

# Dip-Pen Nanolithography

Ramona Augustin  
„Einführung in die Biophysik“ SoSe 2013

# Gliederung

---

- ▶ Was ist DPN und wie funktioniert es?
- ▶ Welche Versuche wurden mit DPN durchgeführt?
- ▶ Wofür kann man DPN einsetzen?
- ▶ Was zeichnet DPN gegenüber anderen Verfahren aus?

# Was ist DPN?

---

## Makroskopisch

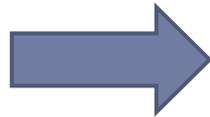
- ▶ Schreibfeder
- ▶ Papier
- ▶ Tinte



# Was ist DPN?

---

## Makroskopisch

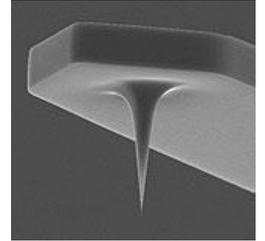


## Nanometer-Bereich

- ▶ Schreibfeder
- ▶ Papier
- ▶ Tinte



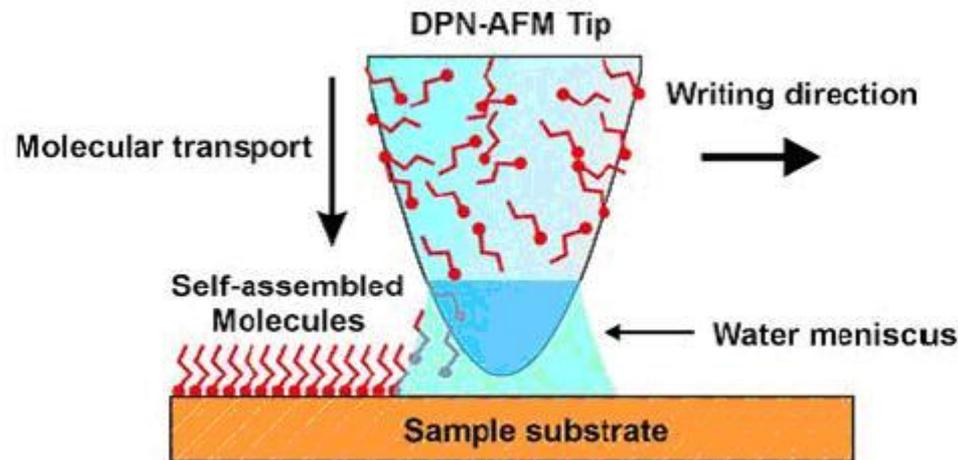
- ▶ Spitze eines Rasterkraftmikroskops (AFM)
- ▶ Feste Oberfläche (z.B. Au)
- ▶ Moleküle mit chemischer Affinität für die gewählte Oberfläche



# Wie funktioniert DPN?

---

- ▶ Kapillartransport der Moleküle auf die Oberfläche
- ▶ Ausbilden einer dünnen Schicht



# Transport der „Tinte“

---

- ▶ Hängt ab von...
  - ▶ ...der chemischen Zusammensetzung von Tinte und Oberfläche
  - ▶ ...der Form und Zusammensetzung der AFM-Spitze
  - ▶ ...der Verteilung und Mobilität der Tinte auf der AFM-Spitze
  - ▶ ...äußeren Bedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit usw.
  - ▶ ...der Löslichkeit der Tinte
  - ▶ ...usw.

# Transport der „Tinte“

---

- ▶ Durchführen von Experimenten in Handschuh-Box
  - ▶ Konstante, reproduzierbare äußere Bedingungen



# Transport der „Tinte“

---

- ▶ Transport verschiedener Tinten ist unterschiedlich abhängig von Luftfeuchtigkeit
  - ▶ Z.B. MHA: schnellerer Transport bei höherer Luftfeuchtigkeit, aber ODT: kaum abhängig von Luftfeuchtigkeit
  - ▶ Mögliche Erklärung: verschiedene Löslichkeit

# Transport der „Tinte“

---

- ▶ Transport verschiedener Tinten ist unterschiedlich abhängig von Luftfeuchtigkeit
  - ▶ Z.B. MHA: schnellerer Transport bei höherer Luftfeuchtigkeit, aber ODT: kaum abhängig von Luftfeuchtigkeit
  - ▶ Mögliche Erklärung: verschiedene Löslichkeit
- ▶ Linearer Zusammenhang zwischen Kontaktzeit und Schriftbreite
  - ▶  $a = kt + b$
  - ▶ k: Parameter für Tinte, Temperatur, Luftfeuchtigkeit...
  - ▶ b: Parameter für Größe der AFM-Spitze, Beschichtung

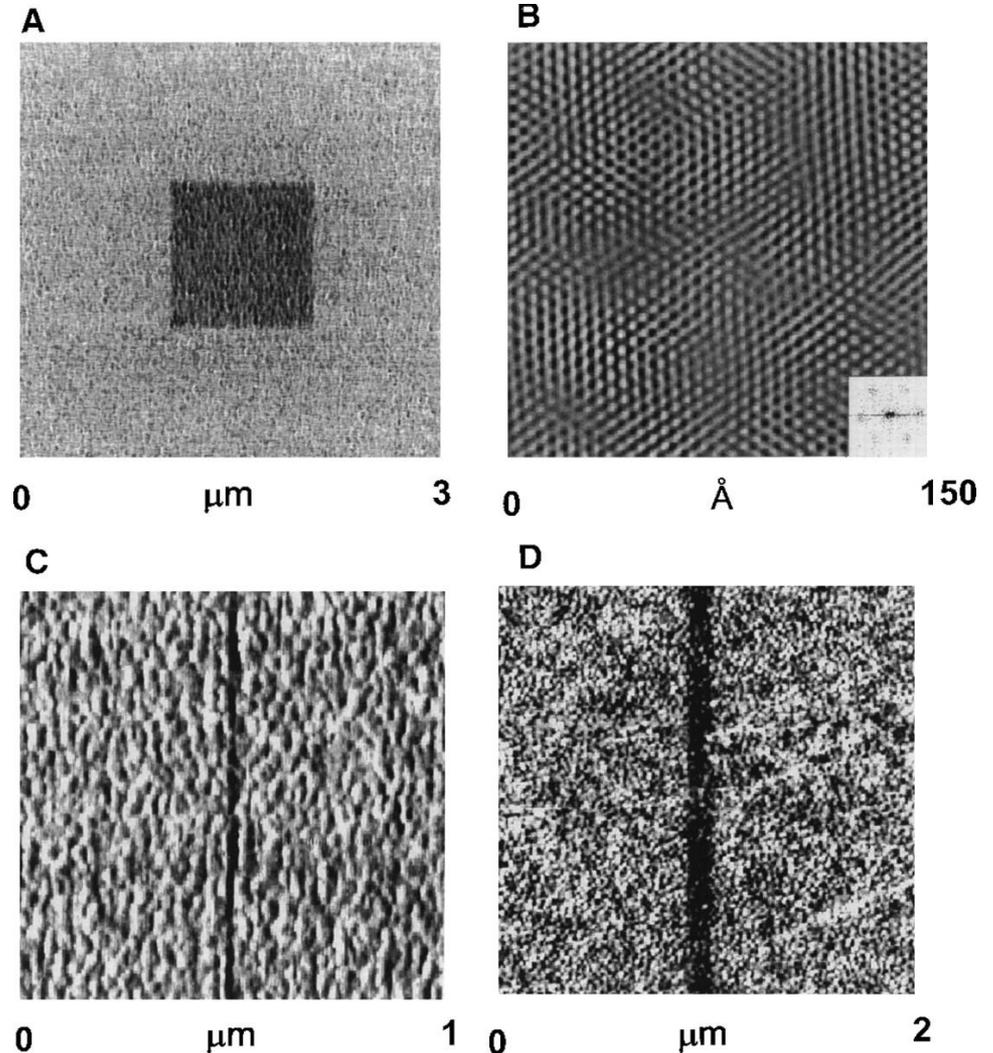
# Welche Versuche wurden durchgeführt?

---

- ▶ I-Oktadekanthiol (ODT) auf Gold-Oberfläche
  - ▶ ODT:
    - ▶ In immobilisiertem Zustand stabil an Luft
    - ▶ Durch Reibung unterscheidbar von Au (LFM)
  - ▶ Vorbereitung:
    - ▶ Bedampfen von Glimmer mit 300 Å polykristallinem Au
    - ▶ Spitze aus Siliziumnitrid wird 1 min in gesättigte Lösung (ODT in Acetonitril) getaucht
    - ▶ Träger des AFM wird vor Gebrauch mit Diflourethan trockengeblasen

# ODT auf Au-Oberfläche

- ▶ Dunkle Fläche = ODT
- ▶ Helle Fläche = Au
- ▶ Gitterparameter entsprechen Erwartungen für ODT SAM
- ▶ Dünne Linie: 30 nm, unstetig; entspricht Au-Korn Durchmesser
  - ▶ Auflösungsgrenze
- ▶ Dicke Linie: 100 nm, durchgehend



# ODT auf Au-Oberfläche

---

- ▶ Breite der Linie hängt von der Schreibgeschwindigkeit und der Transportrate der Tinte auf die Oberfläche ab.
- ▶ Diffusionseigenschaft der Tinte?
  - ▶ Versuch mit Punkten von ODT und MHA bei unterschiedlichen Kontaktzeiten

# ODT auf Au-Oberfläche

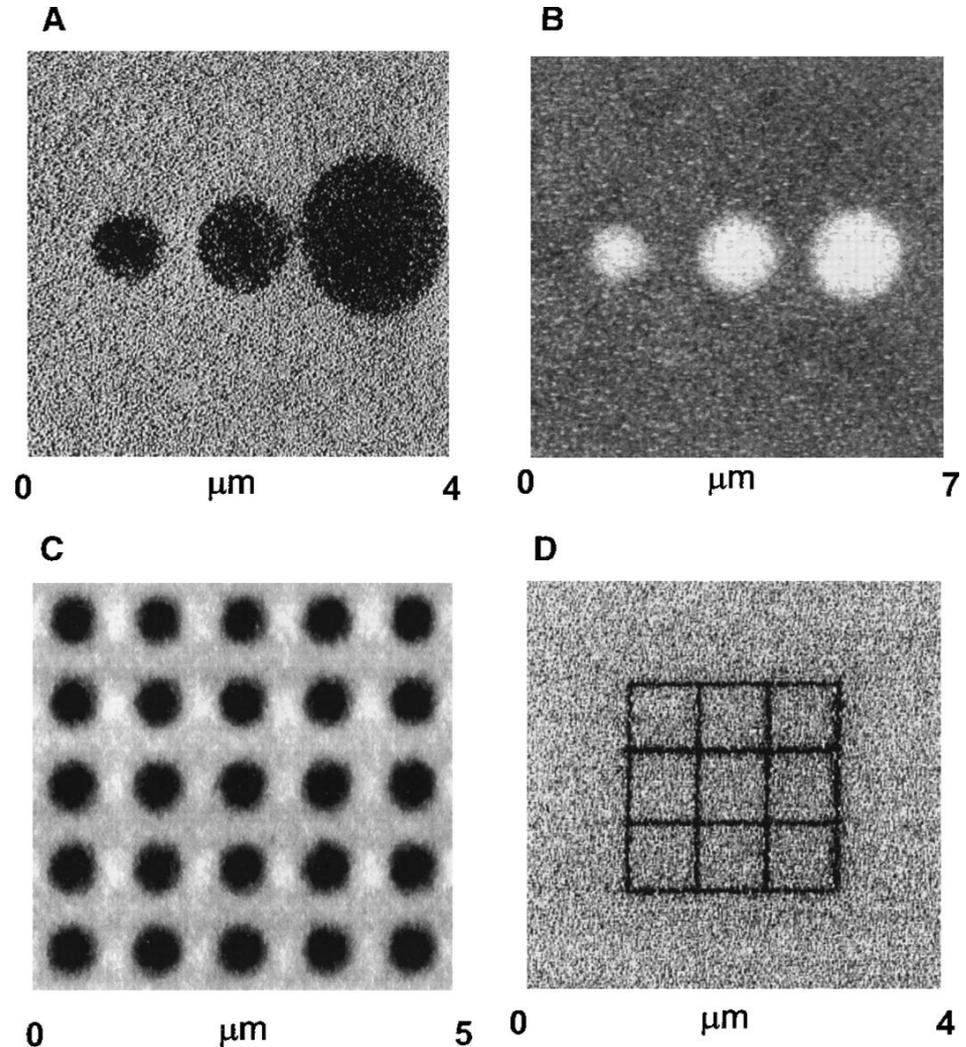
- ▶ A: ODT; B: MHA

- ▶ A:  $D=0,66/0,88/1,6\mu\text{m}$

- $t=2,4,16\text{ min}$

- B:  $t=10,20,40\text{ s}$

- ▶ Gleichmäßige Verteilung in alle Richtungen



# ODT auf Au-Oberfläche

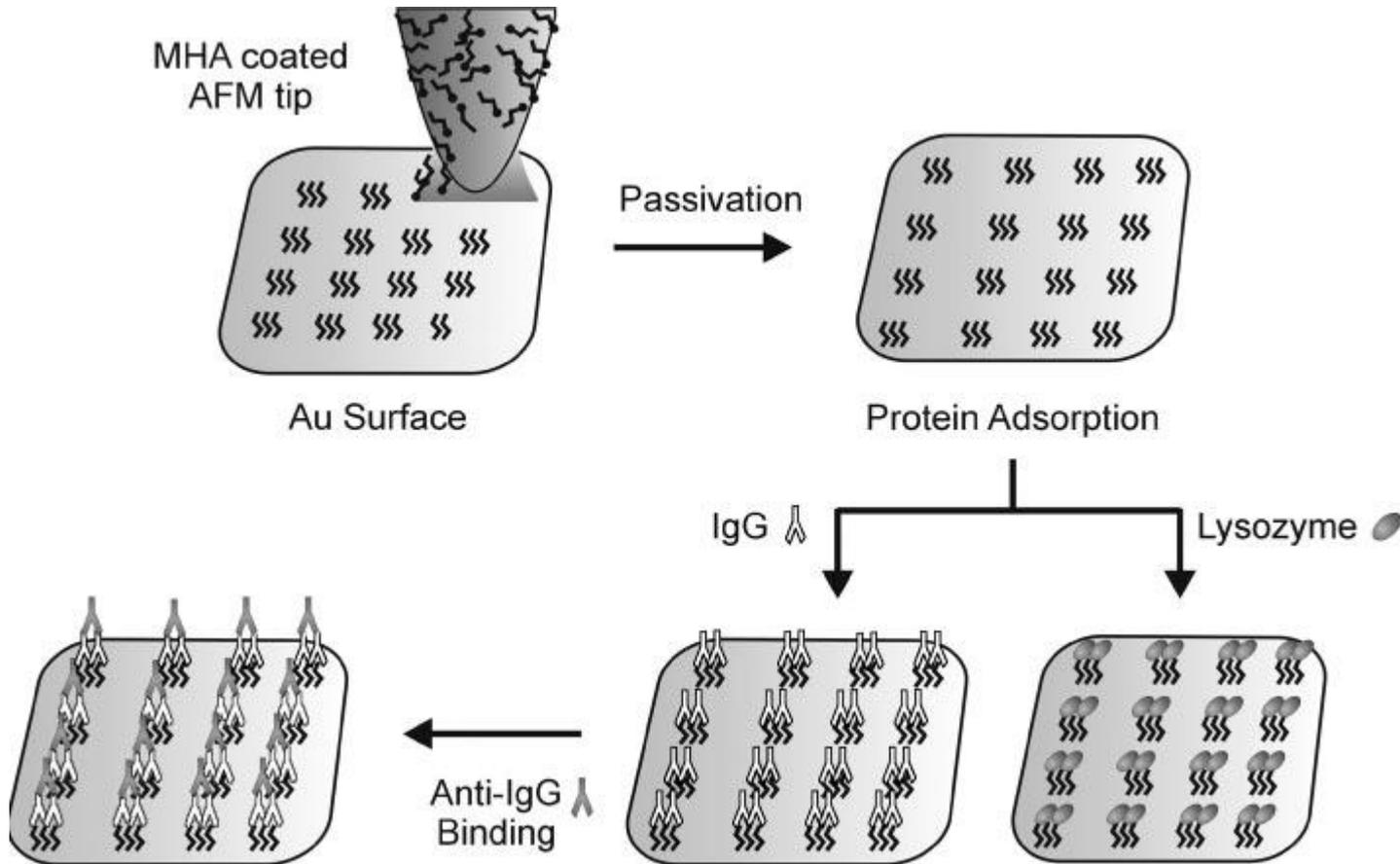
---

## ▶ Ergebnis:

- ▶ Auflösung abhängig von vielen Parametern, z.B.
  - ▶ Korn-Größe der Oberfläche
  - ▶ Aktive Adsorption und Selbstorganisation
  - ▶ Kontaktzeit und Abtastgeschwindigkeit
  - ▶ Relative Luftfeuchtigkeit

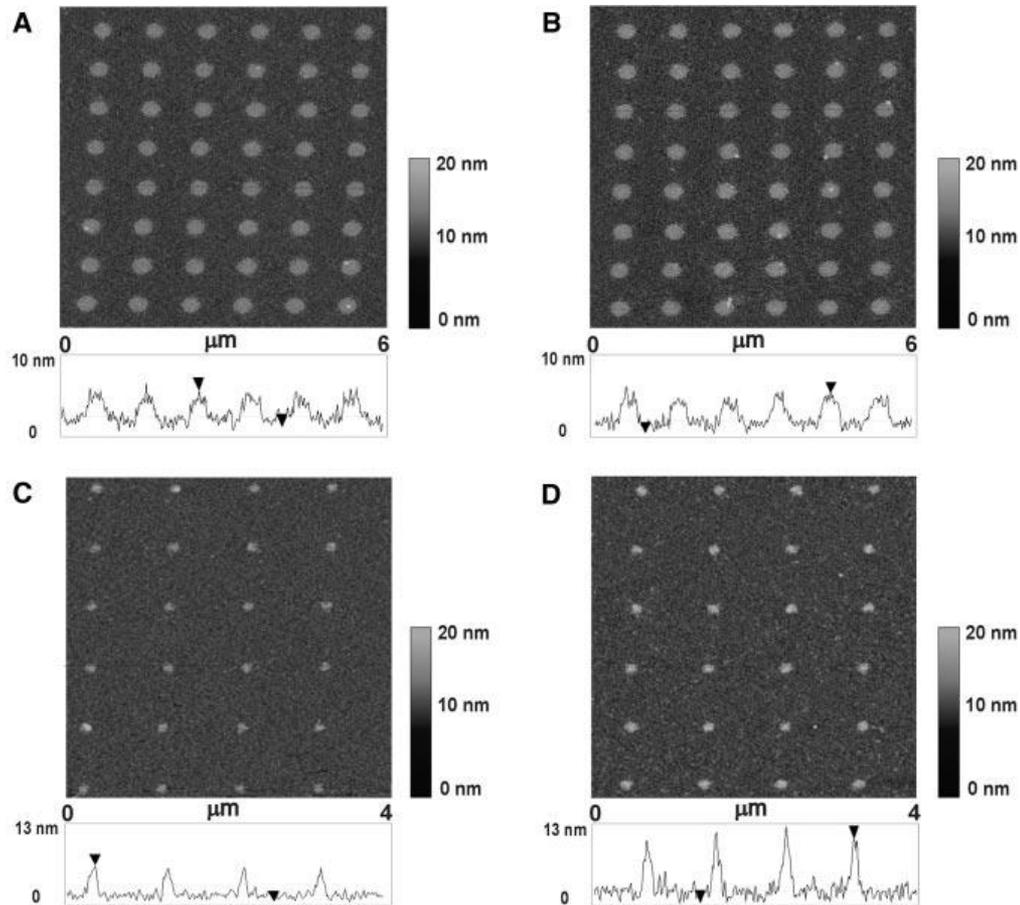
# Welche Versuche wurden durchgeführt?

## ▶ Versuch zur Bindung von Proteinen



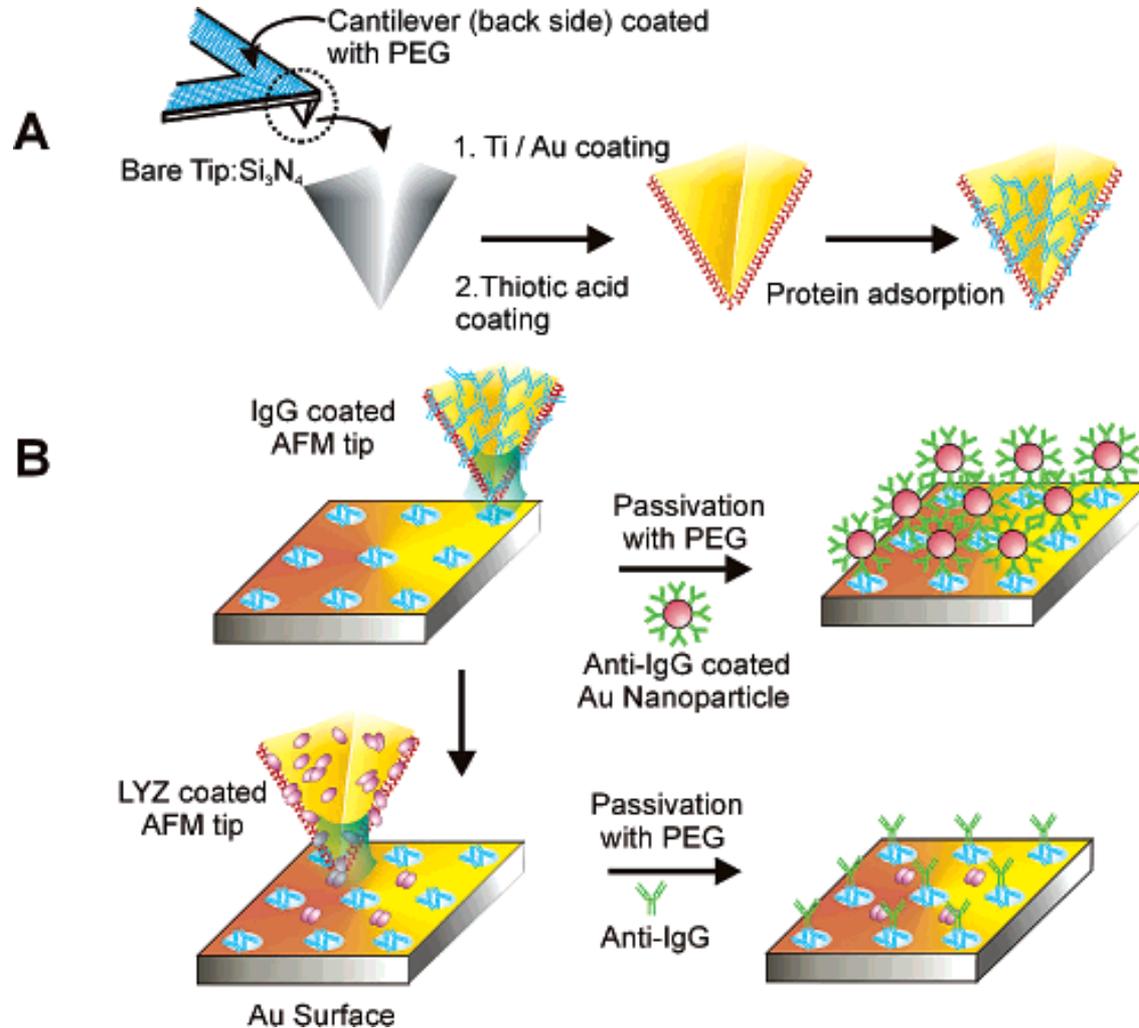
# Bindung von Proteinen

- ▶ Ergebnis: IgG bindet an Anti-IgG, aber nicht an Lysozyme



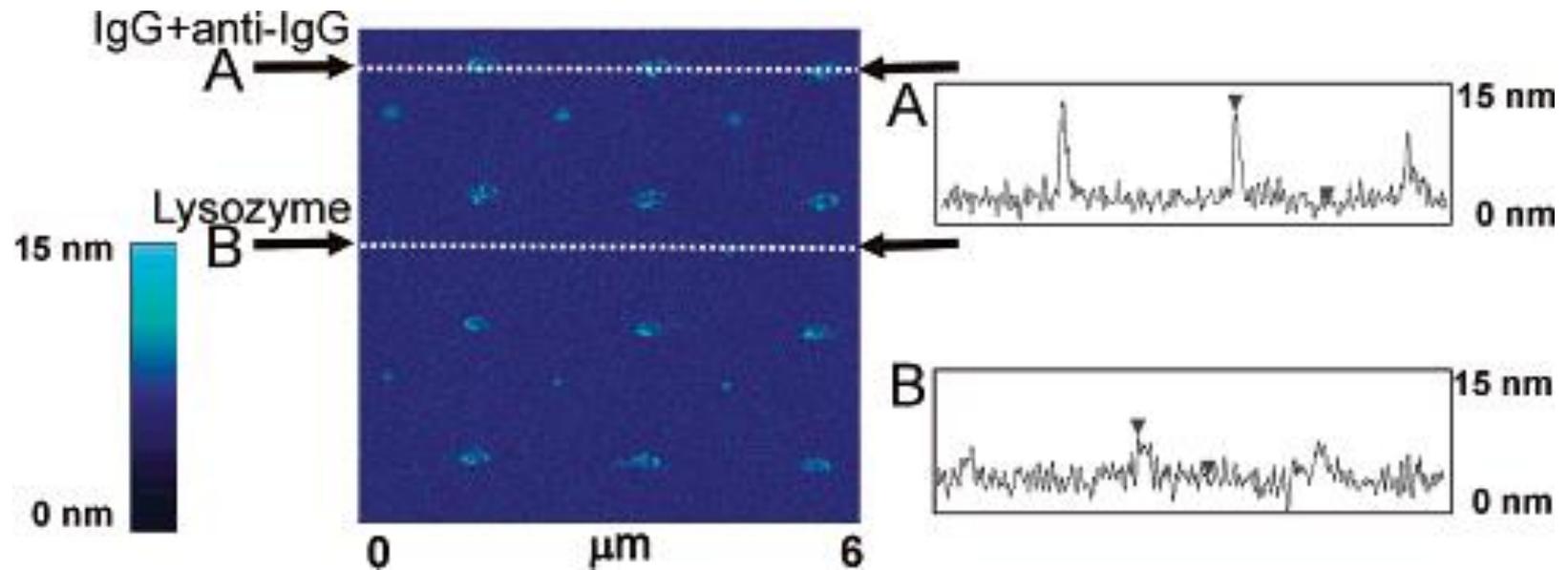
# Bindung von Proteinen

## ► Alternativ:



# Bindung von Proteinen

## ► Alternativ:



# Wozu kann man DPN verwenden?

---

- ▶ Anordnen von Biomolekülen (z.B. DNA) auf Oberflächen
  - ▶ Bestimmung genetischer Strukturen
    - ▶ Nachweis von Variation einzelner DNA-Basenpaare
    - ▶ „Single-Nucleotide-Polymorphism“ SNP
  - ▶ Anwendung in vielen medizinischen Bereichen (Onkologie, Infektionskrankheiten-Pathologie, usw. )

# Wozu kann man DPN verwenden?

---

- ▶ Anordnen von Biomolekülen (z.B. DNA) auf Oberflächen
- ▶ Kontrolle von biologischen Erkennungsprozessen
  - ▶ Untersuchung von Zelladhäsion, Interaktion komplementärer Proteine usw.
  - ▶ Interaktion zwischen Zellen und Oberflächen, die mit verschiedenen Molekülen gemustert sind

# Wozu kann man DPN verwenden?

---

- ▶ Anordnen von Biomolekülen (z.B. DNA) auf Oberflächen
- ▶ Kontrolle von biologischen Erkennungsprozessen
- ▶ Außerhalb der Biologie: Bilden von Nano-Strukturen
  - ▶ z.B. E-DPN (electrochemical DPN), Halbleiter, magnetische Speicher-Chips, usw.

# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography

# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography
- ▶ Verwendung mehrerer Tinten möglich
  - ▶ Nicht möglich bei Stamping Prozessen

# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ **DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben**
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography
- ▶ **Verwendung mehrerer Tinten möglich**
  - ▶ Nicht möglich bei Stamping Prozessen
- ▶ **Verfahren mit einfachem AFM möglich**
  - ▶ Keine Anschaffung spezieller Geräte nötig

# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ **DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben**
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography
- ▶ **Verwendung mehrerer Tinten möglich**
  - ▶ Nicht möglich bei Stamping Prozessen
- ▶ **Verfahren mit einfachem AFM möglich**
  - ▶ Keine Anschaffung spezieller Geräte nötig
- ▶ **Tinte bleibt biologisch aktiv**
  - ▶ Keine Bestrahlung, die Proteine zerstören kann

# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography
- ▶ Verwendung mehrerer Tinten möglich
  - ▶ Nicht möglich bei Stamping Prozessen
- ▶ Verfahren mit einfachem AFM möglich
  - ▶ Keine Anschaffung spezieller Geräte nötig
- ▶ Tinte bleibt biologisch aktiv
  - ▶ Keine Bestrahlung, die Proteine zerstören kann
- ▶ Kaum unspezifische Bindung beim Herstellen der Arrays nachgewiesen

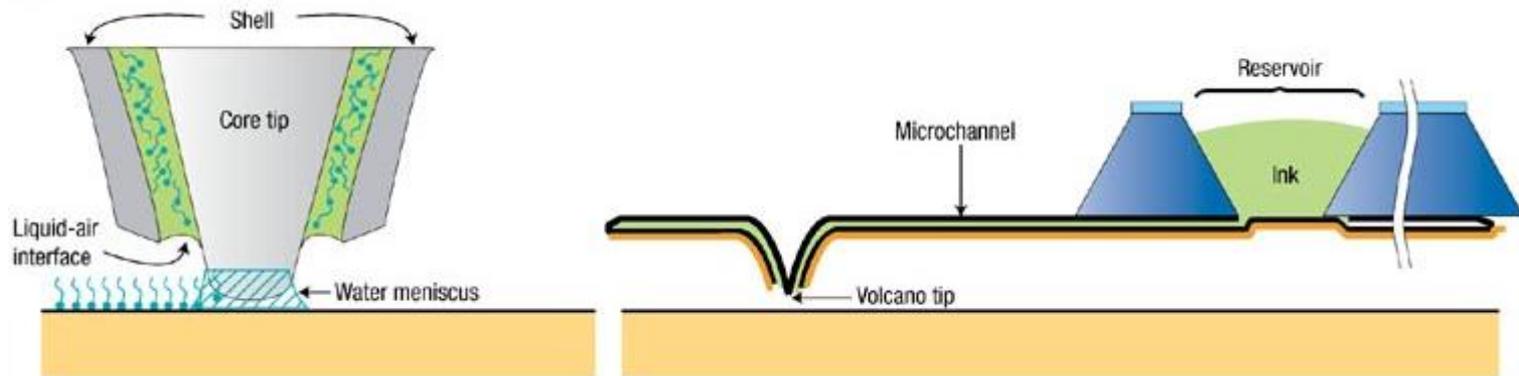
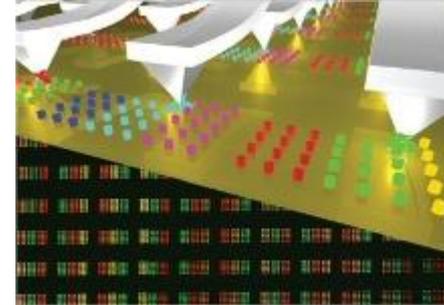
# Vergleich mit anderen Verfahren

---

- ▶ DPN ermöglicht „direktes“ Schreiben
  - ▶ Bisher: viele negative Verfahren, wie e-beam lithography
- ▶ Verwendung mehrerer Tinten möglich
  - ▶ Nicht möglich bei Stamping Prozessen
- ▶ Verfahren mit einfachem AFM möglich
  - ▶ Keine Anschaffung spezieller Geräte nötig
- ▶ Tinte bleibt biologisch aktiv
  - ▶ Keine Bestrahlung, die Proteine zerstören kann
- ▶ Kaum unspezifische Bindung beim Herstellen der Arrays nachgewiesen
- ▶ Feinere Längenskala als bei bisherigen Verfahren

# Zukünftige Forschung

- ▶ Parallel Dip-Pen
- ▶ Volcano Tip



# Literatur-Quellen

---

- ▶ Piner, Zhu, Xu, Hong, Mirkin „*Dip-Pen Nanolithography*“ 1999 *Science*
- ▶ Lee, Park, Mirkin, Smith, Mrksich „*Protein Nanoarrays Generated By Dip-Pen Nanolithography*“ 2002 *Science*
- ▶ Ginger, Zhang, Mirkin „*The Evolution of Dip-Pen Nanolithography*“ 2004 *Angewandte Chemie*
- ▶ Lee, Lim, Mirkin „*Protein Nanostructures Formed via Direct-Write Dip-Pen Nanolithography*“ 2003 *JACS*

# Bildquellen

---

- ▶ <http://www.nanoink.net/images/technology1.jpg>
- ▶ <http://www.grssigns.co.uk/images/quill-pen.png>
- ▶ <http://www.team-nanotec.de/images/cone-shaped-tip.jpg>
- ▶ <http://www.personal.psu.edu/sbk142/dip-pen.JPG>
- ▶ [http://static.coleparmer.com/large\\_images/34750\\_40.jpg](http://static.coleparmer.com/large_images/34750_40.jpg)
- ▶ <http://www.int.kit.edu/img/1bb.jpg>
- ▶ <http://www.nature.com/nnano/journal/v2/n3/images/nnano.2007.39-f5.jpg>
- ▶ [http://img3.etsystatic.com/000/0/5400851/il\\_fullxfull.186598591.jpg](http://img3.etsystatic.com/000/0/5400851/il_fullxfull.186598591.jpg)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

---

