



## Bionik

# Vorbilder aus der Natur: Worin besteht ihr Mehrwert?

Dr. Oliver Schwarz

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Während Sie diesen Artikel lesen, stirbt vermutlich gerade eine Spezies aus und das sogar meist, bevor wir sie überhaupt kennengelernt haben. Nach einem Bericht der Vereinten Nationen zur Artenvielfalt sterben täglich bis zu 130 Tier- und Pflanzenarten aus. Mit jeder Art geht auch ein Vorbild verloren, aus dem wir etwas lernen könnten.

Das, was wir an Vorbildern in der Natur haben, lohnt sich genauer anzuschauen – insbesondere im Hinblick auf deren Überlebensstrategien und ihre Fähigkeiten, mit ihrer Um- und Mitwelt zu interagieren. Die Funktionsmorphologie, Verhaltensbiologie, Sinnesphysiologie und viele andere Spezialgebiete der Biologie ermöglichen die wissenschaftliche Analyse.

Die Bionik versucht, die Erkenntnisse in die Technik zu transferieren und die Evolutions- und Organisationsbiomimetik überträgt die Erkenntnisse auf die Wirtschaft. Auf diese Weise können wir Mehrwerte aus der Natur generieren

Wie der Mehrwert eines biologischen Prinzips unschätzbar werden kann, zeigt das bei ESA und NASA als ganz real angesehene Szenario der Kollision eines Asteroiden mit der Erde. Die maximal schlimmste anzunehmende nicht menschengemachte Bedrohung für die Menschheit ist vom Menschen jedoch dank seiner technologischen Möglichkeiten zu verhindern: Zur Sprengung von Asteroiden bedarf es einer Bombe, die in einem Loch gezündet wird, um den Asteroiden effektiv zu zerlegen, so die ESA. Einen heranfliegenden auch kleinen Himmelskörper können wir rechtzeitig entdecken. Mit einer Rakete erreicht die Bombe ihr Ziel. Nur ein Loch ohne

Schwerkraft ins Objekt zu bohren, macht Schwierigkeiten – jedenfalls solange, bis Sie den Artikel zu Ende gelesen haben.

### Mehrwert in Zahlen

Ingenieure und Betriebswirte in der Industrie überzeugen nicht schöne Worte und Hypothesen bei ihren Entscheidungen, einen biologisch inspirierten Weg zu gehen und zu finanzieren. Die Industrie versteht den Mehrwert rein zahlenbasiert. Folgende Beispiele der bionischen Umsetzung präsentieren diesen.

### Blattadern als Ideengeber

Blattadern sind die Logistikwege, über die Wasser und Zucker bei Pflanzen transportiert werden. Eine gleichmäßige Verteilung über die Blattfläche muss gewährleistet werden. Ein ursprüngliches und einfaches Verzweigungsmuster mit dichotomer Verzweigung weisen Farne und der Ginko auf.

Michael Hermann vom Fraunhofer ISE hat die Verteilung analysiert und einen einfachen Algorithmus entwickelt, anhand dem man mit Geodreieck und Bleistift eine Hydraulikstruktur auf einer beliebigen Flächengeometrie optimal verteilen kann. Konkrete Anwendung sind Solarabsorber, die so die Energie optimal abtransportieren können. Im Unterschied zu den heute üblichen Mäander- oder Harfenabsorbern, die in rechteckigen Modulen erhältlich sind, können nun beliebige Flächengeometrien ausgefüllt werden.

Diese sogenannten Fractherm®-Kanalstrukturen wurden dann auch auf die dritte Dimension angewandt, nämlich auf die Kühlkanäle von Spritzgusswerkzeugen.

Beim Spritzguss wird heißer, verflüssigter Kunststoff in eine Form, das Werkzeug, mit hohem Druck gefüllt. Der Abkühlvorgang sollte einerseits so schnell wie möglich erfolgen, denn davon hängt der Output der Maschine pro Zeiteinheit ab. Andererseits soll das Abkühlen gleichmäßig schnell über den ganzen Körper hinweg geschehen, weil sonst Spannungen induziert werden, die die Haltbarkeit reduzieren. Beide Bedingungen erfüllt Fractherm®.



Bild: Pixabay

Mit dem Standard-Kühlsystem dauerte es 88 Sekunden bis der Kunststoff auf 40 °C abgekühlt war und entformt werden konnte. Mit den Fractherm®-Kanalstrukturen dauert es hingegen nur 39 Sekunden. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt konnte durch die Übertragung des Blattaderprinzips also um mehr als die Hälfte reduziert, der Output pro Zeiteinheit mehr als verdoppelt werden!

### Schmetterlinge revolutionieren die Solarenergie-Gewinnung

Die Effizienzsteigerung verschiedener Solarzelltypen während der vergangenen 40 Jahre ist ein schönes Beispiel für inkrementelle Verbesserung (weniger als 0,5 Prozent Verbesserung pro Jahr). Sie wurde meist durch Erhöhung der

Reinheit der Ausgangsmaterialien erreicht; die größte Verbesserung gelang durch Kombinatorik von verschiedenen Materialien in übereinanderliegenden Schichten. Bei Letzteren, den sogenannten Tandem-Solarzellen, weist jede Schicht eine optimale Bandlücke für einen spezifischen Spektralbereich auf; in der Summe kann dann aus einem größeren Frequenzband Strom gewonnen werden.

Motten sind Nachtschmetterlinge, die mit dem Restlicht des Mondes und der Sterne auskommen müssen, um optisch navigieren zu können. Der Sehsinn wurde hier auf quantitative Ausnutzung der vorhandenen Helligkeit optimiert. Eine geniale Entwicklung war dabei die Entspiegelung der Facettenaugen. Diese hat mit der heute praktizierten Entspiegelung von technischen Artefakten wie Brillen, Handyoberflächen oder Bildschirmen aber nichts gemein, sondern folgt einem völlig anderen Prinzip.

Die technische Übertragung gelang nanotechnologisch. Der Vergleich von Optiken mit und ohne Nanostrukturierung zeigte, dass ohne Nanostrukturierung die Lichtreflexion über das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichts zwischen fünf und sechs Prozent betrug. Mit Mottenaugeneffekt hingegen lag die Restreflexion unter 0,5 Prozent.

Wenn man von der vereinfachten Annahme ausgeht, dass fünf Prozent weniger Reflexion fünf Prozent mehr Sonnenenergie und damit fünf Prozent mehr Strom bedeuten, dann würde diese eine Invention die Solarzellenentwicklung auf einen Sprung um zehn Jahre voranbringen.

Eine noch größere Verbesserung ist einem tropischen Schmetterling, Pachtliopta aristolochiae, besser bekannt als »Common Rose«-Butterfly, zu verdanken. Alle Flügel haben eine schwarze Grundfarbe mit knallroten Mustern auf dem Körper. Das Verbreitungsgebiet ist das tropische Asien. Die schwarzen Flügel sind wie bei ziemlich allen Falterarten mit Schuppen besetzt. Nur sind diese bei jener Art mikro- und nanostrukturiert, was sich als unregel-

mäßiges Lochmuster mit Löchern in der Größenordnung von 300 Nanometern ausdrückt. Dies hat den verblüffenden Effekt, dass sie Licht nahezu im gesamten Spektralbereich absorbieren, und das auch noch aus allen Einfallswinkeln. Also auch hier wie bei der Motte: Vermeidung von Reflexion, nur mechanistisch anders realisiert.



Bild: PIXNIO

Radwanul Hasan Siddique vom Karlsruher Institut für Technologie stellte im Rahmen seiner Dissertation eine Matrix aus verschiedenen großen ungeordneten Nanolöchern her. Die Matrix wurde dann in einem dünnen siliziumbasierten photovoltaischen Absorber geätzt. Ein Vergleich der Lichtabsorption von Dünnschicht-Solarzellen mit und ohne Nanostrukturierung zeigte eine 90-Prozent-Zunahme bei senkrechtem Einfallswinkel und über 200 Prozent für flache Einfallswinkel im Vergleich zu einem unstrukturierten Layout.

Dieser Effekt wird sehr wahrscheinlich den Wettbewerb zwischen Dick- und Dünnschicht-Solarzellen entscheiden. Mit nur einem Hundertstel Dicke ist die Dünnschichtzelle leichter als die Dickschichtzelle, sie ist in der Herstellung einfacher und damit insgesamt etwa 30 Prozent kostengünstiger. Sie produzieren aber auf der gleichen Fläche auch 20 bis 40 Prozent weniger Strom.

Wenn die Dünnschichtzellen in der Leistung mit diesem Effekt gegenüber den Dickschichtzellen aufholen, insbesondere weniger empfindlich auf suboptimale Sonnenstand- und Schwachlichtbedingungen sind, dann wird die Ressourcenschonung und der Käufer der Dünnschicht-Solarmodule auf jeden Fall Gewinner sein.

## Bohren wie die Holzwespen

Neben dem mit Effizienzsteigerungen oder Ressourcenschonung quantifizierbaren Profit, der aus dem Nutzen der biologischen Vorbilder entsteht, gibt es Vorbilder, die zunächst einfach Chancen bieten, althergebrachte Technologien oder Methoden zu ersetzen.

Ein solch faszinierendes Vorbild ist der Legestachel der sogenannten Hautflügler. Mit 150 000 bekannten Arten gehören Ameisen, Bienen und Wespen zu einer der artenreichsten und bekanntesten Insektengruppen. In dieser Gruppe wurde der Ei-Legestachel entwickelt, um das Ei in tieferen Schichten auf oder in einem Wirtstier abzulegen. Von einigen Arten wurde er später sekundär als Stechapparat zur Verteidigung umgenutzt. Die ist ein Grund, warum nur weibliche Bienen und Wespen stechen können. Der komplexe Aufbau und Mechanismus blieb aber sehr ähnlich. Der Legestachel besteht aus drei Lanzen, die über Gleitrippen (Schwalbenschwanzstrukturen) sich alternierend zueinander bewegen. Zwischen diesen liegt der Eikanal, durch den dann final das Ei gepresst wird. Die Lanzen weisen entweder Rassel- oder Schaufelzähne auf, mit denen sie hartes Material wie Holz, Lehm oder Samen abtragen und hinaustransportieren.

Dieser Mechanismus stellt die einzige Alternative zu dem vom Menschen in der Jungsteinzeit erfundenen Drehbohren dar. Alle maschinellen spanabhebenden Verfahren beruhen auf dem drehenden Bohren.

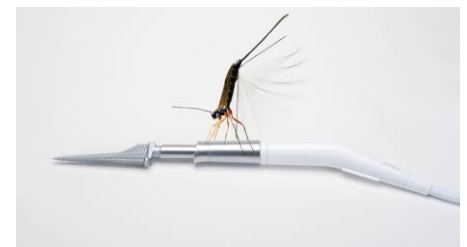


Bild: Fraunhofer IPA

Eine technische Übertragung des sogenannten Pendelhubverfahrens der Hautflügler vereint vielversprechende Alleinstellungsmerkmale: Das Loch muss nicht rund werden. Der Bohrer

kann auch gekrümmte Löcher bohren. Er erzeugt kein Drehmoment auf das Werkstück. Und schließlich bohrt der Bohrer sich auch mit wenig Axialkraft in das Substrat. Insekten müssen nur wenig Kraft aufbringen, damit der Legestachel in das zu durchbohrende Material eindringt. Der Bohrer raspelt sich selbstständig in die Tiefe, sobald die Spitze die Oberfläche durchdrungen hat und die ersten Raspelzähne greifen. Ein Bohren unter reduzierter Schwerkraft – wie unter Wasser oder extraterrestrisch – ist damit möglich.

Steuert also ein Asteroid künftig auf die Erde zu, müssten wir weniger befürchten, das Schicksal der Dinosaurier zu teilen, deren Zeitalter vor 65 Millionen Jahren durch einen gigantischen Meteoriteneinschlag endete. Durch das Pendelhubbohren, dessen Funktionsprinzip schon vor über 300 Millionen Jahren von kleinen Insekten entwickelt wurde, könnte ein Asteroid letztlich wirksam gesprengt werden.