

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.cvrp-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

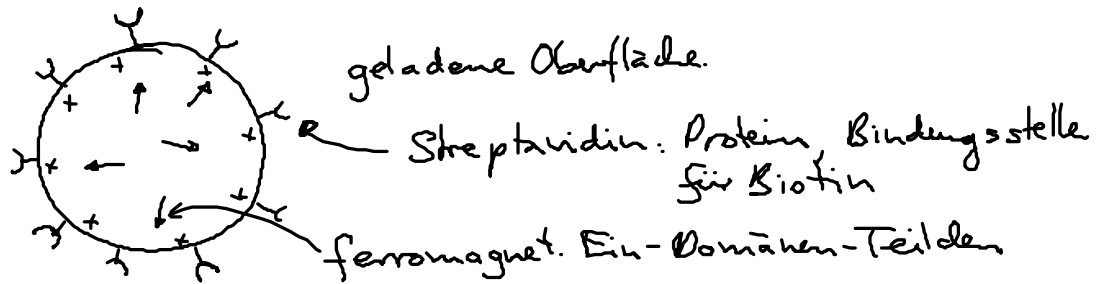
- Sedimentation: - 2 Teilchen: Sedimentationsgeschw.
 - 3 Teilchen: verschiedene Geometrien
kreisende Teilchen
transientes Chaos
 - Cluster-Oszillationen
- „hydrodynamischer Stoß“

7. Anwendung II: Biomimetisches Flagellum

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

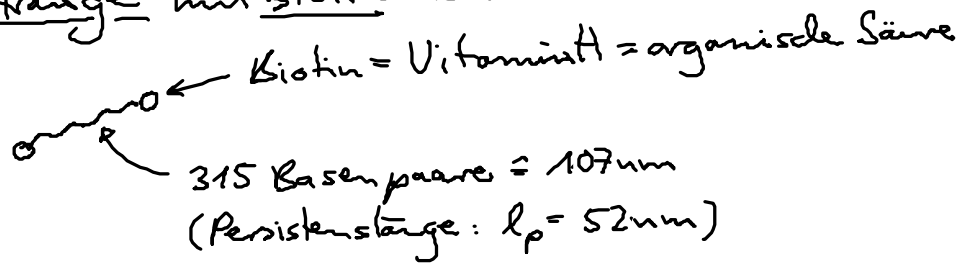
7.1 Experimentelles System

- superparamagnet. Filament: [Dreyfus et al. Nature 437, 862 (2005)]
 ↗ hohe magnetische Momente im Magnetfeld
- (i) Bestandteile:
 (1) superparamagnet. Teilchen: $a \approx 0,5 \mu\text{m}$



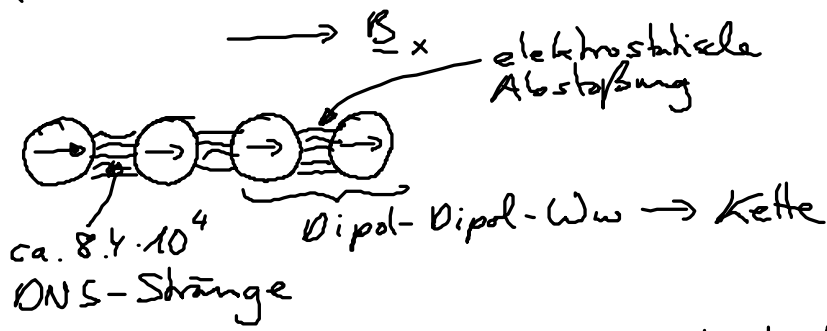
+

(2) DNA-Stänge mit Biotin-Enden



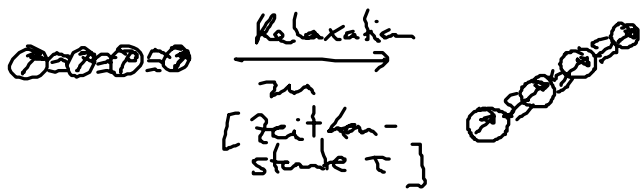
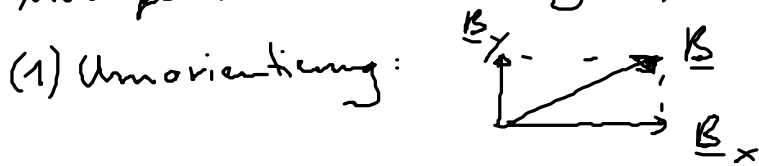
—○— ... Biotin-Streptavidin-Bindung

(ii) Konstruktion:

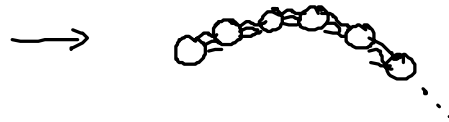


→ superparamagnetisches, elastisches Filament:
 Länge $L \approx 10 - 40 \mu\text{m}$
 Biegekonstante: $\kappa \approx (3.3 + 1.6) \cdot 10^{-27} \frac{\text{J}}{\text{m}}$ [s.u.]

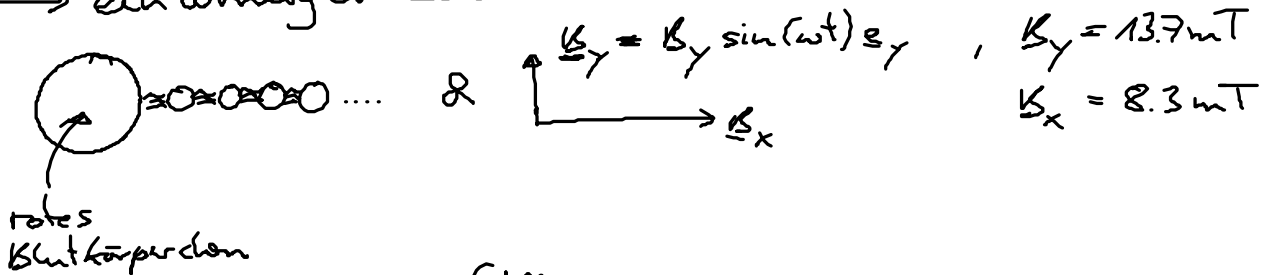
(iii) Manipulation durch Magnetfeld:



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



→ einarmiger Schwimmer:



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

(ii) Schlagmuster: nichtreziproke Bewegung

(iii) "Biege welle" versus Paddelbewegung

(iv) Schwimgeschw. versus ω
 (verschiedene B_x, B_y, a, L)

→ Maximum!

→ Modellierung zum besseren Verständnis

7.2 Elastohydrodynamik dünner Stäbe

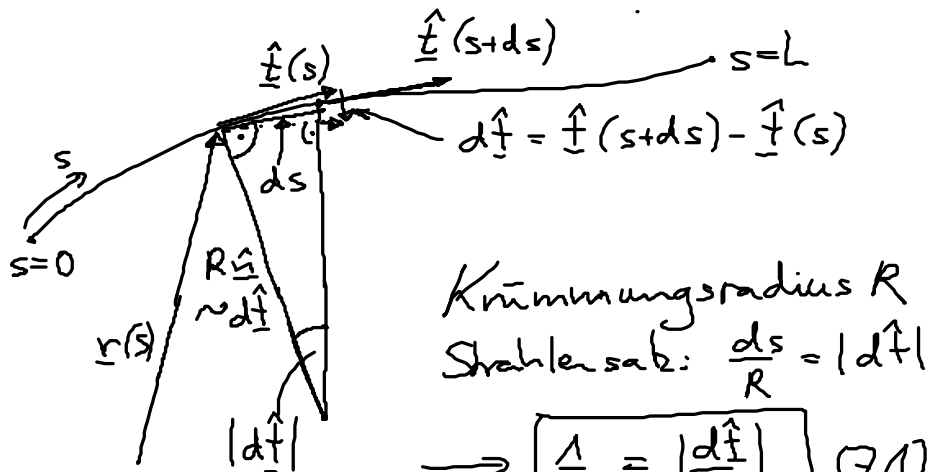
• Grundlagen: Elastizitätstheorie + hydrodynamische Reibung dünner Stäbe

↑
s. Kap. 4.5

• Anwendung: - superparamagnetisches Filament
- semiflexible (Bio-) Polymere
Aktin (Zellgerüst)
Mikrotubuli (Transportwege in Zelle)
DNS (Erbsubstanz)
⋮

a) Kinematik

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



$$\rightarrow \boxed{\frac{1}{R} = \left| \frac{d\hat{t}}{ds} \right|} \quad (7.1)$$

... Krümmung

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