

## 6. Hydrodynamische Wechselwirkungen

### 6.4 Teilchen nahe Kontakt

- :
- Programm HydroLib: Cluster von Teilchen  $\rightarrow \underline{M}, \underline{Z}$   
K. Hinzen, Comput. Phys. Commun. 88, 327 (1995)  
Fortran-Quellcode: <http://dirac.curs-orleans.fr/HYDROLIB>
  - Bsp: 2-Teilchen-System:  $\mu_{11}^{1/2}, \mu_{12}^{1/2}$  s. Folie  
Lit: S. Kim & J.S. Karrila, *Microhydrodynamics: Principles and Selected Applications* (Boston, Ma, Butterworth-Heinemann, 1991)

### 6.5 Beispiele

- Sedimentation: - 2 Teilchen: Sedimentationsgeschw.

- 3 Teilchen: verschiedene Geometrien  
kreisende Teilchen  
transientes Chaos

- Cluster-Oszillationen

• „hydrodynamischer Stoß“

## 7. Anwendung II: Biomimetisches Flagellum

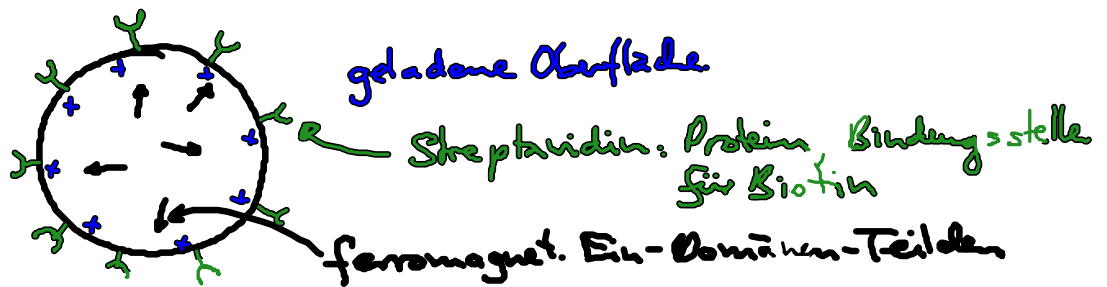
- Biomimetik: Natur als Ideengeber für Lösungsstrategien von Problemstellungen in Forschung und Technologie
- hier: Ahme Flagellum, Zilien von Mikroorganismen nach  
 → Fortbewegung von Mikromaschinen  
 Flüssigkeitstransport (Mikrofluidik)

## 7.1 Experimentelles System

- superparamagnet. Filament: [Dreyfus et al. Nature 437, 862 (2005)]  
 ↗ hohe magnetische Momente im Magnetfeld

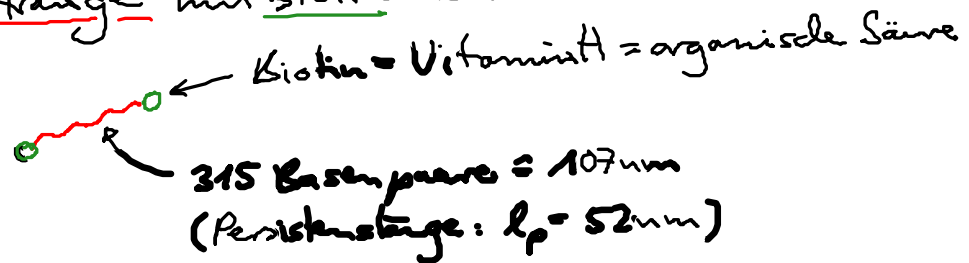
(i) Bestandteile:

(1) superparamagnet. Teilchen.  $a \approx 0,5 \mu\text{m}$



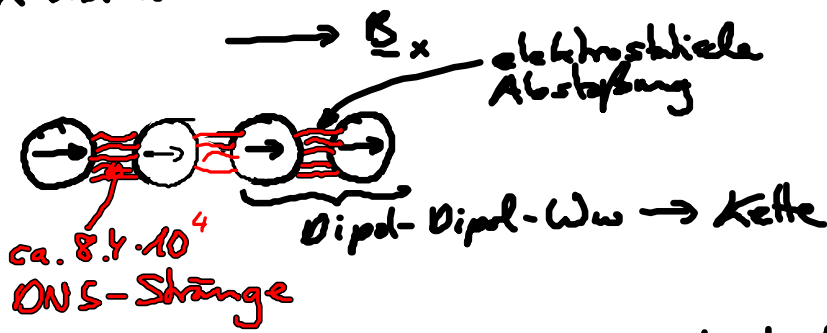
+

(2) DNA-Stränge mit Biotin-Enden



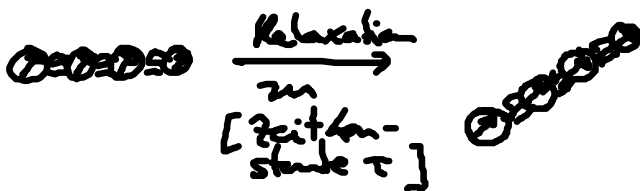
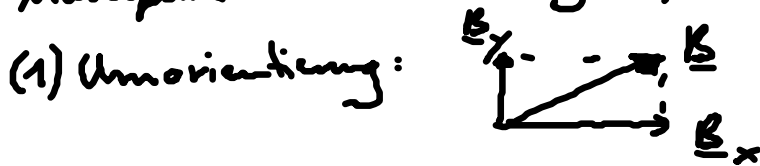
—○— ... Biotin-Streptavidin-Bindung

(ii) Konstruktion:



→ superparamagnetisches, elastisches Filament:  
 Länge  $L \approx 10 - 40 \mu\text{m}$   
 Biegekonstante:  $\kappa \approx (3.3 + 1.6) \cdot 10^{-27} \frac{\text{J}}{\text{m}}$  [s.u.]

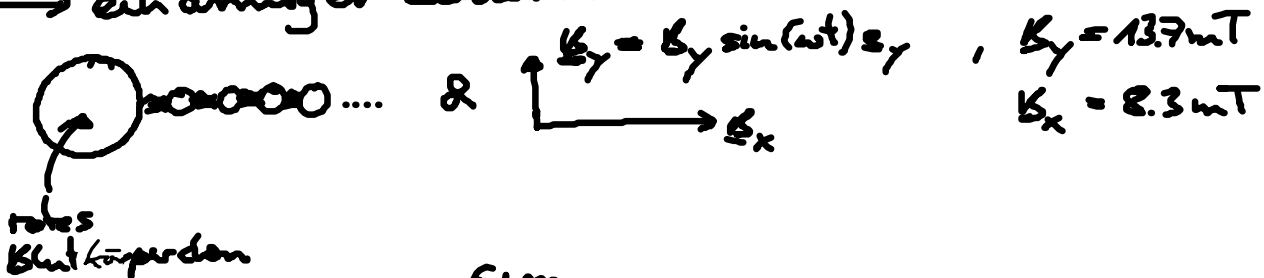
(iii) Manipulation durch Magnetfeld:



(2) oszillierendes  $\underline{B}$ :  $\omega \approx \frac{1}{\tau}$  für optimale Antwort!  
 Reibungskräfte  $\leftrightarrow$  Biegekräfte



→ einarmiger Schwimmer:



rotates Blutkörperchen

(i) Film,  $v \approx \frac{6 \mu\text{m}}{\tau}$   
 Schwimmrichtung: Last hinten!

(ii) Schlagmotor, nichtreziproke Bewegung

(iii), "Biege wellen" versus Paddelbewegung

(iv) Schwimgeschw. versus  $\omega$

(verschiedene  $B_x, B_y, a, L$ )

→ Maximum!

→ Modellierung zum besseren Verständnis

## 7.2 Elastohydrodynamik dünner Stäbe

• Grundlagen: Elastizitätstheorie + hydrodynamische Reibung dünner Stäbe

↑  
s. Kap. 4.5

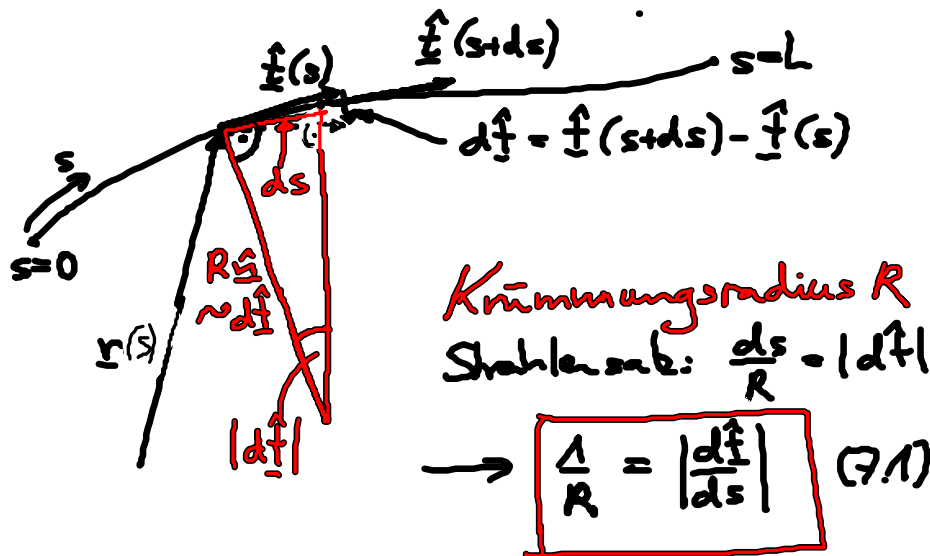
• Anwendung:

- superparamagnetisches Filament
- semiflexible (Bio-) Polymere
  - Aktin (Zellgerüst)
  - Microtubuli (Transportwege in Zelle)
  - DNA (Erbsubstanz)
  - ⋮

### a) Kinematik

• Differentialgeometrie einer Raumkurve  $\underline{r}(s)$ :

↑ Ortsvektor      ↑ Bogenlänge



... Krümmung

$$\left[ \frac{d\hat{t}}{ds} = \frac{1}{R} \hat{n} \right]$$