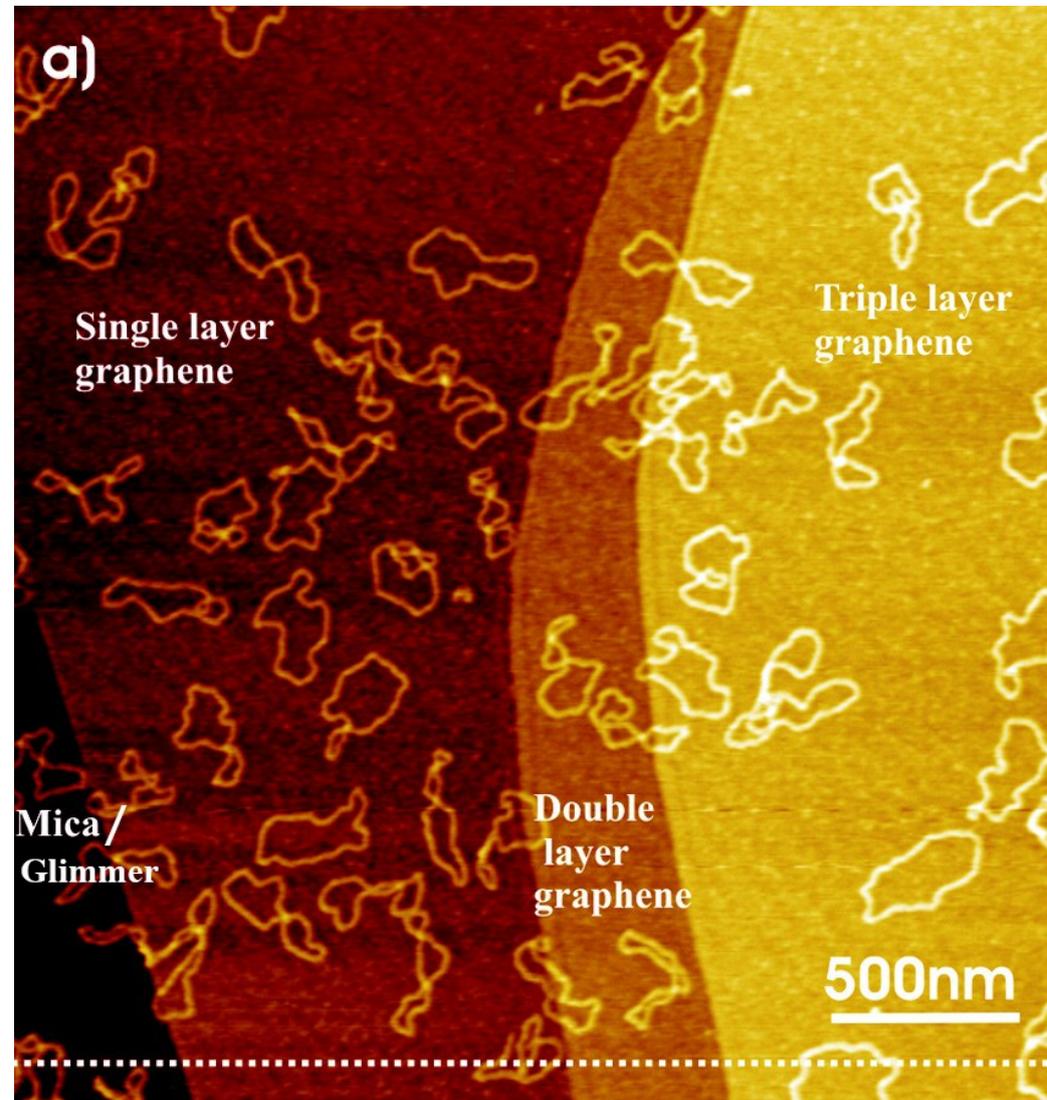


Aufbau

- Einführung in die Technik
- Probenvorbereitung und Messtechnik
- **Messungen und Analyse**
- Analyse
- Fazit
- Quellen

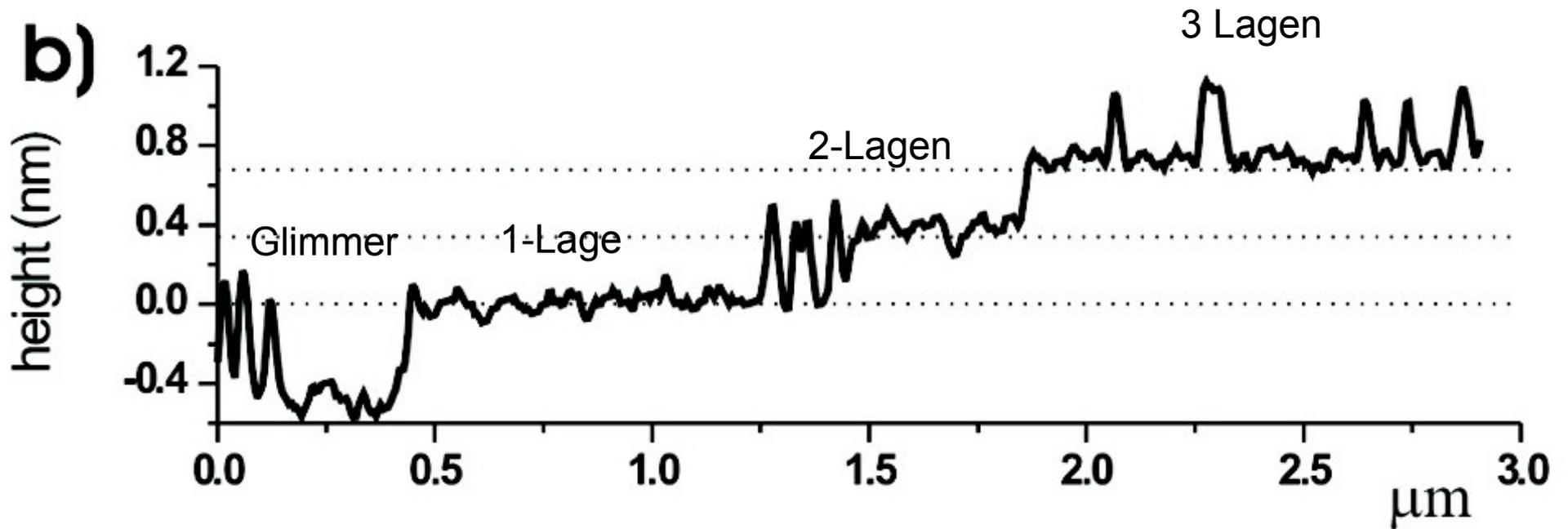
AFM-Aufnahme

- Strukturen nahezu ununterscheidbar
- Zwischenflächen sehr glatt, aber:
- Übliche Defekte bei den Graphenschichten (Bodenwellen durch Brüche/Faltungen)



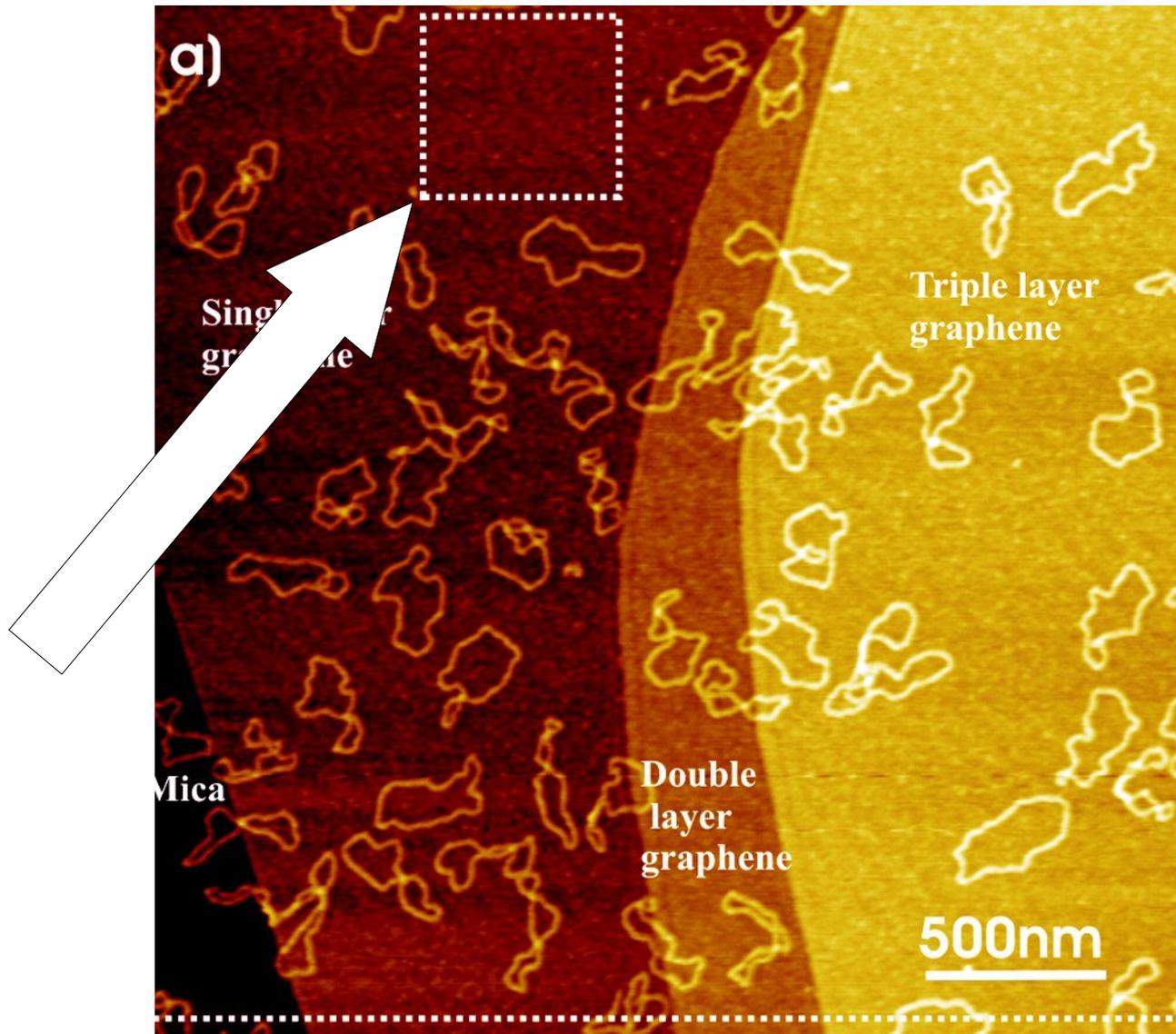
AFM (intermittierender Modus)

Querschnitt



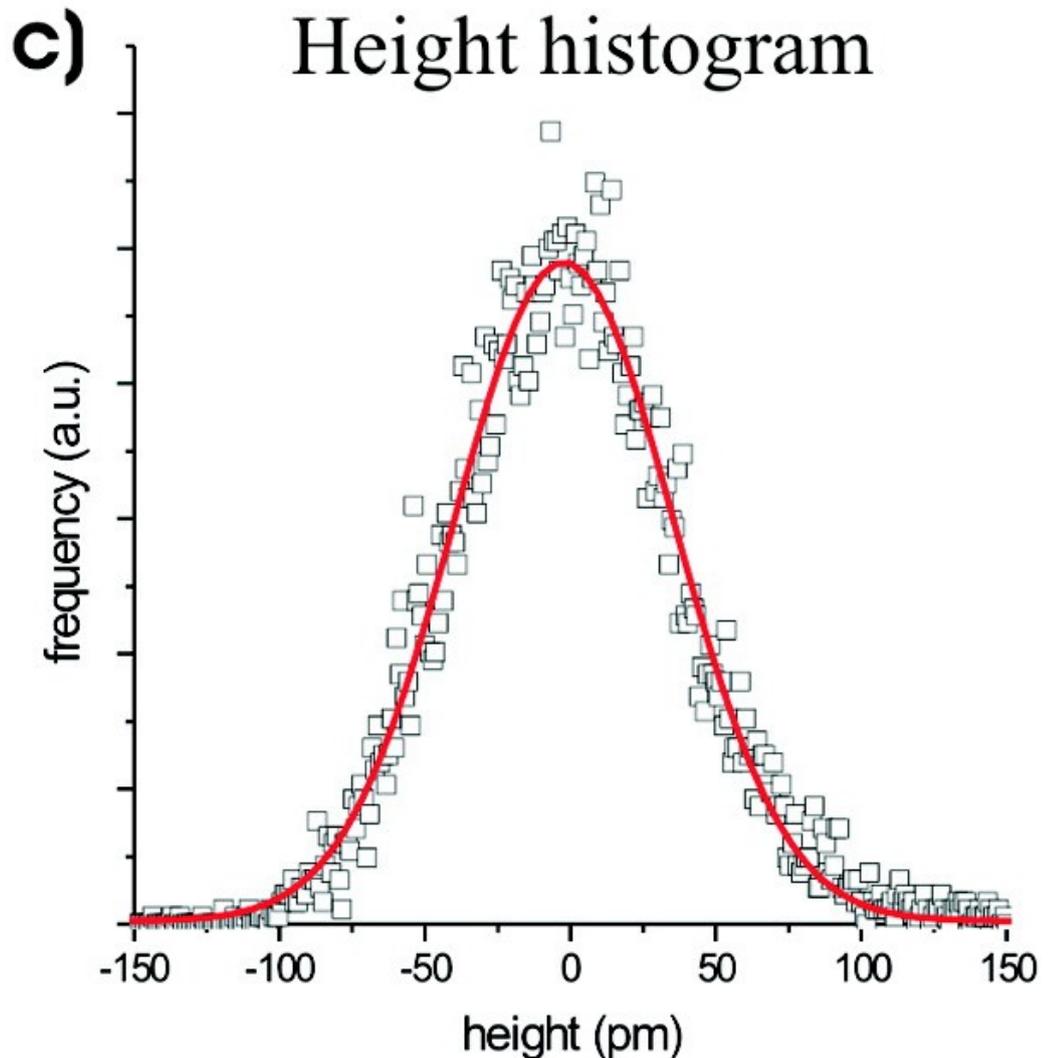
→ 1-atomare Graphenlage: Höhe etwa 0.34nm

Oberflächenbeschaffenheit

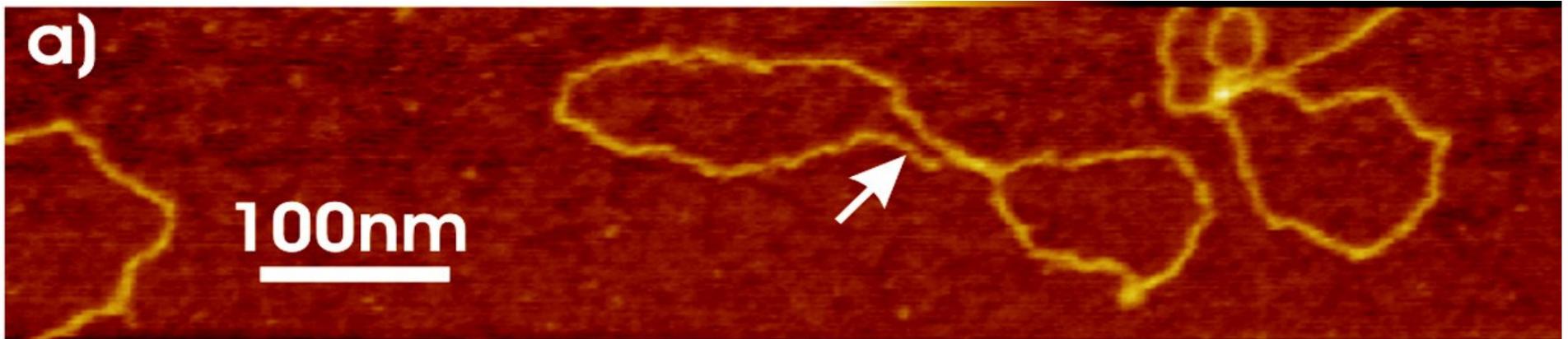


Oberflächenbeschaffenheit

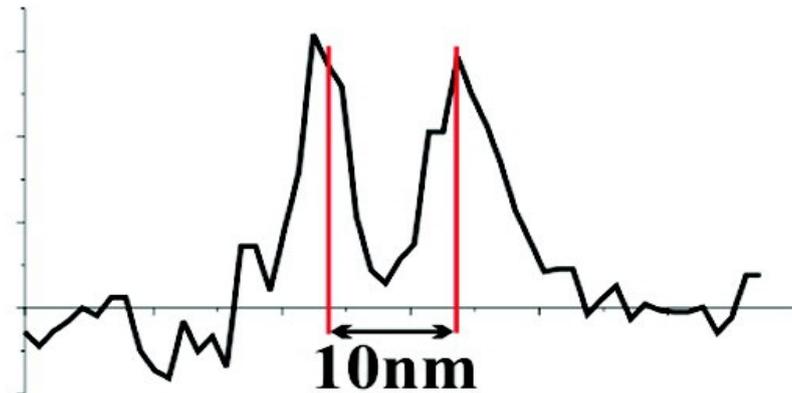
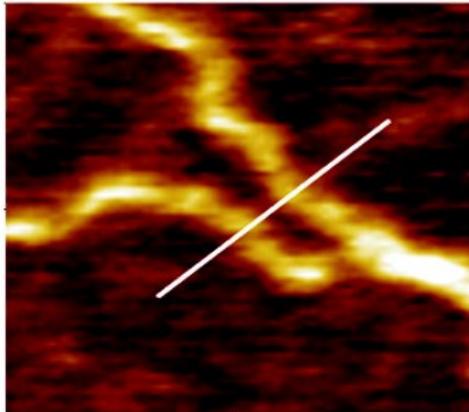
- Höhenprofil glatter Fläche (1-Lage Graphen)
- Gauss-Fit: $\sigma = 38\text{pm}$
→ atomar flach
(1Ångstrom=100pm)



AFM-Aufnahme

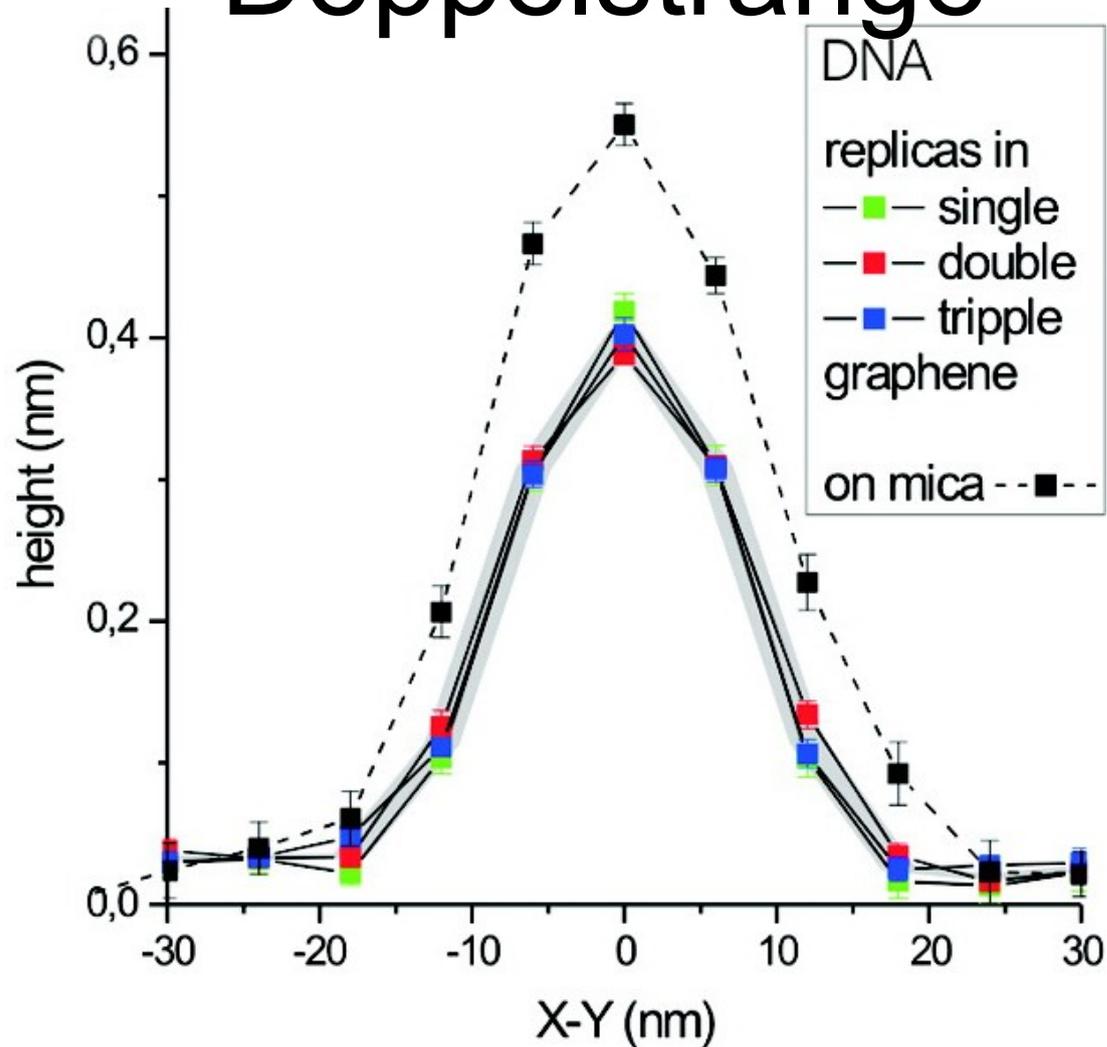


b)



1. Ergebnis: Strukturgrößen $< 10\text{nm}$ werden von Graphen repliziert

Mittlere Querschnitte einzelner Doppelstränge



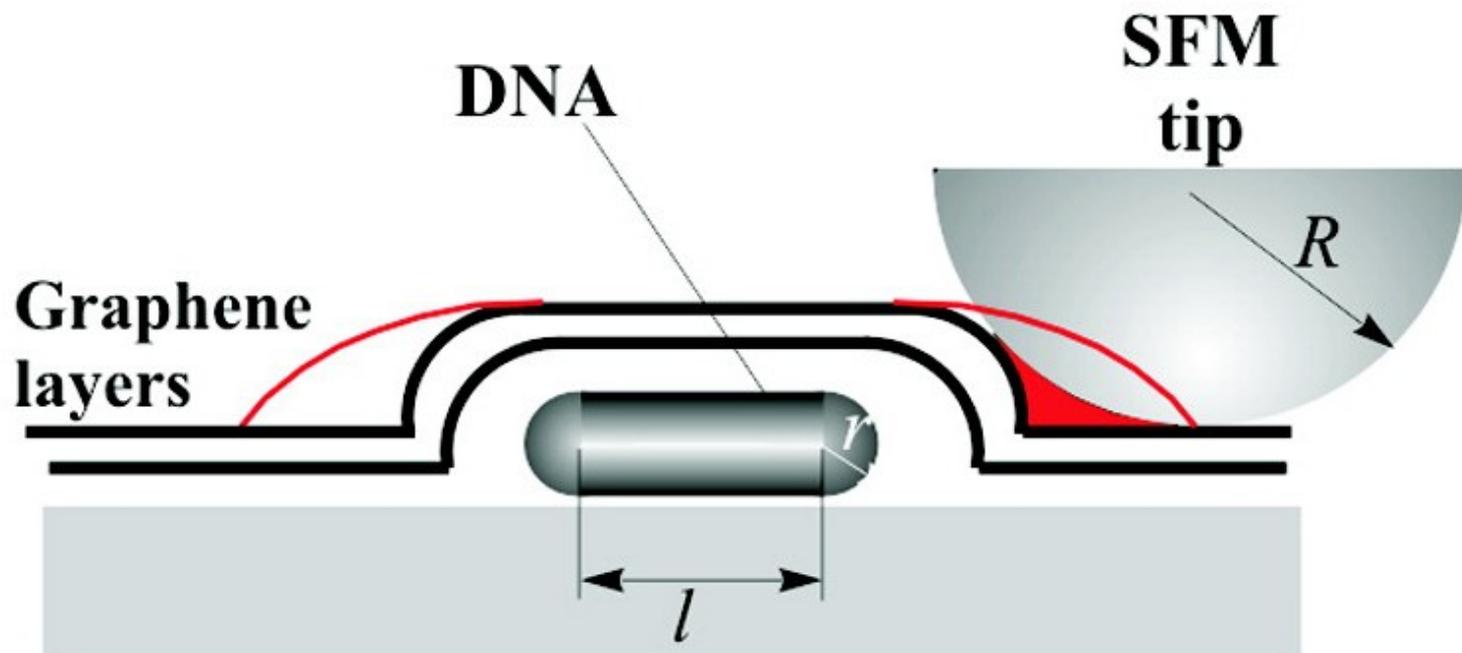
2. Ergebnis: Breite der Repliken hängt nicht von Anzahl der Graphenschichten ab!

Aufbau

- Einführung in die Technik
- Probenvorbereitung und Messtechnik
- Messungen und Analyse
- **Diskussion**
- Fazit
- Quellen

Tatsächliche Abmessungen

- Ausdehnung der AFM-Spitze begrenzt Messungen
- Tatsächliche Höhe etwa 1/2*gemessene Höhe
- Scheinbare (gemessene) DNA-Breite:
 $w=4(r(R+d))^{1/2}+l$



Tatsächliche Abmessungen

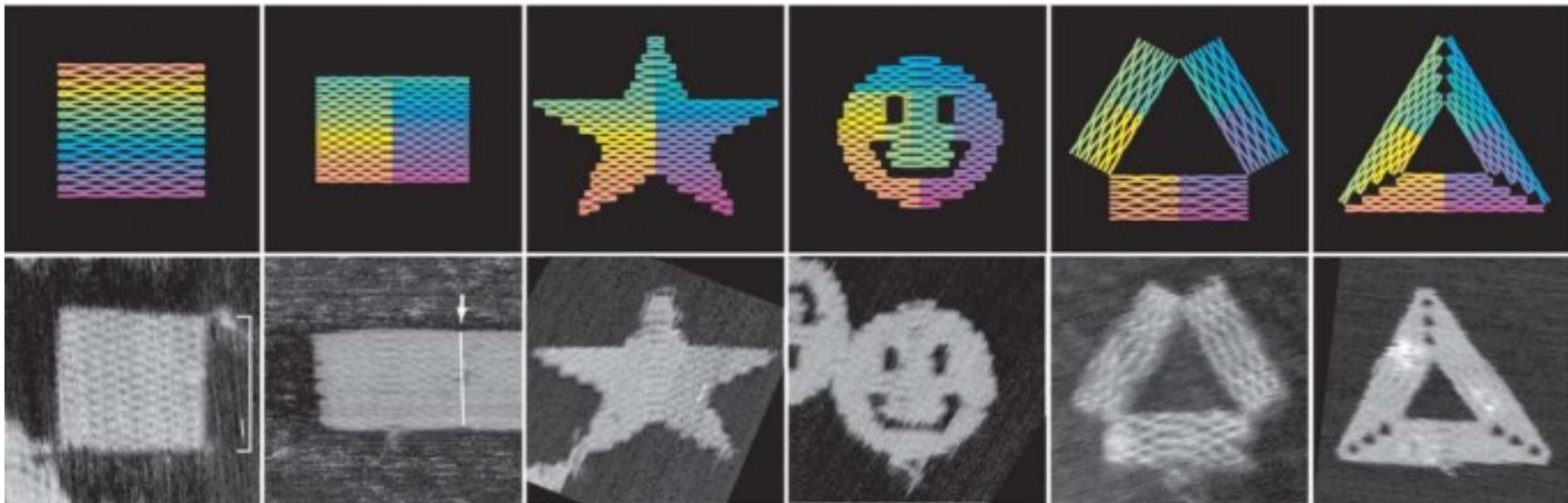
Mit $r=0.2\text{nm}$, $R=7\text{nm}$, $l=2\text{nm}$, $d=0.34\text{nm}$:

$w=6.9\text{nm}$ → passt gut zur Messung

- Für 3 Schichten: $w=7.1\text{nm}$
 - Breite ändert sich kaum mit Schichtanzahl
(durch AFM experimentell bestätigt)
 - auch weitere Schichten folgen der Struktur
der jeweils vorhergehenden Schicht
- Grund: starke Adhäsion von Graphen und Glimmer

Vergleich und Fazit

- Graphen-Verformung auch lithographisch möglich
- Vorteile bei vorgestellter Methode:
 - Wesentlich präziser (<10nm Strukturen)
 - Lokale magnetische/elektrische Felder denkbar (magnetische Nanopartikel / Polyelektrolyte)
 - DNA-Moleküle hervorragend reproduzierbar (PCR)
 - Kompliziertere Objekte möglich (programmierbare DNA)



Quellen (Paper)

- Elastic and frictional properties of graphene
(Lee, C. Phys. Status Solidi B 2009)
- Ultraflat graphene (Lui, C. H.; Liu, L.; Mak, K. F.; Flynn, G. W.; Heinz, T. F. Nature 2009)
- Scanning force microscopy of DNA deposited onto mica (Rivetti, C.; Guthold, M.; Bustamante, C. J. Mol. Biol.)
- Atomic force microscope tip radius needed for accurate imaging of thin film surfaces
(J. Vac. Sci. Technol. B 12, 3176 (1994))
- Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns
(Rothemund, P. W. K. Nature 2006)

Bilder

- Folie 1

theconstructionindex.co.uk/public/assets/news_articles/2012/08/1346142657_graphene.jpg

- Folie 7

[commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomic_force_microscope_block_diagram_\(de\).svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomic_force_microscope_block_diagram_(de).svg)

- Folie 19

"Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns." Nature. 2006