

HAINBUCHE

Carpinus betulus, Familie Birkengewächse

◆ Mittelgroßer Laubbaum (15–25 m)
◆ Gerader Stemm mit Längswülsten und graugrüner Borine → Bätter wechständig, gesägt, deutlich gesdert, 4–9 cm lang ◆ Männliche Bütenstände erscheinen gleichzeitig mit den Büten, webliche Bütenstände kenten vollage in Erchmeutliche Steinentung der Steinentung vollage ← Frichteutliche untürset. Fründhaufe

EIN TEPPICH AUS HERAB-GEFALLENEM LAUB

Was gibt es Dekorativeres als einen Teppich aus Herbstlaub? Das dachten sich jedenfalls die Designer eines neuartigen Teppichbodens, der das Muster eines Waldbodens im Herbst nachempfindet. Dahinter steckt die Idee, dass in der Natur die Wiederholung und zufällige Überlagerung desselben Motivs ein «geordnetes Chaos» bilden und dass dieses Chaos absolut ästhetisch wirkt. Daher zeigt der erwähnte Teppichboden Variationen zufälliger Motive; abgenutzte Teppichfliesen können so an jeder beliebigen Stelle durch beliebige andere ersetzt werden.



Origami und Sonnensegel

7er hat noch nie beim Zusammenlegen einer Straßenkarte fast die Nerven verloren und von einer Karte geträumt, die sich ohne Kopfzerbrechen mit einem Handgriff zusammenlegen und entfalten lässt? Als sich der Japaner Koryo Miura mit Faltproblemen beschäftigte. wollte er iedoch nicht etwa Wanderern das Leben er-

leichtern, sondern den Weltraum erobern. Seit den 1970er-Jahren begeisterte sich der Luffahrtexperte für die Kunst des Origami. Sein Ziel-Eine Falttechnik zu finden, mit der Sonnensegel der Raumsonden platzsparend transportiert und außerhalb der Atmosphäre einfach und problem-

los entfaltet werden können.

Fündig wurde er in der Natur. Einige Insekten, zum Beispiel der Marienkäfer, können ihre Flügel schnell und mühelos ausbreiten und sie dann wieder unter den Schutzpanzer der Deckflügel falten. Doch als das lehrreichste Modell erwies sich das Blatt der Hainbuche. In seiner Knospe wartet das junge Blatt klein zusammengelegt darauf, sich zu entfalten, sobald die Hülle sich öffnet. Selbst wenn es zu diesem Zeitpunkt seine endaültige Größe noch nicht erreicht hat, ist es bereits wesentlich länger und breiter als die Knospe, in der es steckt. Die Faltung des Hainbuchenblatts gehorcht relativ einfachen und wirkungsvollen geometrischen Regeln. Seine stark ausgeprägten Blattadern,



Damit Sonnensegel sich ideal entfalten, gibt es nichts Geeigneteres als das Faltmodell des Hainbuchenblatts.

die V-förmig um eine zentrale Achse ausgerichtet sind, entsprechen den Berafalten.

Und so beschäftigten sich zahlreiche Ingenieure nach dem Vorbild von Koryo Miura mit der Kunst des Origami – mit der Unterstützung eines Hainbuchenblatts. Die Technik des *Miura-Oris (*Miura-Faltungs), für die ihr Entwickler ein Patent angemeldet hat, zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass die gesamte Fläche auf die Größe eines ihrer Segmente reduziert werden kann.

Sie kam bereits in der Rauumfahrt und bei der Entwicklung von Sonnensegeln zum Einsatz, die Satelliten mit
Strom versorgen. Doch die einmalige Falttechnik hat sich auch in allen möglichen anderen Bereichen schon bewährt, vor allen in der Kartografie –
allerdings stehen die entsprechenden Karten den Normalsterblichen leider noch nicht zur Verfügung. Inzwischen können Wissenschaftler auch gekrümmter Plächen realisierer, ein Einsatz in der minimalinvasiven Chirurreie ist damtt denkhar

Was ist der Unterschied zwischen einem Hainbuchenblatt und einem Regenschirm?

Wenn man einen Regenschirm öffnet, spannt sich das Gewebe, und es ist eine betächtliche Kraft nötig, um die Struktur in Form zu halten. Sobald eine Strebe bricht, ist der Schirm nicht mehr benutzbar. Aus diesem Grund ist das Hainbuchenblatt-Modell dem Schirm überlegen, weil es sich ohne Spannung um Achsen herum entfalten kann, die von seinen Adern gebildet werden. Nach dem Offnen bleibt es eben, ohne seine Flexibilität einzubüßen, vor allem wegen der V-Form seiner Adern, dank der es sich nach dem Wind richten und so für den geringstmöglichen Druck sorgen kann. Diese Eigenschaft ist von großem Interesse für Entwickler flexibler Fotovoltalikzellen.



AMEISEN

Niuficsten vertreteri bis zu Grün und

RECHTE SEITE 2020202020 Dinoponera quadriceps (oben), Atta sp. (Battschneiderameise; Mitto), Ectatomma brunneum (unten links und Mitte).

STRATEGIE HONIGTOPFAMEISEN

Rine Ameise, die als Honigtonf dient - genau das ist die Rolle. die bestimmte Arbeiterinnen in manchen Ameisenkolonien in trockenen Regionen übernehmen. Indem sie in ihrem Abdomen den Honigtau lagern, den ihre Artgenossinnen gesammelt haben. verwandeln sie sich in lebende Vorratsspeicher, Diese Arbeiterinnen dienten als Vorbild für die Gebäude des Watsu Centers in Kalifornien. Der Architekt Eugene Tsui entwarf das Gebäude aus fünf durch Gänge verbundenen Kugeln. die dem aufgeblähten, geaderten Abdomen der «Honigtopf»-Arbeiterinnen nachempfunden sind. Diese Form, die die Oberfläche der Wände und damit die Angriffsfläche für die Hitze verringert, sorgt unter anderem für eine sehr gute passive Isolierung des Gebäudes.



Kollektive Intelligenz

Cie sind überall. Auf allen Kontinenten und in solchen Mengen, dass sie Schätzungen zufolge allein 20 Prozent der tierischen Biomasse auf der Erde ausmachen - mit anderen Worten, ebenso viel wie der Mensch. Und das ist nicht der einzige Vergleich, der sich zwischen Ameisen und Menschen ziehen lässt. Als soziale

Insekten leben Amelsen in Kolonien, deren Mitglieder kooperieren und die Informationen miteinander teilen, über die sie verfügen. Ameisenhaufen wachsen und besetzen Gebiete, genau wie menschliche Gesellschaften. Was wäre, wenn die Kooperations- und Kommunikationsmethoden

der Ameisen auch für die Menschen

nützlich sein könnten?

Im Gegensatz zu allem, was man lange glaubte, ist ein Ameisenbau keine hierarchische Gesellschaft: Die Königin hat keine «Befehlsgewalt» über ihre Arbeiterinnen und verfügt nicht über mehr Informationen als iede beliebige Ameise, die durch die Gänge des Baus huscht. Ameisen kommunizieren über den Austausch von Pheromonen (Duft-, Botenstoffe), die sie mit ihren Fühlern analysieren. Doch diese Pheromone liefern nur grundlegende Informationen; sie verraten iedem Mitalied der Kolonie etwas über den Gesundheits- und Ernährungszustand derer, die ihnen über den Weg laufen. Wenn Ameisen Probleme lö-



Lassen sich Staus mithilfe von Ameisenstrategien vermeiden?

sen, dann tun sie das im Kollektiv mithilfe der sogenannten Schwarmintelligenz. Im Falle des schnelisten Wegs zur Nahrungsquelle funktioniert das so: Tiere, die den kürzesten Weg gefunden haben, kehren schneller zum Bau zurück, ihre Pheromonspur ist frischer und intensiver und zieht eine größere Zahl von Artgenossinnen an, die so wiederum die Spur verstärken, und so weiter.

Dieses System wurde in den 1990er-Jahren in mathematische Formein übersetzt, die «Ameisenalgorithmen». Diese Formein helfen dabei, das berühmte «Problem des Handlungsreisenden» zu lösen: Wie kommt man auf dem kürzesten Weg durch eine Reihe von Städten? Die Ameisenalgorithmen liefern eine Antwort auf diese Frage und werden in der Verkehrstenkung eingesetzt.

Mehrere Projekte bemühen sich derzeit, nach dem Modell der Ameisen eine Software zu entwickeln, die Staus vermeidet – ein Problem, das diese Insekten nicht kennen.

DIE WÜSTENAMEISE UND DER ORIENTIERUNGSSINN

Die meisten Ameisen finden den Ruckweg zur Kolonie anhand der Pheromonspur, die sie auf dem Hinweg gelegt haben. Der Wüstenameise Gatagiyphis bicolox, deren Lebensraum ständig Hitze und Wind ausgeeetz ist, nitzt dieser Mechanismus jedoch herzlich wenig. Dennoch findet sie pro-

blemlos zurück – indem sie Ihre Position im Verhältnis zur Sonne bestimmt! Sie verfügt über Sehzellen, die das Polarisationsmuster des Sonnenlichts währnehmen. Daran erkennt sie, aus welcher Richtung das Licht kommt. Roboterspezialisten der Universität Zürich ist es gelungen, einen

kleinen Roboter namens Sahabot zu bauen, der mit einer Sehvorrichtung wie den Sehzellen der Wüstenameise ausgestattet ist und der sich auf die gleiche Weise orientieren kann wie sie. Sahabot und sein Grundprinzip könnten der Ausgangspunkt für eine neue Art von GPS-Systemen selv.



GEMEINE MIESMUSCHEL

Mytilus edulis, Familie Miesmuscheln

Welchtier von mittlerer Grüße (1-10 om lang), der weiche Klapen ward von einer zweigstellen. Schale geschülzt. ◆ Kalkochale mit konzent sicher Wächstamstellere bitzun zu zu, gelegentlich purpurst. ◆ Der Körper bestellt aus einer Eingeweidermasso, umgeben von einem Mantel und einem muskulbean Fuß, mit dem sich die Muschel an Feben testhält. ◆ Wath.

RECHTE SETTE >>>>>>> Mytilus ocluis (Gemeine Miosmuschei), Mytilus galloprovincialis, Merika yalkossas

EIN KLEBSTOFF, DER SICH ANPASST

Miesmuscheln können Byssus mit unterschiedlischem Wirkungsgrad herstellen. Die Substanz wird nämlich in unfertiger Form als flüssiger Schaum ausgeschieden und erst im letzten Augenblick in einen aktiven Klebstoff umgewandelt.

SELBSTHEILENDE SOLLBRUCHSTELLEN

Auch im Hinblick auf erdbebenbeständige Gebäude wird der Byssus erforseht. Mehrere der oben bereite erwikhnten DOPA-Moleküle bleiden stabile Komplexe mit Bisen, das als Brücke fungiert. Im Gegenast zu anderen chemischen Bindungen Können diese Komplexe sich wieder neu bilden, wenn die Vernetung unter Belastrung aufbricht. Die Struktur enthält also selbstheilende Sollbruchstellend



Der Superklebstoff

KDas hängt fest wie die sens – diese französische Redensart macht deutlich, dass Miesmuscheln Experten in «Haftungsfragen» sind. Miesmuscheln kleben sich mithlife einer Substanz an ihre Unterlage, die sie nach Bedarf absondern. Dieser natürliche «Klebstoffs nennt sich Byssus und ist in der Küche auch als ehuschelbart bekannt: Es

handelt sich um die Fäden, die man beim Putzen der Muschelschalen entfernt. Ohne diese Substanz können Miesmuscheln nicht überleben: Wenn sie nicht ganz fest auf ihrer Unterlage säßen, würden die Wellen ihre Schale beschädigen. Dank Byssus besteht hier keine Gefahr, denn er verfügt über geradezu unerhörte Hafteigenschaften. Ein schwedisches Forscherteam. das versucht hatte, ihn abzusammeln und daraus einen synthetischen Kleber herzustellen, musste auf die Fortführung seines Projekts verzichten - das entstehende Material klebte dermaßen gut, dass sie es nicht von den Instrumenten lösen konnten, mit denen es hergestellt wurde!

Statt den Klebstoff zu verwenden, den die Tiere selbst herstellen, besteht aber auch die Möglichkeit, ihre Produktionsgeheimnisse zu kopieren. Der Byssus besteht wie der Faden der Spinne aus einer Proteinkette. Eine Aminosäure namens DOPA (hydroxyphenylalanin) sorgt dabei für einen Gerimungseffekt wie beim Elklar, indem sie auf die Molekularbindungen wirkt.



Dank der Miesmuscheln können wir heute Spanplatten ganz ohne giftige Klebstoffe herstellen.

Forscher der US-amerikanischen Universität von Oregon hatten daher die Idee. DOPA in Soiaproteine einzubauen, um denselben Effekt zu erzeugen. Der so hergestellte Klebstoff erweist sich als besonders wirksam bei der Befestigung von Materialien auf Holzbasis. So entstand ein Verfahren zur Herstellung von Spanplatten und Möbeln, bei dem keine giftige Substanz zum Einsatz kommt - im Gegensatz zu allen anderen bisher angewandten Klebemethoden - und dessen Kosten nach Angaben der Hersteller unter denen der üblichen Technologien liegen.

Inzwischen kamen Wissenschaftler dem Geheimnis der Schutzschicht des Byssus auf die Spur, das die Muschelseide so fest und dehnbar macht Auch der Nachbau ist schon gelungen. Ein Klebstoff nach dem Vorbild der Muscheln ohne gittige Substanzen, der auch im Salzwasser hält, könnte sich ideal zur Reparatur von Verletzungen im menschlichen Körper oder für Implantate eignen. Auch ein Einsatz in der Unterwassertechnik ist denkhar

DIE PERFEKTE ANTIHAFTUNG

Förscher der Universität von Chicago haben sich die Methoden der Miesmuschein zunutza gemacht, um das gegenteilige Ergebnis zu erzielen: ein Material mit den perfekten Antihaf-Eigenschaften herzustellen. Als Beschichtung soll es in der Medizin zum Einsatz kommen, da sich dank seiner Stuktur nicht einmal Bakterien darauf festsetzen können. Wie das funktioniert? Mithilfe derseiben Aminoakure, die die Muschelproteine aneinander haften lässt, des DOPA. In diesem Fäll jedoch dient es als Bindemittel für einen chemischen Bestandrell, dessen Antihart-Elgenschaften sich sonst nicht mit dem Material hätten verbinden und nutzen lässen können.