



architektur. aktuell

the art of building

5.
2023
deutsch/
englisch



Österreich/DE € 18,- Schweiz SFR 25,- | Österreichische Post AG | MZ 1520/056X M
Architektur Aktuell GmbH | Esquadrplatz 12 | 1080 Wien | www.architektur-aktuell.at

Industrie und Architektur

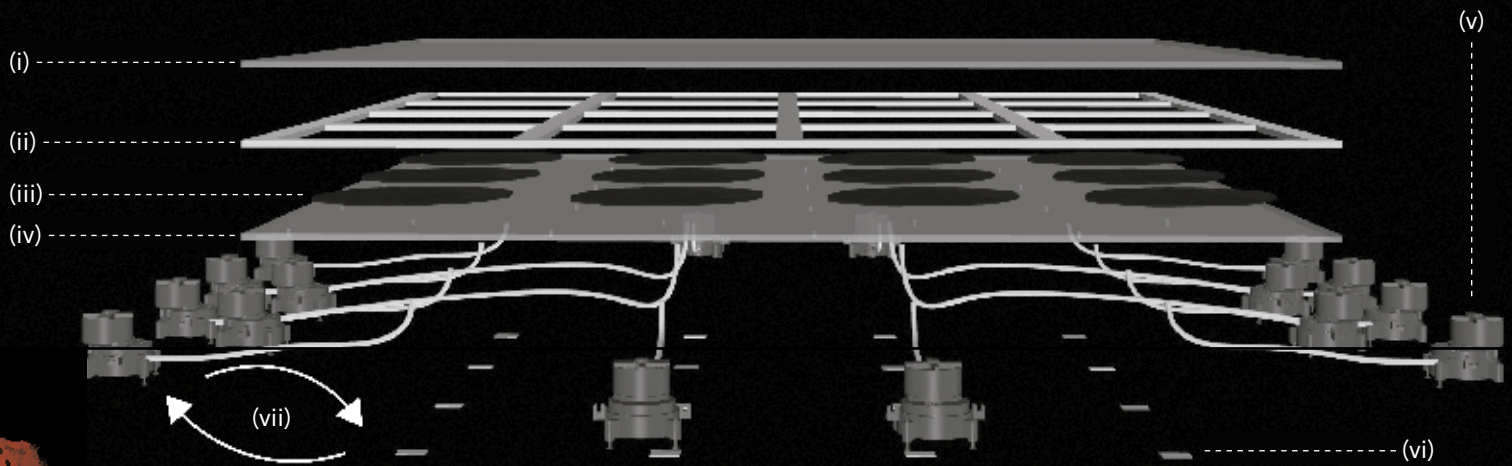
Between conversion and production
Atelier 17c, BIG, Fragmentos, Habsburg Isele und Ulrike Tinnacher

Technology

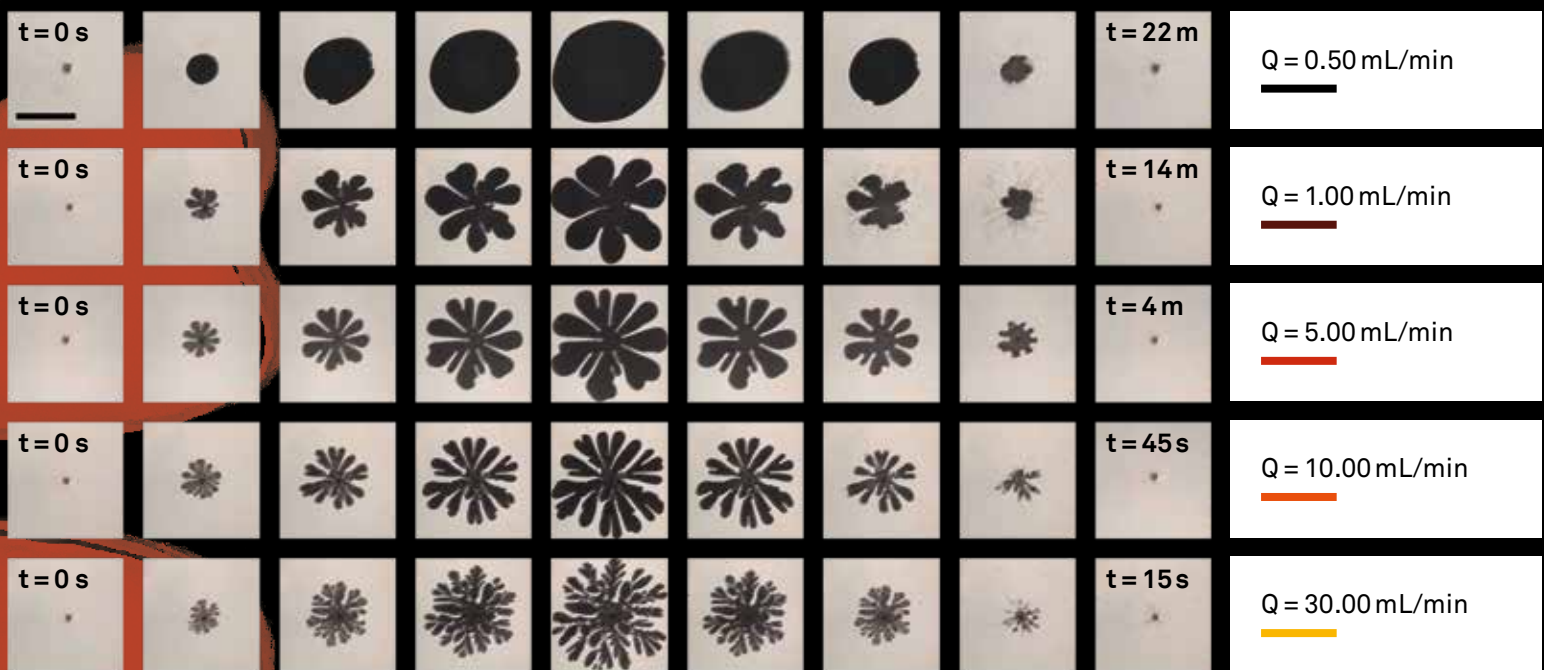
Was uns farbwechselnde Krustentiere über die Gestaltung effizienter Gebäude lehren können

Gebäude gehören zu den größten Energiefressern auf unserem Planeten. Sie verbrauchen etwa ein Viertel des globalen Energiebedarfs, um unser Wohlbefinden zu gewährleisten. Der Kern dieses Problems besteht darin, dass Gebäude den Klimatisierungsprozess ineffizient steuern und sich auf interne Heiz-, Kühl- und Beleuchtungssysteme verlassen, um die externen Schwankungen der Sonneneinstrahlung indirekt auszugleichen. Meeresorganismen haben hingegen ein viel intelligenteres System zur Klimaanpassung entwickelt. Sie steuern die Sonneneinstrahlung direkt an ihrem ersten Kontaktpunkt, indem sie einen Sonnenschutzmechanismus in ihre Haut einbauen.

Text Raphael Kay | Abbildungen Raphael Kay | Nature Communications | CC BY 4.0



Multizellenvorrichtung: (i) äußere dehnbare Schicht; (ii) Klebstoff und Dichtung; (iii) flüssige Pigmentschicht; (iv) innere starre Platte; (v) digital gesteuerte peristaltische Pumpe; (vi) Lichtintensitätssensor; (vii) Rückkopplungsschleife zwischen Sensor und Pumpe. Multicell device: (i) outer expandable layer; (ii) adhesive and gasket; (iii) fluidic pigment layer; (iv) inner rigid plate; (v) digitally-driven peristaltic pump; (vi) light intensity sensor; (vii) feedback loop between sensor and pump.



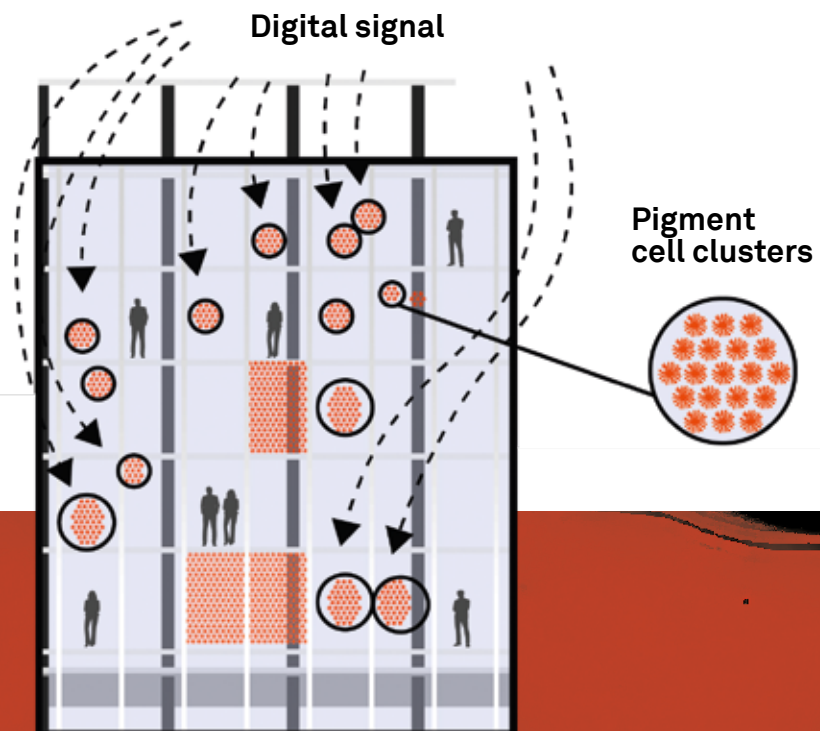
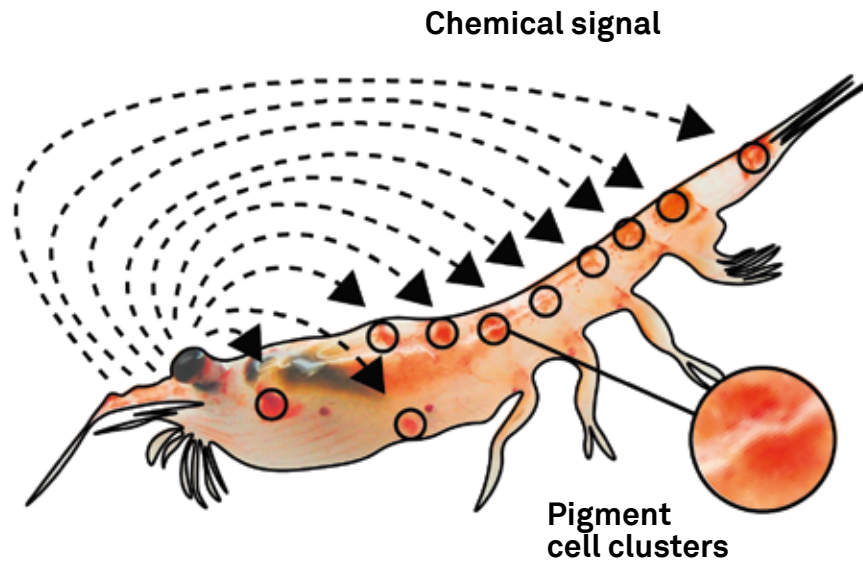
Reversible Pigmentinjektion/-entnahme, wobei der Grad der Verzweigung durch die Injektionsflussrate (Q) von 0,5–30 mL/min bestimmt wird. Der Maßstab ist 15 cm. Reversible pigment injection/withdrawal, where degree of branching is determined by injection flow rate (Q) from 0.5–30 mL/min. Scale bar is 15 cm.

In unserem Labor an der Universität Toronto forschen wir daran, intelligente Arten der Sonnenlichtsteuerung, die sich in der Biologie finden, auf Gebäude zu übertragen – in der Hoffnung, dass sie neue Formen der Energieeffizienz ermöglichen, um Kohlenstoffneutralität und Nachhaltigkeit zu erreichen. In diesem Zusammenhang haben wir besonderes Augenmerk auf Krebstiere wie Krabben und Krill gelegt, die in der Lage sind, ihre Farbe aktiv zu verändern, um den Anteil der Sonnenenergie zu modulieren, den sie durch ihre Haut hindurchlassen. Bei einigen Arten kann dieser äußere Farbwechsel eine präzise Steuerung der Temperatur im Körperinneren ermöglichen. Bei anderen kann die dynamische Pigmentierung

einen lebenswichtigen Schutz vor schädlichen, organschädigenden Sonnenstrahlen bieten. Doch unabhängig vom „Warum“ ist es das „Wie“, das unsere Arbeitsgruppe besonders fasziniert. Bei sehr intensiver Sonneneinstrahlung nutzen Krustentiere wie der Antarktische Krill chemische Signale, um Tausende von mikroskopisch kleinen Pigmentkörnern aus einem zentralen „Behälter“ über ein Netz venenartiger Kanäle in ihrer Haut zu verteilen. Dieser Trick – die Verteilung von Tinte aus einer Reihe von eindimensionalen Punkten über die zweidimensionale Fläche ihrer Haut – führt zu makroskopischen Farbveränderungen. Wenn die Organismen keinem übermäßigen Sonnenlicht mehr ausgesetzt sind, können sie

ihre Pigmentschattierungen wieder umkehren, indem sie die farbigen Körnchen aus dem Kanal-Netzwerk in zentrale Reservoirs zurückbringen. Beim Krill können diese Farbübergänge Minuten und sogar Stunden dauern, wobei die Bereiche möglicher Schattierungen an die kanalartigen Strukturen gebunden sind, in denen die Pigmente bewegt werden können. In unserer Forschung haben wir eine vom Krill inspirierte Technik für das Bauwesen entwickelt, die eine reversible pigmentbasierte Schattierung erreichen kann, und das mit einer viel präziseren räumlichen Kontrolle und viel schneller als das biologische Gegenstück. Um eine auf Pigmenten basierende Abstimmbarkeit in Gebäudegröße zu erreichen, haben

wir uns ein spannendes physikalisches Phänomen zunutze gemacht, das von PhysikerInnen häufig beobachtet und experimentell untersucht wird: Wenn eine Flüssigkeit mit niedriger Viskosität unter Druck in eine Flüssigkeit mit höherer Viskosität zwischen zwei eng beieinander liegenden Platten eingespritzt wird, verzweigt sich die eingespritzte Flüssigkeit und bildet Netzwerke, die denen ähneln, die der Krill für den Pigmenttransport verwendet. Wenn wir Pigmentmoleküle in die eingespritzte Flüssigkeit mischen, während wir die verdrängte Flüssigkeit transparent halten, können wir, wenn wir die farbige Flüssigkeit mit Druck in die ungefärbte Flüssigkeit einspritzen, die Farbe unserer Gebäude-„Häute“ makroskopisch verändern. Wir können auch unser farbiges Netzwerk zusammenbrechen lassen und neu aufbauen, indem wir den Fluss unserer Injektion wiederholbar umkehren. Da die Flüssigkeitsstrukturen nicht fixiert sind, können wir ihre Form und Größe mit jeder neuen Injektion (abhängig von der Geschwindigkeit) anpassen, was uns Zugang zu einer unendlichen Anzahl von Sonnenschutzmustern gibt, die wir jederzeit dynamisch erzeugen können. Die chemische Zusammensetzung und die räumliche Bedeckung sowohl der eingespritzten als auch der verdrängten Flüssigkeiten sind anpassbar. Deshalb gehen wir davon aus, dass unsere vom Krill inspirierte Lösung weltweit spannende Möglichkeiten für Energieeinsparung in Gebäuden bieten kann. In Zusammenarbeit mit einem Experten für die Modellierung von Gebäudeenergie (Dr. J. Alstan Jakubiec von der Universität Toronto) haben wir den Betrieb unseres Systems sowie einer Reihe von bestehenden Beschattungssystemen an einer Gebäudehülle im Jahresverlauf simuliert. Ergebnis war, dass unser flüssigkeitsbasiertes Beschattungsmaterial die Energieeinsparungen für Heizung, Kühlung und Beleuchtung in Gebäuden über das Jahr hinweg um bis zu 30 Prozent im Vergleich zu den modernsten bestehenden Alternativen senken kann. Dieses Ergebnis bestärkt uns in unserer Überzeugung, dass die Biologie ein weitgehend ungenutztes Reservoir an Lösungen für wichtige anstehende Probleme des dynamischen Sonnenschutzes für Gebäude und weit darüber hinaus darstellt.



Schematischer Vergleich der Aktivierungswege für biologische Chromatophorencluster in Krillen und synthetische Chromatophorencluster in Gebäuden, um das Eindringen von Sonnenstrahlung durch die Krillhaut und die Fassade von Gebäuden zu kontrollieren. Schematic comparing the activation pathways for both biological chromatophore clusters in krills and synthetic chromatophore clusters in buildings, to control the ingress of solar radiation through the skin of krill and facade of buildings.

What color-changing crustaceans can teach us about designing efficient buildings

Buildings are among the largest energy-guzzlers on the planet, consuming about one-quarter of the global energy footprint in an effort to keep us comfortable. At the core of this issue, buildings manage the climate conditioning process inefficiently, relying on internal heating, cooling, and lighting systems to compensate for external solar fluctuations indirectly. Marine organisms, on the other hand, have evolved a much smarter system for achieving climate-adaptability, instead controlling solar fluxes at their first point of contact, embedding a solar-shading mechanism within their skin directly.

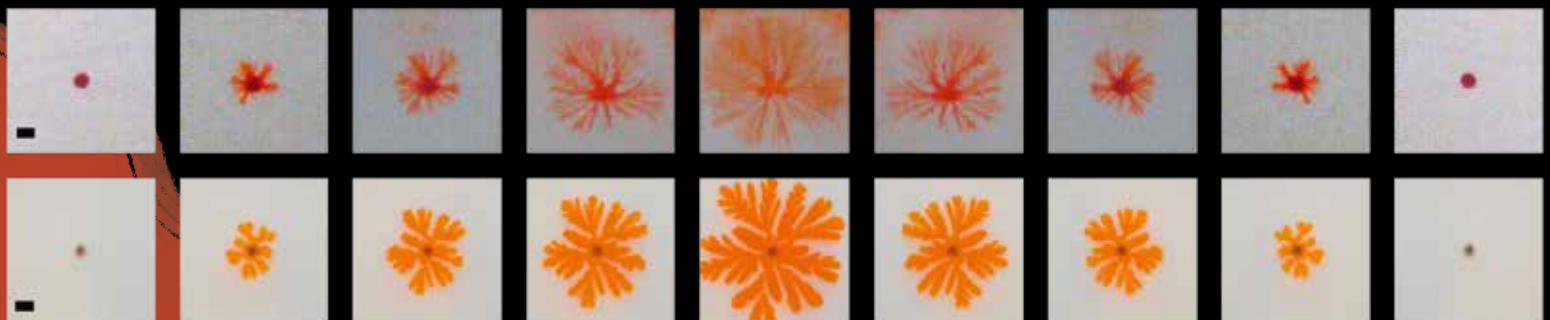
Text Raphael Kay **Abbildungen** Raphael Kay | Nature Communications | CC BY 4.0

In our lab at the University of Toronto, we are interested in translating the smart sunlight-controls we find in biology to buildings – hoping they may enable new levels of energy efficiency toward our ultimate goals of carbon neutrality and sustainability. Along this endeavor, we have paid particular attention to crustaceans like crab and krill, capable of actively changing color to modulate the portion of solar energy they allow to pass through their skins. For some species, this external color change may afford precise control of internal temperature. For others, the dynamic pigmentation may provide vital protection against harmful, organ-damaging solar rays. But, independent of the 'why', it is the 'how' that our laboratory finds particularly intriguing. When sunlight levels are particularly intense, crustaceans like the Antarctic krill use chemical signals to disperse thousands of microscopic pigment granules from a central 'container' across a network of vein-like channels within their skin. The effect of this trick – spreading ink from a series of one-dimensional points across their skin's two-dimensional area – is macroscopic color change. And when the organisms are no longer exposed to excessive sunlight, they can reverse their pigmentary

shades, bringing back the colorful granules from the channeled networks into place again within central reservoirs. In the krill, these color transitions can take minutes, and even hours, while the regions of possible shading are fixed to the channeled structures in which the pigments may travel. In our research, we've developed a krill-inspired, building-scale analogue that can achieve reversible pigment-based shading but with much more precisely-designable spatial control, and at much faster time scales, than its biological counterpart. To achieve building-scale pigment-based tunability, we turned to an exciting physical phenomenon often observed and studied by physicists experimentally. When a fluid of low viscosity is injected with pressure into a fluid of higher viscosity between two closely-spaced plates, the injected fluid will grow with branches, forming networks that approximate those employed by krill for pigment transportability. If we mix pigment molecules into the injected fluid, while keeping the displaced fluid transparent, when we inject our colorful liquid into the non-colored liquid with pressure, we will change the color of our building 'skins' macroscopically.

But, in our case, we can collapse and rebuild our colorful network by reversing the flow of our injection repeatedly. This means that, because the fluidic structures are not fixed, we can tune their shape and size with each new injection (depending on speed), giving us access to an infinite library of solar shading patterns to be generated at any point dynamically. Because the chemical composition and spatial coverages of both the injected and displaced liquids are tunable, we imagine that our krill-inspired platform can offer exciting advantages for energy savings in buildings globally. Working alongside an expert in building energy modelling (Dr. J. Alstan Jakubiec at the University of Toronto), we simulated the operation of our system, as well as range of existing shading systems, along a building enclosure annually. Excitingly, we found that our fluid-based shading material could reduce heating, cooling, and lighting energy savings within buildings, across the year, by up to 30 percent compared to state-of-the-art, existing alternatives. This result reaffirms our belief that biology can serve as a largely-untapped repository of solutions to important unmet challenges, from dynamic solar shading in buildings and far beyond.

Contracted state → Expanded state → Contracted state



Vollständige Expansions- und Kontraktionssequenz der Chromatophoren im Krill (oben) und im synthetischen Gerät (unten) im Vergleich.
Complete expansion and contraction sequence of chromatophores in krill (top) and synthetic device (bottom) compared.