

"Bei der Produktion jeder einzelner ihrer Kreaturen ... vermengt die belebte Natur die **Harmonie der Schönheit** und die Harmonie der **Zweckmäßigkeit** und formt eine einzigartige Form, die aus der Sicht eines Ingenieurs perfekt ist."

M. Tupolew



ButterflyUtopia.com





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

# Bionik

## Lernen von der Natur – Ideen aus dem Wald



Ille C. Gebeshuber

Institut für Angewandte Physik  
Technische Universität Wien  
Österreich



gebeshuber@iap.tuwien.ac.at

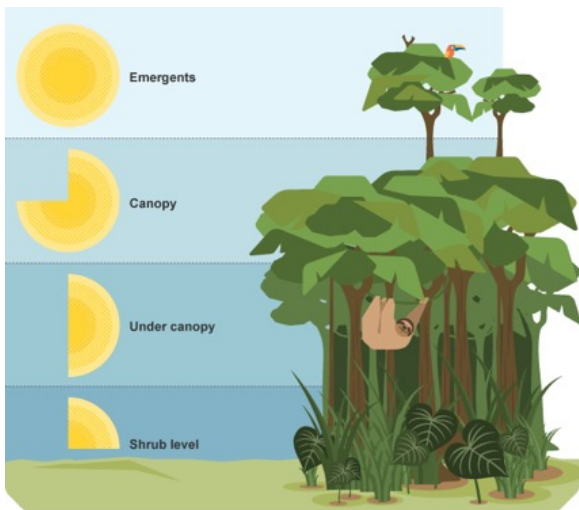
Auf Einladung von



Plattform  
Naturvermittlung

<http://www.ille.com>

# Tief im Dschungel....



... Es ist dunkel.

Doch Regenwald-Unterholzpflanzen können damit umgehen:

Sie haben fantastische Möglichkeiten entwickelt, um mit extrem schlechten Lichtverhältnissen umzugehen.

Manche Lösungen basieren auf Chemie, andere auf Strukturen.



Strukturbasierte Lösungen von Pflanzen für den Umgang mit schlechten Lichtverhältnissen sind beispielsweise:

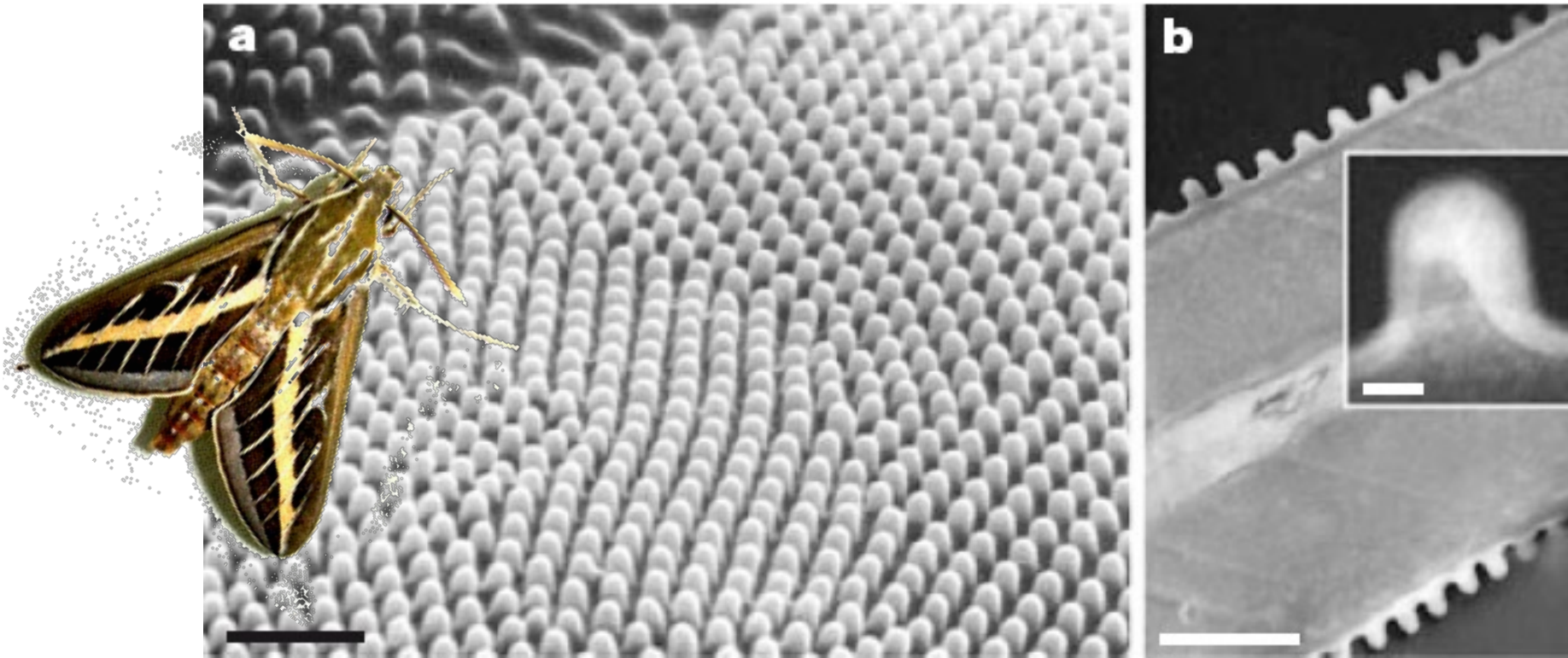
- Entspiegelte Oberflächen
- Optische Linsen, die das Licht auf die Chloroplasten fokussieren

# Entspiegelte Oberflächen

a Ein Mottenaugen, Maßstabsbalken  $1\mu\text{m}$

b Mottenflügel, Maßstabsstange  $1\mu\text{m}$

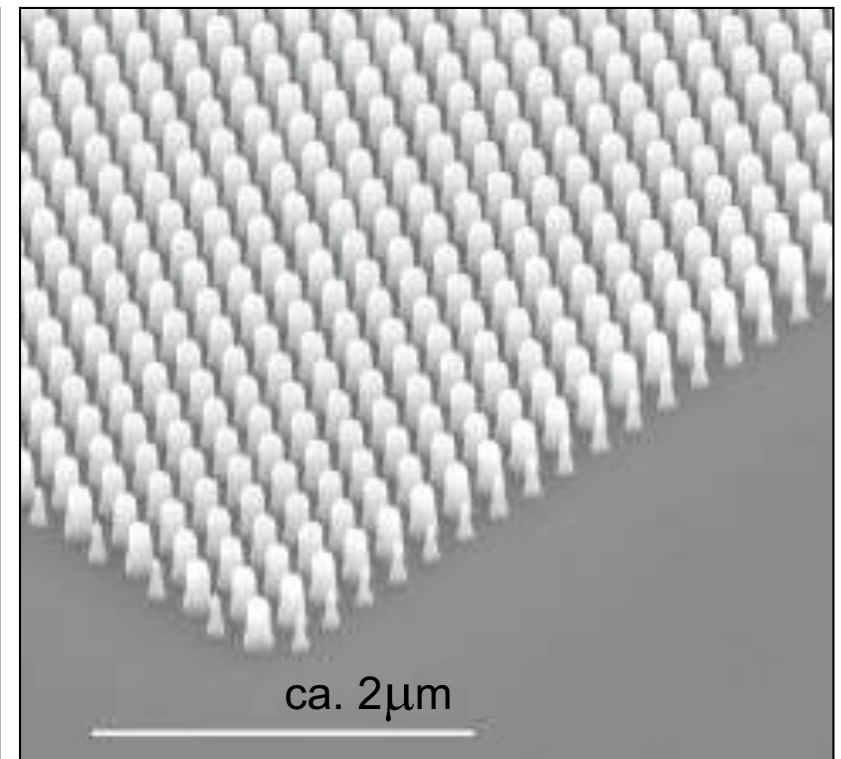
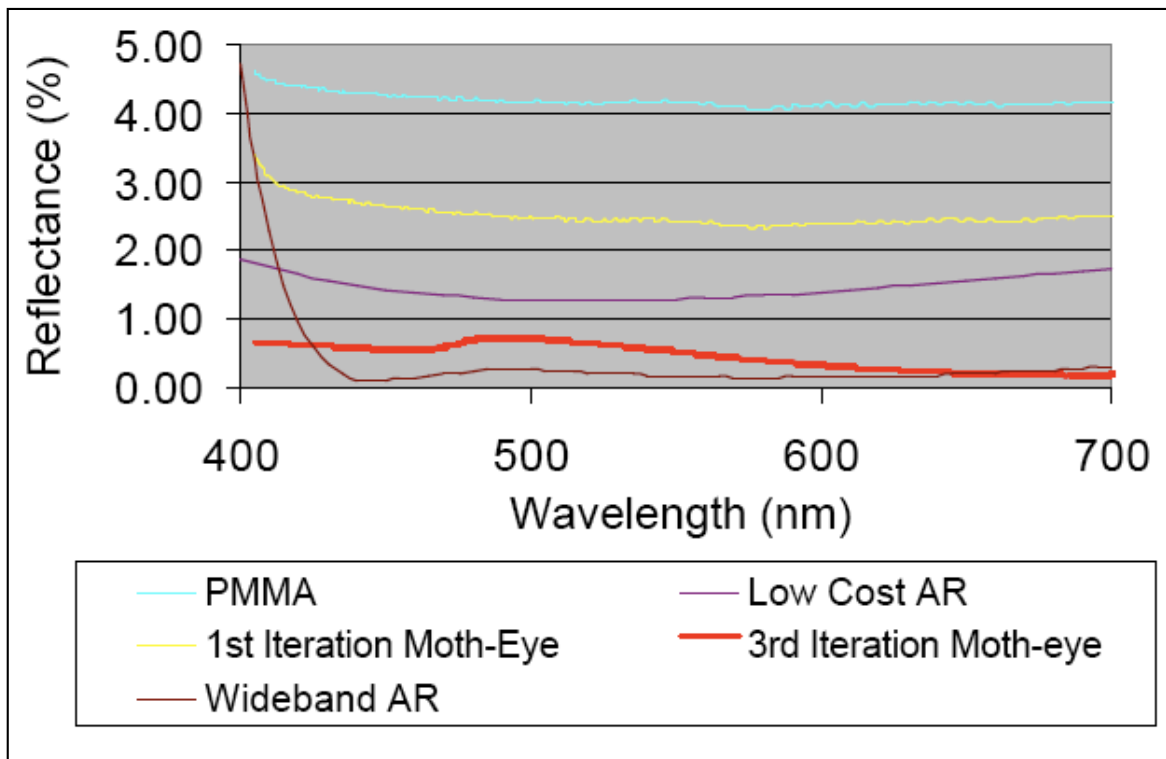
c Einzelner Nippel, Maßstabsstange  $100\text{ nm}$



# Entspiegelte Oberflächen

Reflexit™

<http://www.instrumentation-optics.com/>



**S.A. Boden and D.M. Bagnall**

*Biomimetic subwavelength surfaces for near-zero reflection sunrise to sunset*

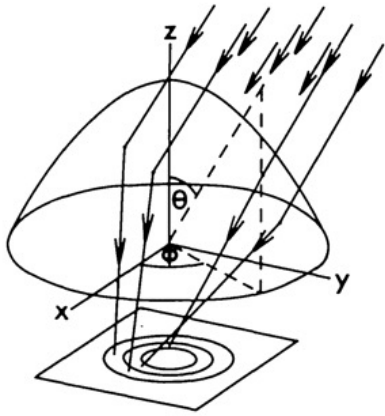
Proc. 4<sup>th</sup> IEEE World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Hawaii 1358-1361, 2006

# Optische Linsen & Stempel





# Original-Stempel



**Bone R.A., Lee D.W. und Norman J.M.**  
*Epidermiszellen, die als Linsen in Blättern  
 tropischer Regenwaldschattenpflanzen  
 fungieren*  
 Angewandte Optik 24(10): 1408–1412, 1985

(a, b) *Ficus elastica*

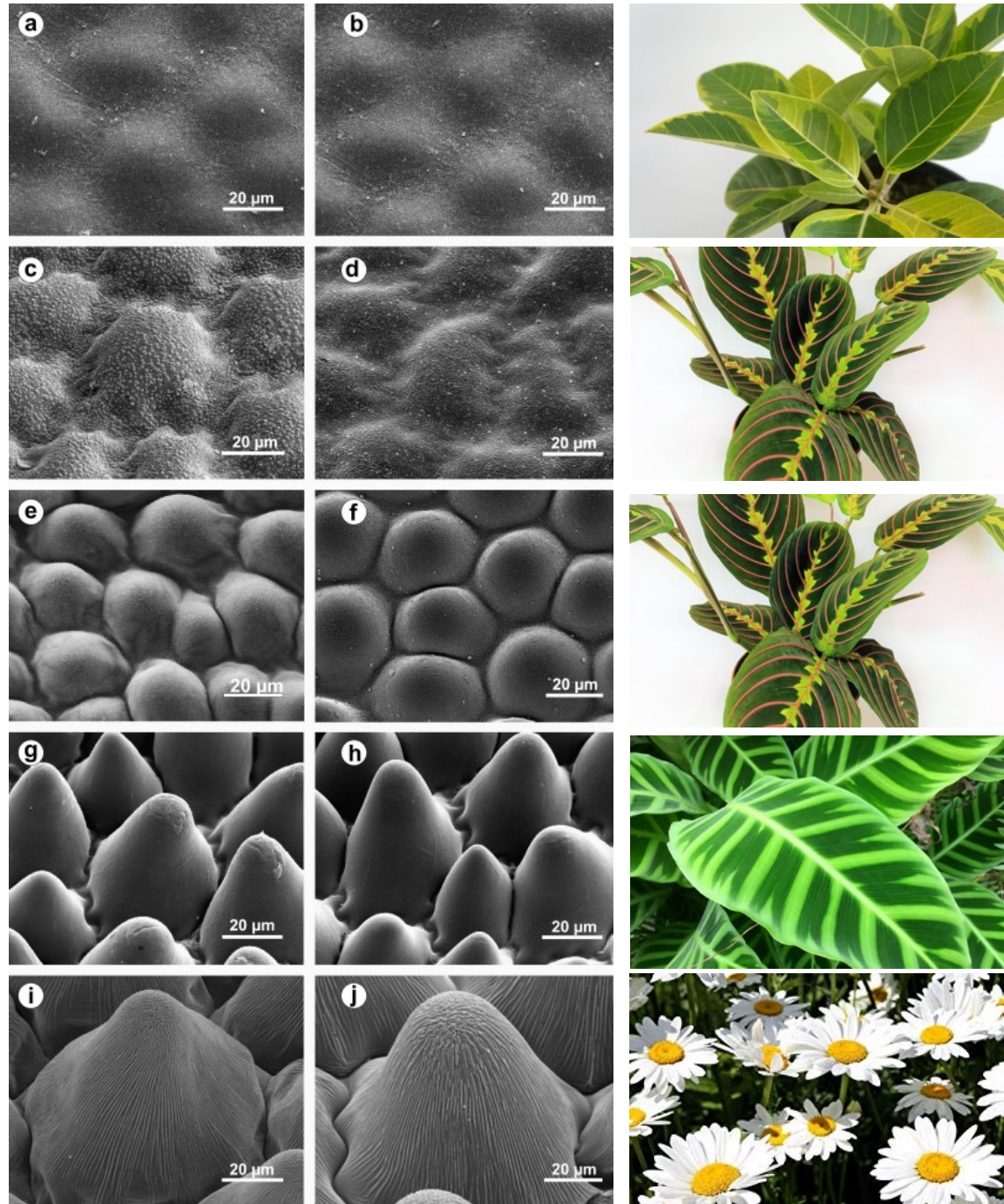
(c, d) *Maranta leuconeura*

(e, f) *Maranta leuconeura*  
 (dark patches)

(g, h) *Calathea zebrina*

(i, j) *Chrysanthemum  
 leucanthemum*

**Schulte A.J., Koch K., Spaeth M. and Barthlott W.**  
*Biomimetic replicas: Transfer of complex  
 architectures with different optical properties  
 from plant surfaces onto technical materials.*  
 Acta Biomaterialia 5(6):1848 – 1854, 2009

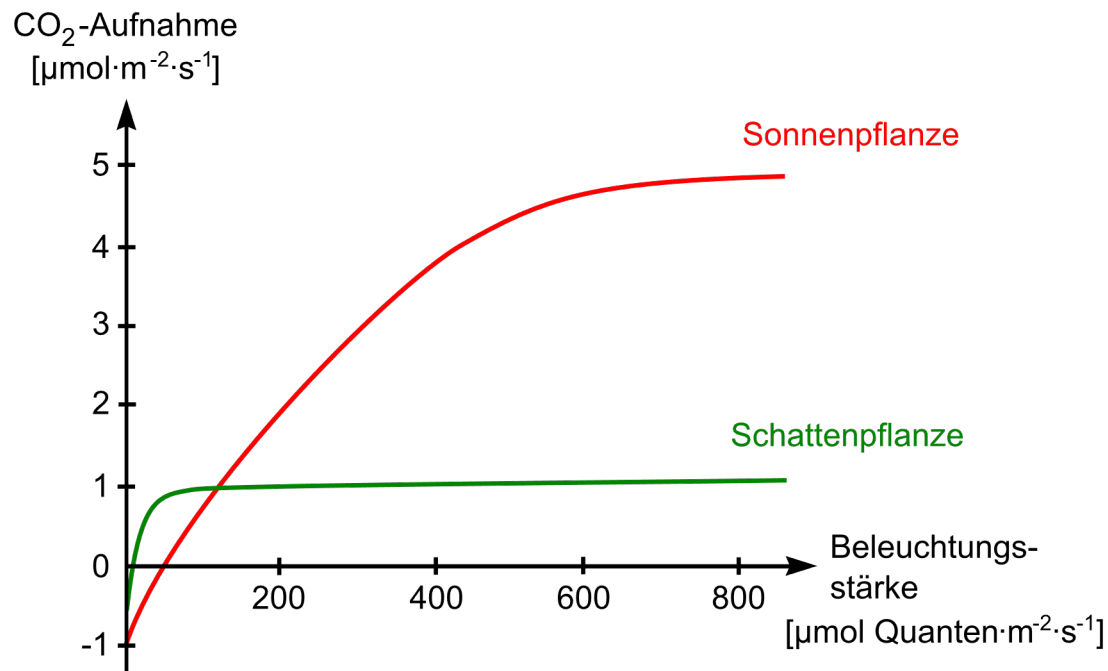


# Waldsauerklee – die schattenverträglichste heimische Pflanzenart

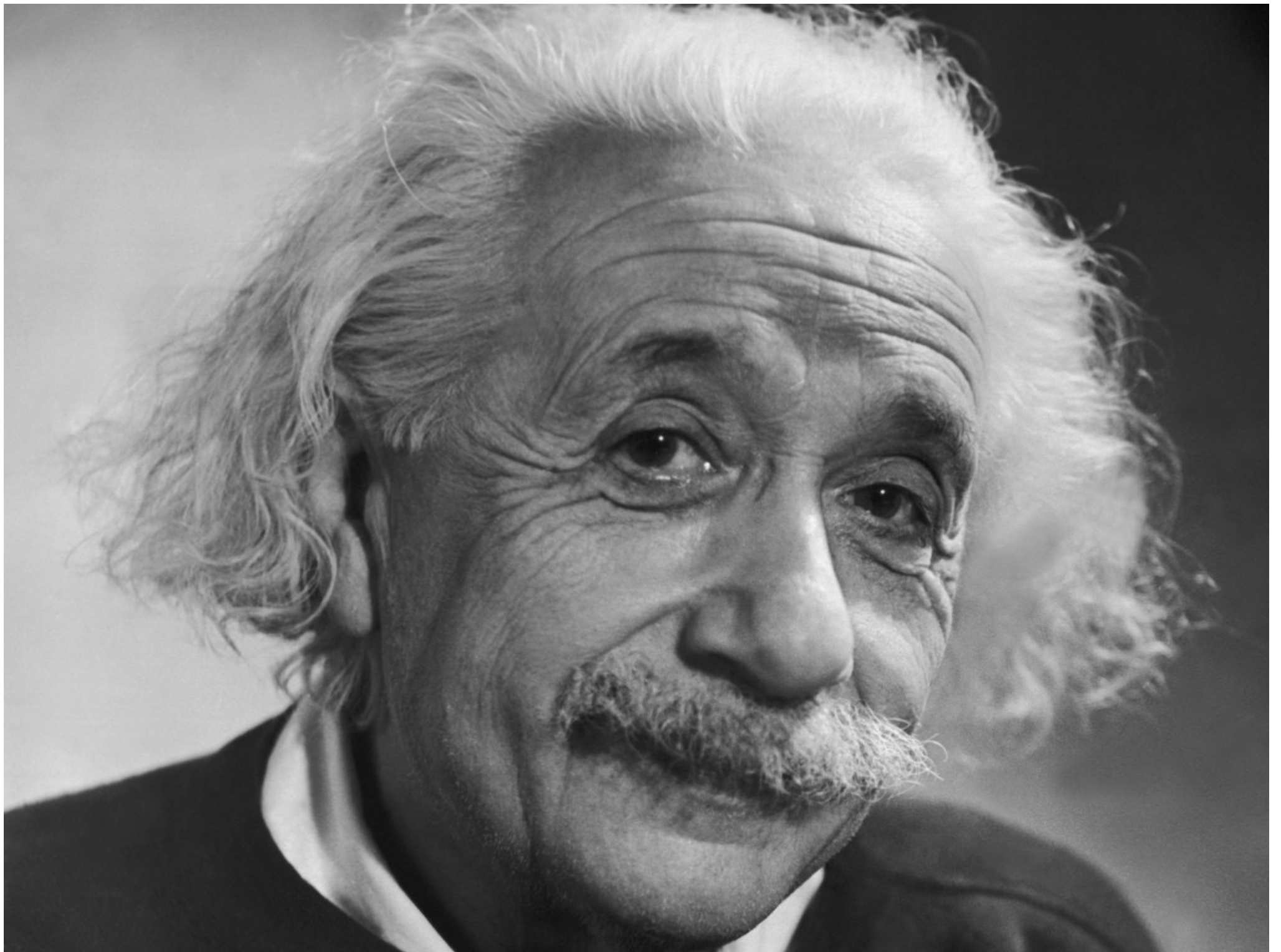


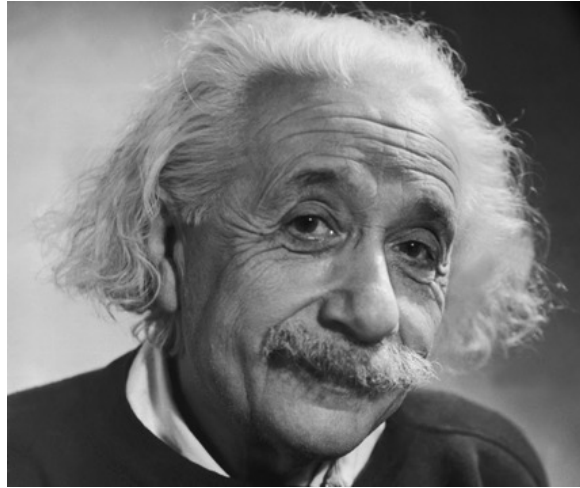
Bild: © Gudrun Fuß.  
Ökologin, Natur- und Landschafts-  
vermittlerin, Mitarbeiterin des  
Naturschutzbundes OÖ

# Schattenpflanzen



Abhängigkeit der **Photosyntheserate** (Ordinate) von der zur Verfügung stehenden **Beleuchtungsstärke** (Abszisse) bei Sonnen- bzw. Schattenpflanzen. Der Lichtsättigungspunkt wird von Schattenpflanzen wesentlich schneller erreicht, ihr Lichtkompensationspunkt liegt auch niedriger. Im positiven Bereich der Ordinate findet eine Netto-Photosynthese statt, während im negativen Bereich eine Netto-Atmung auftritt.





*Wir können Probleme nicht lösen, indem wir die gleiche Art von Denken verwenden, mit der wir sie geschaffen haben.*

Albert Einstein





# Pflanzengallen – Programmierbares Material





# Fichtengallen – Inspiration für Wachstum in funktionaler Form

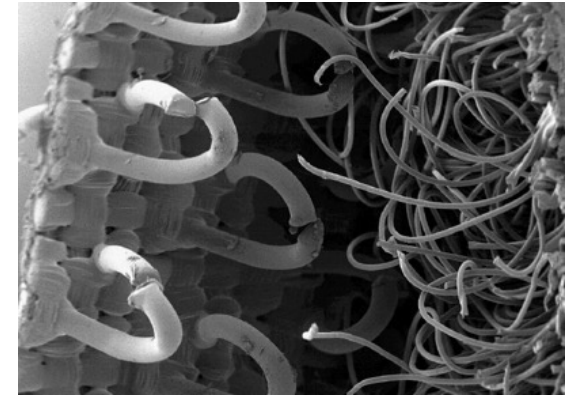


Bild: © Holger Krisp.

**Bionik**

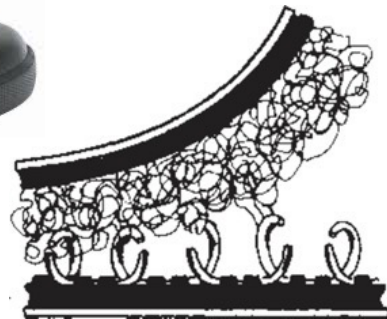
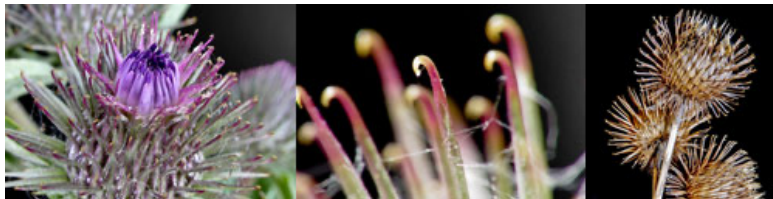


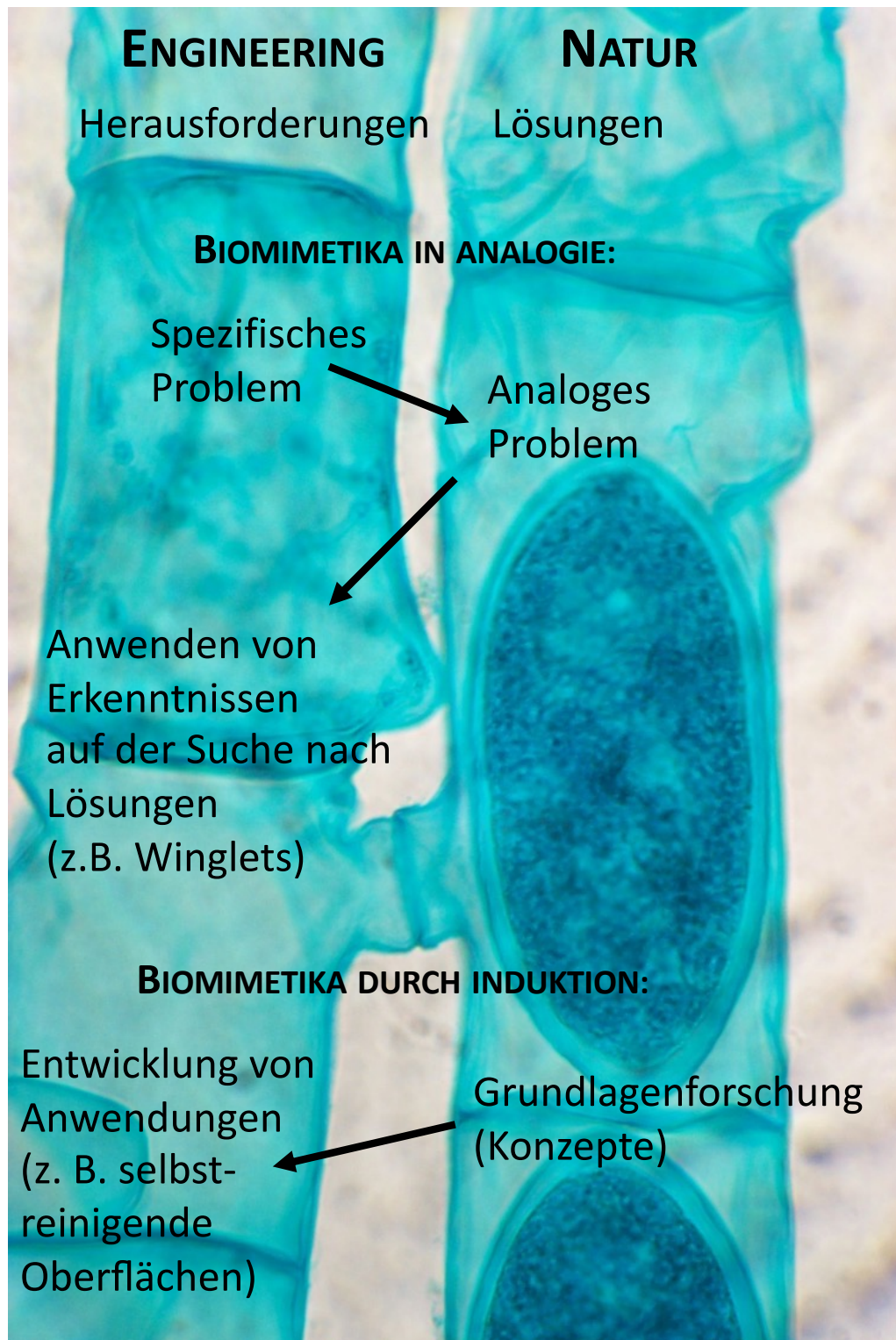
# Bionik



*Bionik ist die Abstraktion  
von gutem Design aus der Natur.*

Zentrum für Bionik, Großbritannien

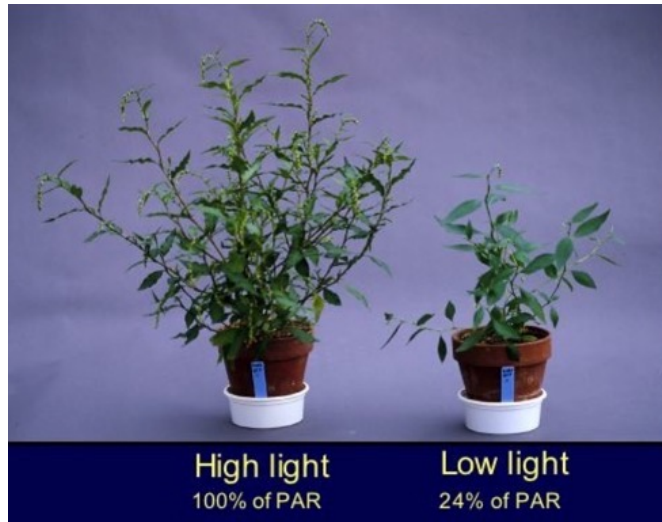




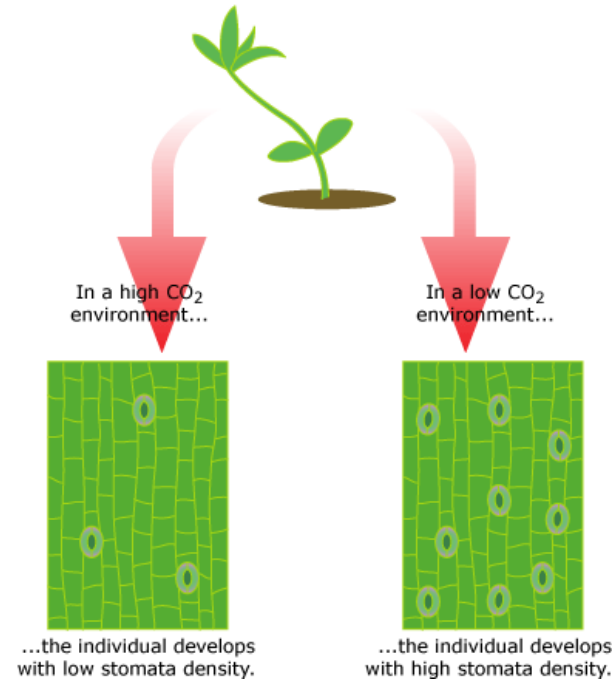
**Gebeshuber I.C. and Drack M.**  
*An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering*  
Proc. IMechE Part C: J. Mech. Eng. Sci.  
222(7), 1281-1287, 2008

- Wenn wir bionische Technik anwenden, insbesondere solche, die auf der Nachbildung von Strukturen basiert, nutzen wir alles, was möglich ist, nicht nur das, was durch den Einsatz menschlichen Einfallsreichtums möglich ist.
- Auf diese Weise ist es wie AlienTechnology oder Technologie der Zukunft.
- Wir brauchen keine Science-Fiction, wir haben Bionik!





Change in stomata density in an individual due to phenotypic plasticity



HL(Short day)



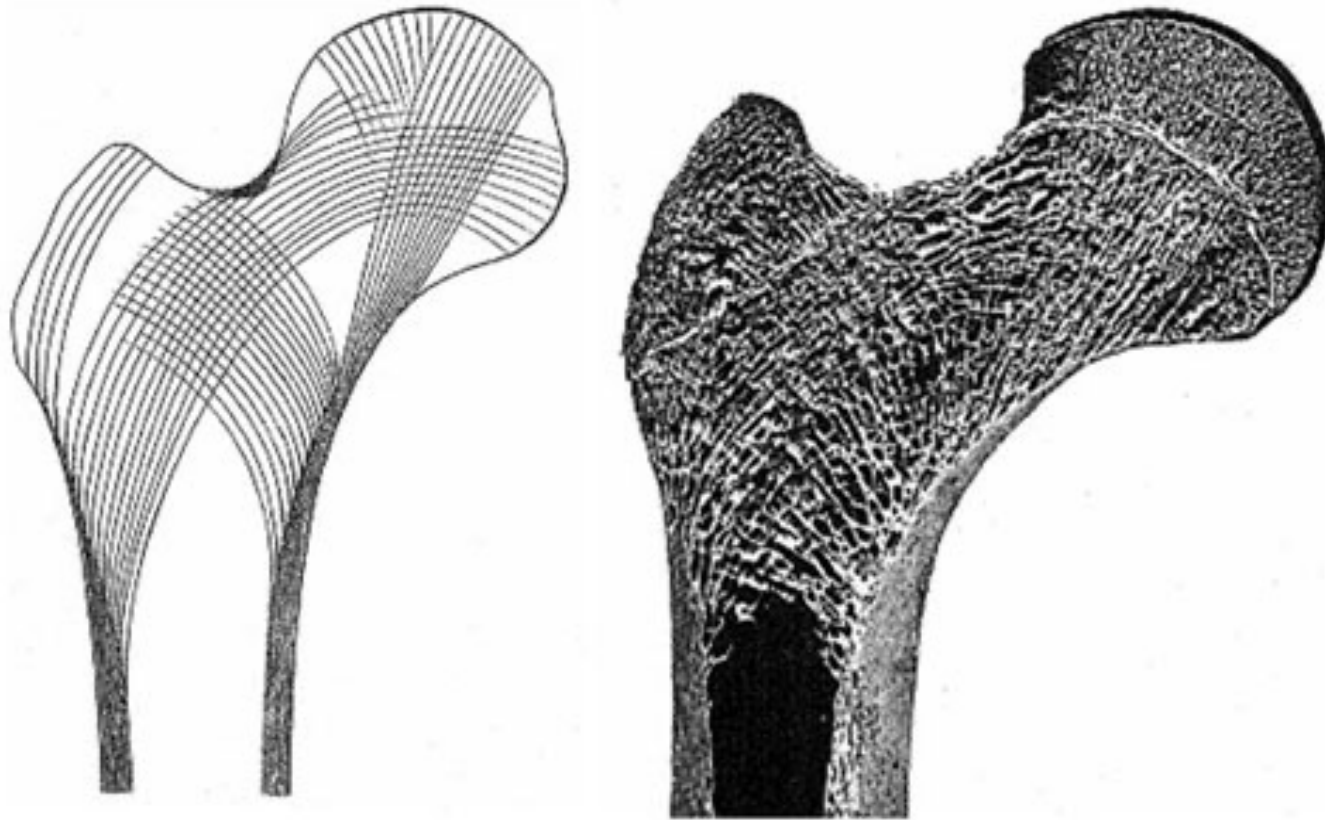
HL(Long day)



Field

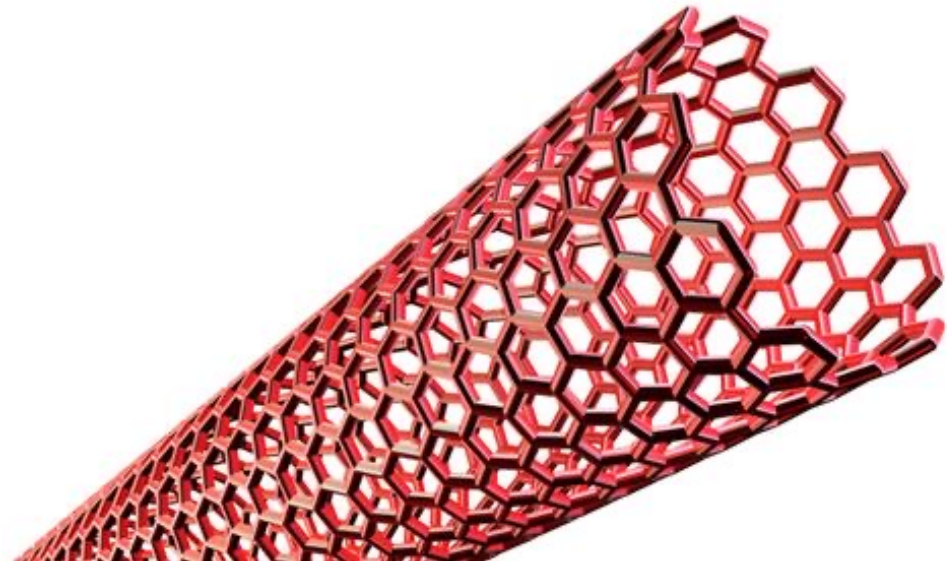
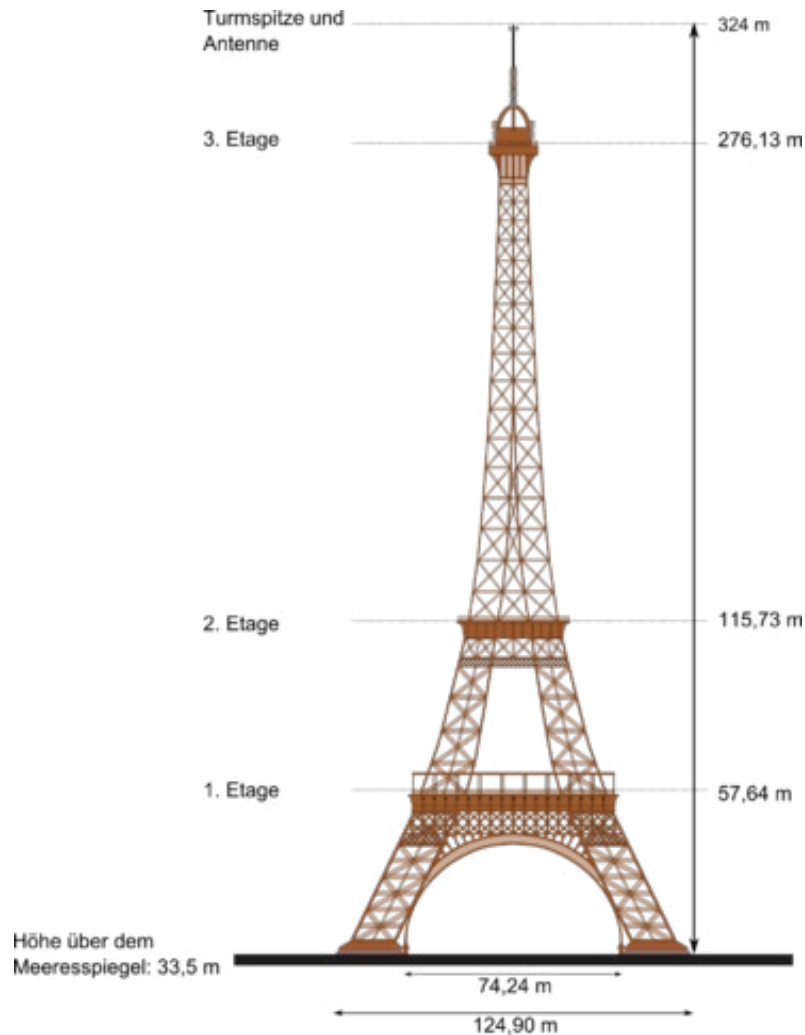
Genotyp (G) + Umwelt (E) + Wechselwirkungen zwischen Genotyp und Umwelt (GE) → Phänotyp (P)

# Material vs. Struktur natur



Biomimetisches Prinzip: Struktur statt Material

# Material vs. Struktur menschengemacht



Biomimetisches Prinzip: Struktur statt Material

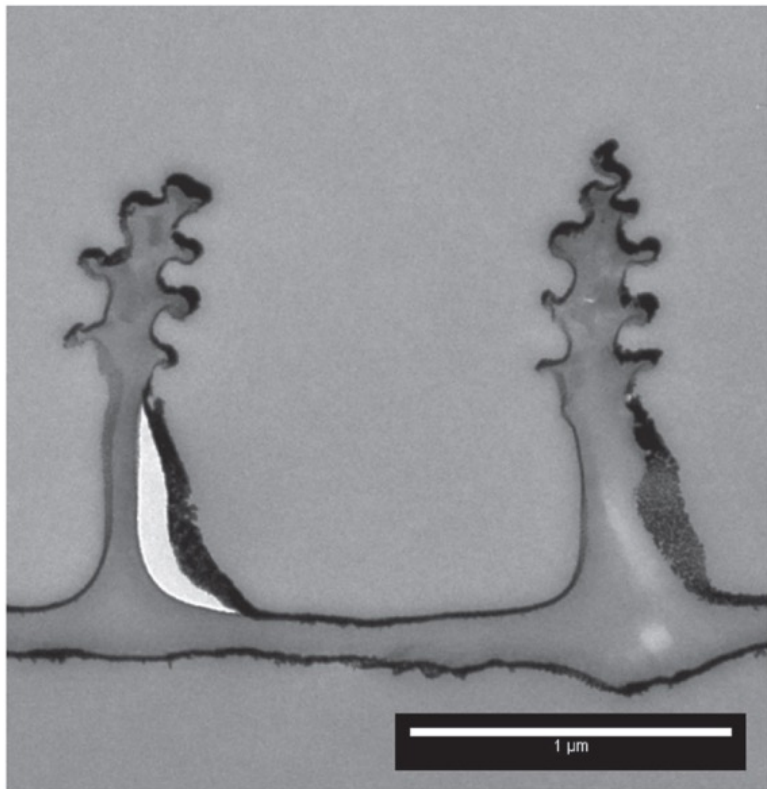
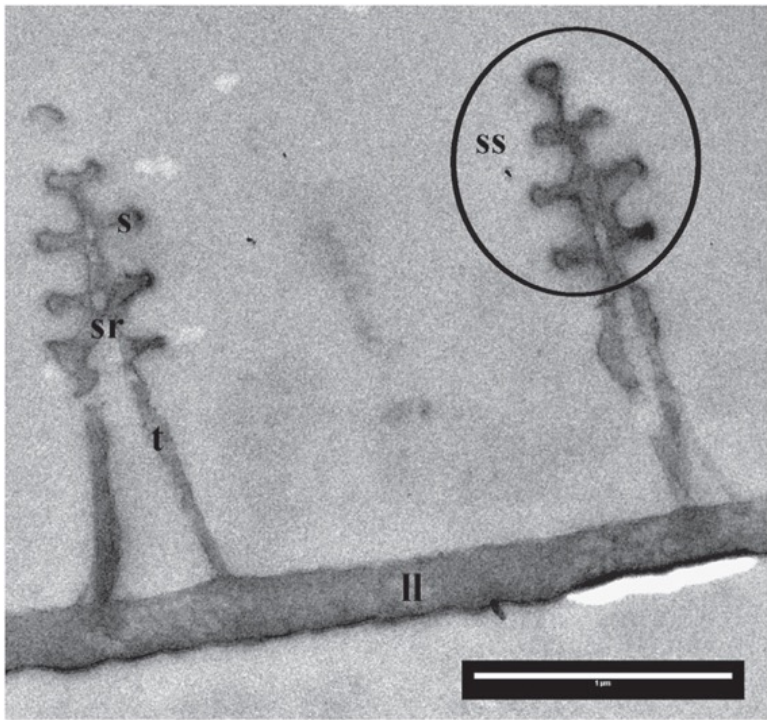




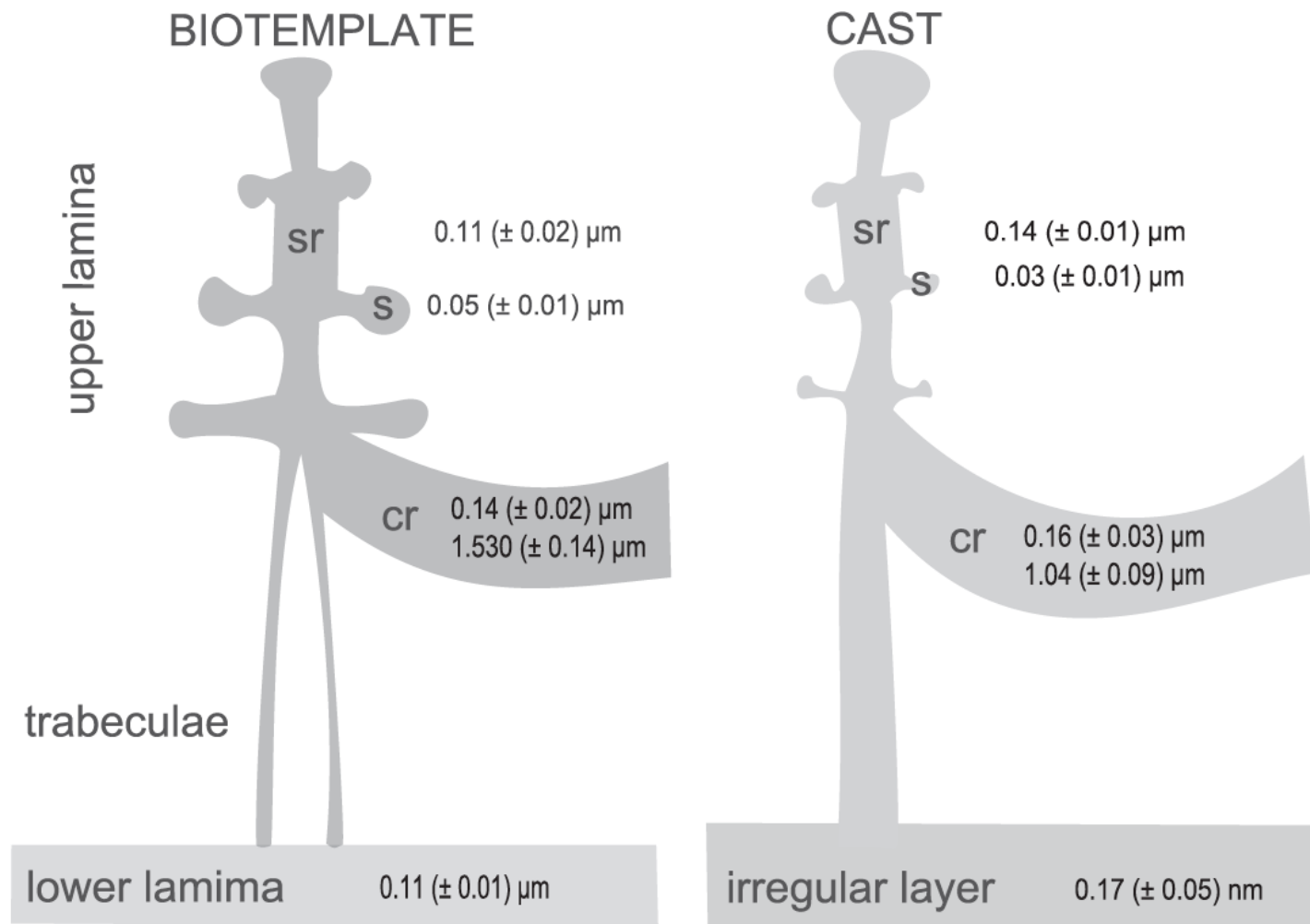
Bionisches Prinzip: Struktur statt Material



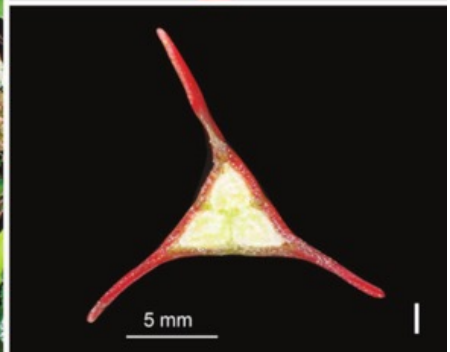




**Zobl Z., Salvenmoser W., Schwerte T.,  
Gebeshuber I.C. and Schreiner M.**  
*Morpho peleides butterfly wing imprints as structural colour stamp*  
*Bioinspiration & Biomimetics* 11(1) 016006(17 pp), 2016



**Figure 10.** Schematic view of the transverse ridge-lamellae of a *Morpho peleides*'s cover scale section (biotemplate) and the respective first positive epoxy resin imprinted (cast) section obtained with 1% release agent solution; inserted measurements of their structures obtained by the images of the scanning and transmission electron microscopes. All data ( $\mu\text{m}$ ), ( $n = 5$ ) with standard deviations ( $\pm$ ) for subrib height (sr) and thickness of the shelves (s) as well as the length and diameter of the respective crossribs (cr).

















## Weiterführende Lektüre



Den wachsenden Problemen der Menschheit können wir nur durch ein Mehr an Phantasie und Kreativität entgegentreten.

Hier erweist sich die Natur als unerschöpflicher Lehrmeister.