

3 GESUNDHEIT UND
WOHLERGEHEN



7 BEZAHLBARE UND
SAUBERE ENERGIE



9 INDUSTRIE, INNOVATION
UND INFRASTRUKTUR



11 NACHHALTIGE STÄDTE
UND GEMEINDEN



12 NACHHALTIGE/R
KONSUM
UND PRODUKTION



13 MASSNAHMEN ZUM
KLIMASCHUTZ





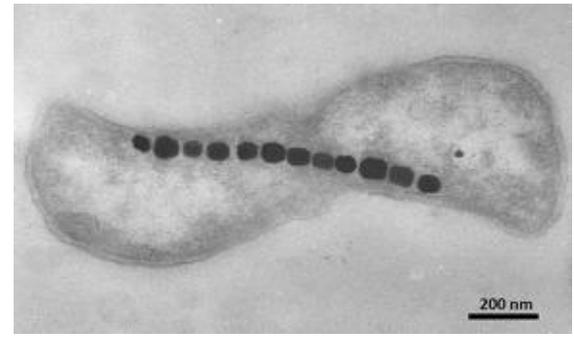
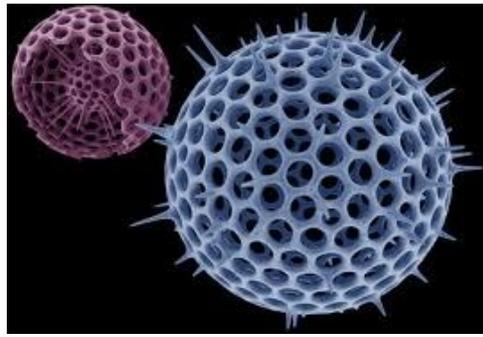
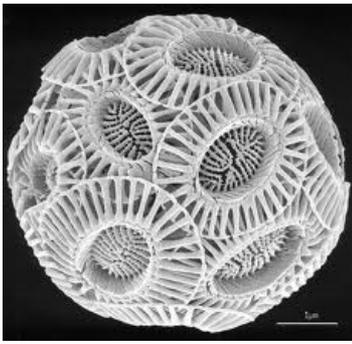
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Bionik der Schmetterlinge

Ille C. Gebeshuber

gebeshuber@iap.tuwien.ac.at





“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.”



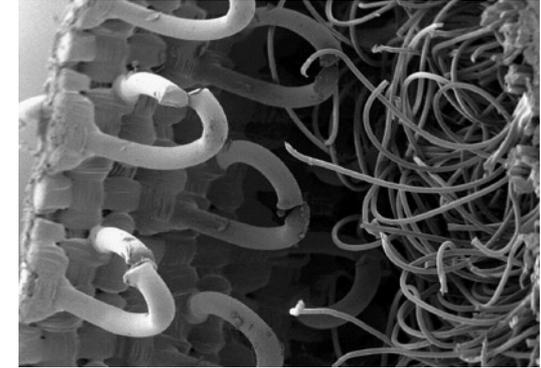
M. Tupolev



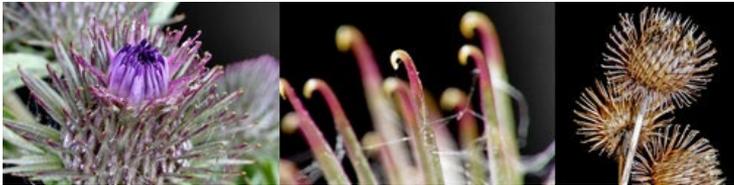
Biomimetik



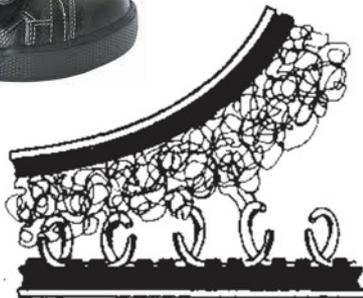
Biomimetik



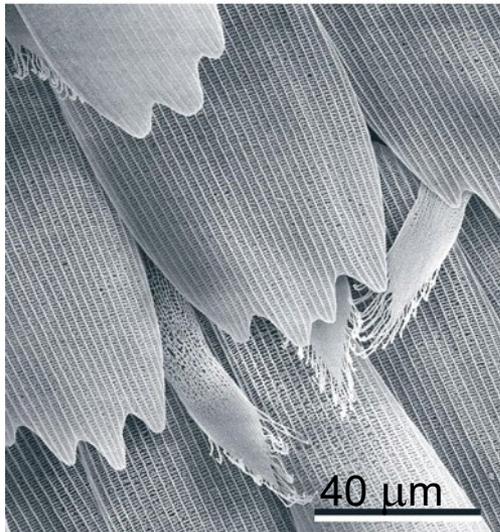
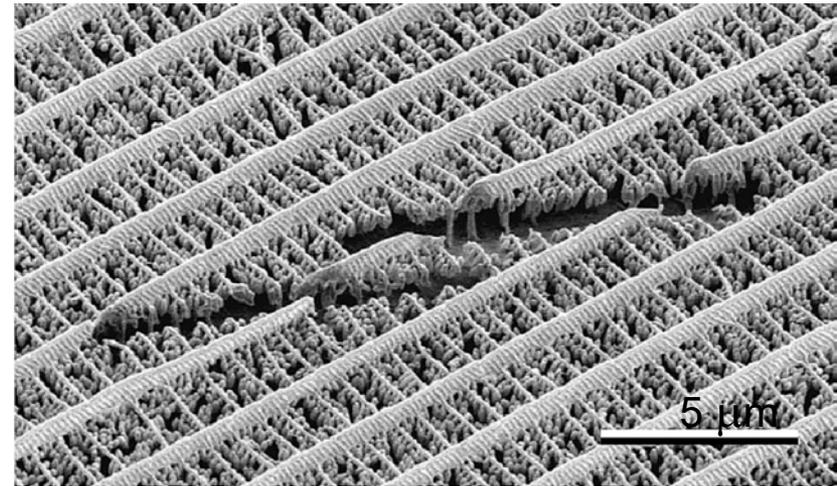
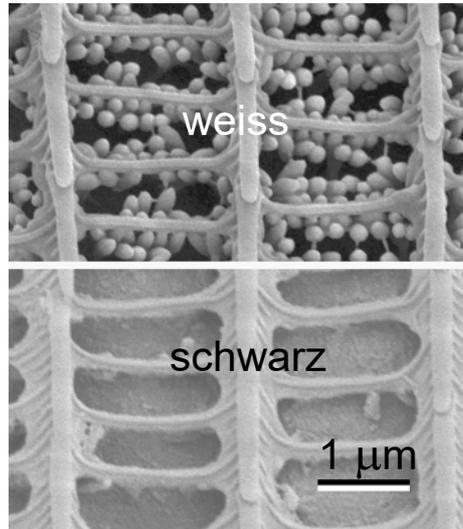
Biomimetik ist die Abstraktion von gutem Design in der belebten Natur.



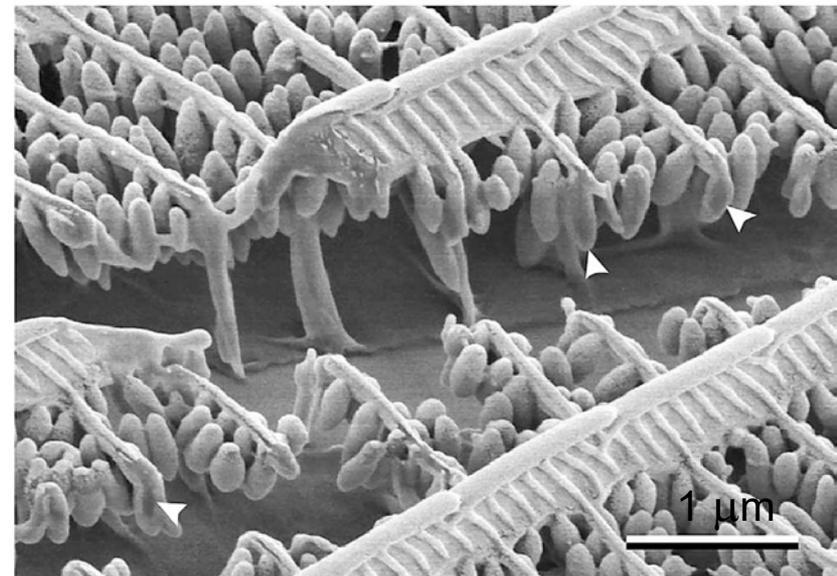
Zentrum für Biomimetik, UK



Kohlweißling



Die elongierten eiförmigen Strukturen verursachen die mattweiße Farbe und erhöhen die Reflektivität.



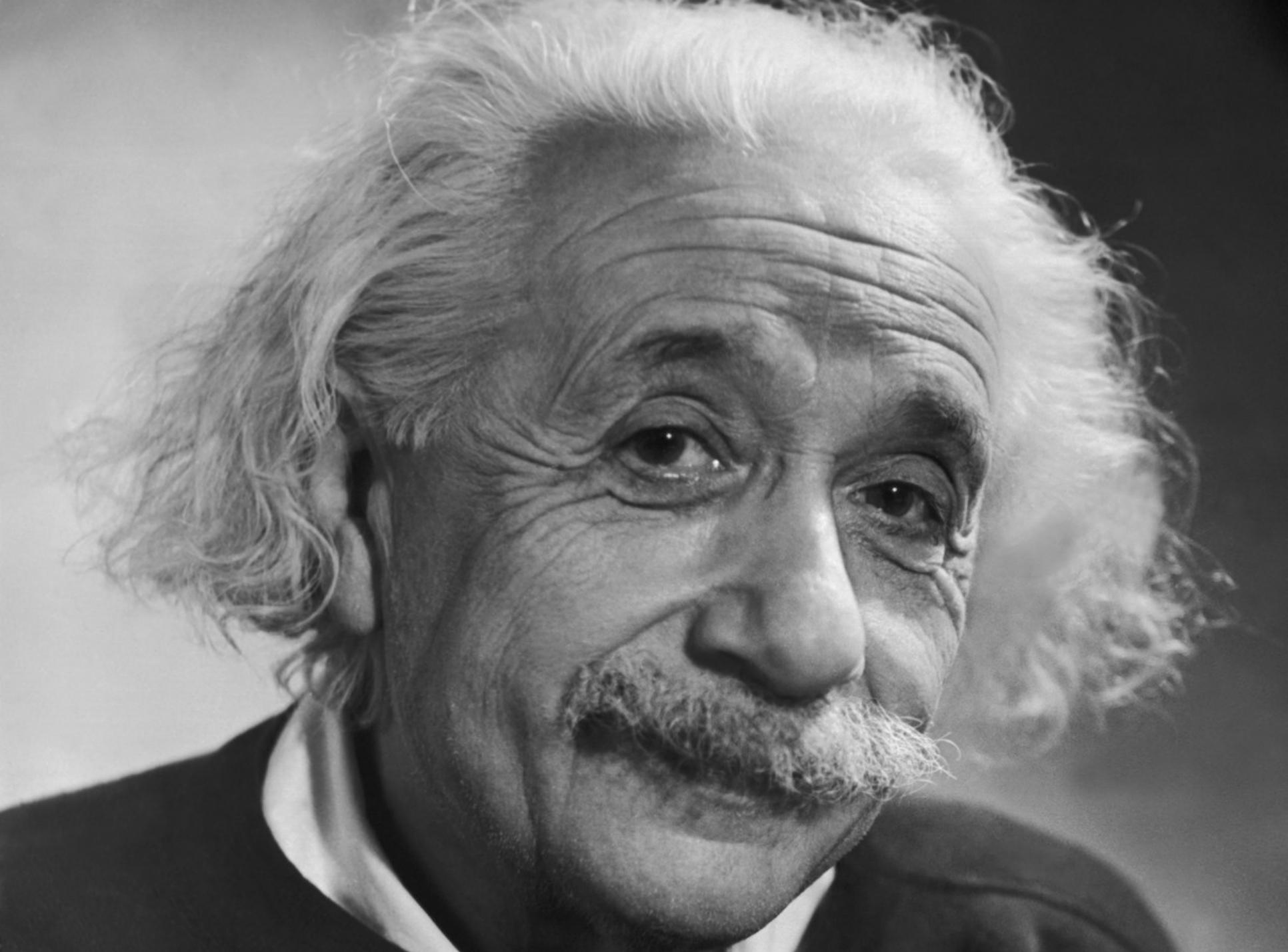
Stavenga D.G., Stowe S., Siebke K., Zeil J. and Arikawa K.
Butterfly wing colours: Scale beads make white pierid wings brighter
Proc. Royal Society B Biol. Sci. 271(1548), 1577-1584, 2004

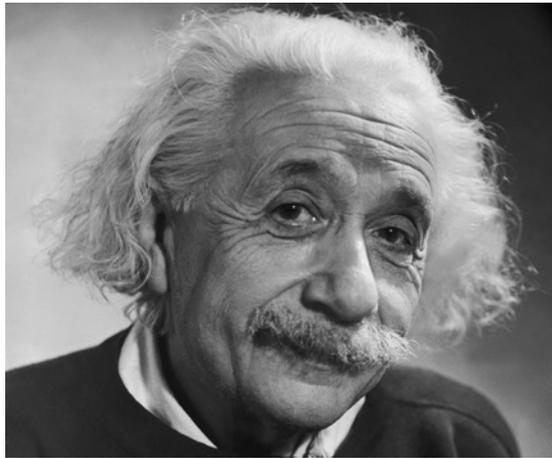


© seabagg

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

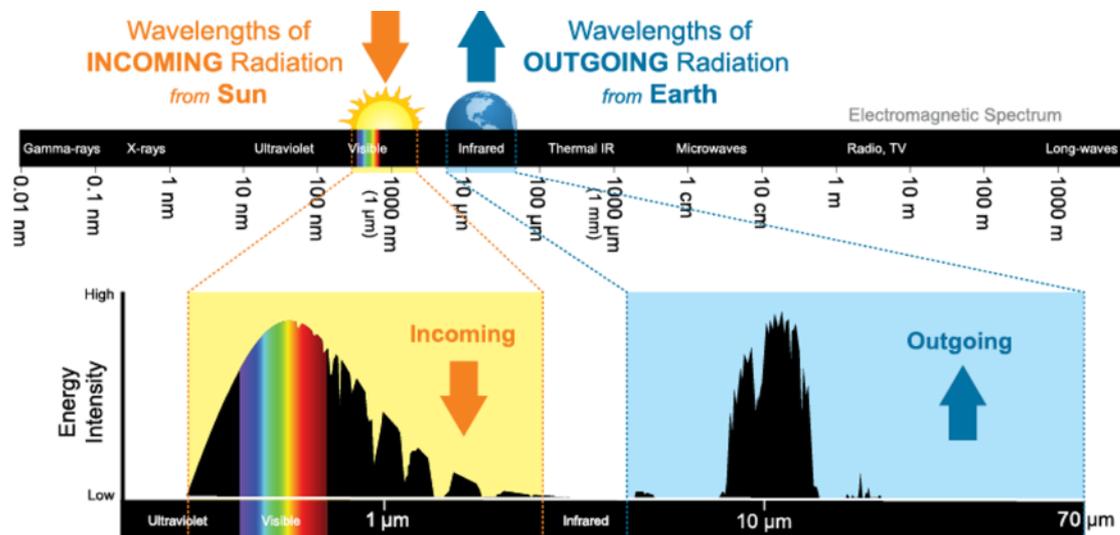






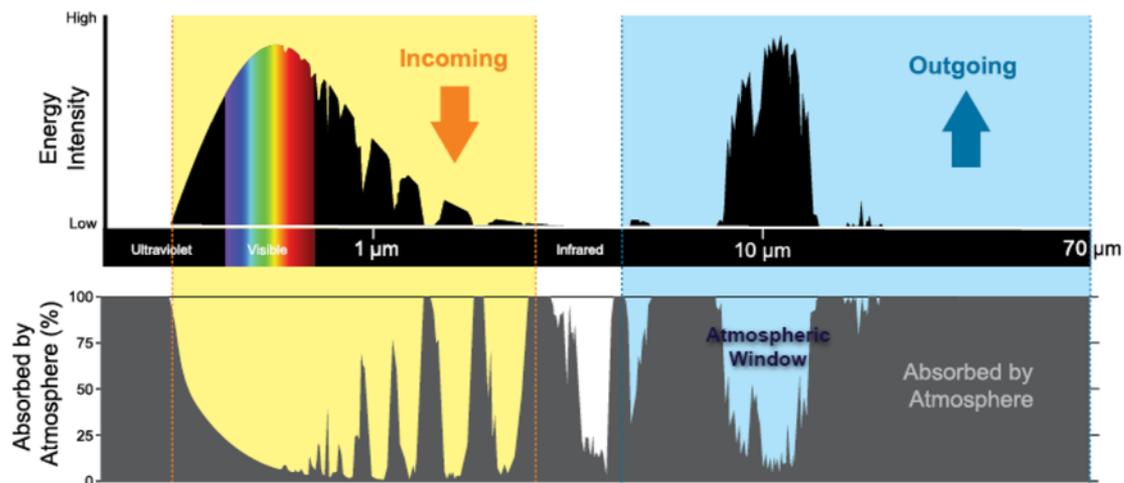
*Wir können Probleme nicht mit derselben Art
des Denkens lösen, die verwendet worden ist
bei der Generierung der Probleme.*

Albert Einstein



Incoming energy from the Sun and outgoing energy from the Earth relative to the electromagnetic spectrum.
[Download Image](#)

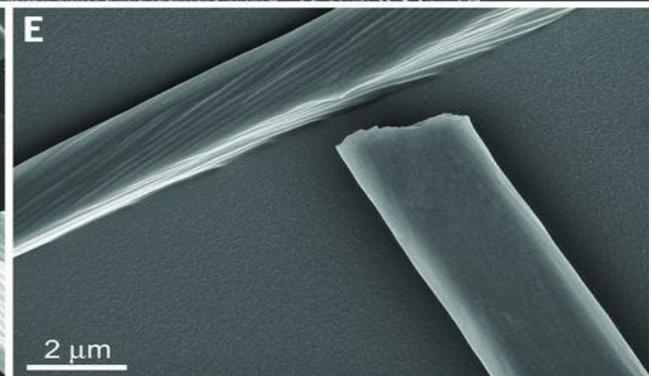
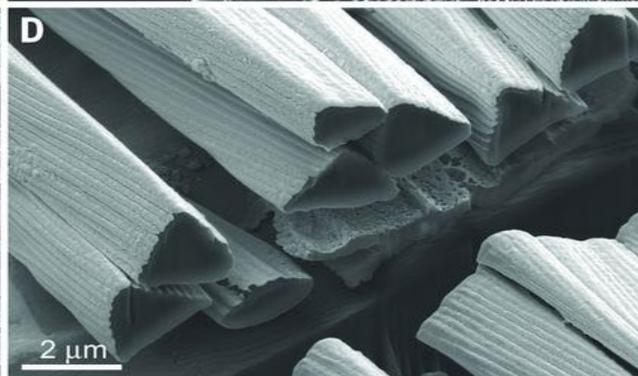
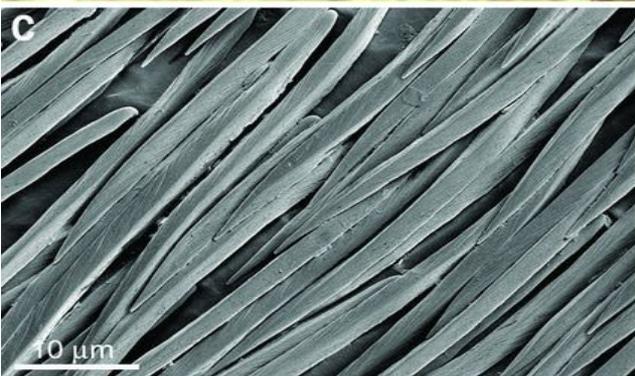
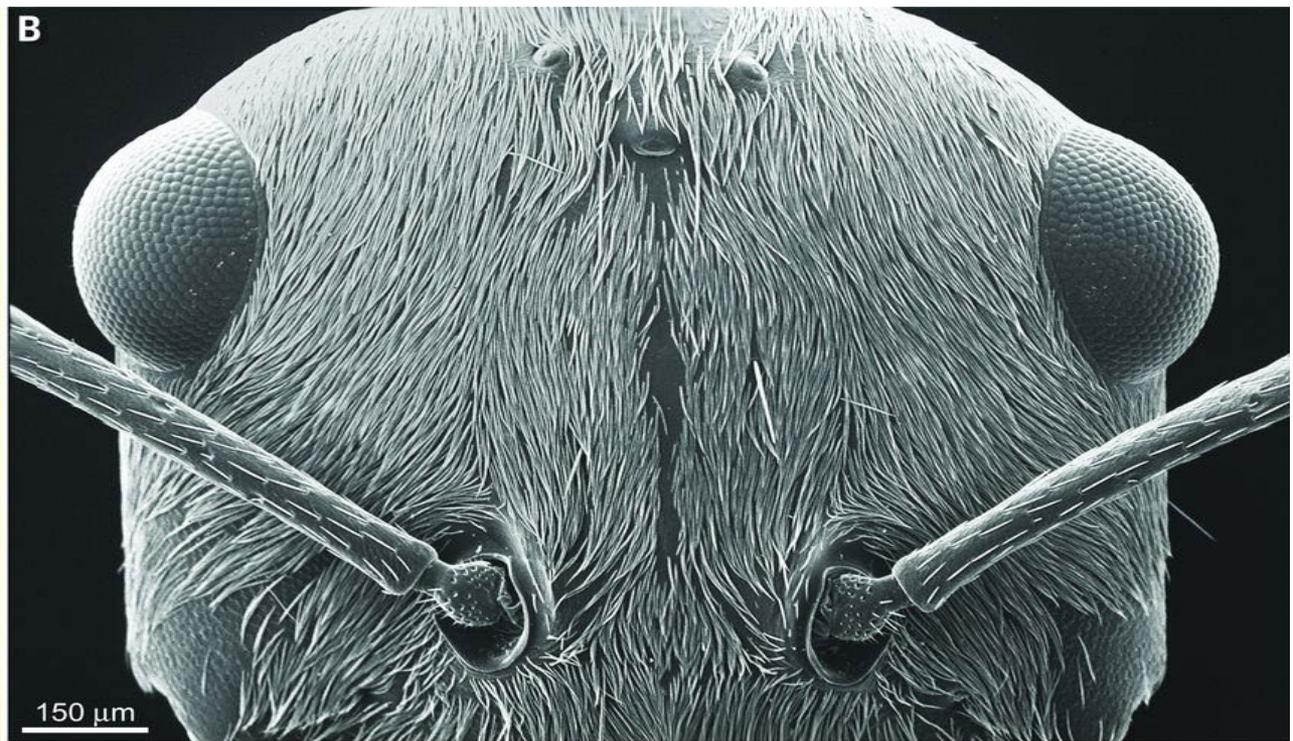
The dips in the incoming and outgoing energy are where the atmosphere absorbs energy. Some of the incoming energy is absorbed by the atmosphere, whereas most of the infrared energy emitted by the Earth is absorbed.



The places with limited or almost no absorption by the atmosphere is known as the atmospheric window - allowing us to peer into the atmosphere at various wavelengths.







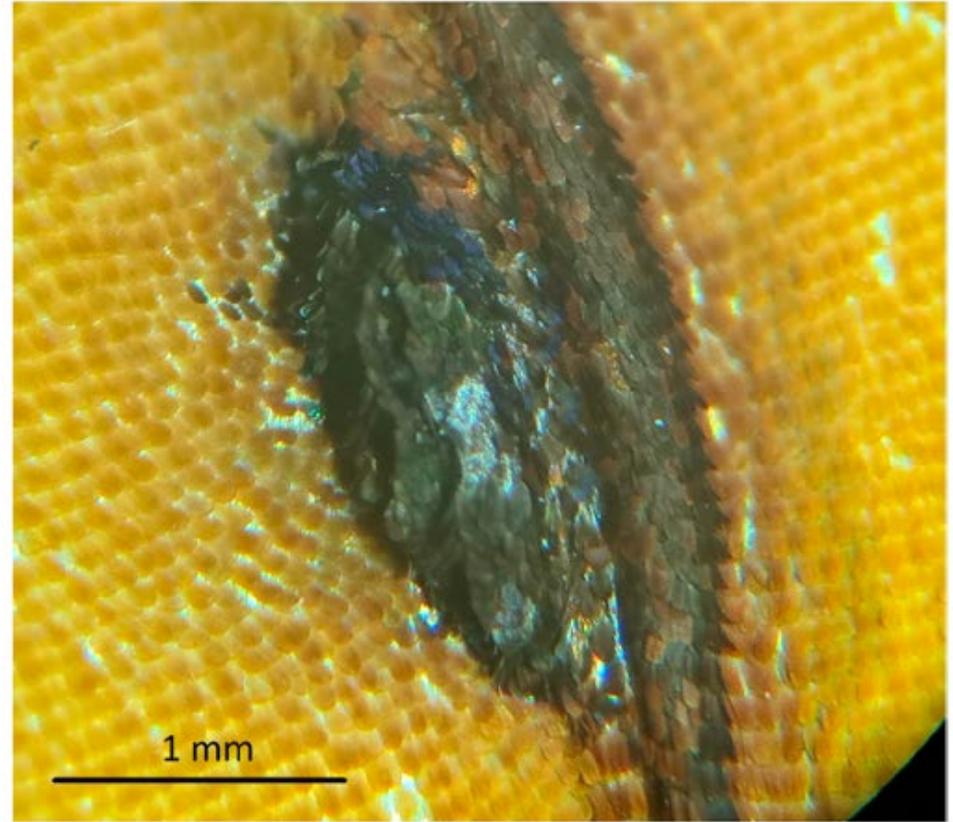
A) © Wehner, Rüdiger (1989),

B-E) © N. N. Shi et al. (2015),

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aab3564>









Thermobilder

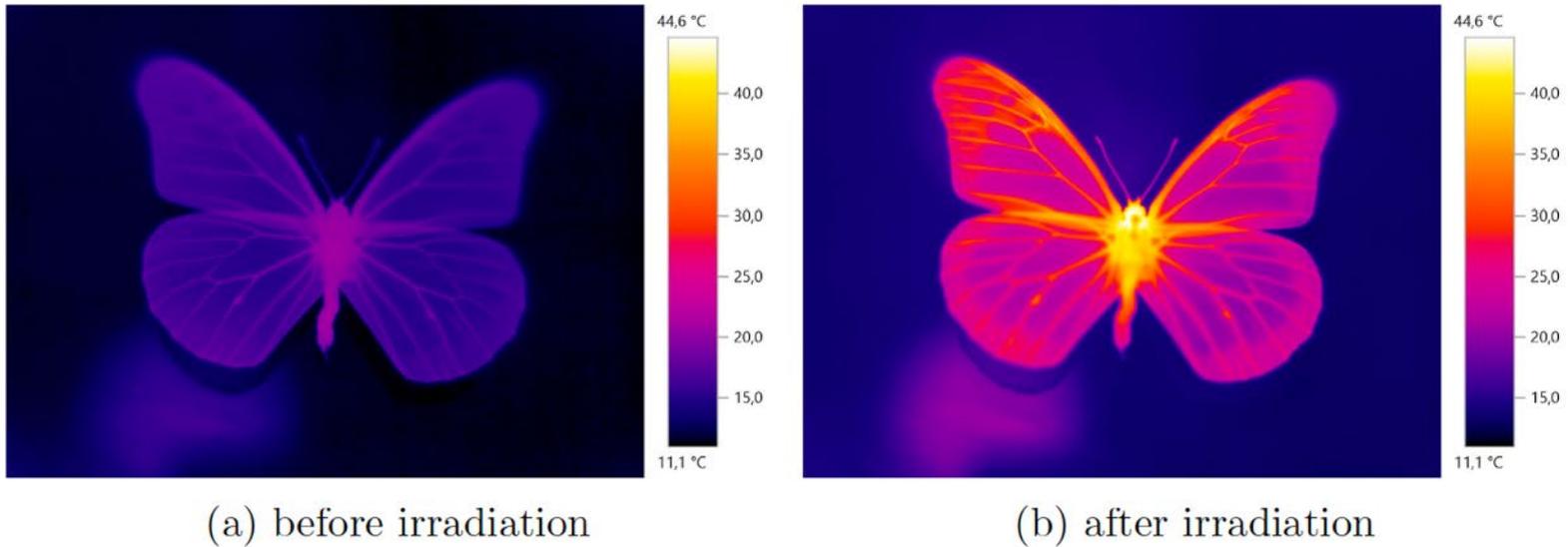


Figure 20: Dorsal side of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*) before and after irradiation for 45 s with the infrared lamp and LED. After irradiation the scent patch stands out as location of enhanced radiation of heat flux. Could be a possible indication for radiative cooling properties.

Thermobilder

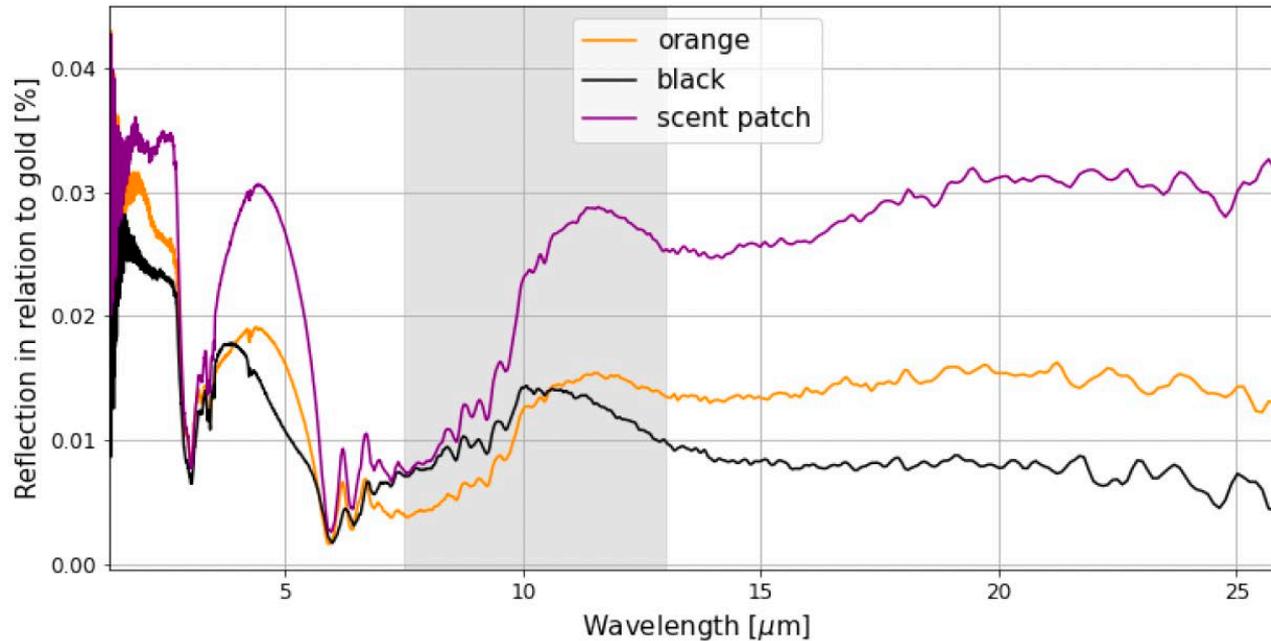
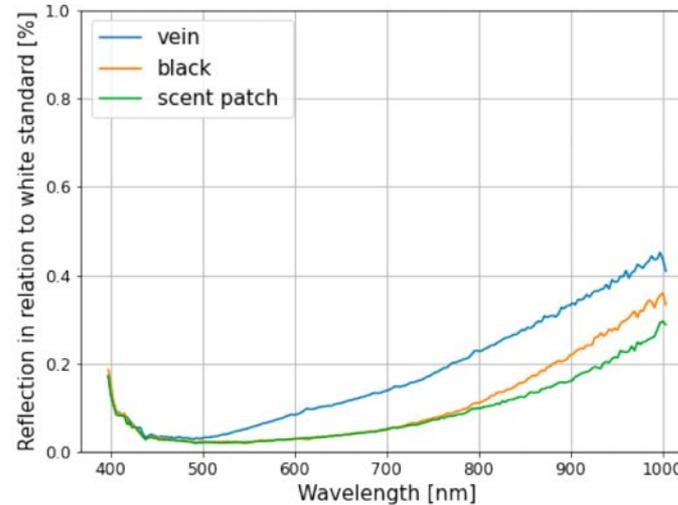
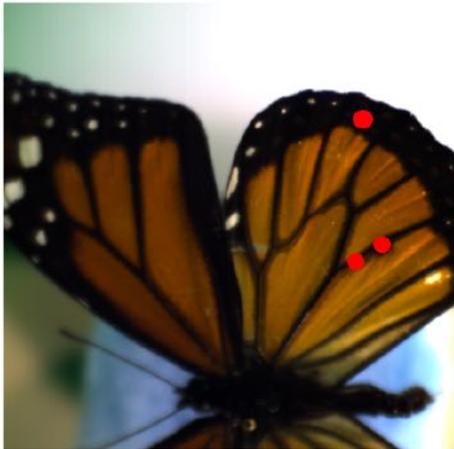


Figure 32: FT-IR spectra of scent patch, orange and black part of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*) measured with Bruker Alpha in reflection mode. The region of the atmospheric window is highlighted in gray. The noise at 1.4 μm to 1.7 μm is coming from the instrument. The spectrum of the scent patch has the highest reflectivity compared to other regions on the wing.

Thermobilder

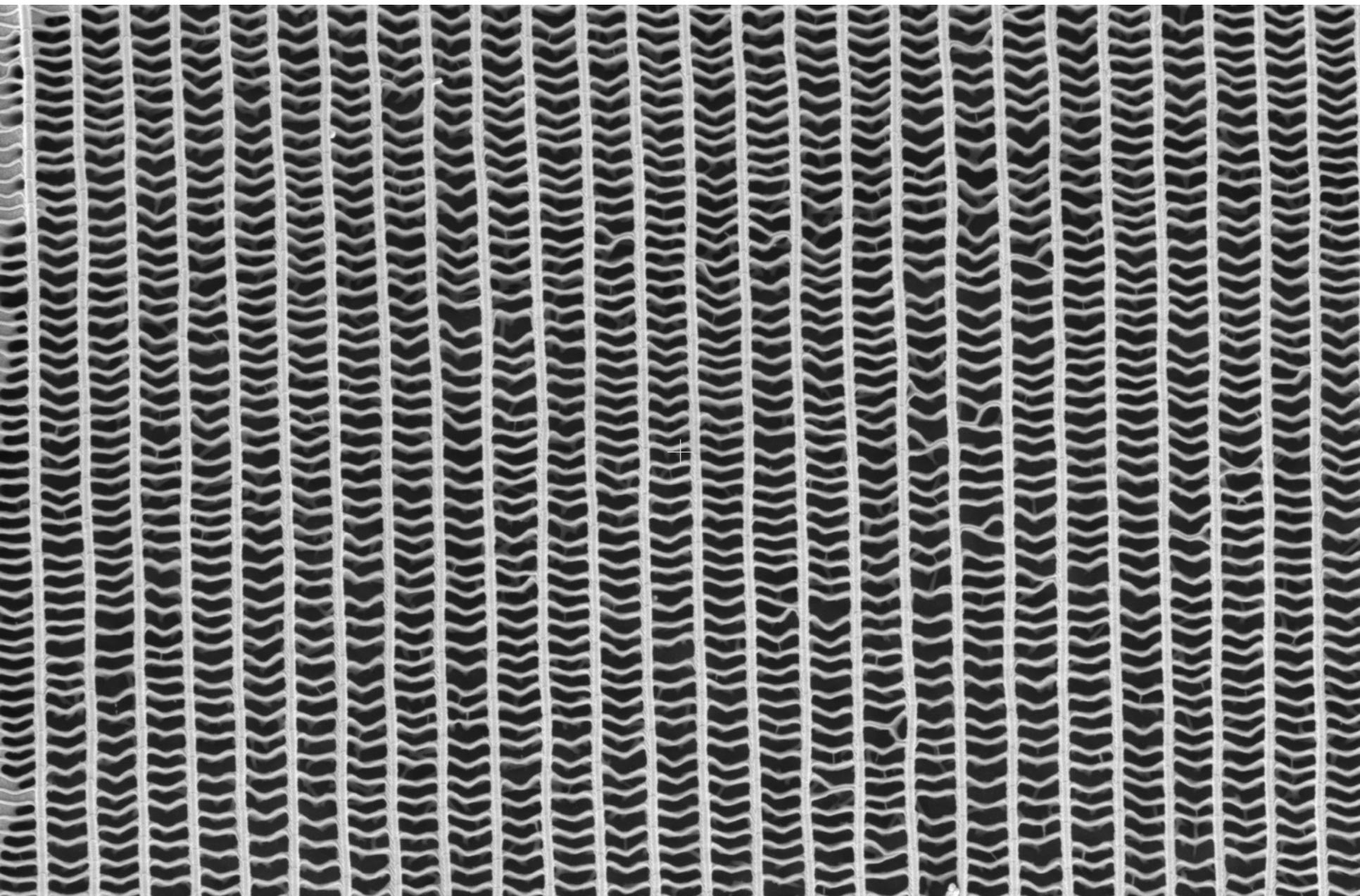


(a) Location on wing of measurement spots (b) Spectra of scent patch, surrounding veins

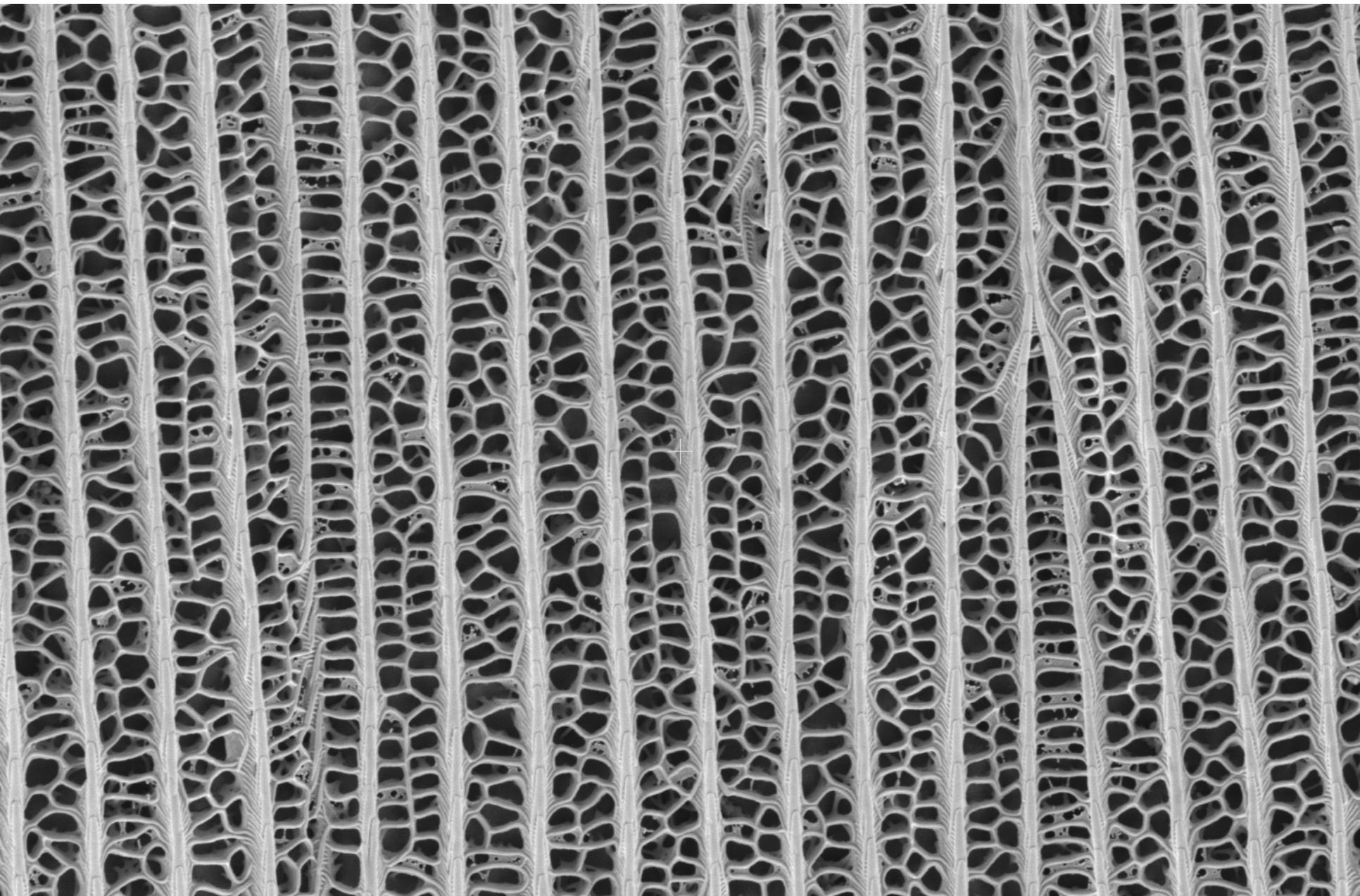
Figure 36: HSI with Specim IQ of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*). Until 800 nm the black area and scent patch have a nearly identical spectrum. All locations follow the trend towards higher reflection with increasing wavelength.

Feuriger Perlmutterfalter

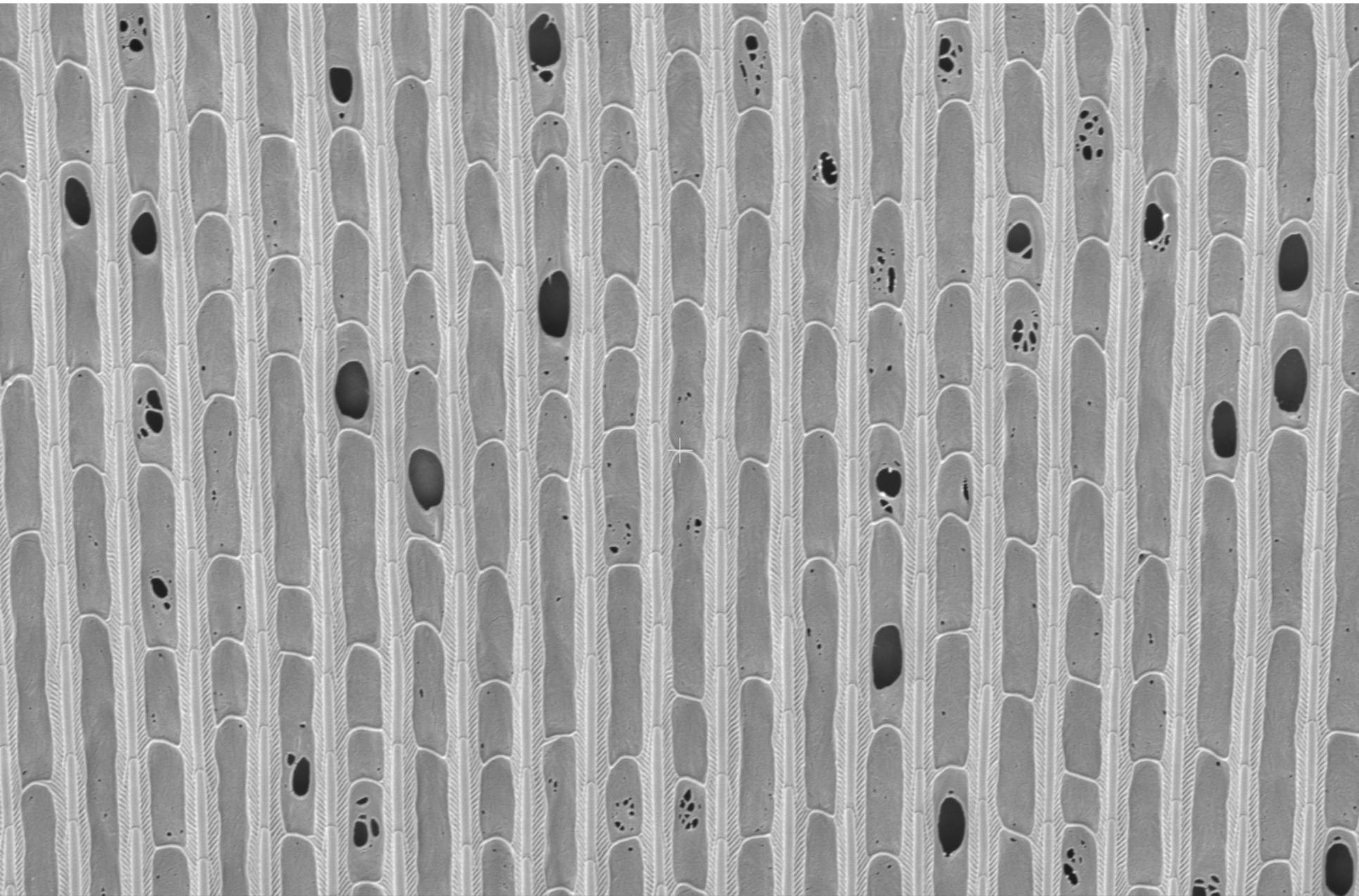




	HV 5.00 kV	mag 10 000 x	<input type="checkbox"/> WD 7.1 mm	det ETD	spot 10.0	HFWD 41.4 μ m	tilt 0.0 $^{\circ}$	use case Standard	dwell 15.00 μ s	 10 μ m
Feuriger Perlmutterfalter braun										



	HV 5.00 kV	mag 10 000 x	<input type="checkbox"/> WD 7.1 mm	det ETD	spot 10.0	HFW 41.4 µm	tilt 0.0 °	use case Standard	dwell 15.00 µs	----- 10 µm ----- Feuriger Perlmutterfalter Duft	
---	---------------	-----------------	---------------------------------------	------------	--------------	----------------	---------------	----------------------	-------------------	--	--



Struktur-Funktionsbeziehungen



1. Integration statt additiver Konstruktion ist ein gemeinsames Merkmal funktioneller Strukturen in der Biologie und der Grund für die Schönheit und die Herausforderung der Biomimetik.
2. Schmetterlingsflügel sind hochkomplex und multifunktional.
3. Es gibt keine über die Arten hinweg erkennbaren Ähnlichkeiten innerhalb der ScentPatchScales und innerhalb der anderen Schuppen. Verschiedene Arten verfolgen anscheinend unterschiedliche Strategien. Das macht diesbezügliche Untersuchungen sehr spannend, aber auch schwierig.

Ausblick



1. Hyperspectral Imaging des Reflektionsvermögens im Bereich des *atmosphärischen Fensters* ($8\ \mu\text{m} - 13\ \mu\text{m}$) der Flügelschuppen von verschiedenen Arten mit Duftschuppen
2. Nachformung (Reproduktion) der vielversprechendsten Strukturen in für Fassaden relevanten Materialien, und Vergleichsuntersuchungen mit Hyperspectral Imaging im Bereich des atmosphärischen Fensters
3. Weathering Untersuchungen der technischen Reproduktionen (Temperatur, Regen, Wind, etc.) in einer Klimakammer

Weiterführende Lektüre



Ille C. Gebeshuber

WO DIE MASCHINEN WACHSEN

Wie Lösungen aus dem
Dschungel unser Leben
verändern werden



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

Hier erweist sich die Natur als unerschöpflicher Lehrmeister.

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 Einzelelements
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

Principles for Sustainable Biomimetics

1. Evolve to survive

Sustainability can be ensured when information to ensure enduring performance is continually incorporated and embedded.

2. Resource efficiency regarding material and energy

Skillfully and conservatively take advantage of local resources and opportunities.

3. Adaptation to changing conditions

Appropriately respond to dynamic contexts.

Biomimicry 3.8 in Gebeshuber I.C. (2012) **Green Nanotribology and sustainable nanotribology in the frame of the global challenges for humankind.** in: Green Tribology - Biomimetics, Energy Conservation, and Sustainability, Springer, pp. 105-125.

Principles for Sustainable Biomimetics

4. Integration of development with growth

Invest optimally in strategies that promote both development and growth.

5. Responsiveness and being locally attuned

Fit into and integrate with the surrounding environment.

6. Usage of life-friendly chemistry

Use chemistry that supports life processes.