

Funktionelle Oberflächen II

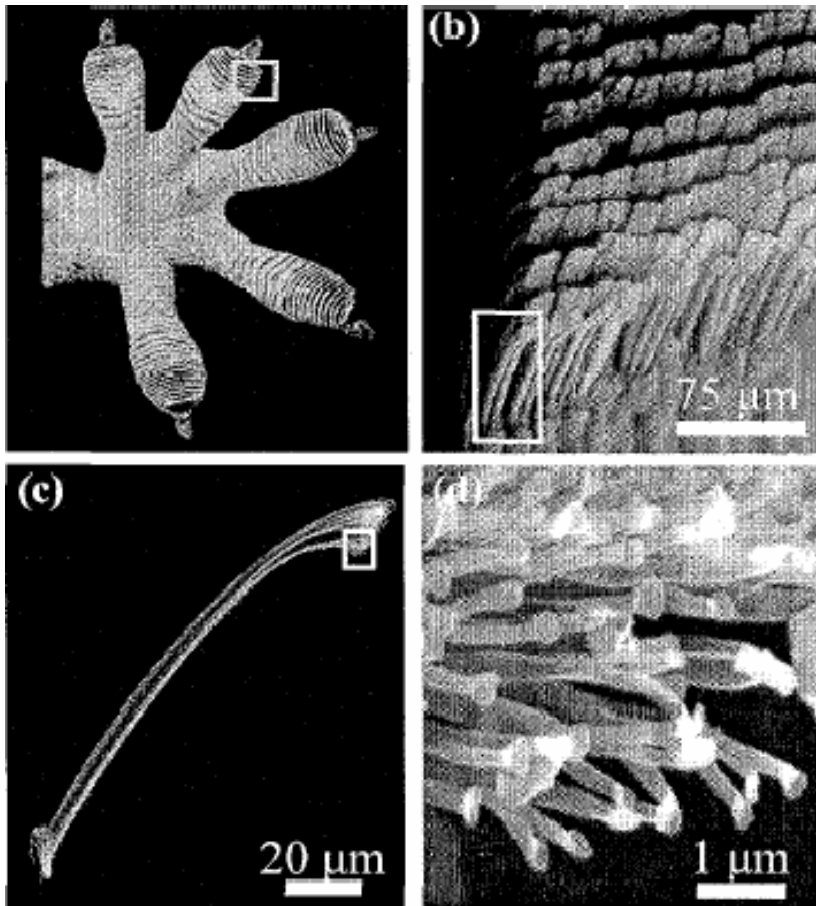
Gecko



Einführung



Der Geckofuß



- a) Bild eines Geckofußes
- b) Lamellenstruktur
- c) Seta (Härchen)
- d) Spachtelförmige Spitzen



Theorien

- Reibung
- Saugnäpfe
- Kapillarkräfte
- Mikroverzahnung
- Elektrostatik
- Van der Waals Kräfte



Van der Waals Kräfte

- Tritt zwischen allen Materialien auf
- Bewirkt durch Elektronenfluktuationen
- Kurzreichweitig $\sim 1/D^3$
- Stark abhängig von der Kontaktfläche



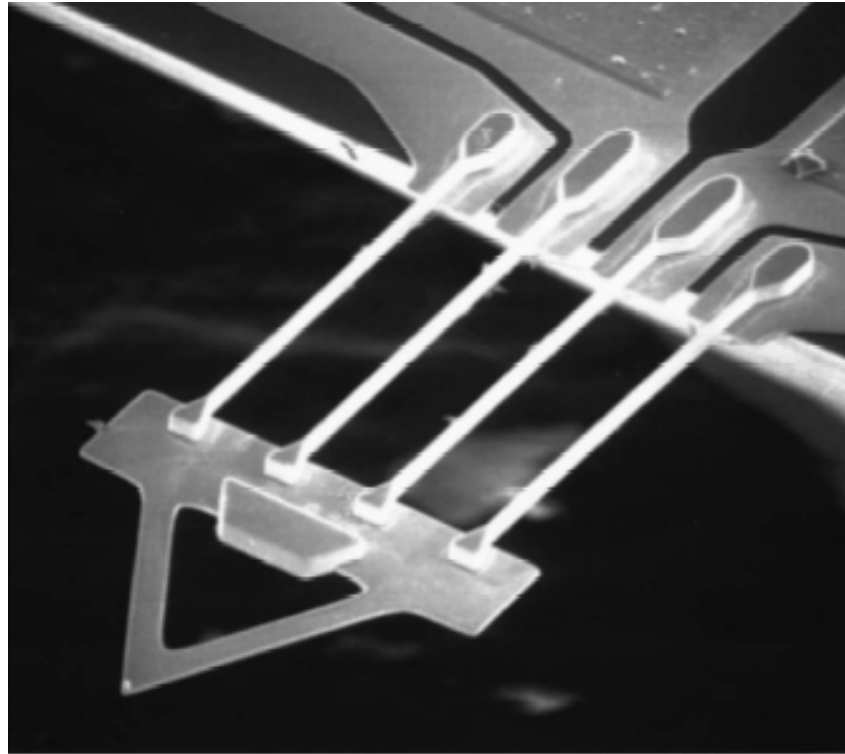
- Berechnete Haftkraft eines Seta $\sim 200 \mu\text{N}$



Experimente



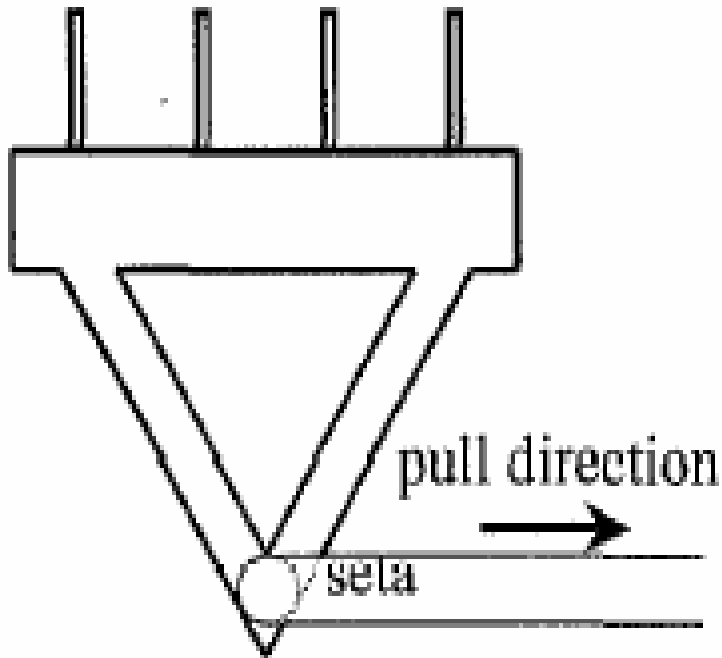
Kraftsensor



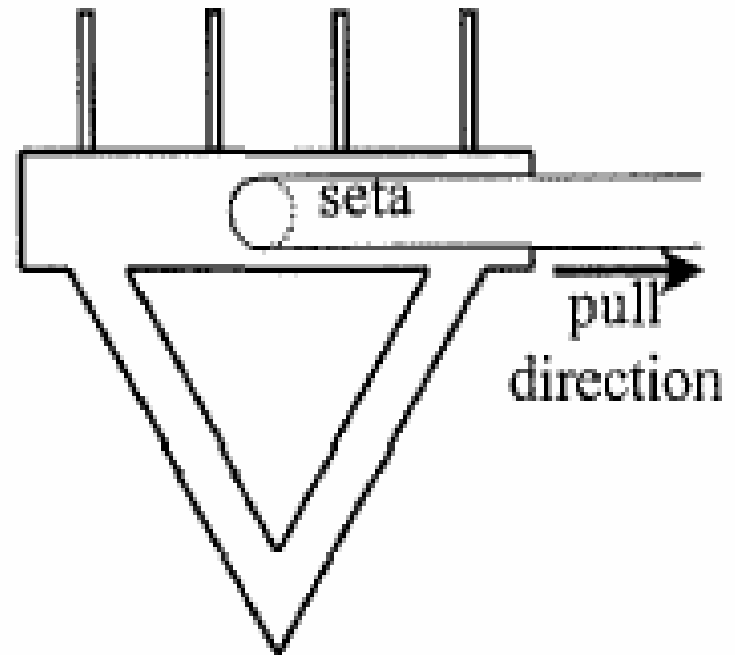
— 50 μm



Versuchsanordnung



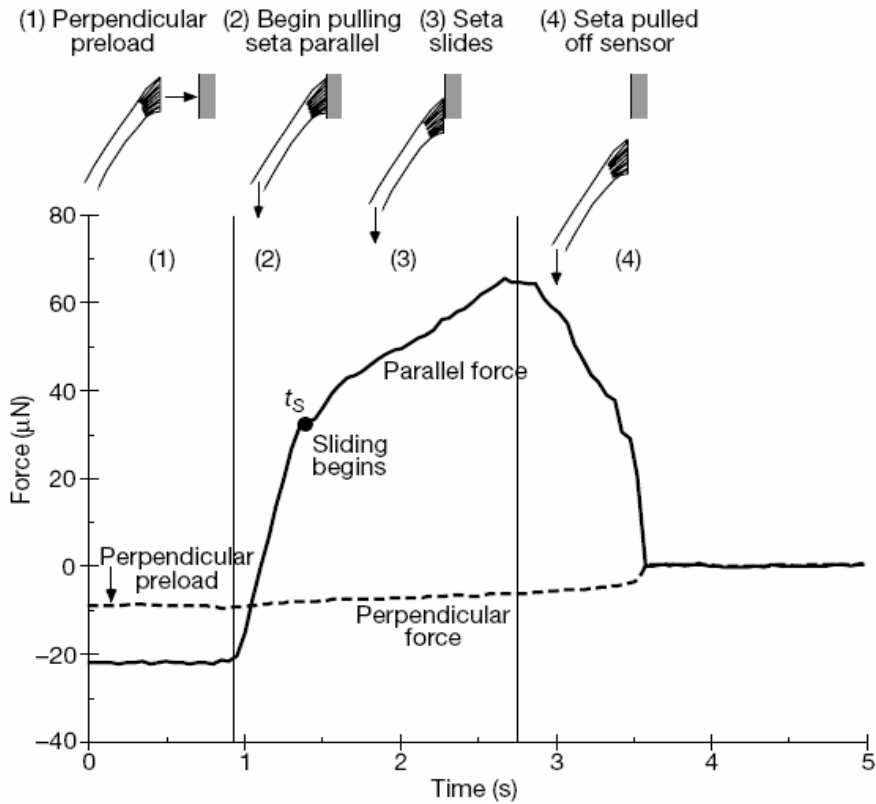
Anordnung 1



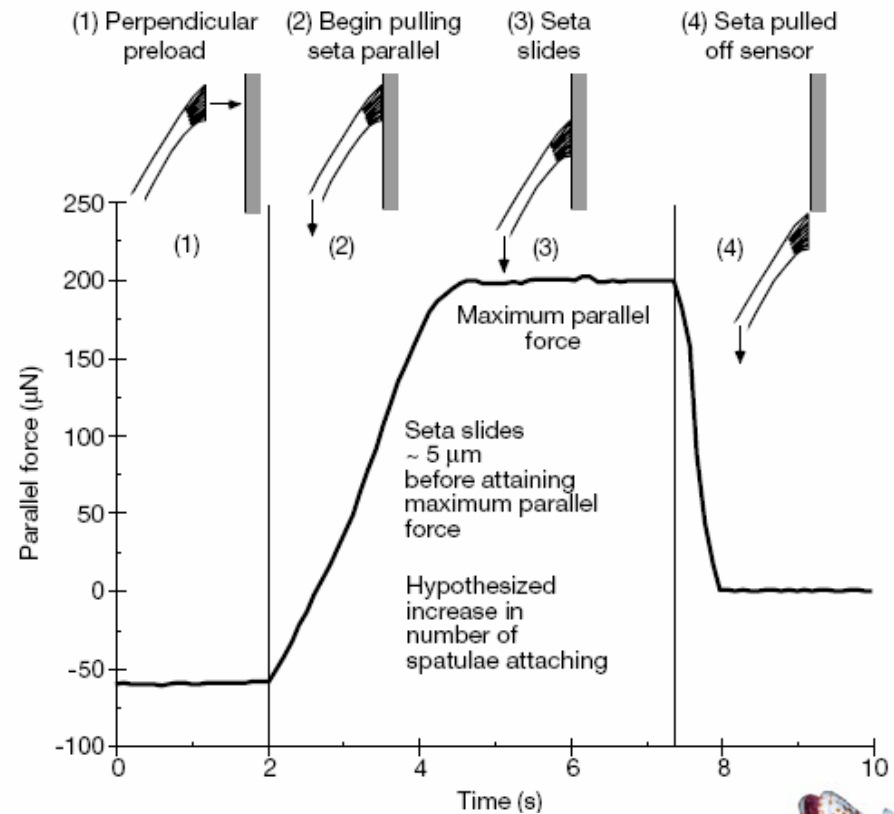
Anordnung 2



Ergebnisse



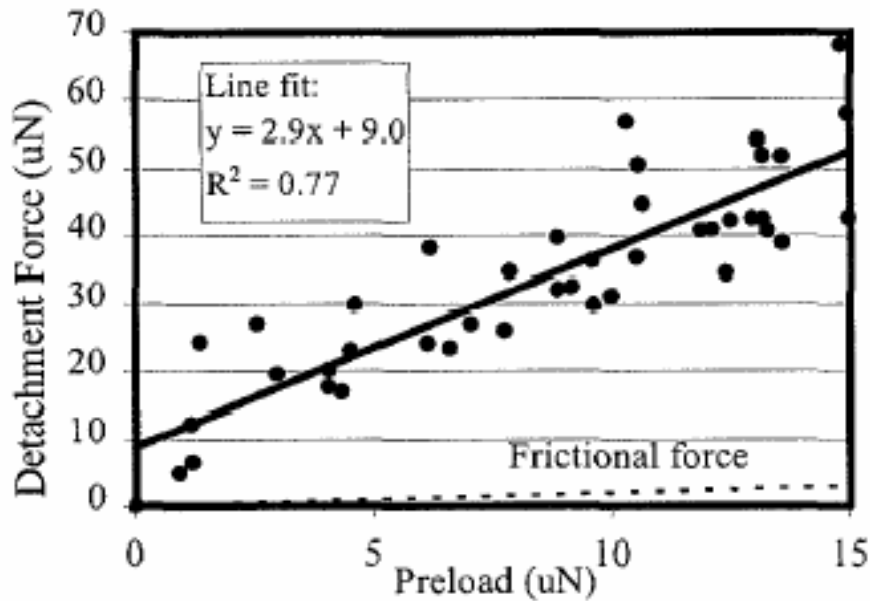
Anordnung 1



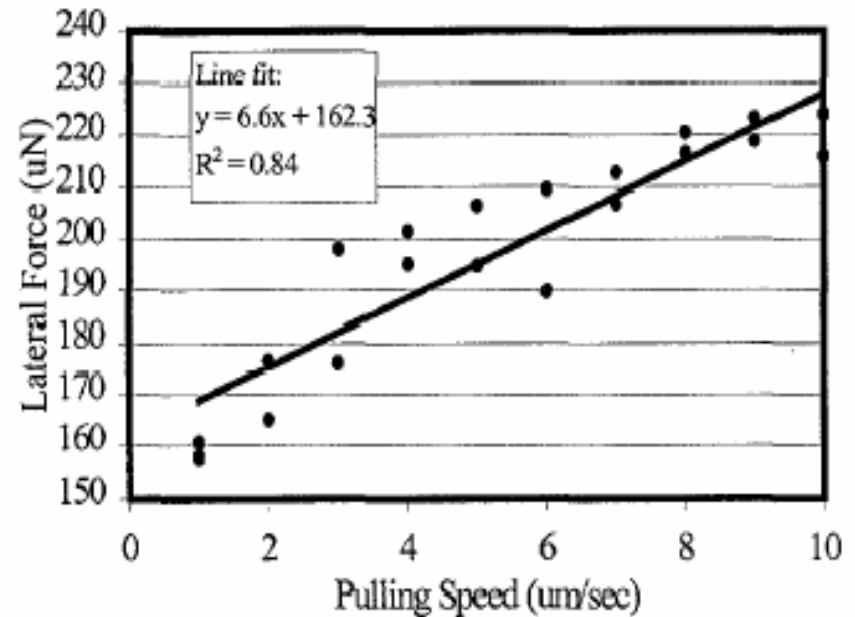
Anordnung 2



Ergebnisse



Anordnung 1



Anordnung 2



Fazit

- Alle dargestellten Ergebnisse bestätigen v.d.W-Theorie
 - Haftung zeigt im untersuchten Bereich lineare Abhängigkeiten von:
 - Anpressdruck
 - Ziehgeschwindigkeit
- =>Aber: Weitere Experimente nötig



Bionik



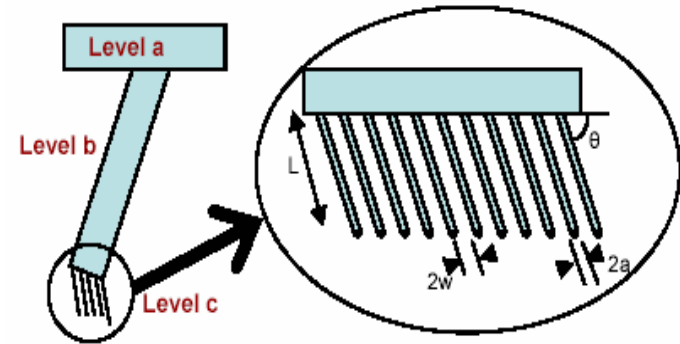
Nanohärchen als Haftmittel

- Allgemeine Anforderungen
 - Haft- und Ablösekräfte
 - Oberflächenanpassung
 - Selbstreinigung
 - Haltbarkeit
- Spezielle Designparameter
 - Faserdichte
 - Orientierung
 - Materialeigenschaften (E-Modul,...)
 - Fasergeometrie

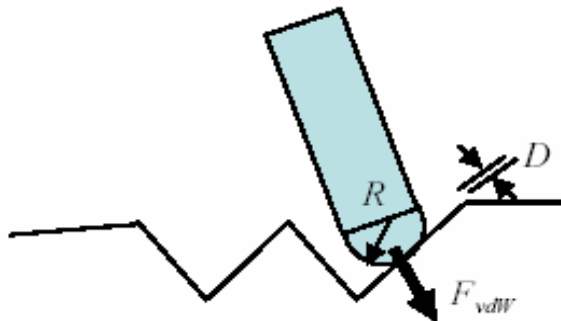


Fasergeometrie

- Hierarchische Struktur:



- sphärische Spitze:



$$F_{vdW} = \frac{A_{12}R}{6D^2}$$

A_{12} : Hamaker – Konstante

γ : Oberflächenenergie

F_T : Gesamt – Haftkraft

ρ : Faserdichte

$$A_{12} \approx \sqrt{A_{11}A_{22}}$$

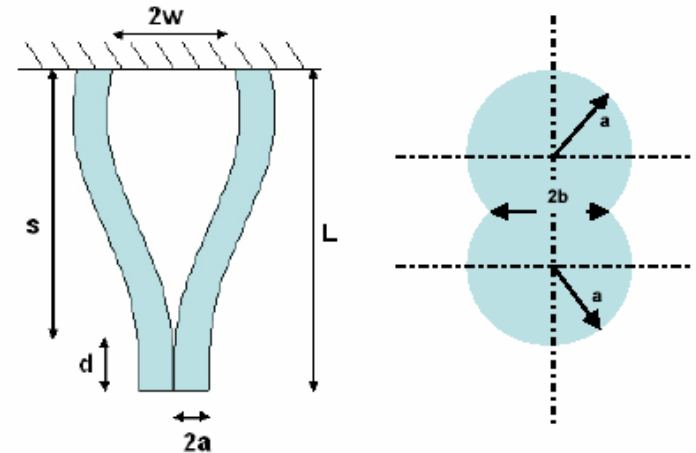
$$A_{11} = 24\pi\gamma D^2$$

$$\Rightarrow F_T = F_{vdW} \times \rho$$



Faserdichte

- Hohe Dichte erwünscht
- Aber: WW zwischen benachbarten Fasern

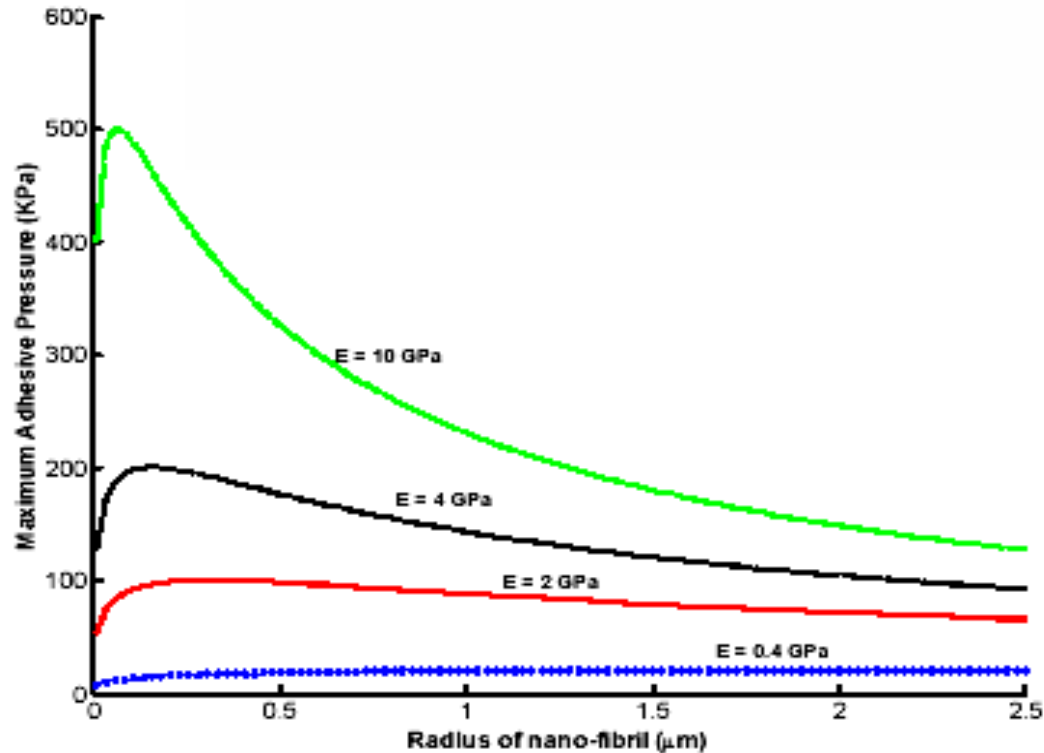


=>Es ergibt sich ein Mindestabstand von : $w > \frac{L^2}{a^2} \sqrt{\frac{32\gamma_s b}{9\pi E}}$ γ_s : Oberflächenenergie
 E : E - Modul

=>und für die Haftkraft gilt: $F_T = \frac{F_{vdW}}{4(w+a)^2}$



Maximale Haftkraft



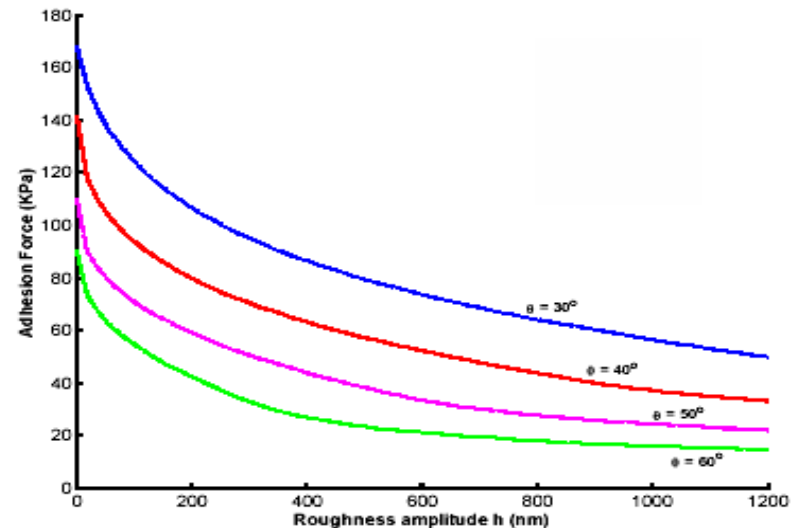
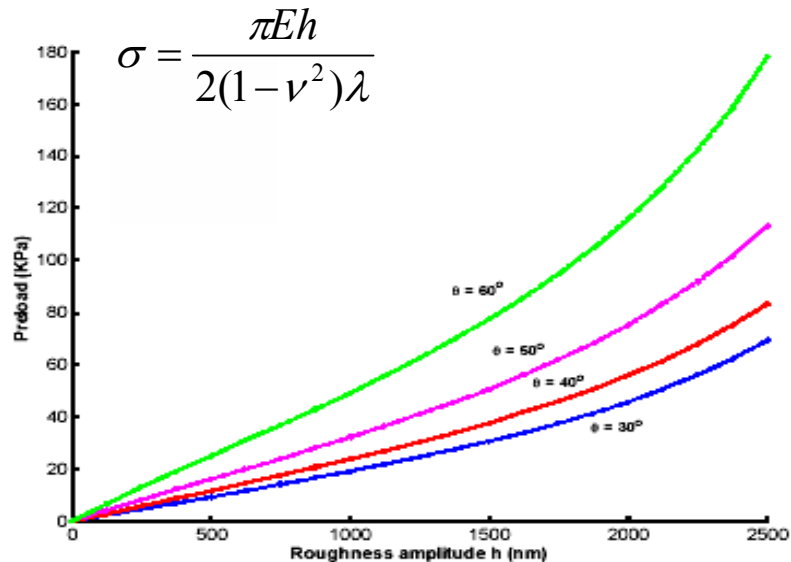
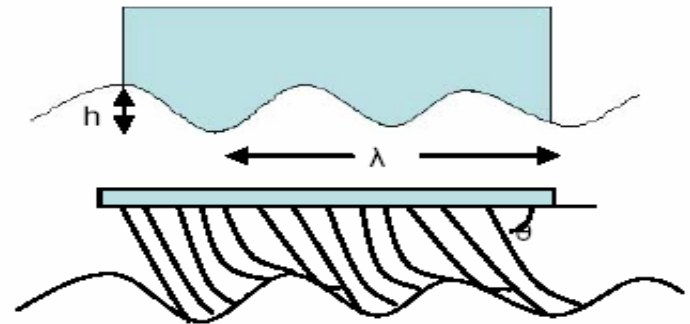
Gecko-Setae bestehen aus beta-Keratin ($E = 4 \text{ GPa}$) und haben einen Radius von 100 nm

=> Der Radius stimmt also mit theoretischem Optimum überein



Oberflächenadaption

- Starke Abhängigkeit der Haftung vom Stellwinkel



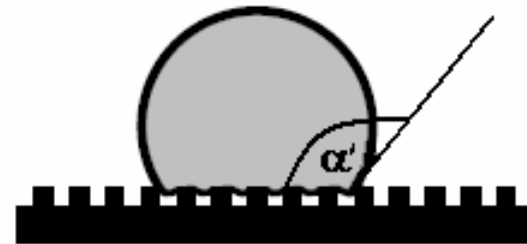
Selbstreinigung

- Fasern bewirken Superhydrophobie:
 - Kontaktfläche zum Wasser reduziert
 - Wassertropfen „perlen ab“
 - Schmutz wird weggespült (Lotus-Effekt)

- Cassie's Gleichung:

$$\cos \alpha' = f \cos \alpha + f - 1$$

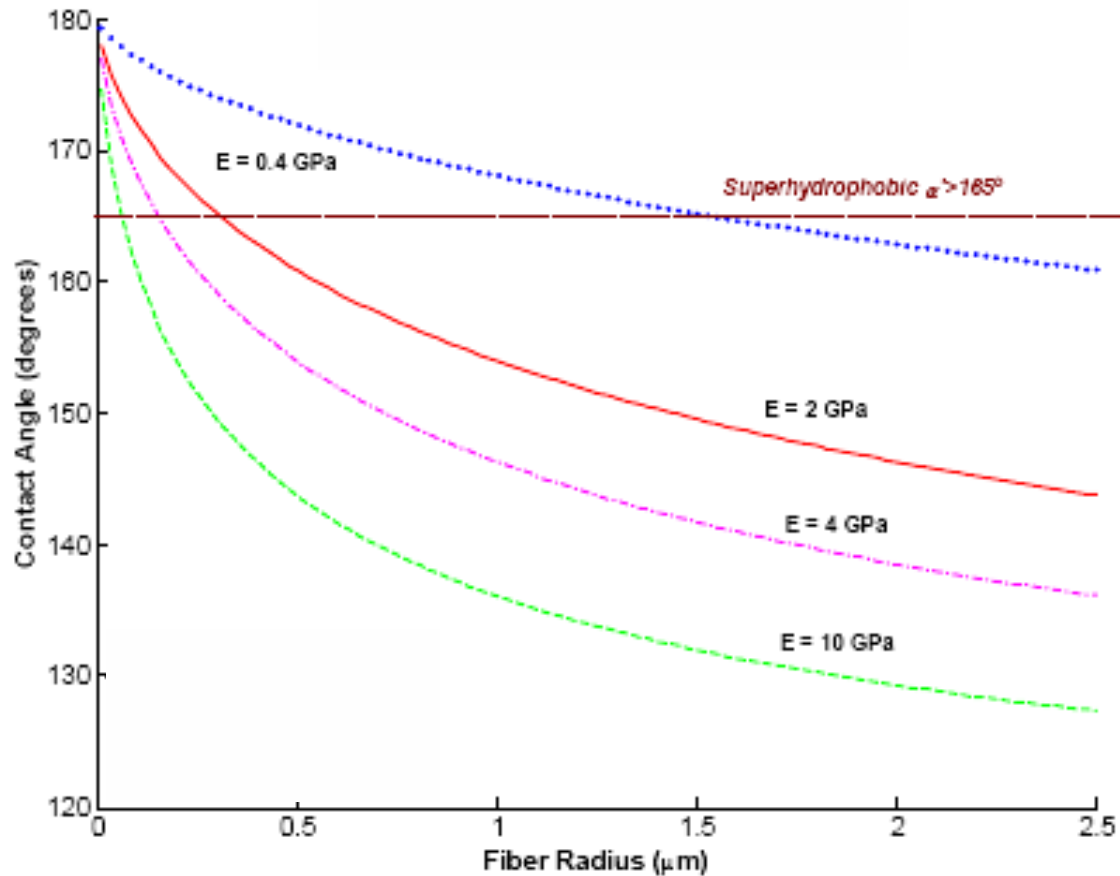
=>f :Anteil der Oberfläche,
der durch die Fasern bedeckt ist:
=> α :Kontaktwinkel ohne Fasern



$$f = \frac{\pi a^2}{4(a+w)^2}$$

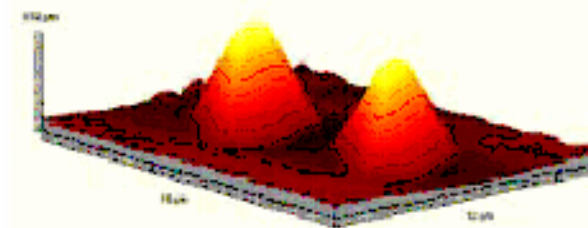
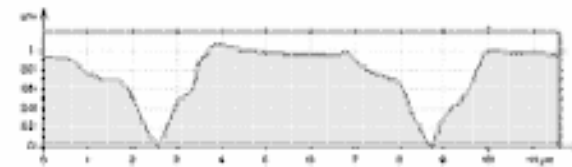
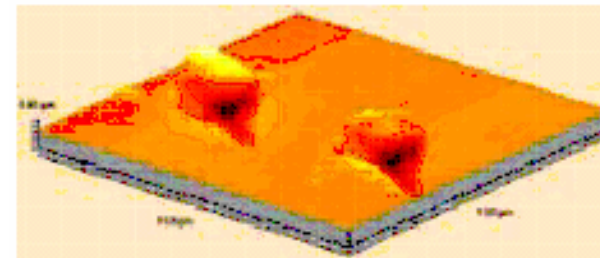
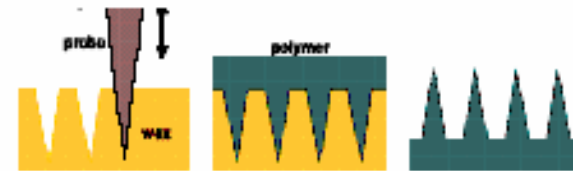


Superhydrophobie



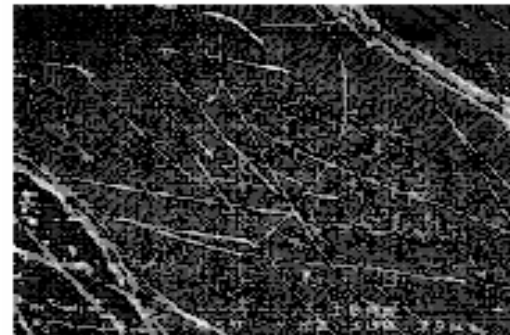
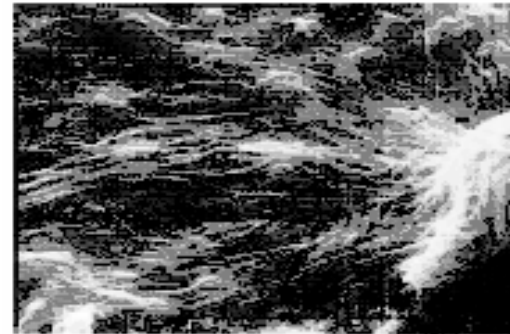
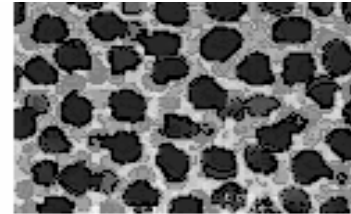
Herstellungsverfahren 1

- Erzeugung eines Rohlings z.B. mit AFM-Spitze
- Aufbringen eines Polymers
- Ablösen des Polymers



Herstellungsverfahren 2

- Membran mit Nanoporen
- Aufbringen eines flüssigen Polymers
- Vulkanisation
- Entfernen der Membran



Ausblick





- Massenproduktion universell einsetzbarer, haltbarer Haftfolien
- Vielseitige Anwendungen denkbar (Roboter, Anzüge, etc.)

➔ Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt!!!