



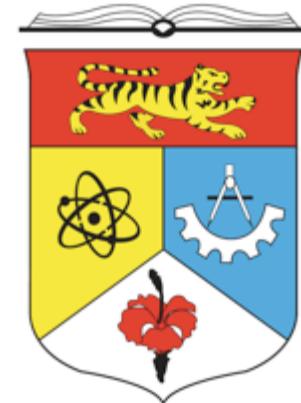
# Lernen von der Natur

*Für besseres Wirtschaften  
und nachhaltige Technologien*



Ilse C. Gebeshuber

IMEN, Universiti Kebangsaan Malaysia  
AC²T Austrian Center of Competence for Tribology  
Vienna University of Technology, Austria



# Kurzfassung

Wir Menschen tun uns schwer, wirklich **nachhaltig** zu wirtschaften, nachhaltige Technologien zu entwickeln.

Und das, obwohl wir direkt vor unserer Haustüre den besten Lehrmeister haben: Die belebte Natur. Die Vortragende stellt Methoden der nachhaltigen **Bionik** vor, und wie wir durch ihre erfolgreiche Umsetzung einige der **größten Herausforderungen unserer Zeit** adressieren können.

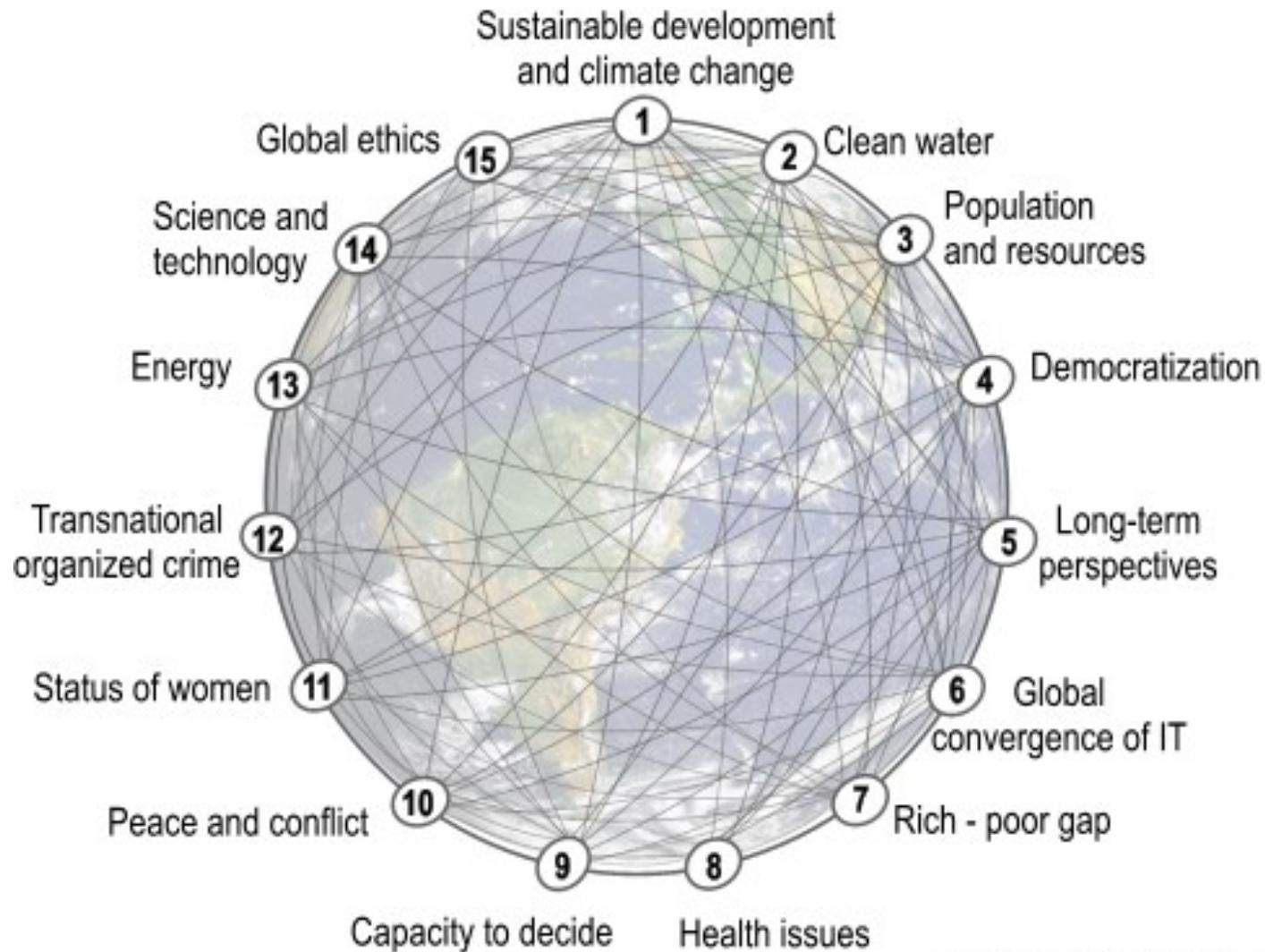
# Was erwartet uns bei diesem Vortrag:

- Die globalen Herausforderungen
- Materialien, Strukturen und Prozesse  
(in der Technik vs. der belebten Natur)  
\*\*\* mit vielen Beispielen \*\*\*
- Bionik
- Nachhaltigkeit
- Neues Wirtschaften, neue Technologien  
\*\*\* nachhaltig und cool \*\*\*

# Motivation

- Durch unsere Art des Wirtschaftens und unseren Umgang mit Ressourcen (Stichwort: Industrialisierung) haben wir in unserer Welt viele Probleme erzeugt.
- Global Challenges – Millennium Projekt

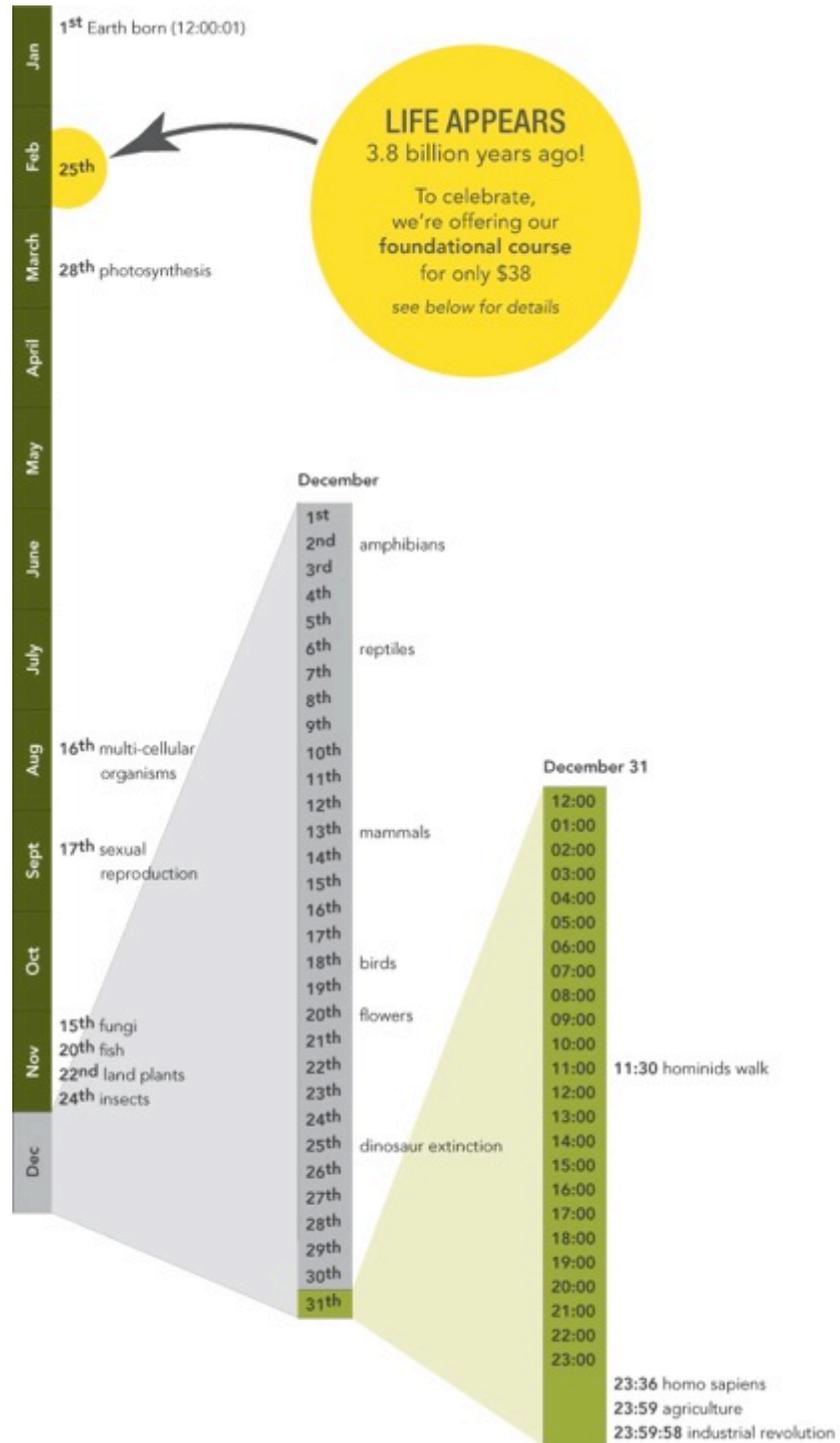
# 15 Global Challenges facing humanity



by The Millennium Project  
[www.millennium-project.org](http://www.millennium-project.org)

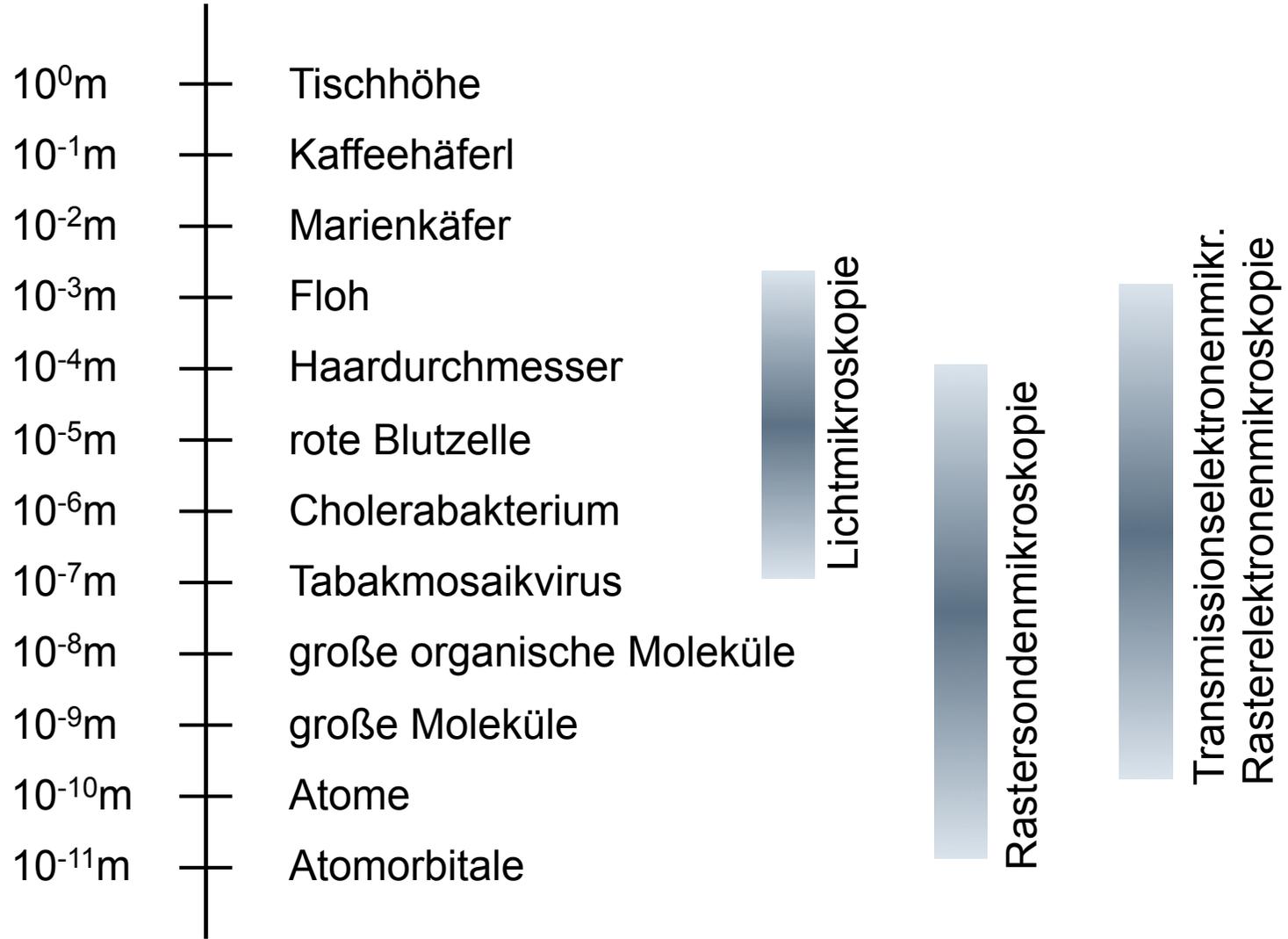
# Motivation II

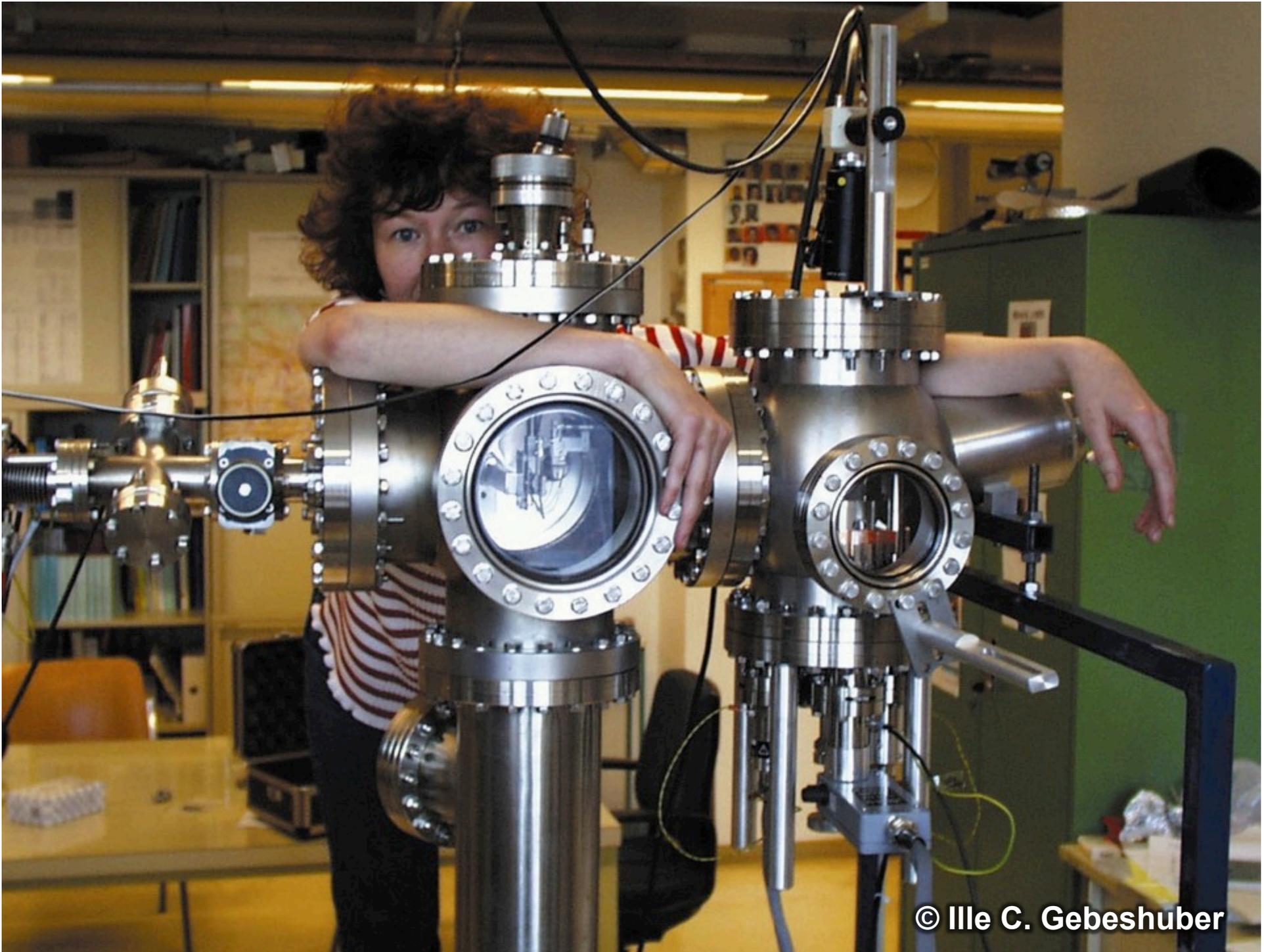
- Durch unsere Art des Wirtschaftens und unseren Umgang mit Ressourcen (Stichwort: Industrialisierung) haben wir unsere Welt an einen Tipping Point gebracht.
- Wenn wir ein Massenaussterben der Arten verhindern wollen, müssen wir unsere Zugänge massiv verändern.



# Von Mega zu Nano

- 1 Megameter = 1000 Kilometer =  $10^6$  m
- 1 Kilometer = 1000 Meter =  $10^3$  m
- 1 Meter = 1000 Millimeter = 1 m
- 1 Millimeter = 1000 Mikrometer =  $10^{-3}$  m
- 1 Mikrometer = 1000 Nanometer =  $10^{-6}$  m
- 1 Nanometer = 0,000 000 001 Meter =  $10^{-9}$  m
  
- 1 000 000 000 Nanometer = 1 Meter
- Durchmesser eines Haares = 100 Mikrometer
- Durchmesser eines Haares = 100 000 Nanometer





© Ille C. Gebeshuber

D:\measurements\AFMcontact\Ille\030300\m12\_ori

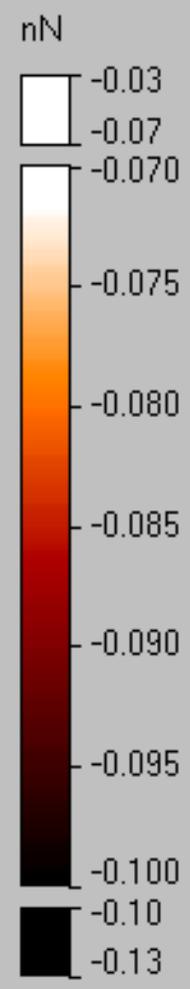
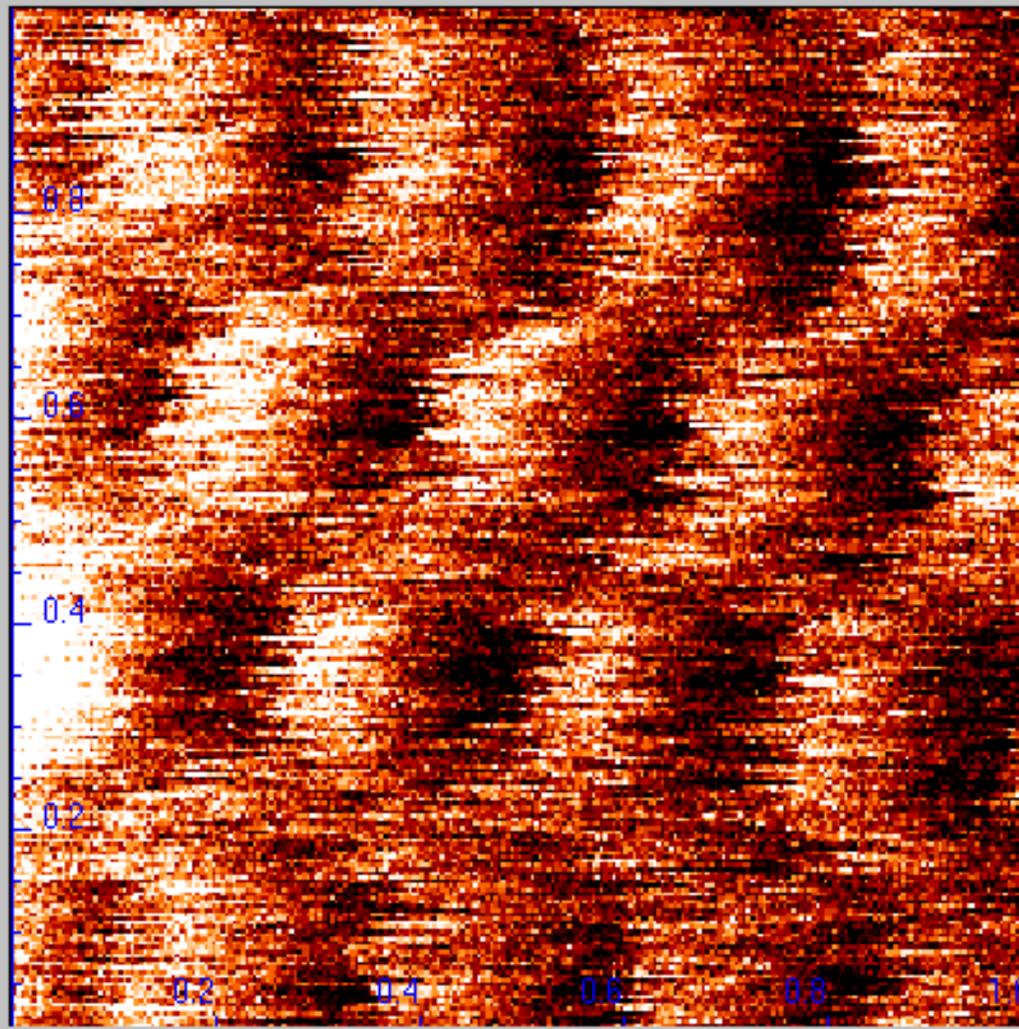
Frame Size: 1.00 nm x 1.00 nm (250 x 250)  
Original 03.03.2000 15:27

Channel:

FL ->

Reset

Active



Display Options:

Background Correction  
Select Plane  
Plane

Raw Data Scale  
 Interpolation  
 Display Axes

Processing Options:  
Background Correction  
Select Plane  
Plane  
Area Selection  
Invert  
Comment

Cursor Colour:

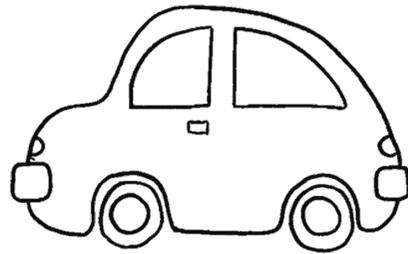
Help Duplicate Colour ... Reload Close

© Ille C. Gebeshuber



© Ille C. Gebeshuber

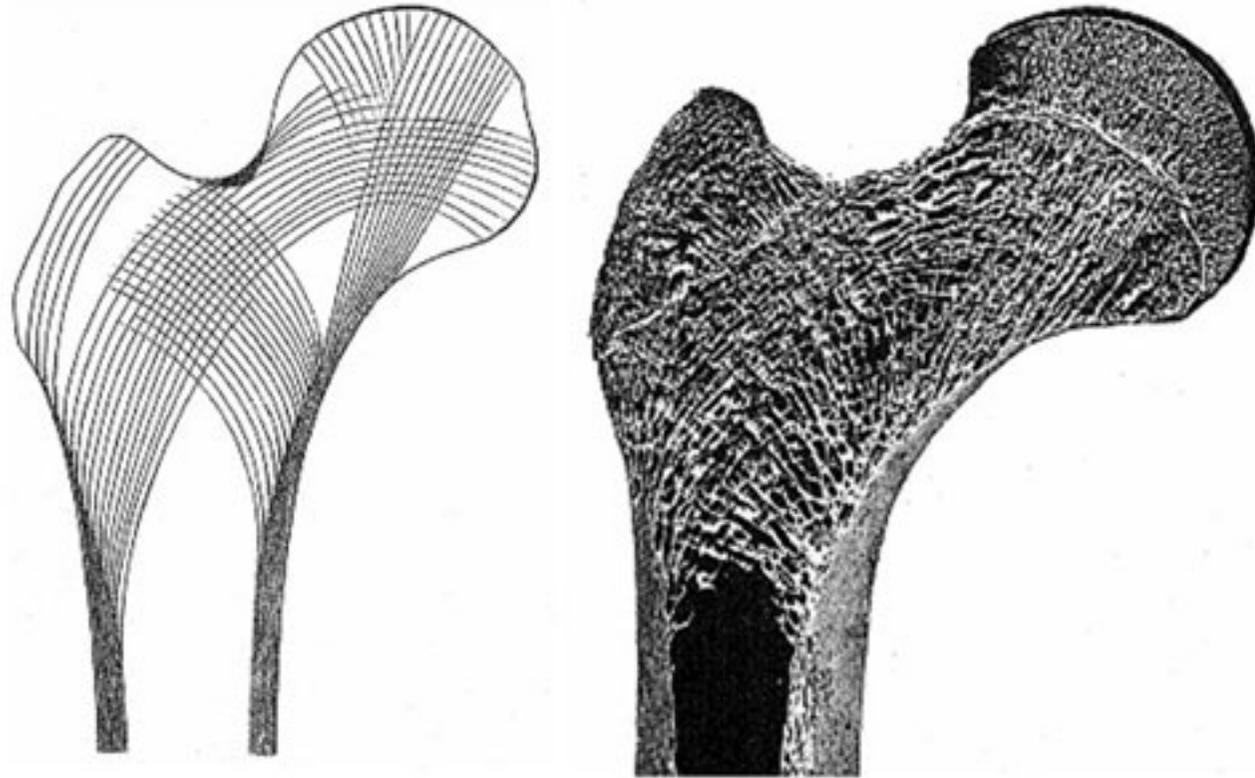
# Produktion - technisch



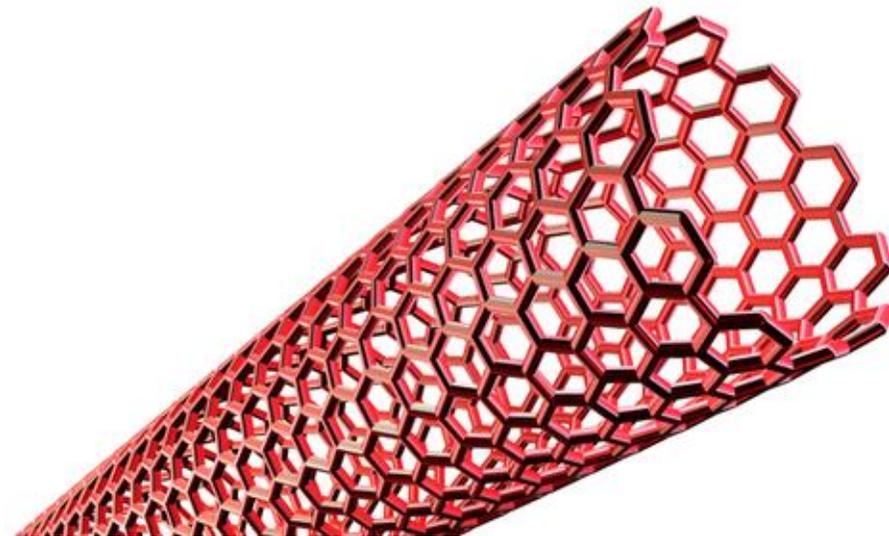
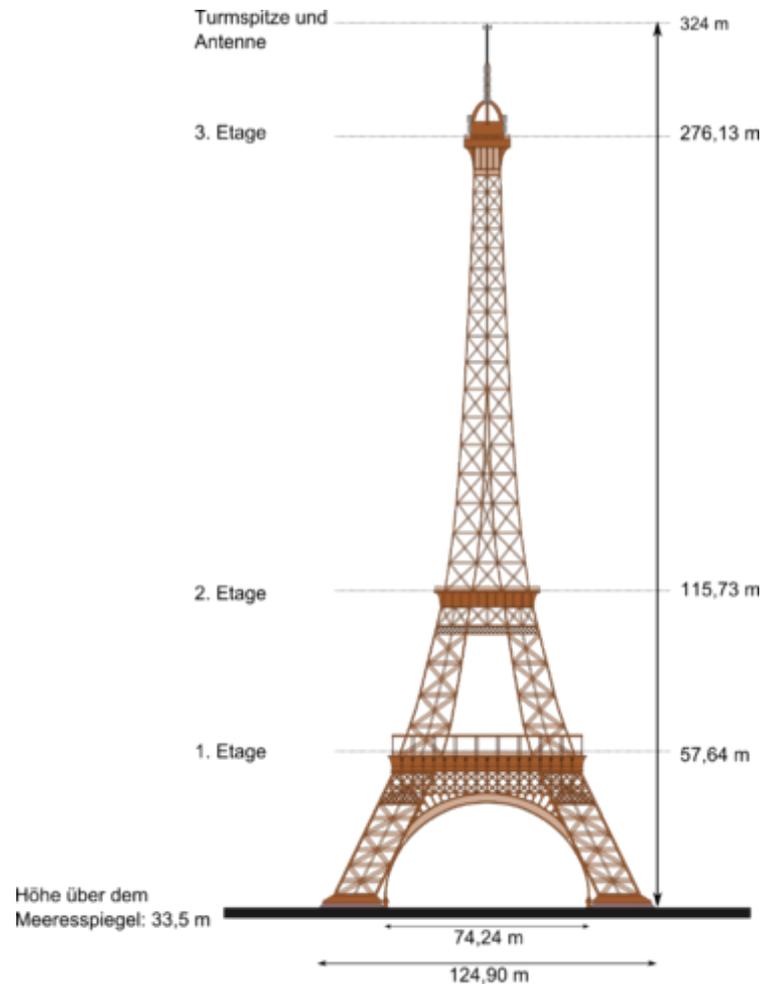
# Produktion - biologisch



# Material vs. Struktur - biologisch

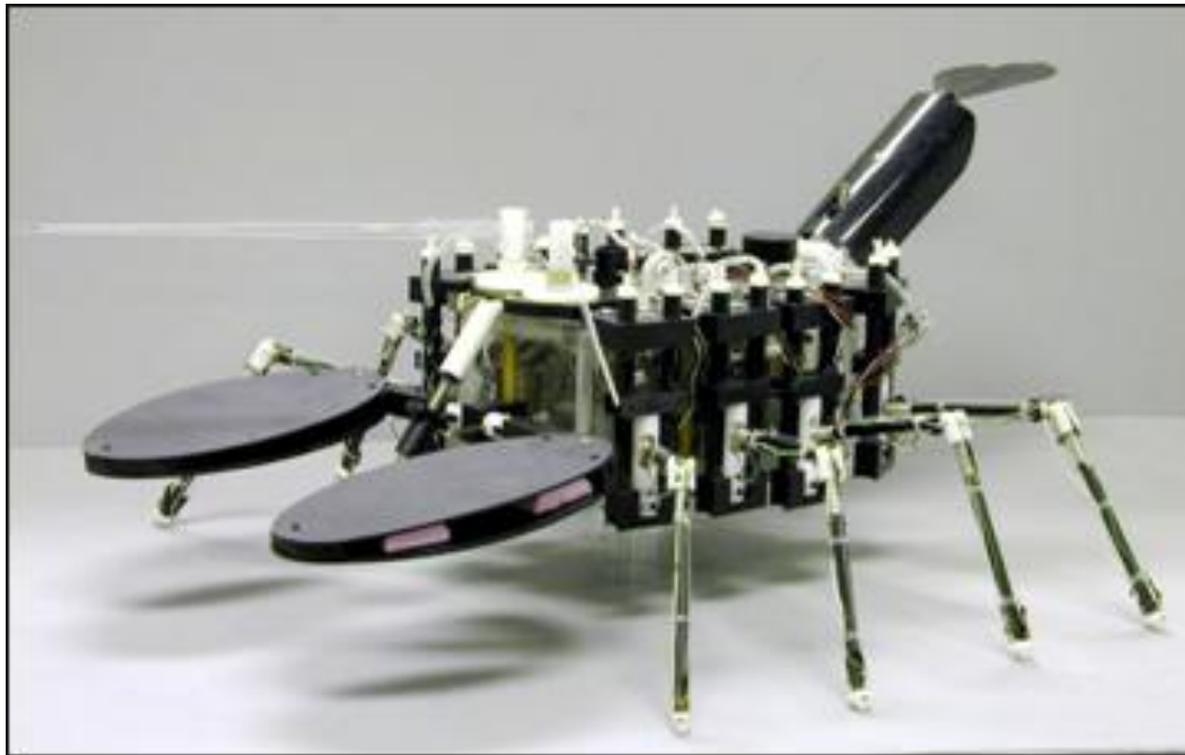


# Material vs. Struktur - technisch



# Biomimetik (Bionik)

**Biomimetik** (v. griech.: *bios* = Leben + *mimesis* = Nachahmung).



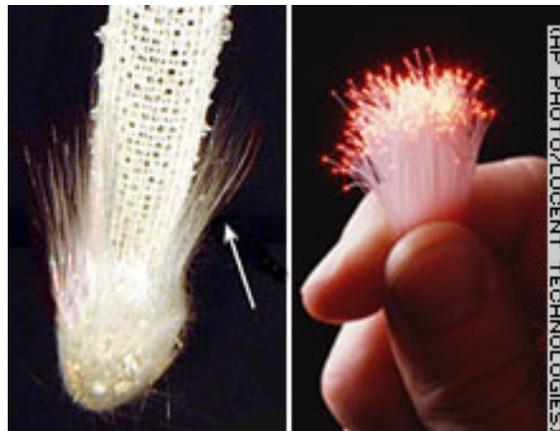
# Biomimetik (Bionik)

Der deutsche Ausdruck **Bionik** setzt sich aus "Biologie" und "Technik" zusammen und bringt damit zum Ausdruck, wie für technische Anwendungen Prinzipien verwendet werden können, die aus der Biologie abgeleitet wurden.



# Bionik

In der Bionik werden biologische Strukturen und Organisationformen entweder direkt als Vorlage verwendet (**Problembasierte Bionik**, Analogie-Bionik) oder abstrahiert (losgelöst vom biologischen Vorbild, **Lösungsbasierte Bionik**, Abstraktions-Bionik) und als Ideenvorlage oder Inspiration für technische Problemlösungen zu Nutze gemacht.



# Bionik

Die abstrahierten Form-, Struktur- oder Formprinzipien natürlicher Systeme können dann in technische Anwendungen übertragen werden.

Nachdem diese neuen Prinzipien in der Technik etabliert sind, können die Anwendungen in jedem geeigneten Bereich statt finden.

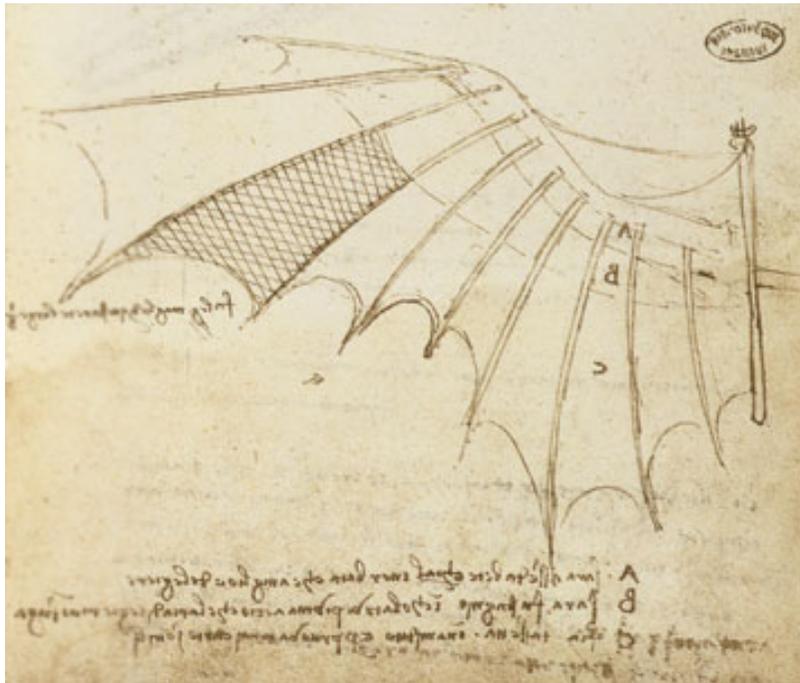
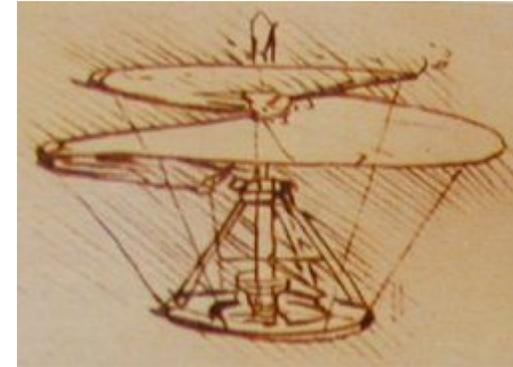
# Bionik

Diese Herangehensweisen werden u. a. dadurch begründet, dass im Laufe der **Evolution** viele biologische **Lösungen optimiert** wurden.

Für **Kreationisten** sind die oft verblüffenden Erkenntnisse der Bionik dagegen weitere Beweise für das **Intelligent Design durch einen Schöpfer** in der Natur.

# Bionik

Als historischer Begründer der Bionik wird häufig **Leonardo da Vinci** (1452-1519) angeführt, der z.B. den Vogelflug analysierte und versuchte, seine Erkenntnisse auf Flugmaschinen zu übertragen.



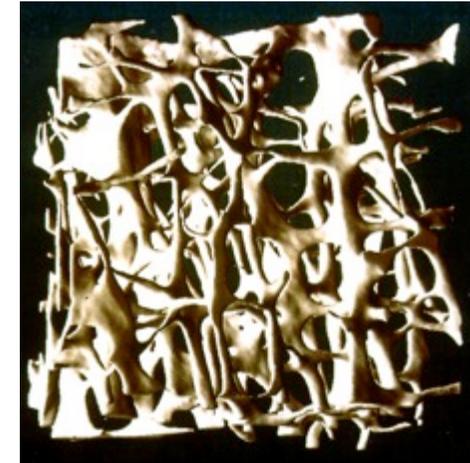
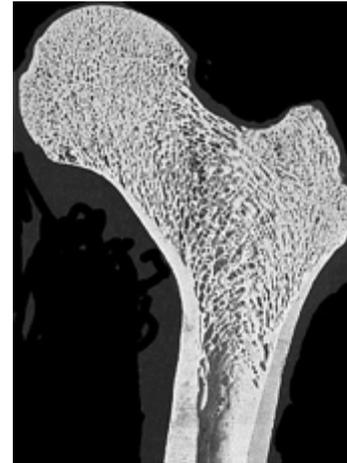
# Bionik

- **Das erste deutsche Patent im Bereich Bionik** wurde 1920 Raoul Heinrich Francé für einen „Neuen Streuer“ nach dem Vorbild einer Mohnkapsel erteilt (Dt. Patentamt, Nr. 723730).
- Allerdings hat sich die Bionik erst in den letzten Jahrzehnten v. a. aufgrund neuer und verbesserter Methoden (Rechnerleistung, Produktionsprozesse) zu einer **etablierten Wissenschaftsdisziplin** entwickelt.



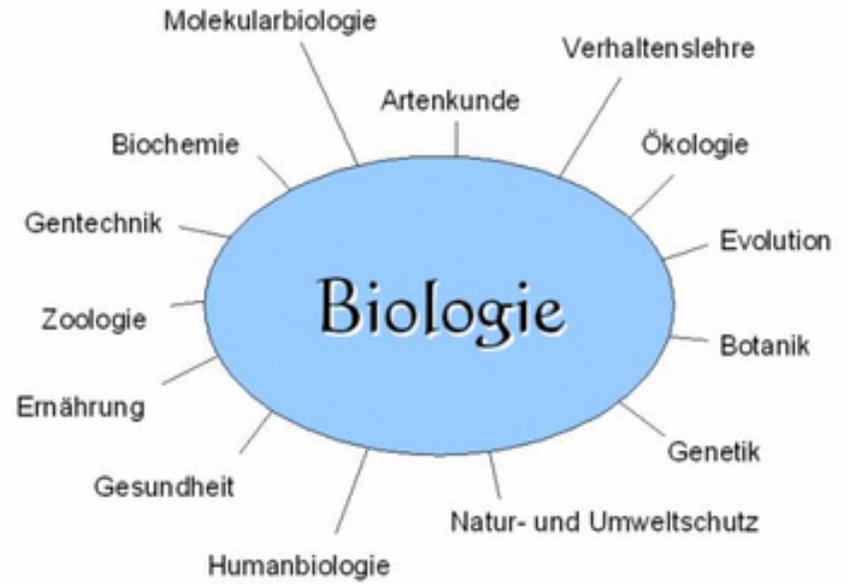
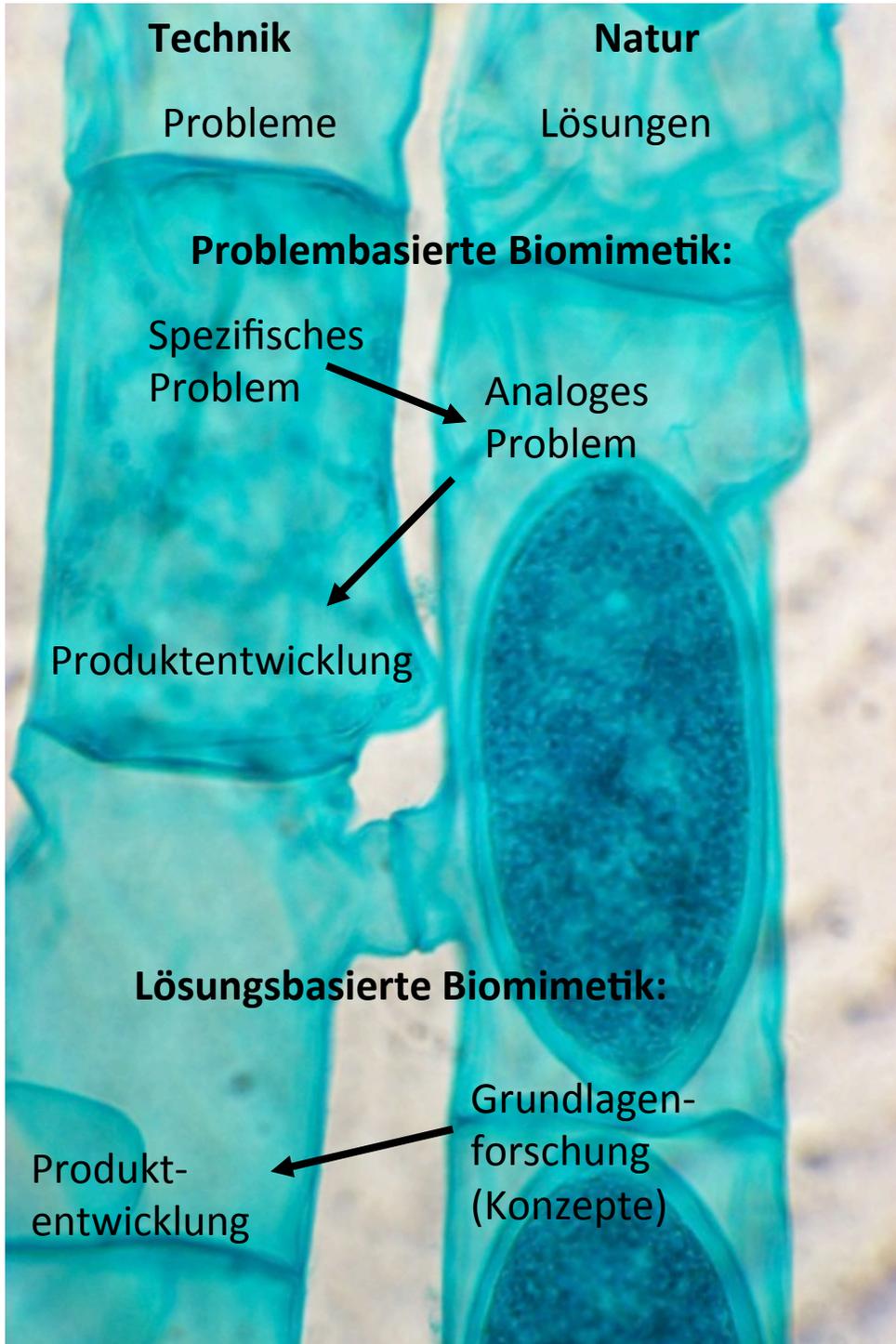
# Bionik

Zu beachten ist, dass bei der Entwicklung technischer Funktionselemente parallele Entwicklungen in der Natur nicht immer bereits bekannt waren. So wurde das **Fachwerk** ohne Kenntnis der Feinstruktur der **Knochenbälkchen** entwickelt. In solchen Fällen kann man nicht von einer Vorbild-Nachahmer-Beziehung sprechen, sondern eher von Entsprechungen zwischen Natur und Technik.



# Bionik

- Biomimetik bzw. Bionik als Wissenschaftsdisziplin sucht dagegen gezielt nach **Strukturen in der Natur**, die technisch als Vorbilder von Bedeutung sein können.
- Diese Vorgehensweise kann **häufig** als **reine Analogien-Suche** bezeichnet werden. Sie erlaubt allerdings meist nur kleinere Innovationssprünge, da die technische Anwendung bereits erkennbar sein muss.
- **Alternativ** können durch **biologische Grundlagenforschung** bestimmte Struktur- oder Organisationsprinzipien beschrieben werden, die erst danach als geeignet für eine Übertragung in die Technik erkannt werden.



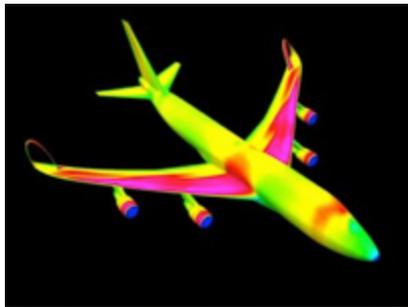
Gebeshuber I.C. and Drack M. (2008) **An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering.** Proc. IMechE Part C: J. Mech. Eng. Sci. 222(7), 1281-1287

# Problembasierte Bionik

- Problem definieren
- in der Natur Analogien suchen
- Vorbilder aus der Natur analysieren
- mit Erkenntnissen aus der Natur Ideen für das zu lösende Problem suchen

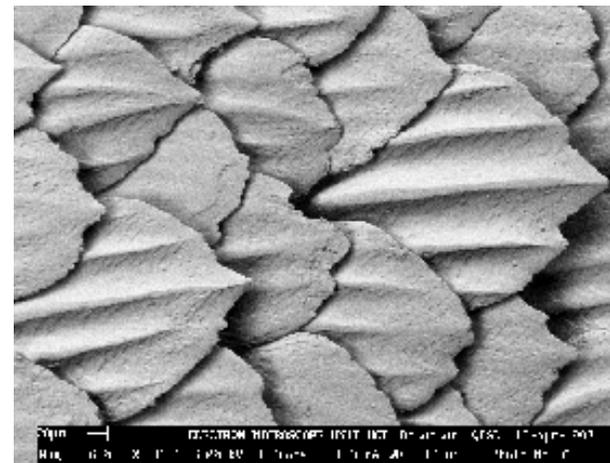
# Problembasierte Bionik

- **Winglets und Spiroid** an Flugzeugflügeln.
- Hoher Treibstoffverbrauch durch große Wirbel an den Flügelspitzen von Flugzeugen.
- Untersuchung von Flügeln segelnder/gleitender Vögel als Flugzeug-Analogie. Beschreibung der Handschwingen von bestimmten Vogelarten (z.B. Bussard, Kondor und Adler), die statt eines großen Wirbels mehrere kleinere verursachen und damit insgesamt weniger Energie verbrauchen.
- Herstellung künstlicher Flügel mit mehreren Wirbelablösestrukturen (Winglets).



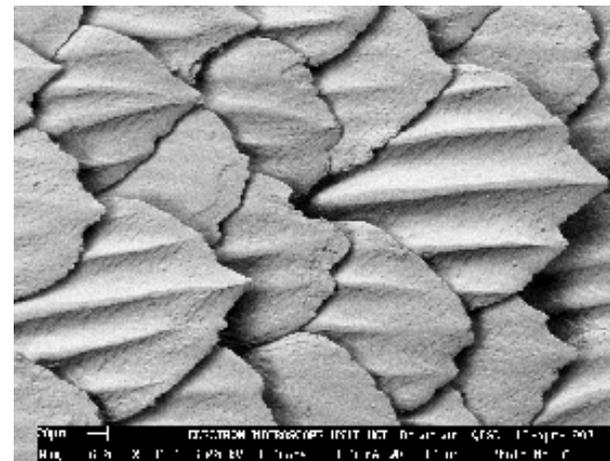
# Problembasierte Bionik

**Riblet-Folien:** bei schnell schwimmenden Haien besteht die Hautoberfläche aus kleinen, dicht aneinander liegenden Schuppen. Auf diesen Schuppen befinden sich scharfkantige feine Rillen, die parallel zur Strömung ausgerichtet sind.



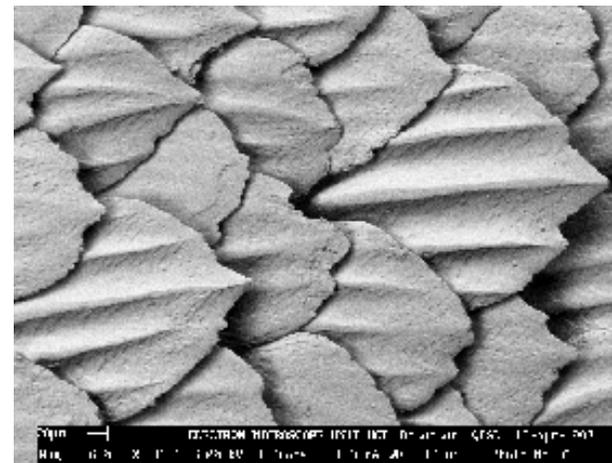
# Problembasierte Bionik

Diese mikroskopisch kleinen Rillen bewirken eine Verminderung des Reibungswiderstands. Dieser widerstandsvermindernde Effekt in allen turbulenten Strömungen, also auch in Luft wirksam.



# Problembasierte Bionik

Flugzeuge können mit einer speziellen Folie beklebt werden (so genannte Riblet-Folien), die auf ihrer Oberseite über eine sehr ähnliche Struktur verfügt und so den Luftwiderstand des Flugzeugs senkt.



# Klettverschluss

Der **Klettverschluss** ist ein textiles, fast beliebig oft zu lösendes Verschlussmittel, das auf dem Prinzip von Klettenfrüchten beruht. Es besteht aus z.B. zwei Nylonstreifen, wovon einer Widerhäkchen, der andere Schlaufen hat. Zusammengepresst ergeben sie einen haltbaren Schnellverschluss.



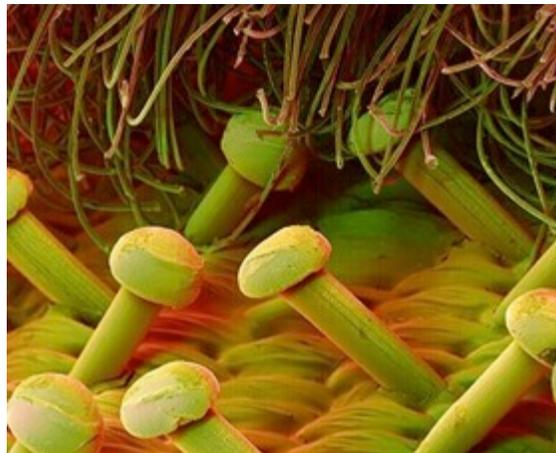
# Klettverschluss

Der schweizerische Ingenieur **George de Mestral** unternahm mit seinen Hunden oft Spaziergänge in der Natur. Immer wieder kamen einige Früchte der Großen Klette (*Arctium lappa*) mit dem Fell der Hunde in Kontakt und blieb in diesem hängen. 1948 legte er die Früchte unter sein Mikroskop und entdeckte, dass die Früchte winzige elastische Häkchen tragen, welche auch bei gewaltsamen Entfernen aus Haaren oder Kleidern nicht abbrechen.



# Klettverschluss

Georges de Mestral untersuchte deren Beschaffenheit und sah darin eine Möglichkeit, zwei Materialien auf einfache Art reversibel zu verbinden. Er entwickelte den textilen Klettverschluss und meldete seine Idee 1951 zum Patent an. Vermarktet wurde das Produkt erstmals unter dem Namen **Velcro**. Zusammengesetzt aus den französischen Begriffen **velours** und **crochet**.



# Lösungsbasierte Bionik

- biologische Grundlagenforschung: Biomechanik und Funktionsmorphologie von biologischen Systemen
- erkennen und beschreiben eines zu Grunde liegenden Prinzips
- Abstraktion dieses Prinzips (Loslösung vom biologischen Vorbild und Übersetzung in nicht-fachspezifische Sprache)
- mögliche technische Anwendungen suchen
- in Kooperation mit Ingenieuren, Technikern, Designern, etc. eine technische Anwendung entwickeln

# Lösungsbasierte Bionik

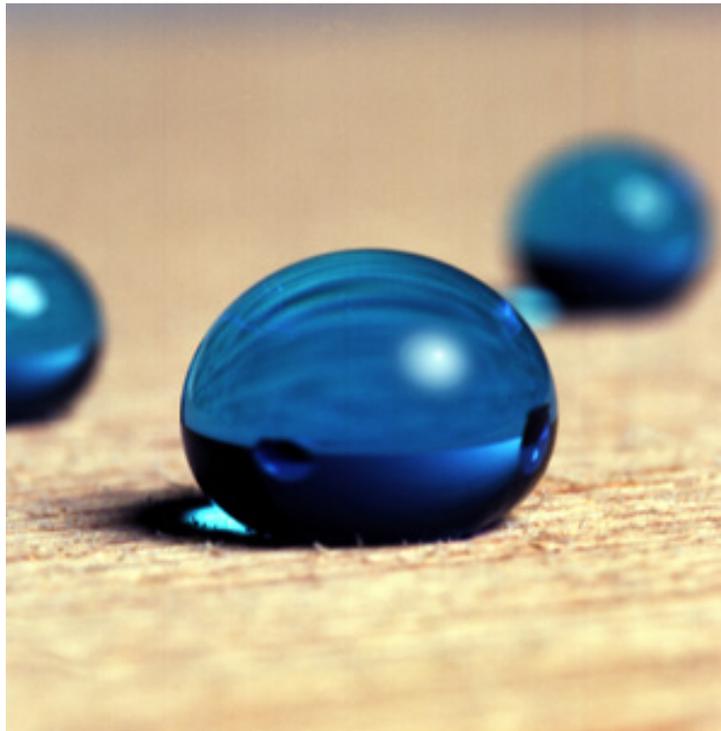
Unbenetzbarkeit und Selbstreinigung bestimmter biologischer Oberflächen:

Die Beobachtung und nähere Untersuchung der Tatsache, dass von einem Blatt der Lotuspflanze praktisch alle wasserlöslichen Substanzen abperlen (Lotuseffekt) ....

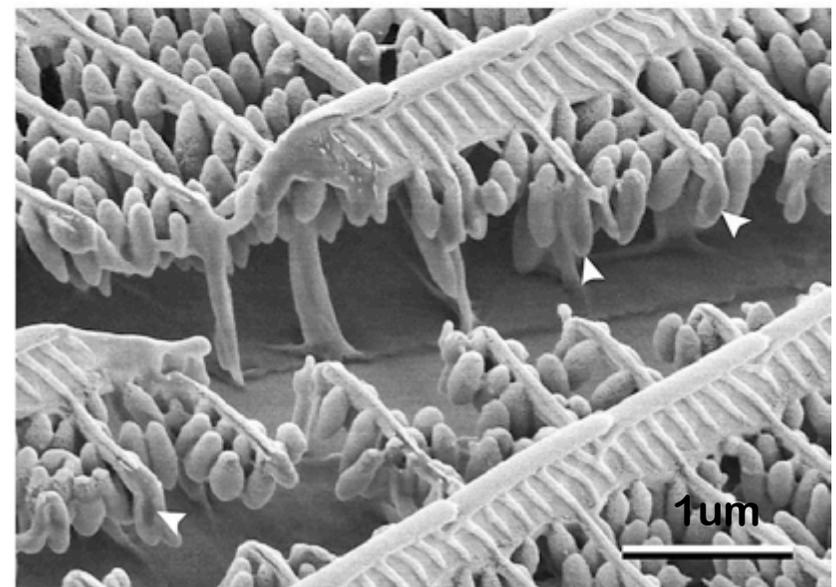
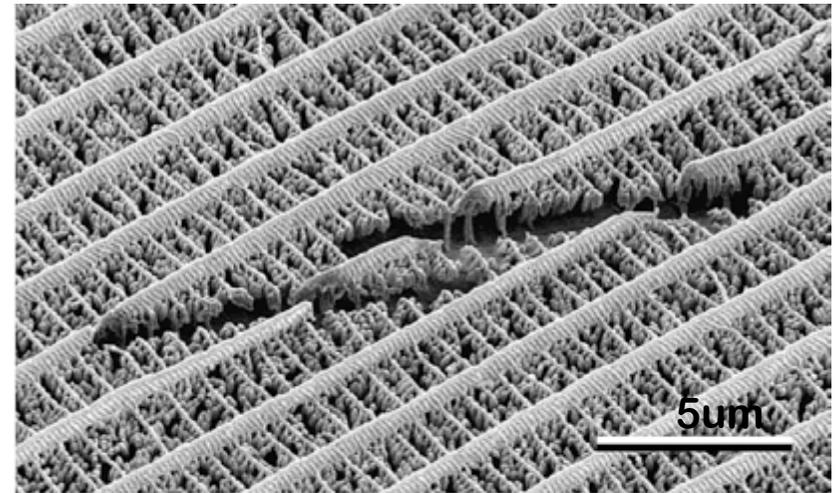
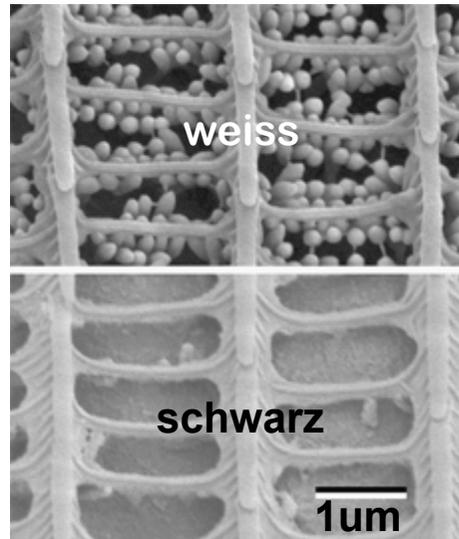
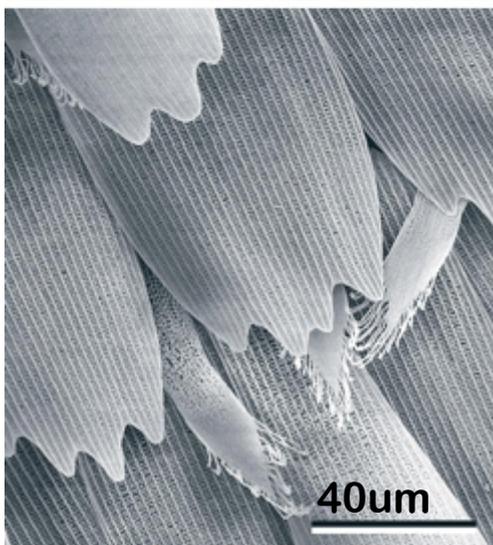


# Lösungsbasierte Bionik

... führte zu Patenten für extrem schlecht benetzbare und selbstreinigende Oberflächenstrukturen (bzw. eine neue künstliche Oberfläche: z. B. als Fassadenfarbe).



# Kohlweissling



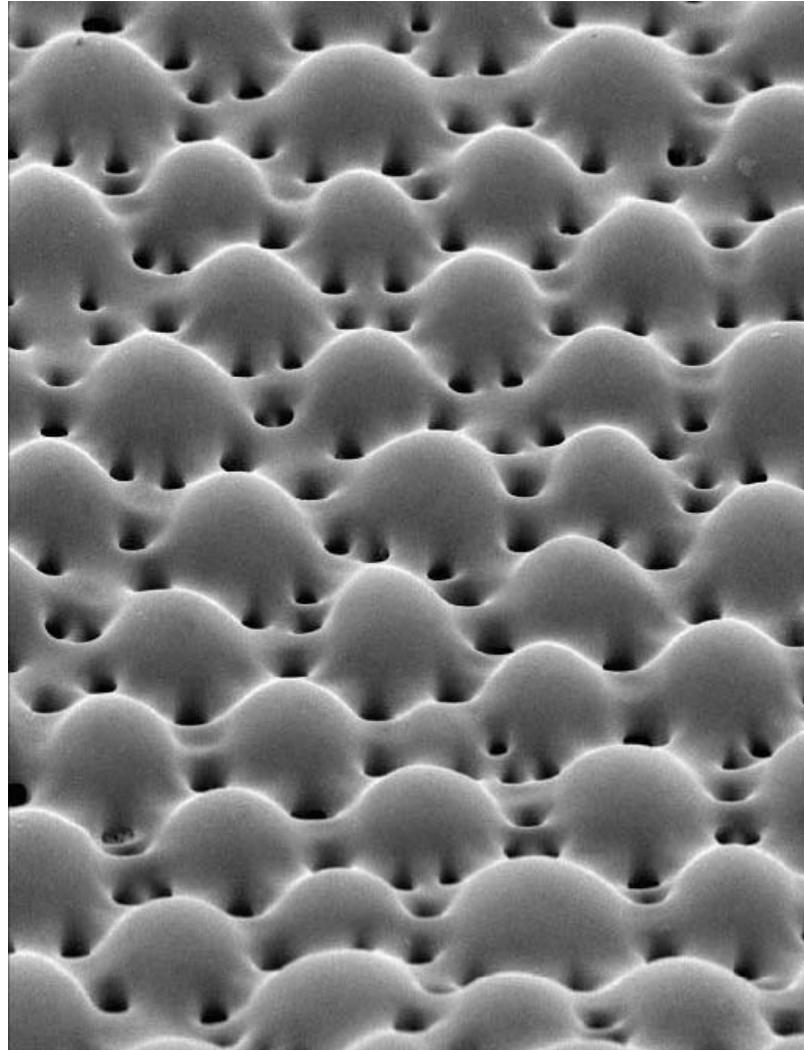
# Seestern Brittle Star



# Joanna Aizenberg



# Perfekte Linsen

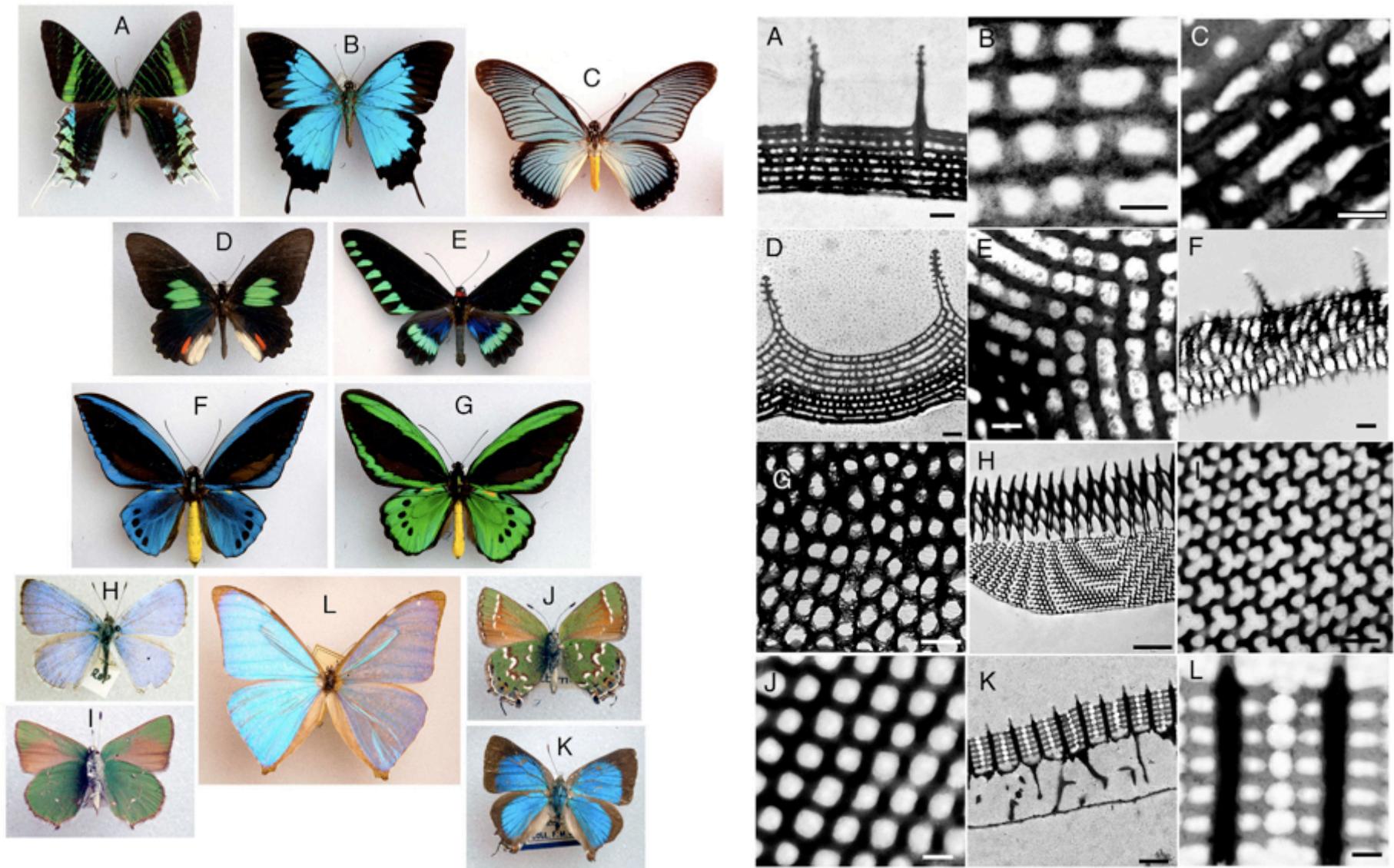


# Doppelspat



[www.ille.com](http://www.ille.com)

Calcite @ the National Museum of Natural History,  
Washington, DC.



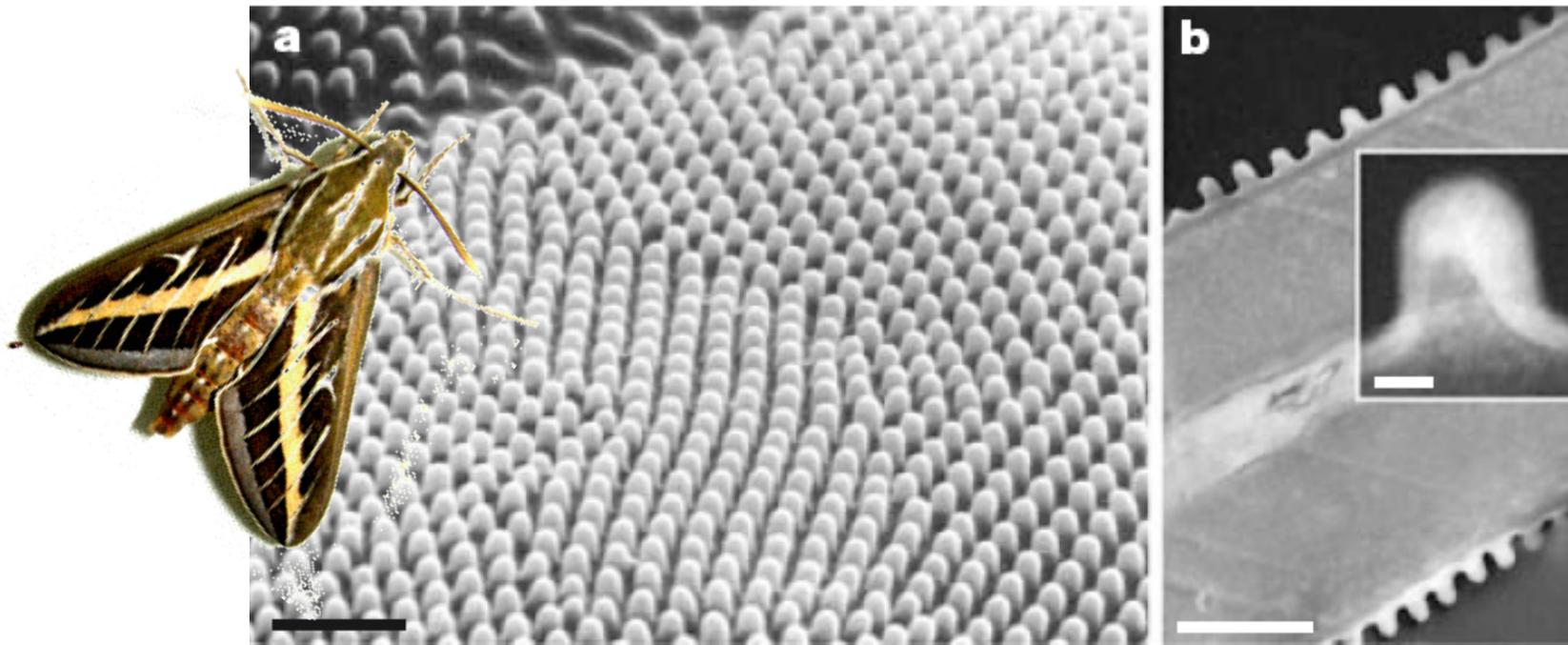
Scale bars 500-nm (A,D, F,G), 200nm (B,C,E,J,L), 2 μm (H), and 1 μm (K).  
 R.O. Prum et al. (2006) J. Exp. Biol. 209, 748  
[www.life.com](http://www.life.com)

# Antireflexionsoberflächen

a Mottenauge, Balken 1  $\mu\text{m}$

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

c Einzelner Knubbel, Balken 100 nm



Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering

Petra Gruber  
Dietmar Bruckner  
Christian Hellmich  
Heinz-Bodo Schmiedmayer  
Herbert Stachelberger  
Ilse C. Gebeshuber *Editors*

# Biomimetics – Materials, Structures and Processes

Examples, Ideas and Case Studies

 Springer

**Gruber P., Bruckner D., Hellmich C., Schmiedmayer H.-B., Stachelberger H. and Gebeshuber I.C. (Eds, 2011)**  
*Biomimetics - Materials, Structures and Processes. Examples, Ideas and Case Studies*, Springer.

Selected aspects of  
**BIOMIMETICS,  
NANOTECHNOLOGY**  
and **RELATED DISSEMINATION  
ACTIVITIES**

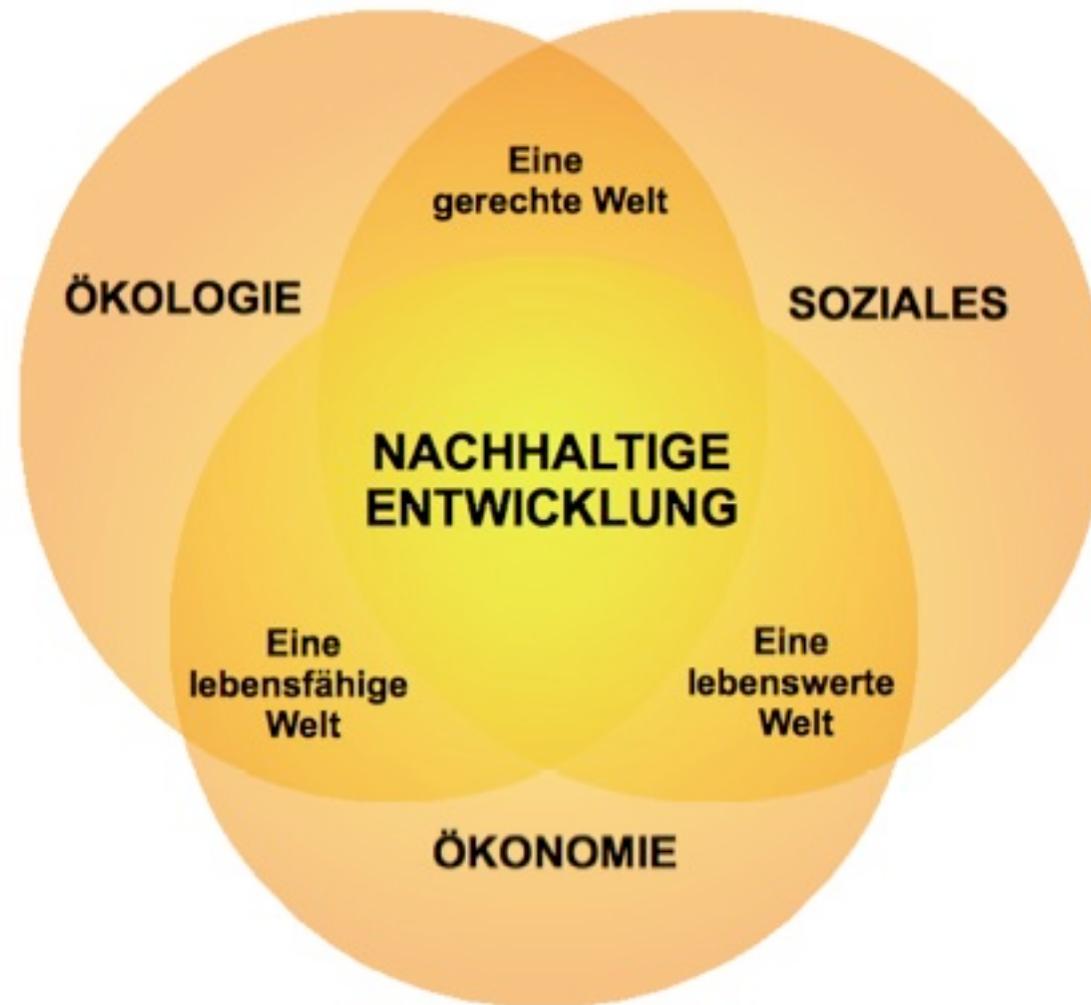


Ilie C. Gebeshuber

Image © F. Hinz, AWI Bremerhaven

**Gebeshuber I.C. (2011)** *Biomimetics and Nanotechnology*, UKM Press, Penerbit  
Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, ISBN 978-967-412-004-7.

# Nachhaltigkeit



Gebeshuber I.C. (eingereicht) **Grüne und nachhaltige nanotribologische Systeme im Rahmen der globalen Herausforderungen.** In: Chancen und Risiken der Nanotechnologie für die Umwelt, Gazso A., Greßler S. und Schiemer F. (Eds.), Springer Verlag Wien, to appear 2013

**“Prinzipien des Lebens”**

**© Biomimicry Guild, USA**



# Generelle biomimetische Prinzipien

Können von IngenieurInnen angewendet werden,  
die überhaupt nicht in die Biologie involviert sind

1. Integrierte statt additiver Konstruktionen
2. Optimierung des Ganzen statt Maximierung eines Einzelements
3. Multifunktionalität statt Monofunktionalität
4. Feinabstimmung gegenüber der Umwelt
5. Energieeinsparung statt Energieverschleuderung

# Generelle biomimetische Prinzipien

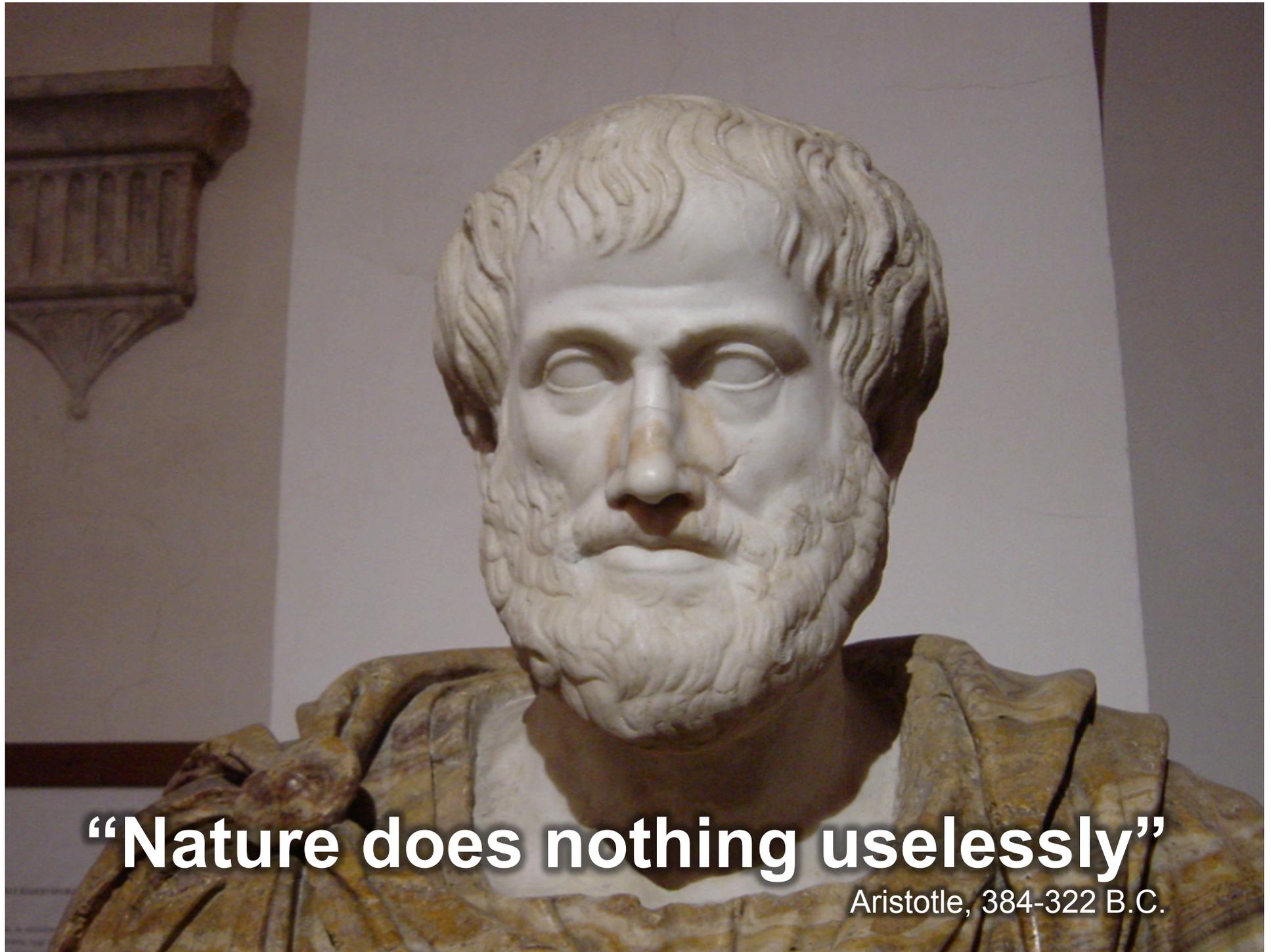
Können von IngenieurInnen angewendet werden,  
die überhaupt nicht in die Biologie involviert sind

6. Direkte und indirekte Nutzung der  
Sonnenenergie
7. Zeitliche Limitierung statt unnötiger Haltbarkeit
8. Totale Recyclierung statt Abfallanhäufung
9. Vernetzung statt Linearität
10. Entwicklung im Versuchs-Irrtums-Prozess

# Neue Zugänge

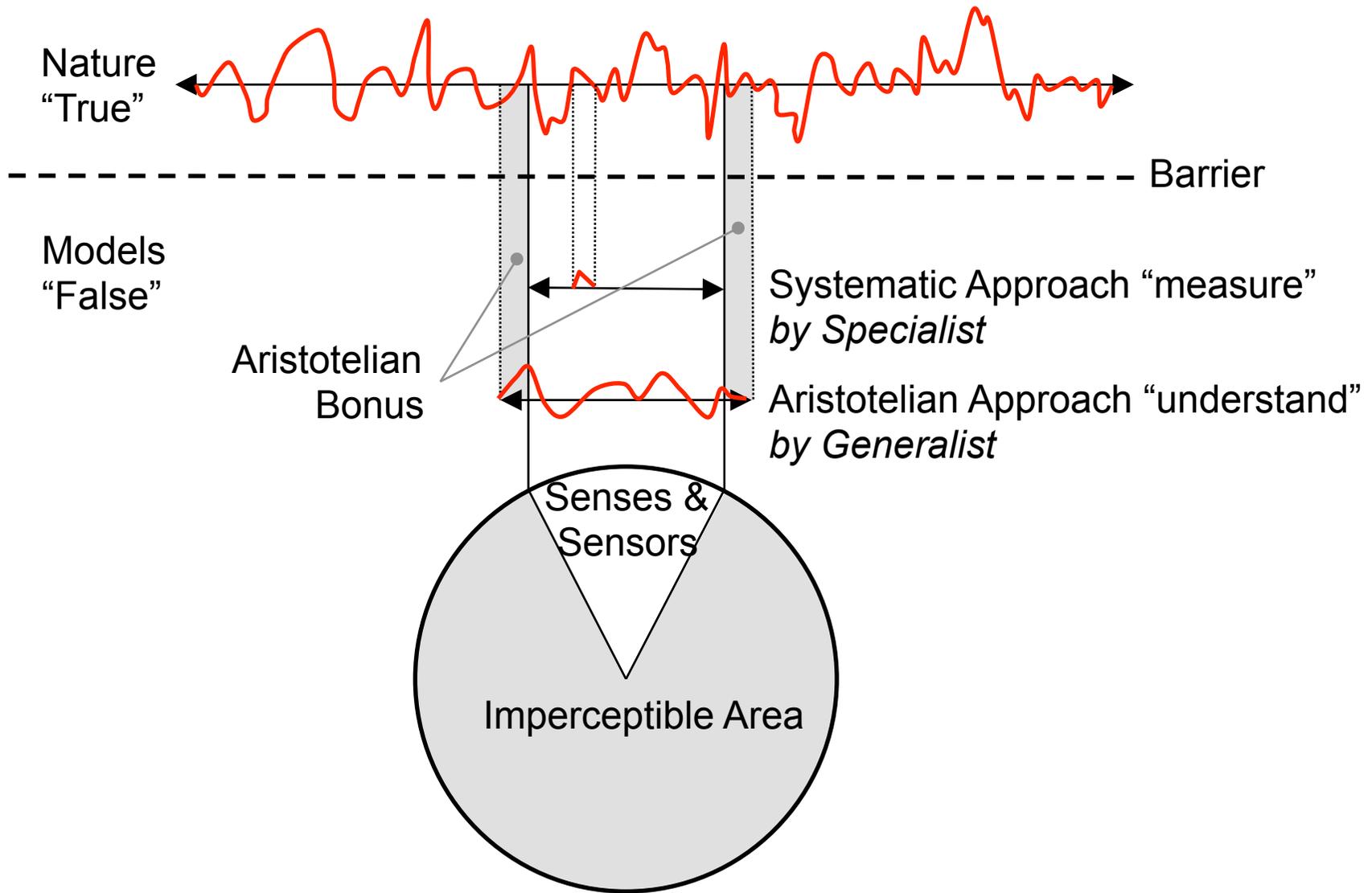


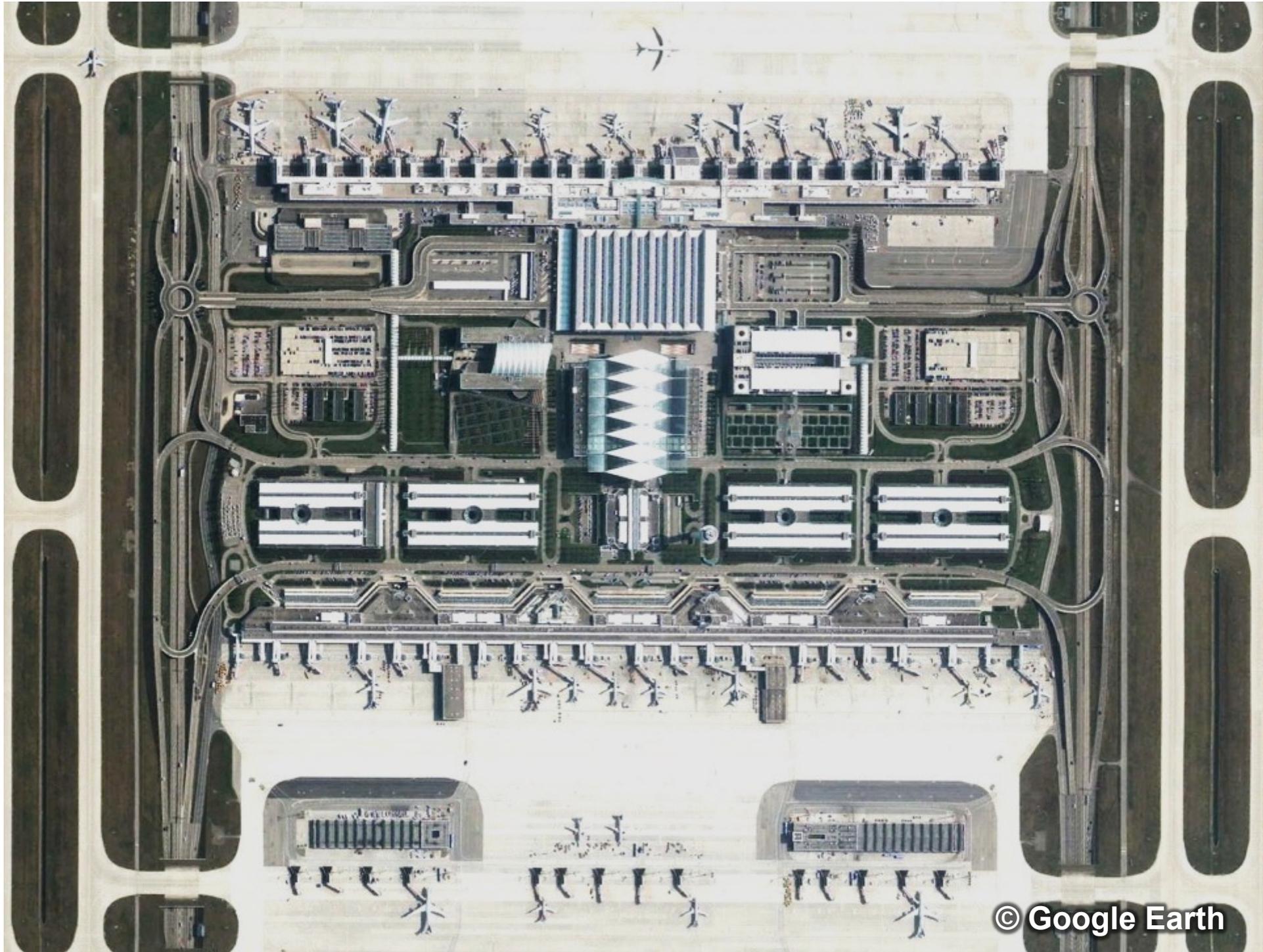
Gebeshuber I.C. and Macqueen M. (2011) **Towards a new type of science for successfully addressing the global challenges for humankind.** Proceedings, 2011 International Seminar on Environmental Sciences ISES2011, Padang, Indonesia, October 8, 2011, invited paper.



**“Nature does nothing uselessly”**

Aristotle, 384-322 B.C.







© Google Earth

# ENCYCLOPÉDIE, OU DICTIONNAIRE RAISONNÉ DES SCIENCES, DES ARTS ET DES MÉTIERS, PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par M. *DIDEROT*, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Prusse; & quant à la PARTIE MATHÉMATIQUE, par M. *D'ALEMBERT*, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, & de la Société Royale de Londres.

*Tantum series juncturaque pollet,  
Tantum de medio sumptis accedit honoris!* HORAT.

TOME PREMIER.



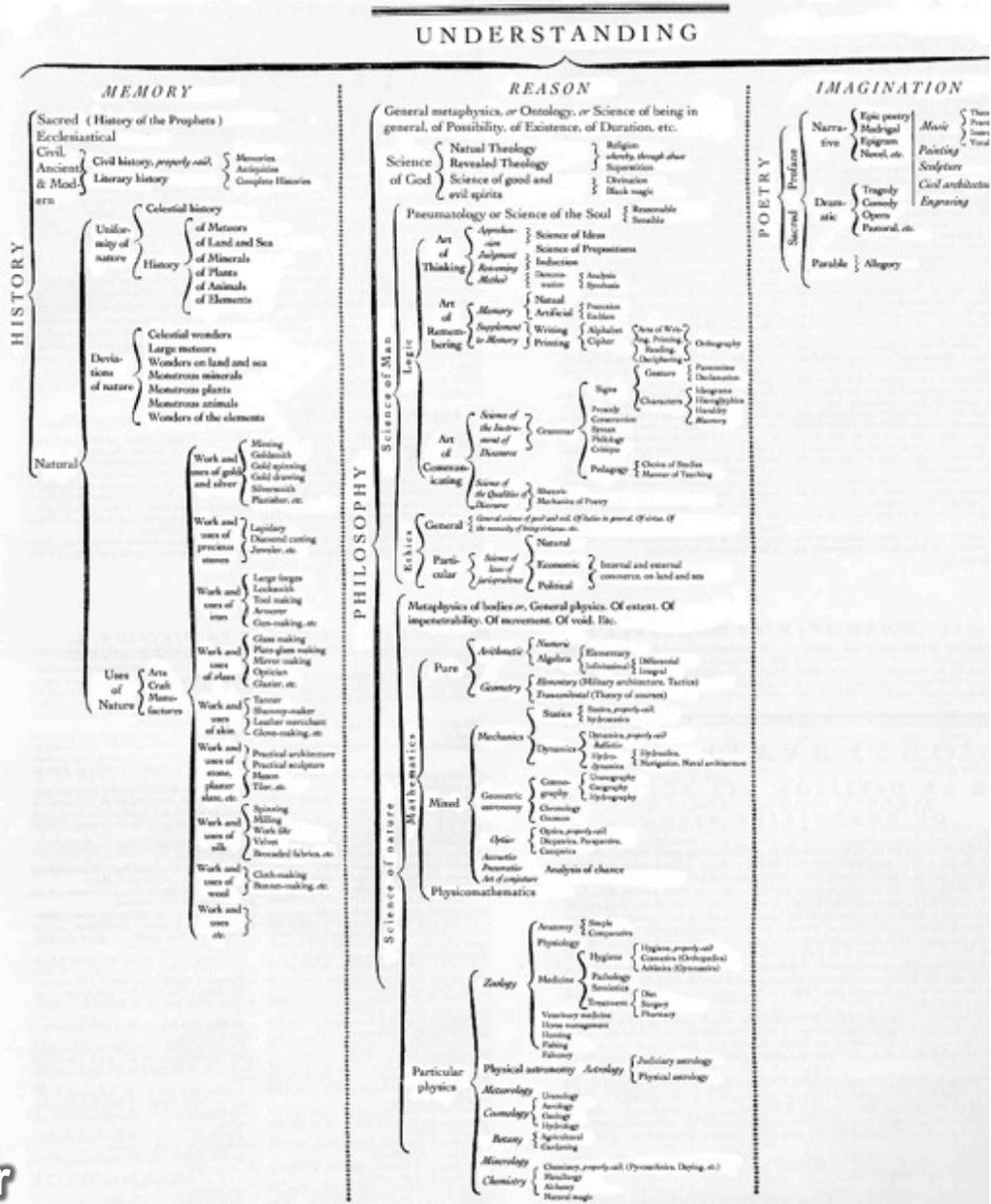
A PARIS,

Chez { *BRIASSON*, rue Saint Jacques, à la Science.  
*DAVID l'aîné*, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.  
*LE BRETON*, Imprimeur ordinaire du Roy, rue de la Harpe.  
*DURAND*, rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.

M. DCC. LI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

# MAP of the SYSTEM of HUMAN KNOWLEDGE





© seabagg

<http://www.flickr.com/photos/seabagg/3923303391/>



<http://maxvision.deviantart.com/art/Concrete-75251332>



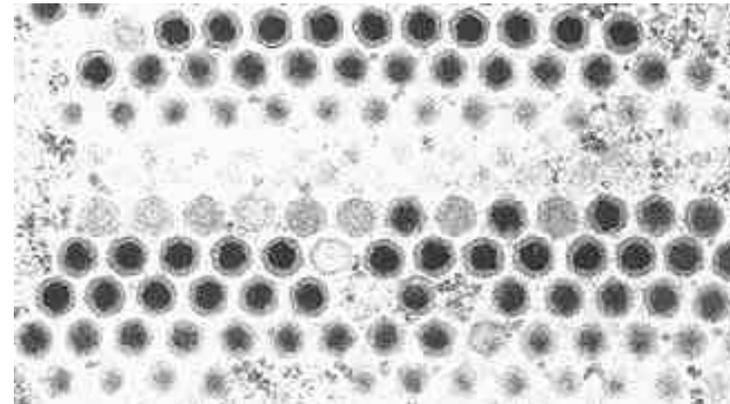
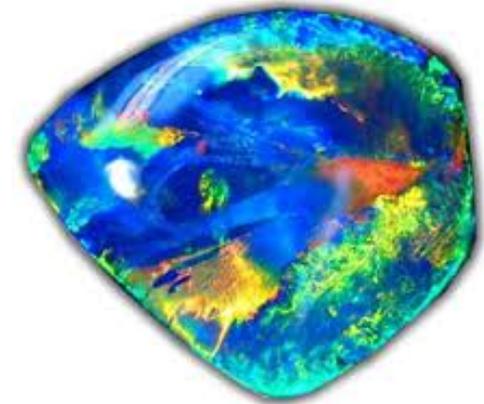
© seabagg

<http://www.flickr.com/photos/seabagg/3923303391/>

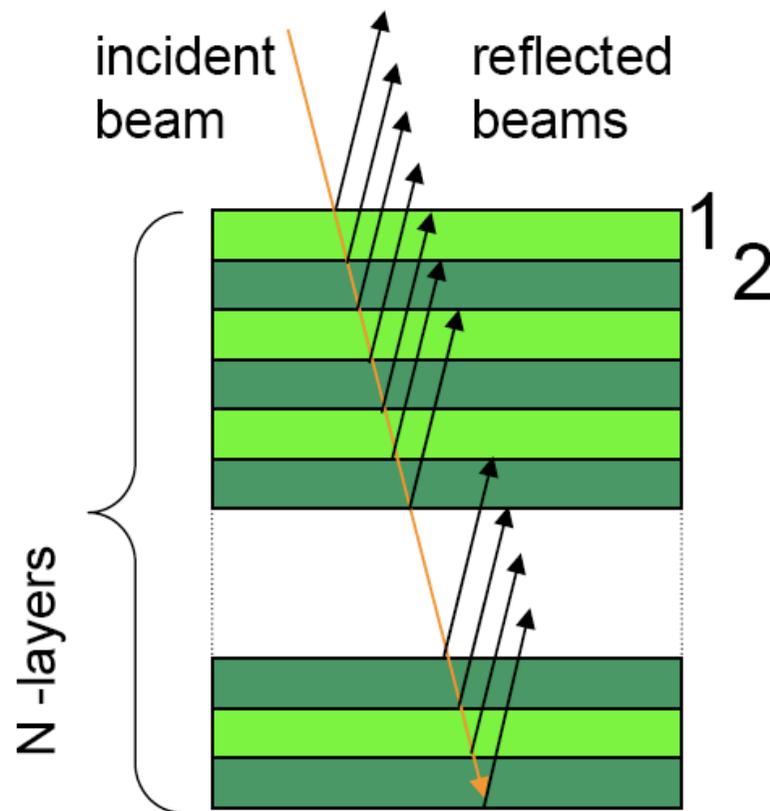


© Foozi Saad

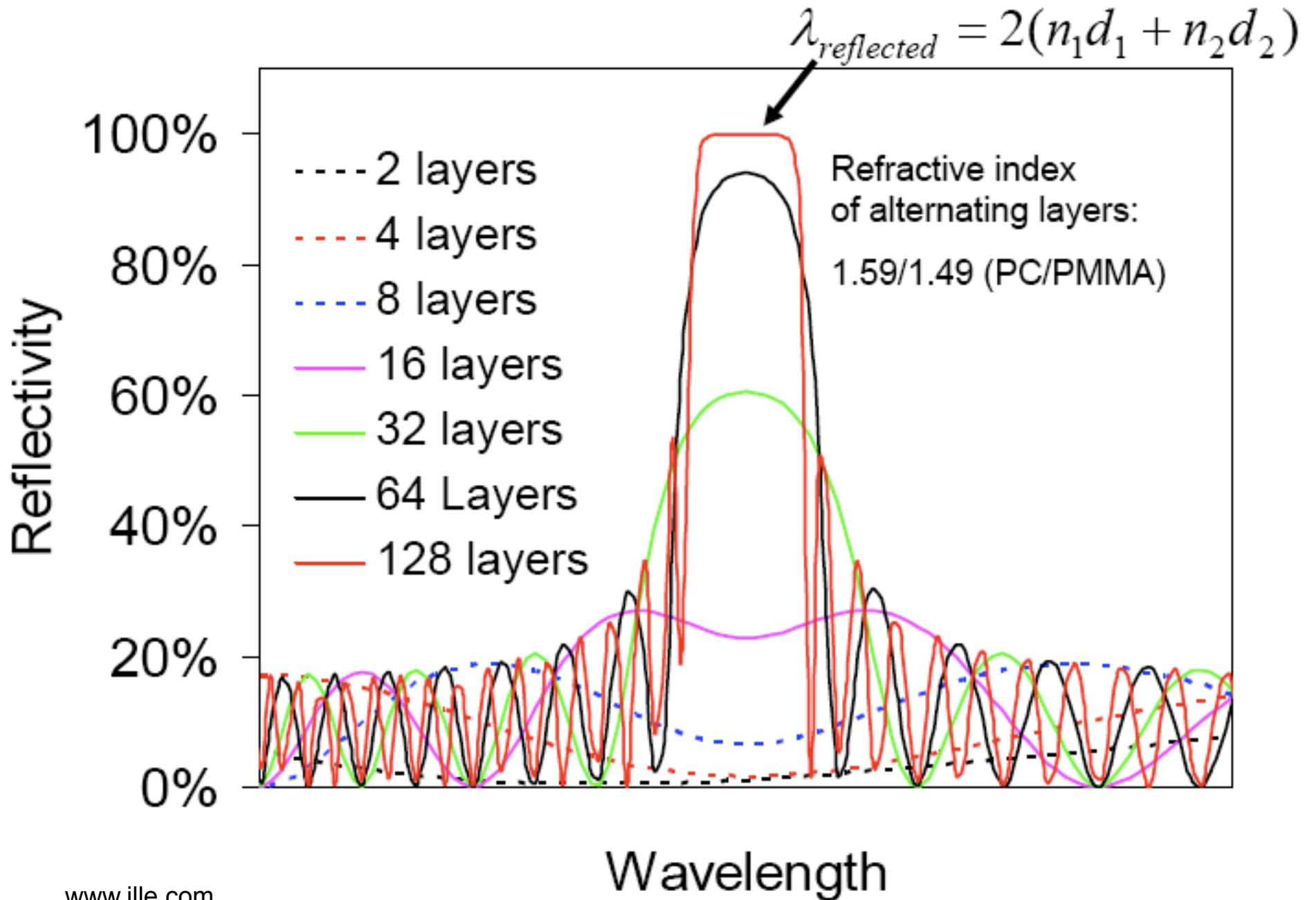
# Irisierende Pflanzen, Früchte und Mikroorganismen



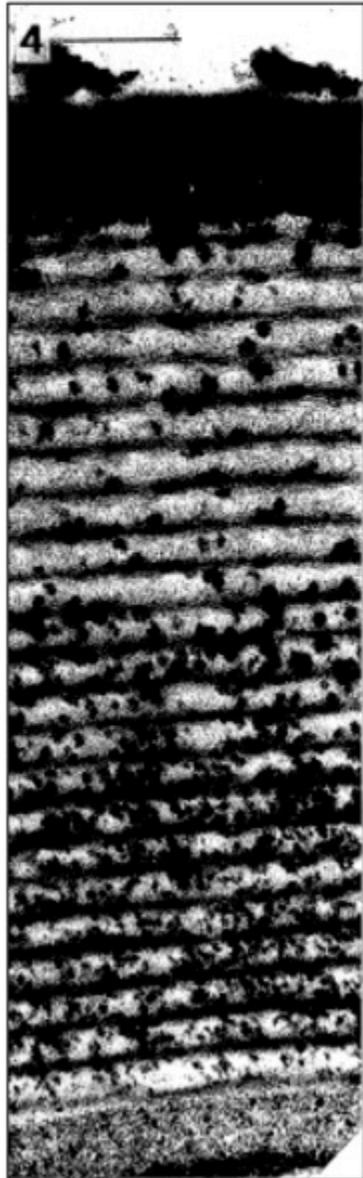
# Physik der Strukturfarben



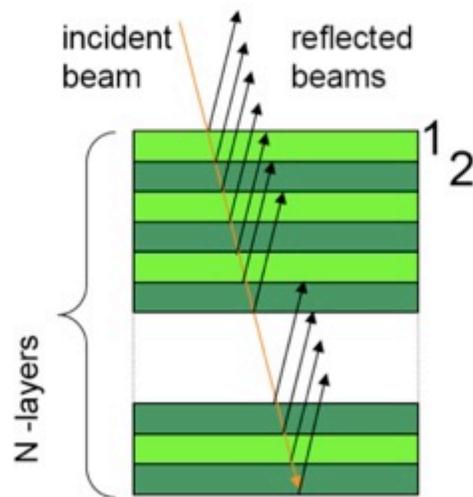
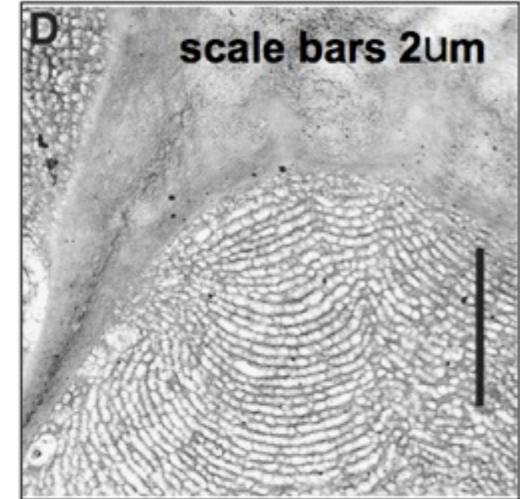
- $\lambda = 2(n_1 d_1 + n_2 d_2)$
- $\lambda$  - position of primary reflected peak
- $n_1, n_2$  - refractive indices respectively for material 1 and 2
- $d_1, d_2$  - thickness of layers respectively of material 1 and 2



# Iridescent Plants and Fruits



*Selaginella willdenowii*



**K.S. Gould and D.W. Lee**

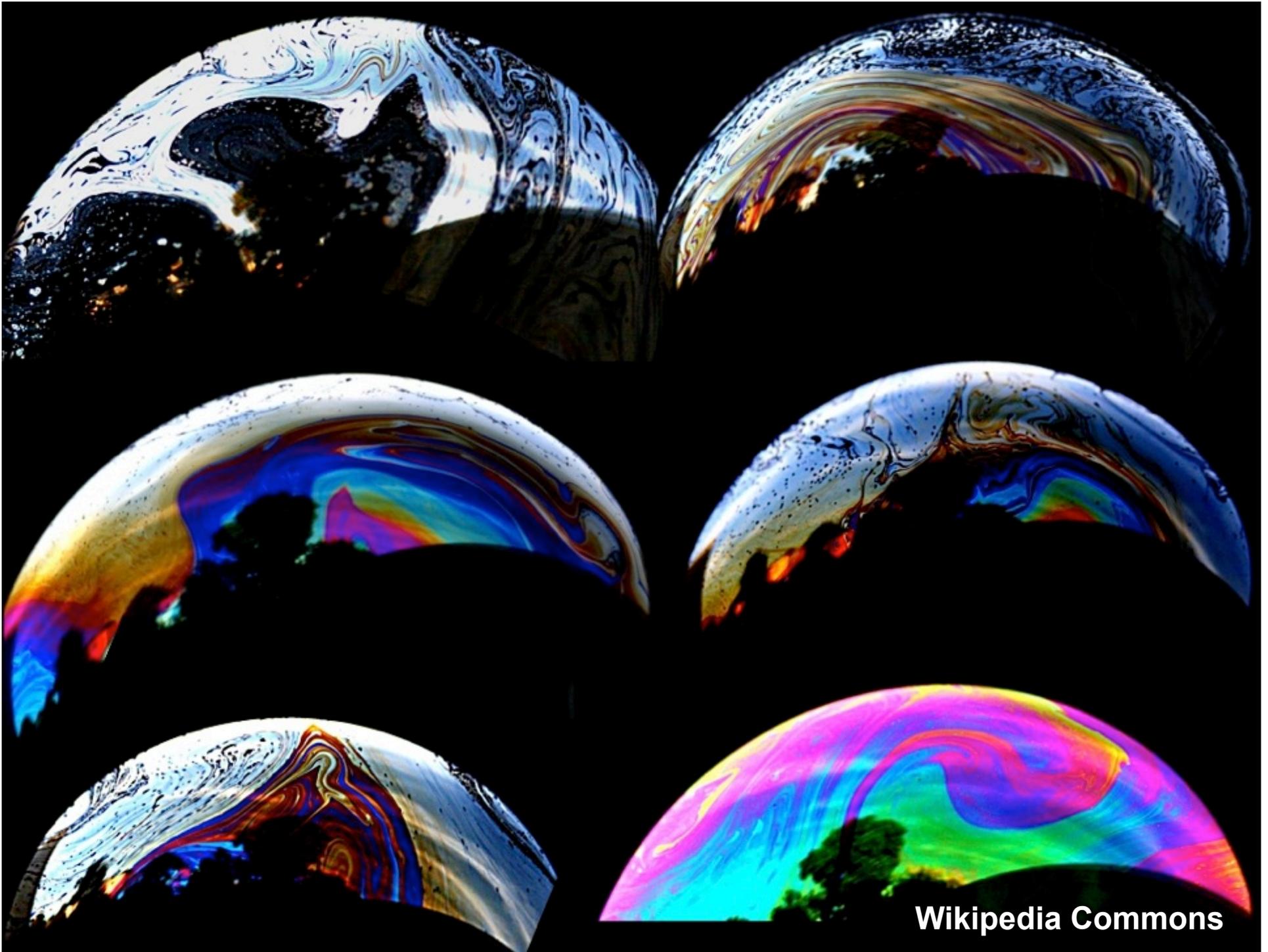
*Physical and ultrastructural basis of blue leaf iridescence in four Malaysian understory plants*  
Am. J. Bot. 83(1), 45-50, 1996

**C. Hebant and D.W. Lee**

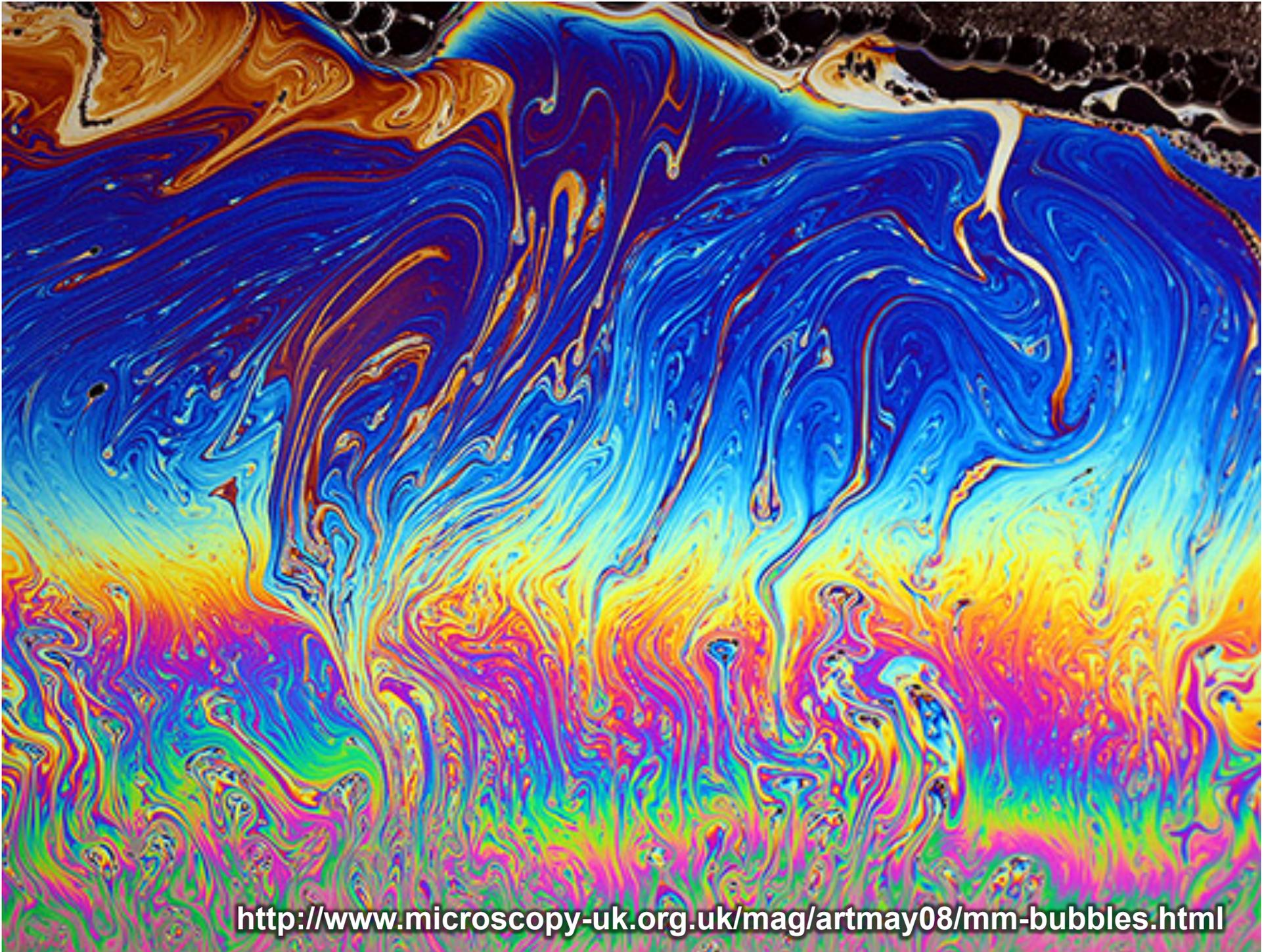
*Ultrastructural basis and developmental control of blue iridescence in Selaginella leaves*  
Am. J. Bot. 71(2), 216-219, 1984

**D.W. Lee and J.B. Lowry**

*Physical basis and ecological significance of iridescence in blue plants*  
Nature 254, 50-51, 1975



Wikipedia Commons



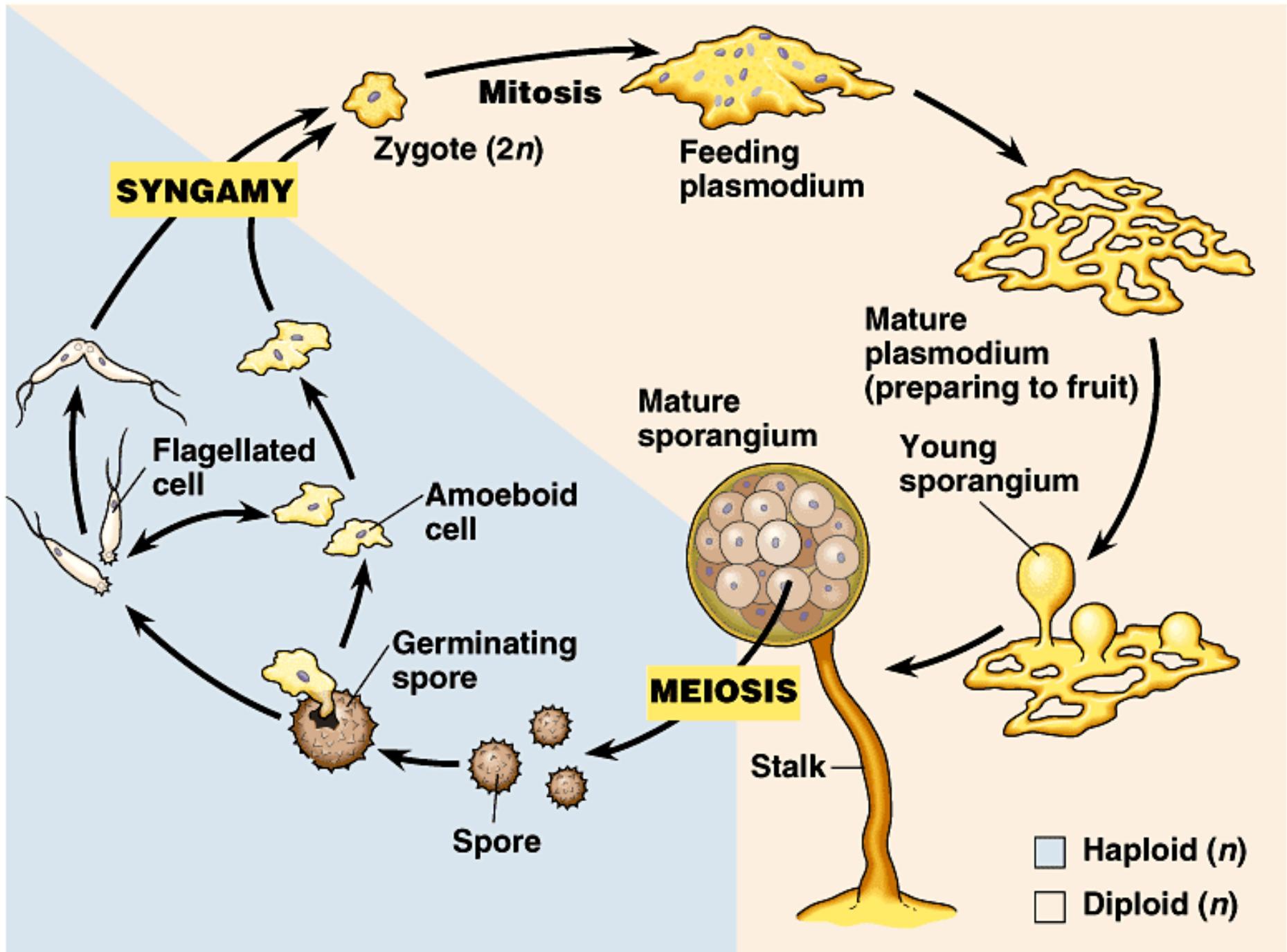
<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artmay08/mm-bubbles.html>



© peryburge  
<http://youtu.be/jnLEj8eorQA>

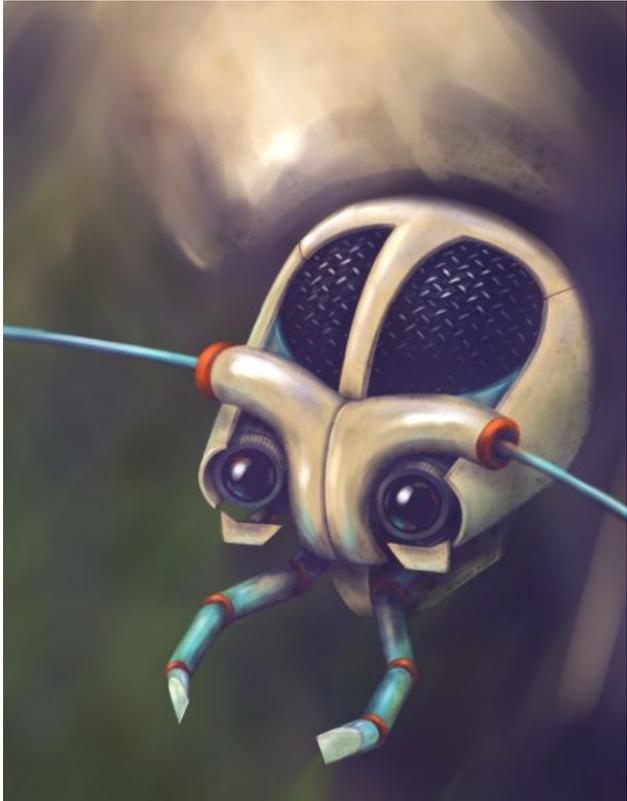


© Krivomaz, T.I. (2010) Myxomycetes of Ukraine.  
<http://www.myxomycet.com.ua> [website, version 1.00]





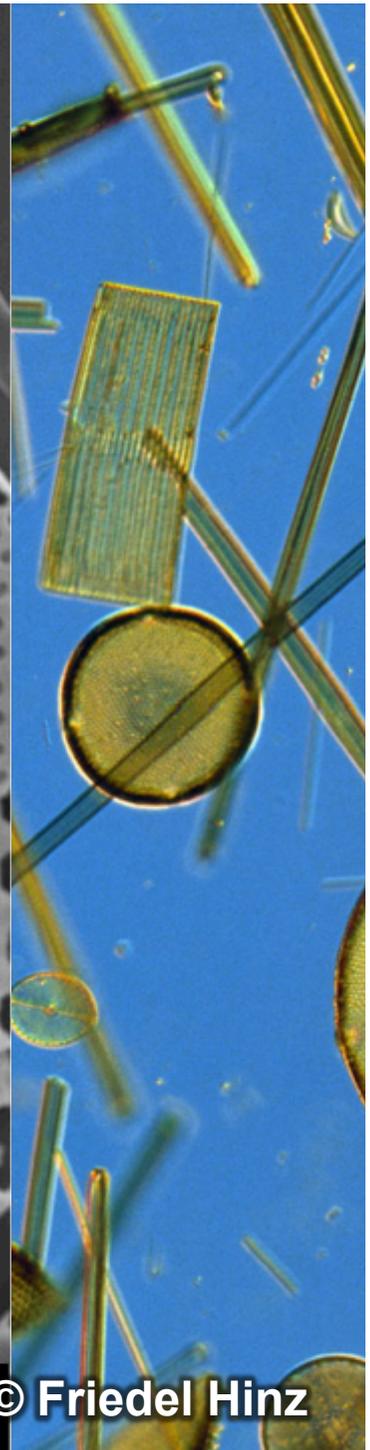
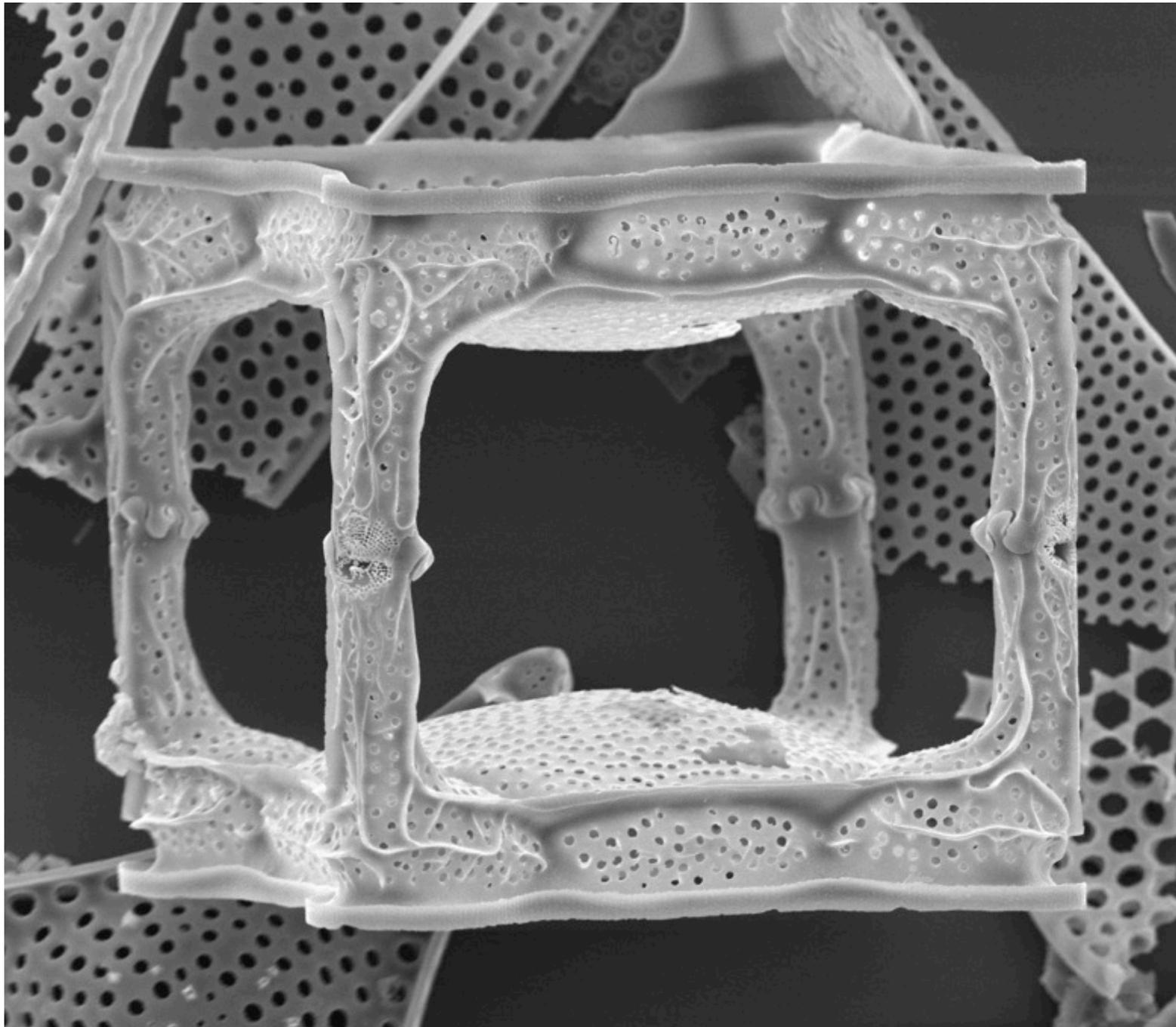
© Iwan Ramawan



© Anna Celarek



© Hans Breuer

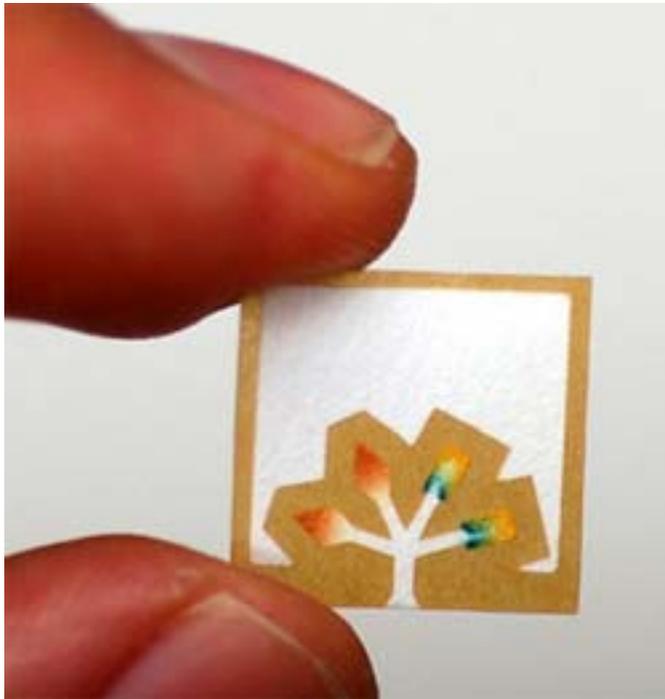


HV	Spot	WD	Tilt	6/29/2007	Mag	Sig
10.0 kV	3.0	9.2 mm	0.5 °	8:33:05 AM	3000x	SE

20.0µm  
E1761 Insel Mors

© Friedel Hinz

# Lab-on-a-chip: Malaria, HIV, Hepatitis und Tuberkulose



<http://inhabitat.com/stamp-sized-paper-chip-diagnoses-diseases-for-just-a-penny/>





**Vielen Dank  
Für Ihre Aufmerksamkeit!**

*ille.gebeshuber@ukm.my  
<http://www.ille.com>*