

4. Bionik und Biomimetik

Bionik: Kunstwort der 60er Jahre aus Biologie und Technik

„Form ist billiger als Material“ in der Natur!

Inspiration aus der Natur ⇒

1. Schritt: Kopie der Morphologie, unter Benutzung der Technologie
2. Schritt: Selbststrukturierung benutzen („smart materials“)






Morphologieuntersuchungen:

- Experimentelle Techniken vorhanden, meist aus der **Festkörperphysik**
- Untersuchung und Modellierung der Bruchmechanik
- Theorie der Kompositmaterialien

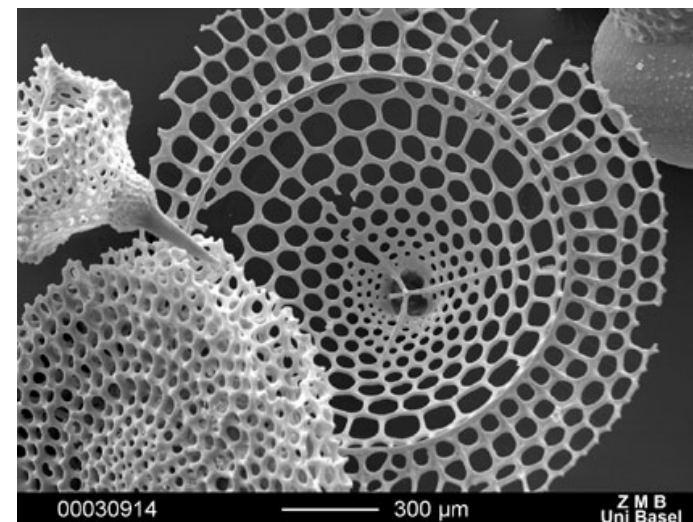
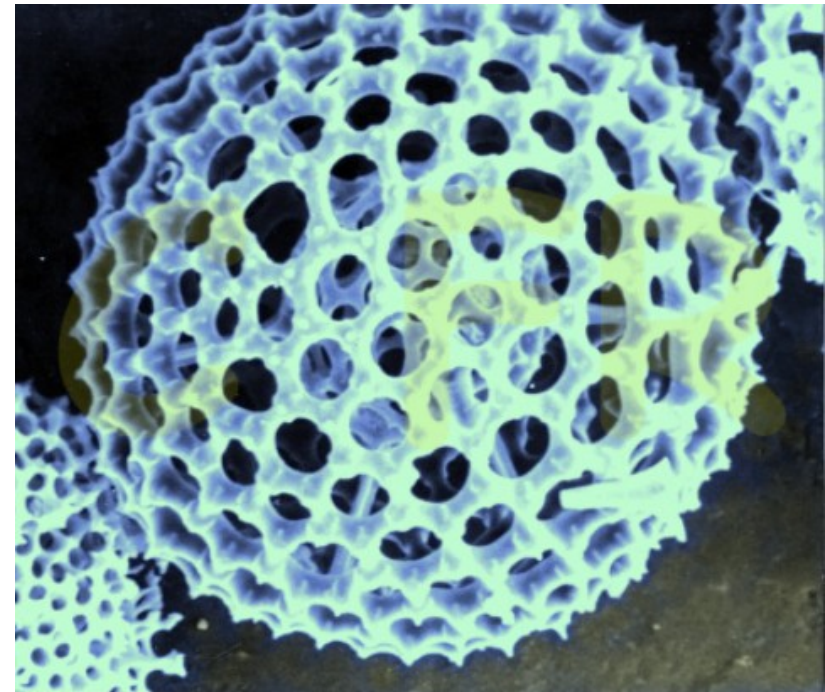
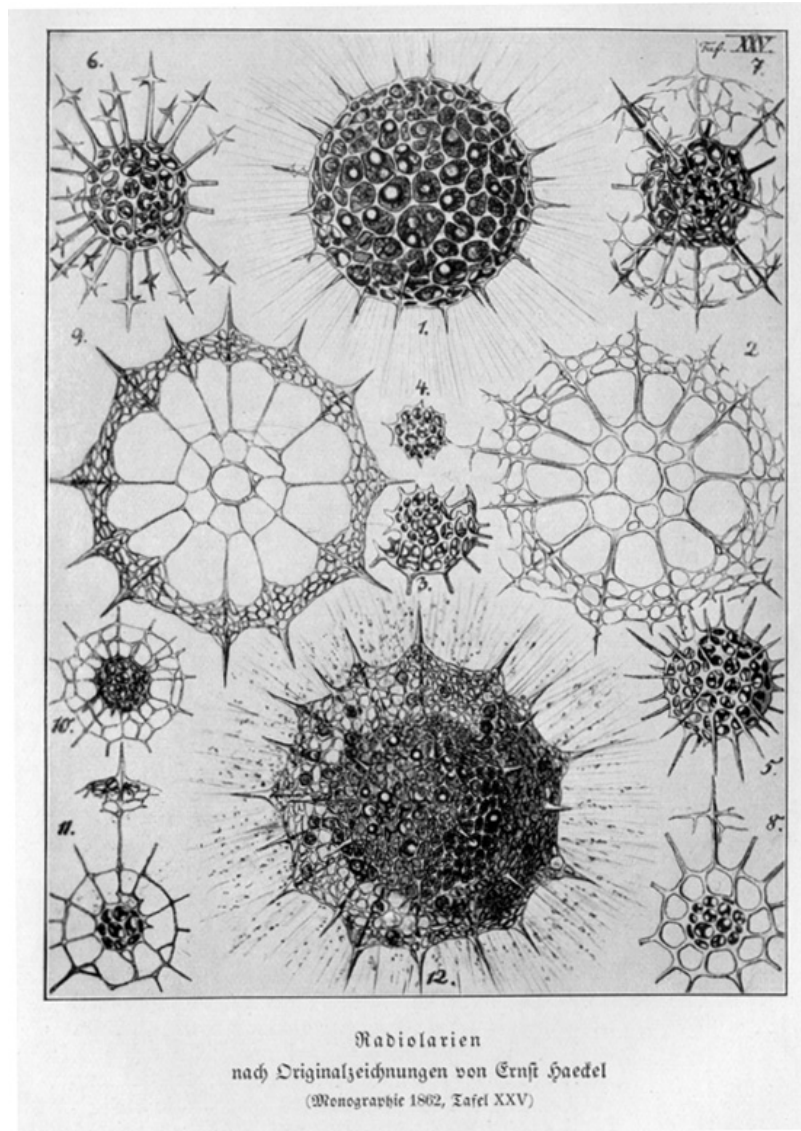
Werner Nachtigall: *Bionik* (Springer, Berlin 2002) u. a.

Berndt Heydemann: *Vielfalt im Leben* (NICOL-ÖPNZ, Niekritz 2004)

Typische Merkmale biologischer Materialien (Nachtigall)

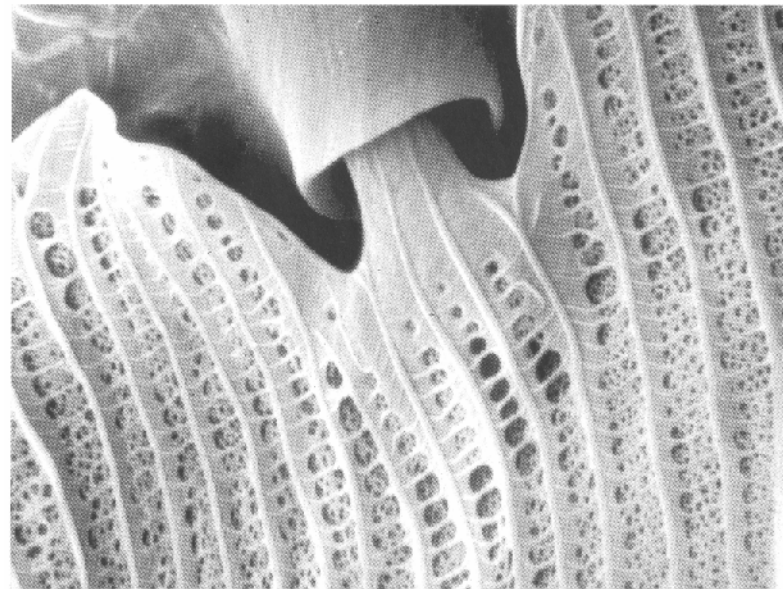
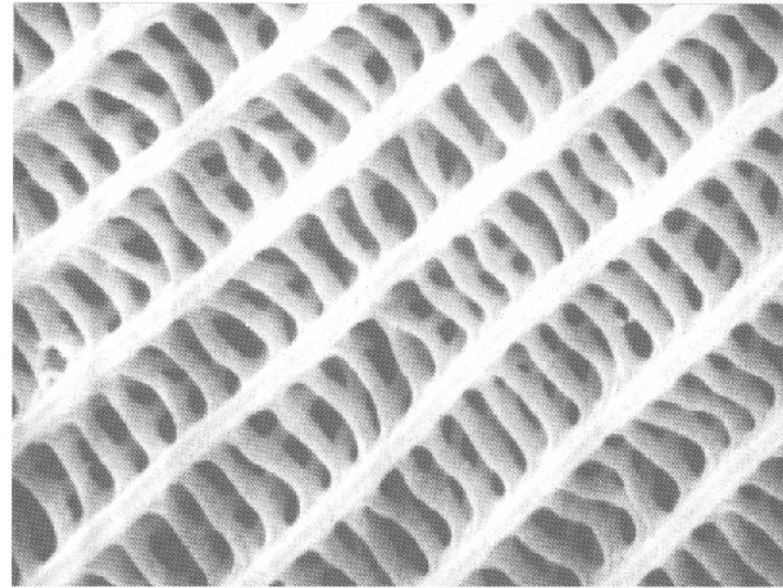
1. **Materialschichtung** während des Entstehens (z. B. Spinnenhaar)
2. sukzessive Ausformung wie bei überlappenden Plättchen (z. B. Meeresalgen)
3. streng funktioneller, **hierarchischer** Aufbau (z. B. Sehne) 
4. funktionelle Kompartimente (z. B. Venenwand)
5. funktionelles Differenzieren durch Nutzung von **Oberflächenkräften** (z. B. Radiolarien) 
6. **Multischichtstrukturen** (vgl. 1; z. B. Insekten-Kutikula)
7. **ultraleicht** (z. B. Schmetterlingsschuppe) 
8. **Sandwich-Bauweise** (z. B. Vogelschädel)
9. **Mehr-Komponenten-Materialien** (z. B. Seeigelzahn)
10. **selbstreparabel** (z. B. Knochen) 
11. **multifunktional** (z. B. Ei der Schmeißfliege)
12. **terminierte Lebensdauer, biologisch abbaubar** 

Radiolarien (Rädertierchen)



Schmetterlingsschuppen:

Chitin-Ultraleichtbau



letzter Punkt auch **Nachteil:**

z. B. Wasserempfindlichkeit, Unbeständigkeit bei hohen Temperaturen

Vorteil allerdings:

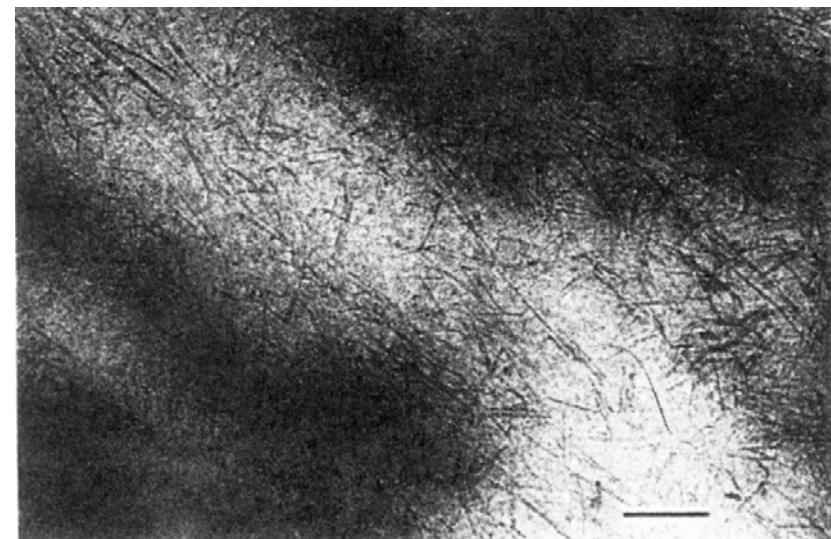
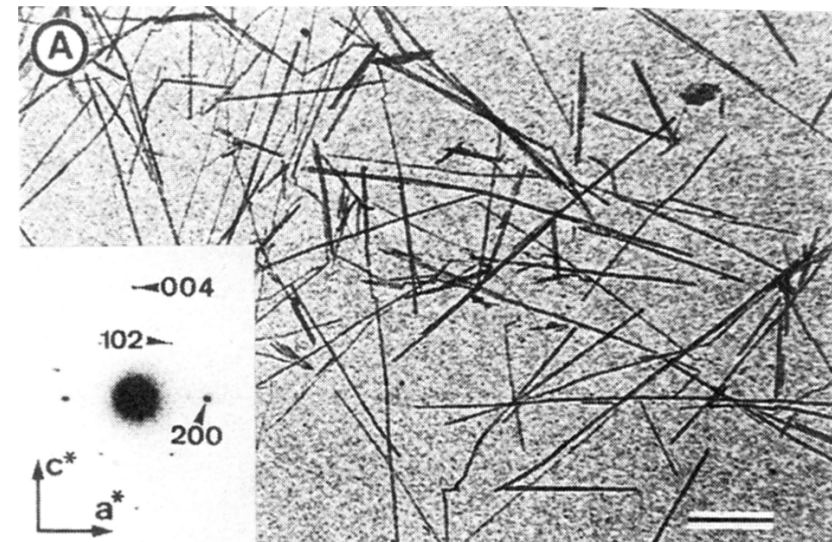
niedriger Energieaufwand in der Herstellung (Kevlar 760 °C, Spinne RT)

einfaches **Imitat**:

Nanokomposit aus Latex
(Thermoplast) und Zellulose
(ca. 6 Gewichts%)

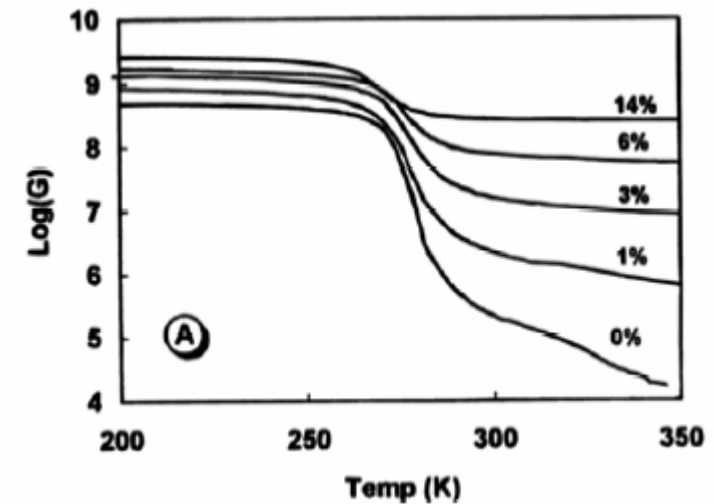
Zellulose-Mikrofibrillen („whiskers“):

- Hydrolyse von Algen-Zellwänden
- Durchmesser 10 - 20 nm
- Länge 100 – 5000 nm



Schermodul

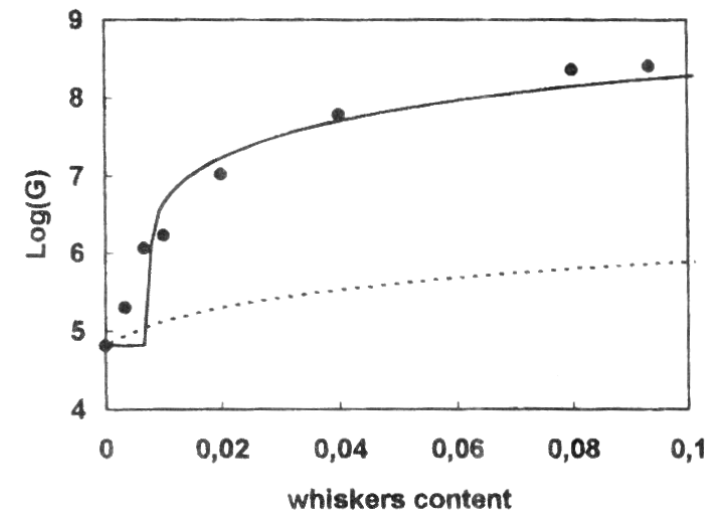
sehr stabil über Glasübergang von Latex ($T_G = 270$ K) hinaus



stabiler als für Komposite mit kurzen Fasern erwartet!

Trick:

- einzelne Mikrofibrillen
- sehr großes Längen-Breiten-Verhältnis
- sehr gleichmäßige Dispersion



Imitieren reicht nicht immer: Spinnenseide!



Architektur von Hochbauten

in der Natur: besonderes Material (u. a. Verholzung)

Längen-Breiten-Verhältnis 400:1 beim Grashalm:
0.4 cm Durchmesser, 160 cm Höhe

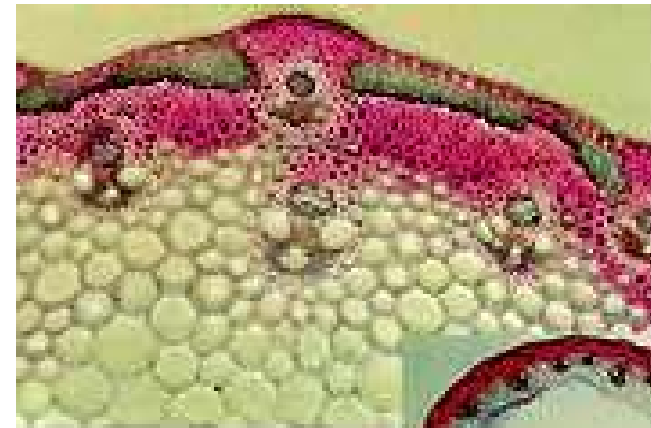
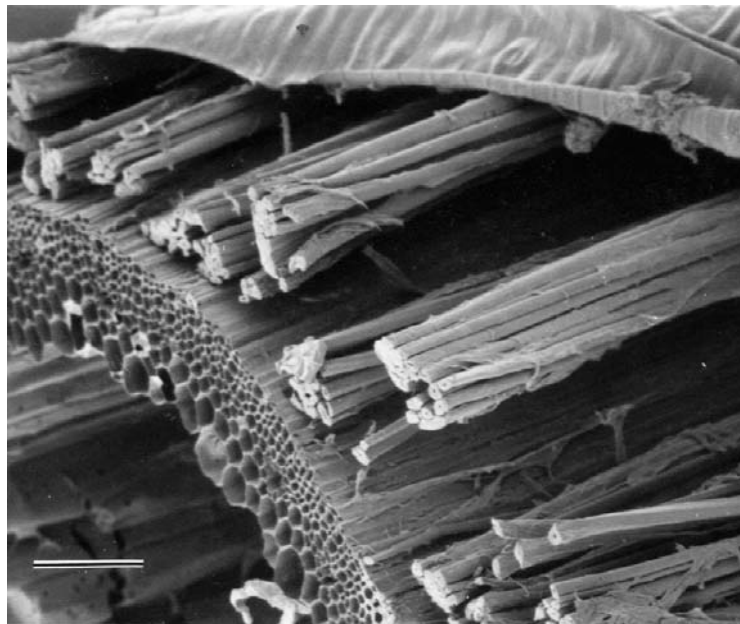
für einen Schornstein würde das bedeuten:
3 m Durchmesser, 1.2 km Höhe!

aber: aus der Technik bekannt: nicht $d \propto l$, sondern $d \propto l^{3/2}$
⇒ 3.3 m Durchmesser, 120 m Höhe (existiert!)

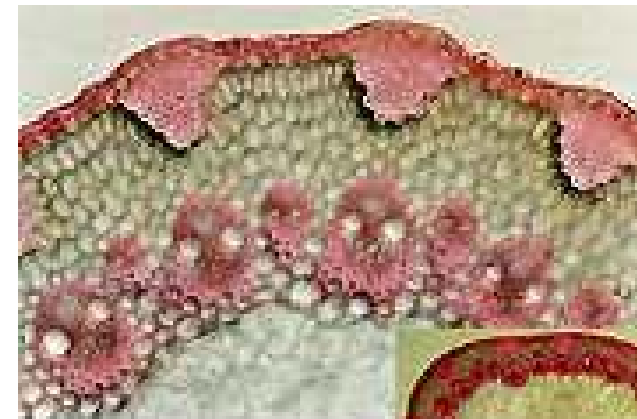
Verstärkungen in Grashalmen optimal:

- innen (Sklerenchym) } Zylinder
- außen (Epidermis) }
- H-Träger für hohe Biegesteifigkeit

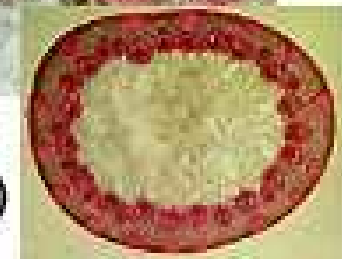
Parenchym: durch (Wasser-)Druck steuerbare Änderungen



Pfeifengras
(*Molinia coerulea*)



Schwarzes Kopfried
(*Schoenus nigricans*)

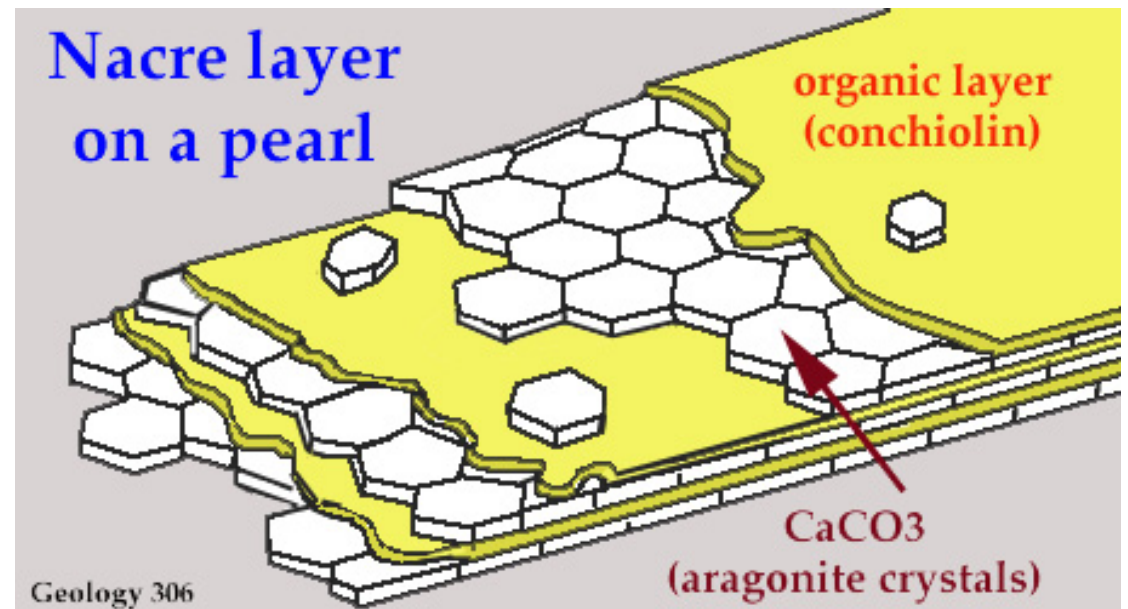


künstliches Perlmutter

Perlmutter: harter Aragonit in seidenähnlicher Proteinmatrix oder Chitin

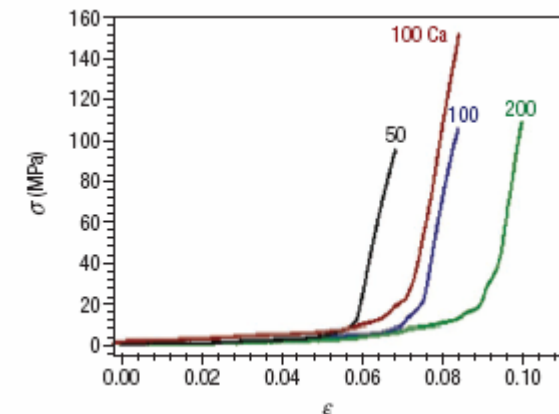
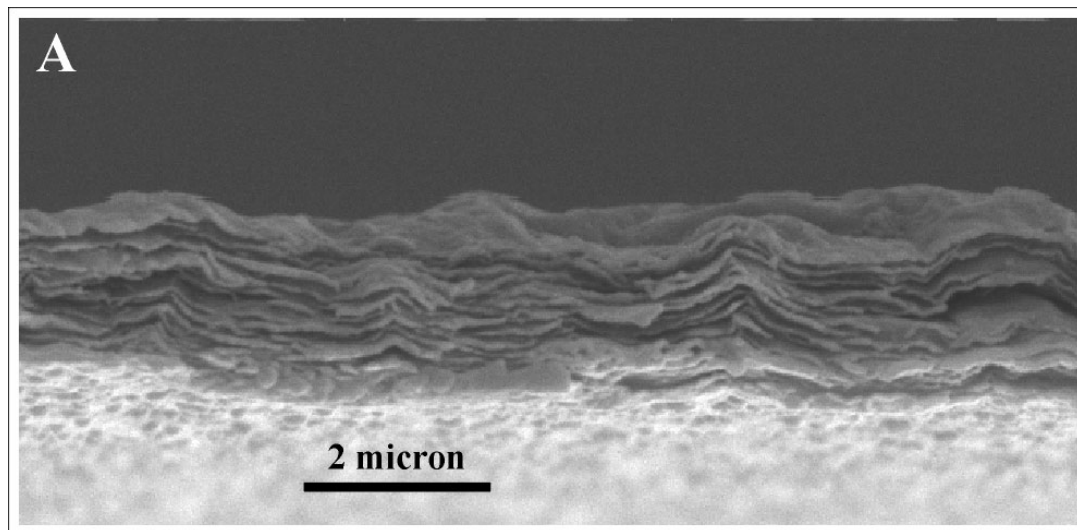
Stabilität:

Risse laufen sich in der Matrix zwischen den harten Schichten tot;
damit hält das Material auch noch **nach dem Nachgeben** („yield point“)

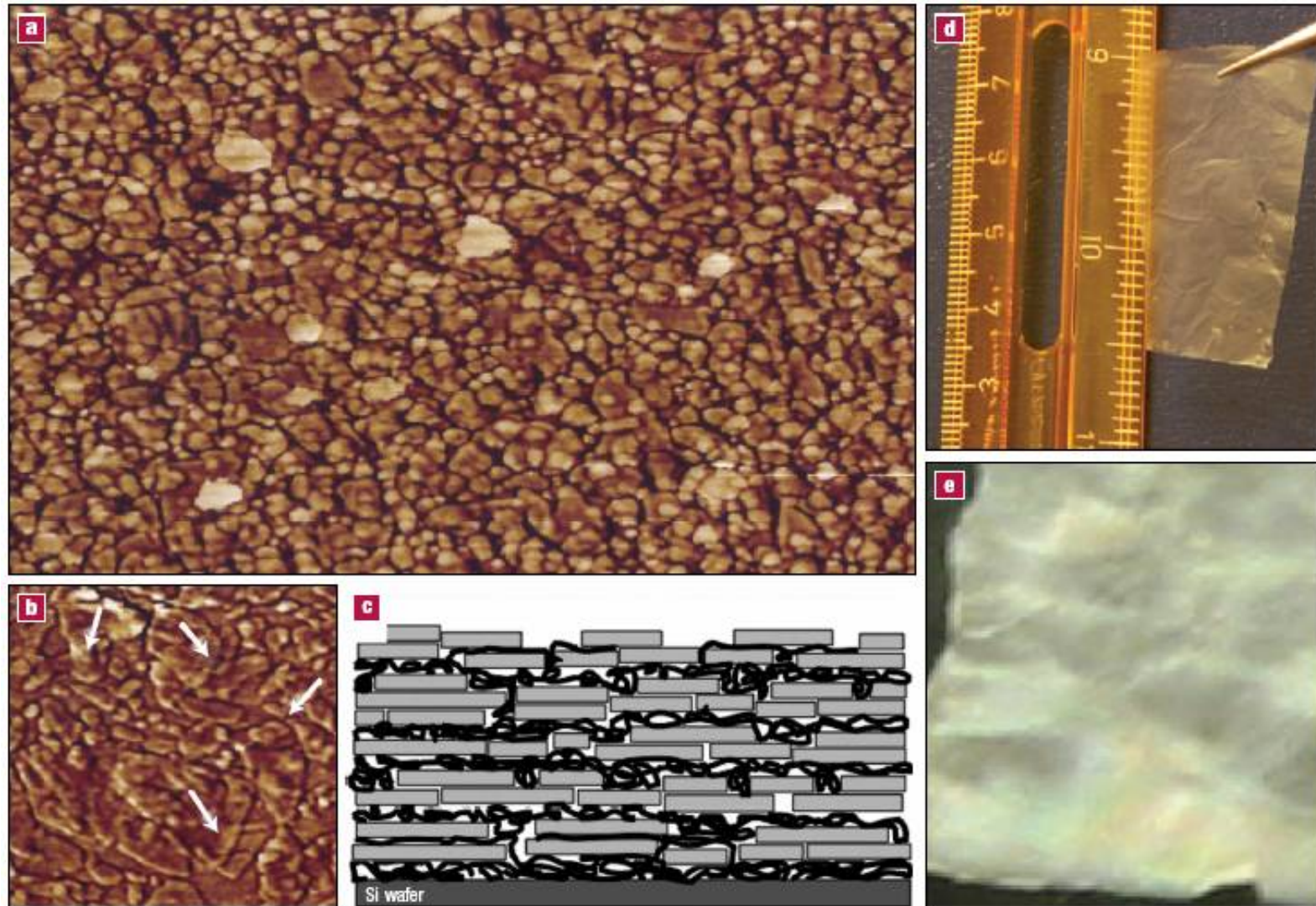


3 verschieden fortgeschrittene Imitate:

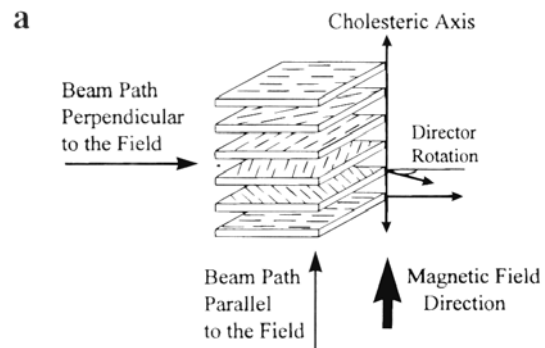
1. Keramiksichten, mit Graphit getrennt
hohe Temperaturbeständigkeit, Anwendung in Turbinenschaufeln
2. Matrix aus Polyethylen \Rightarrow sog. „Crazing“, kleine Risse
3. Tonmineralpartikel in Polyelektrolyt



Z. Tang, N. A. Kotov, S. Magonov and B. Ozturk
Nature Materials 2, 413–418



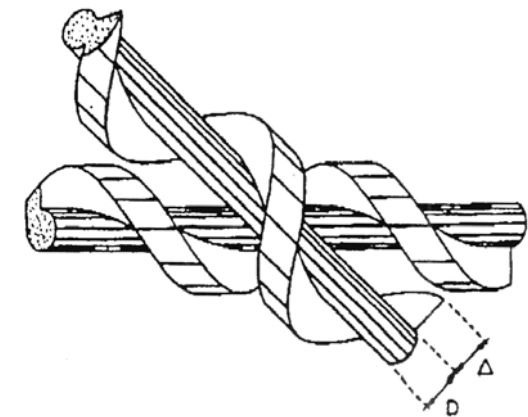
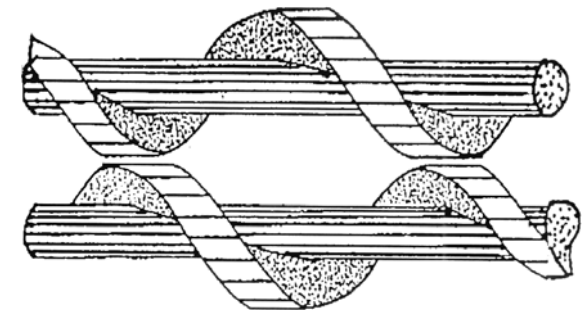
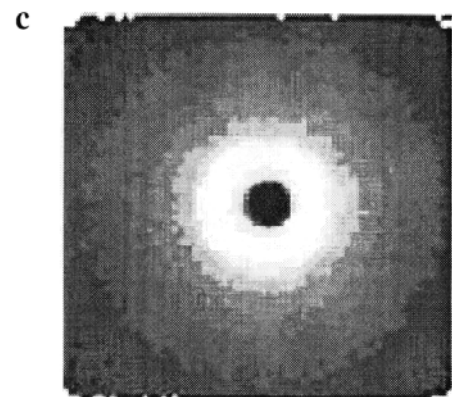
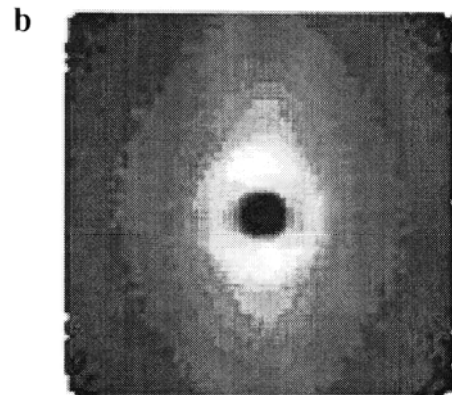
„smarte“ Materialien: Selbstorganisation bei der Herstellung ausgenutzt



Beispiel: Suspension von
Zellulose-Mikrofibrillen

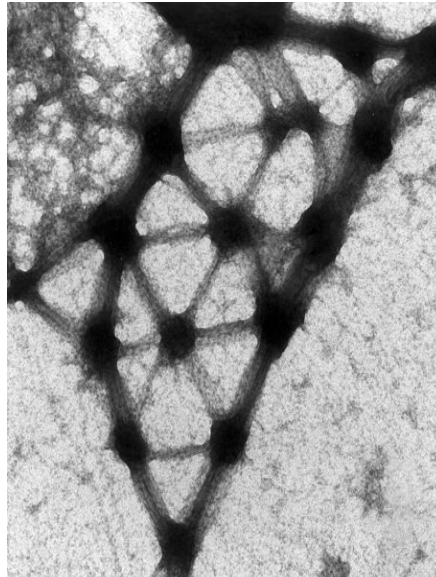
chirale (helikoidale)
lamellare Phase –
aus chiralen
Mikrofibrillen!

Messungen mit
Kleinwinkelstreuung



Steuerbare SO bei der Seegurke:
Collagen in weicher Matrix, Steifheit variabel

SO von Titin und Actin

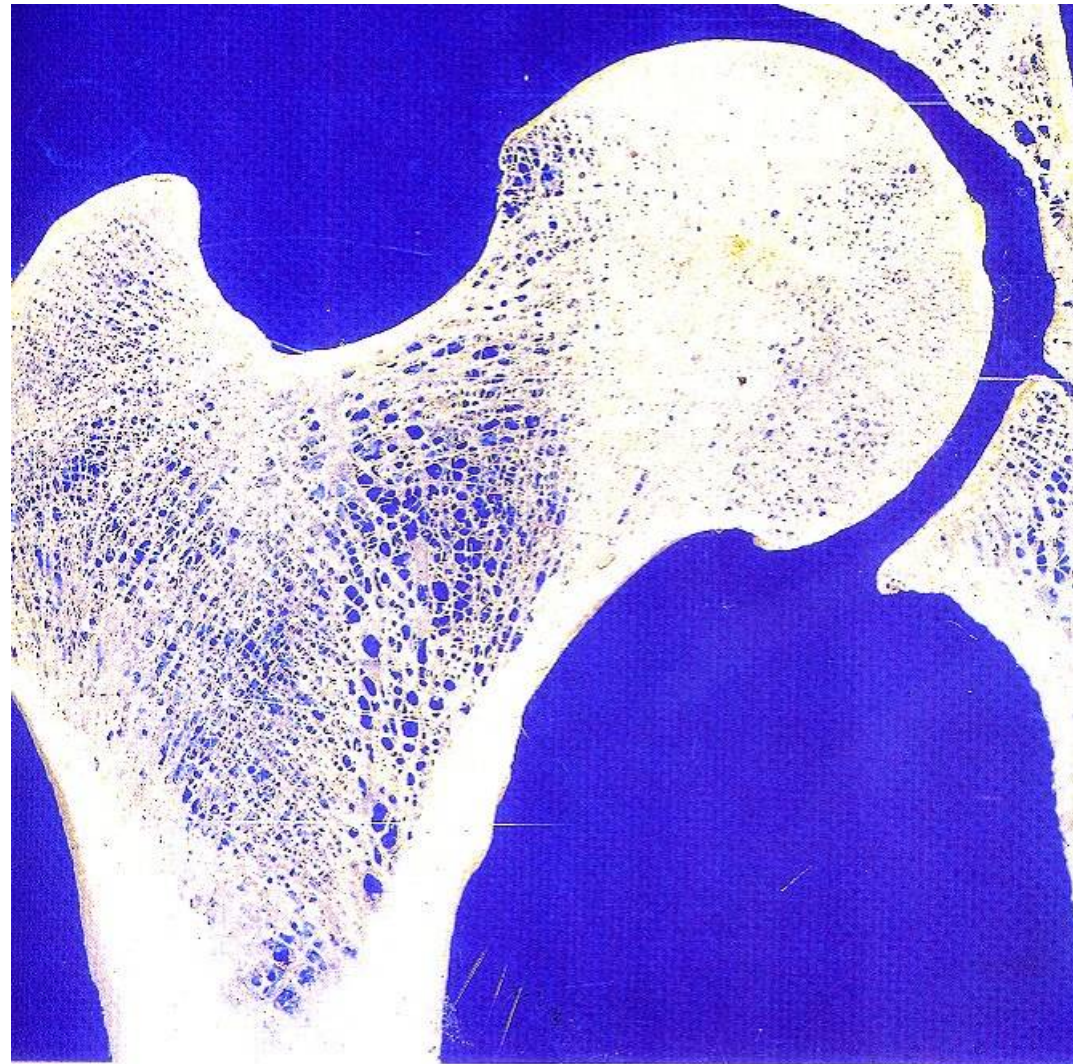


Höchste Optimierung beim Skelett: nur Material wo nötig!

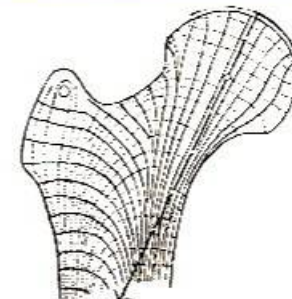
Knochen:

Bälkchen folgen exakt den Kraftlinien (für Dehnung und Kompression)

⇒ Inspiration für Architekten und Ingenieure



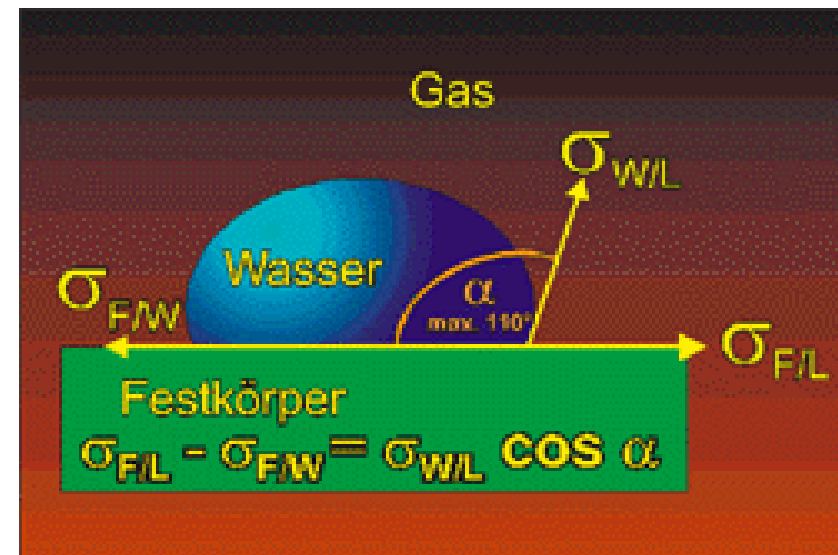
In einer Schnittebene kann man den Verlauf der Spongiosazüge besonders gut verfolgen. In der Zeichnung ausgezogen sind die druckaufnehmenden, gestrichelt die zugaufnehmenden Bälkchen.



Lotus-Effect®

(www.lotus-effect.de)

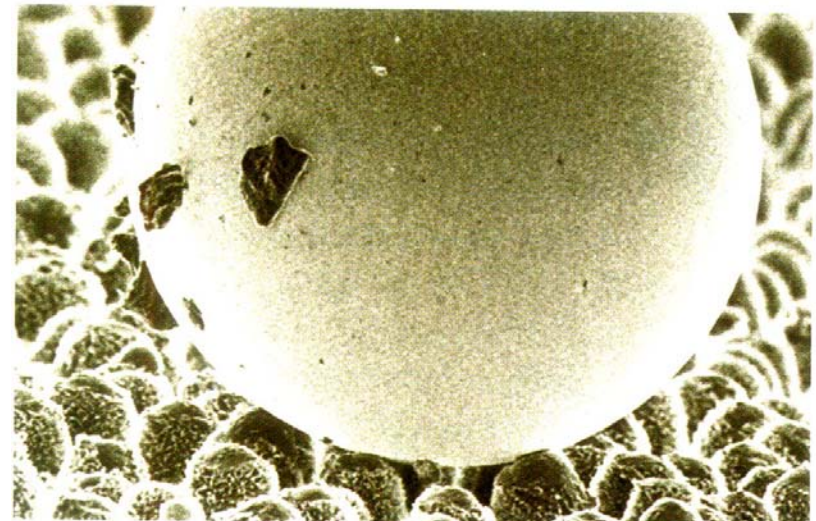
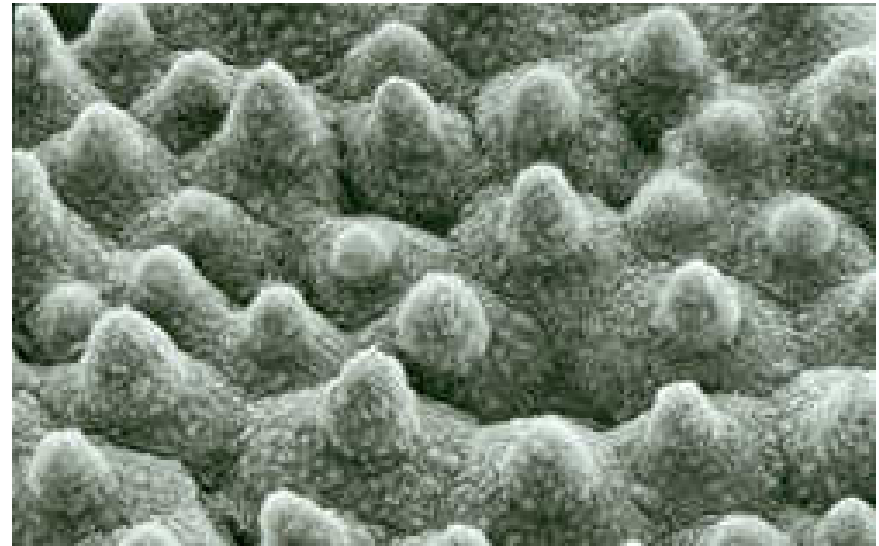
Benetzung:
Klassifizierung über
Kontaktwinkel

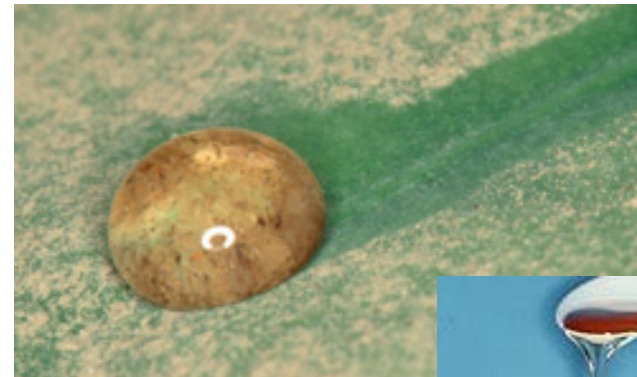
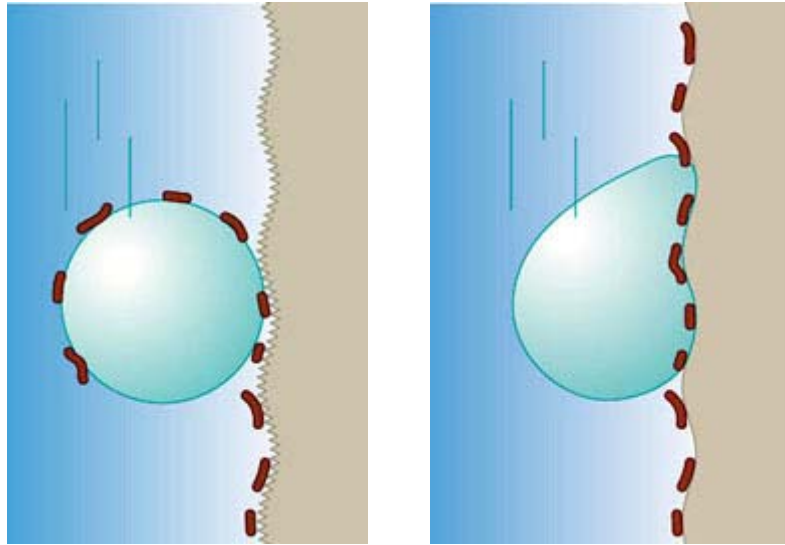




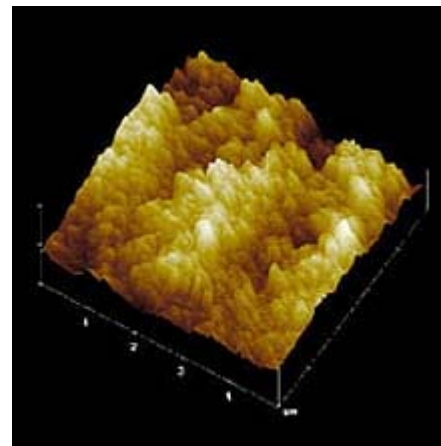
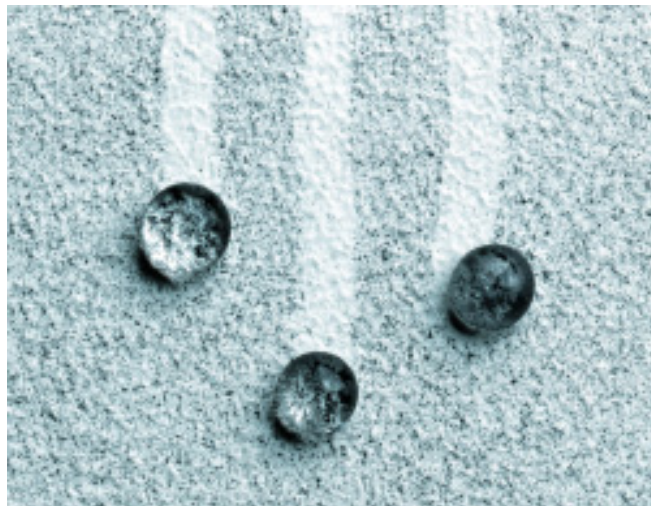
Nelumbo nucifera,
die Heilige Lotusblume

genoppte Wachsoberfläche

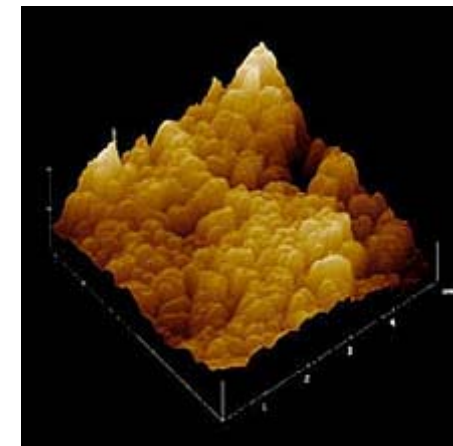




selbstreinigende Oberfläche



Lotuspflanze



Lotusan

www.lotusan.de

künstliches Holz?

Bruch: Energieabsorption durch Bildung neuer Oberfläche; lange Wanderung von Rissen durch das Material

Bruchanomalie wegen **helikaler Struktur** \Rightarrow Festigkeit nur 10% eines normalen Komposits; Spiralriß, -bruch, lateral Zellverbund gelöst



Modellholz: Glasfasermatten mit parallelen Fasern, gefaltet wie Wellpappe, 15° verkippt!

allgemein zelluläre Strukturen = Leichtbau:
Bienenwabenstruktur, Metallschäume, ...

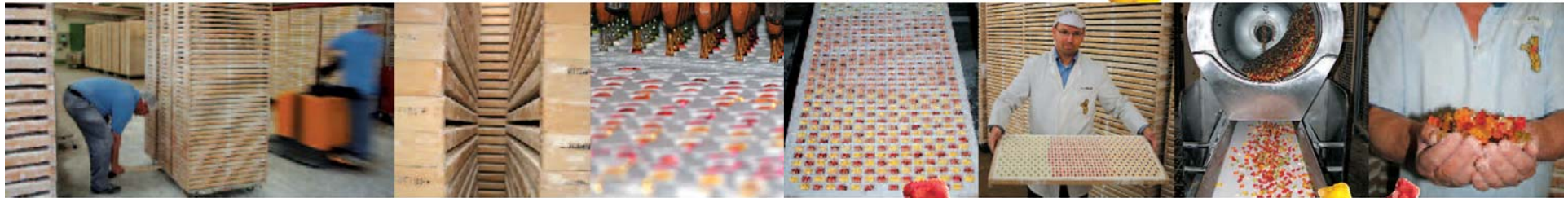




splint – das Magazin für Holzkultur, Nr. 2

splint 2006

schlau



Aus der Kinderstube einer ungefährdeten Tierart

Text: Lars Langhans

Ihr Leben ist kurz – allzu kurz. Und wieder einmal ist der Mensch daran schuld: Erwachsene aller Bildungsschichten – und Kinder ebenso! Führt die globale Gier unserer Zivilisation schon bald zum Aussterben der Spezies der niedlichen Gummibärchen? splint sah sich in einer Fruchtgummifarm in Bonn um und kann nun Entwarnung geben: Dank einer täglichen Tiervermehrung von 100 Millionen Exemplaren und des gezielten Einsatzes von Holz wird es den Goldbären auch in Zukunft geben.

Bei den Goldbären ist es wie bei den Menschen: Wenn sie geboren werden, liegen sie in einer Wiege aus Holz. Ihre Wiege heißt Puderkasten und ist 80 cm lang und 40 cm breit. Bei dem Puder handelt es sich übrigens um Maisstärke.

Die Geburt eines jeden Bären spielt sich so ab, jedenfalls seit 1922 und wenn er aus Fruchtgummi ist: Ein Stempel drückt mehr als 500 Gips-Bären in das feine Stärkepulver. Der Puderkasten rückt auf dem Laufband ein Stück weiter. Feine Düsen spritzen die Geheimmischung aus Fruchtmasse, Aromen und natürlichen Farbstoffen in die Negativformen. Voilà – grüne, gelbe, weiße und orange Goldbären haben das Licht der Welt erblickt, dazu rote in doppelter Anzahl. Nach der Trocknung werden die Gummi-Grizzlys noch mit Bienenwachs beträufelt, damit sie schön glänzen.

Das klingt alles ziemlich simpel. Ist es aber nicht. Nur ein Hightech-Automatenpark, bedient von blind eingespielten Maschinenführern, Ausrichtern und Abfahrern, die ihre gewissenhafte Arbeit in absolut sauberer Umgebung verrichten, kann am Tage millionenfach „geBÄREN“. Weitere Voraussetzung: Das Material der Puderkästen, von denen allein Haribo mehrere Hunderttausende einsetzt, hält den enormen maschinellen Beanspruchungen stand.

Das Material der Wahl ist „Iron Wood“. So nennen die Amerikaner unsere heimische Hainbuche. Ihr Holz ist von Natur aus äußerst hart. Wie das Holz der Rotbuche auch gewährleistet es im Produktionsprozess die dimensionale und geometrische Detailgenauigkeit der Kästen.

Doch die Buche kann mehr als Härte zeigen. Sie bietet für die Lebensmittelhygiene – ein absolutes Muss in der Bärenküche! – wertvolle Pluspunkte. Durch einen Selbstreinigungseffekt entfaltet ihr Holz antibakterielle Wirkung. Mögliche Keime auf der aufnahmefähigen, naturrein belassenen Oberfläche schwinden mit der Zeit, Gerb- und andere Stoffe wirken abtötend. Die 1888 gegründete Treiber Trays GmbH, inhabergeführt in der 5. Generation, ist nach eigenen Angaben der führende Lieferant von Kästen (engl. Trays) für die Süßwarenindustrie.

Die Heidelberger wussten seit langem um diese einzigartigen Vorteile von Holz und ließen sich die lebensmittelrechtliche Unbedenklichkeit ihrer millionenfach bewährten Konstruktionen zusätzlich von Forschern der Uni München bestätigen.

Für Betriebsleiter Andreas Lohmüller, seit 20 Jahren bei Haribo, ist Holz das Multitalent schlechthin: „Die Holz-Trays sind gesundheitlich unbedenklich, kommen ohne Schrauben aus, sind leichter als Kunststoff, verziehen sich nicht und halten bis zu 30 Jahre passgenau den täglichen maschinellen Beanspruchungen stand.“ Nicht wenige stammen noch aus der Zeit seiner Eltern, die vor ihm in dem Traditionsunternehmen arbeiteten.

Bewährte Dinge sollte man nicht verändern. Und schon gar nicht, wenn sie nachweislich zum Artenschutz beitragen.

Foto: Langhans, Haribo (5)