



Haus der Zukunft^{PLUS}

eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

ANNEX 2: Technologiereports

1. NEUE WABENVERSTEIFUNGEN FÜR VERBUNDMATERIALIEN
2. TENSEGRITY STRUKTUREN
3. TEMPORÄRE PNEUS FÜR DIE PRODUKTION ORGANISCHER FLÄCHEN
4. GEOMETRIEOPTIMIERUNG / FUNCTIONAL SURFACES
5. TOPOLOGIEOPTIMIERUNG MITTELS SIMULIRTER BIOLOGISCHER WACHSTUMSMODELLE
6. FRAKTALE LEICHTBAUSCHALEN UND STRUKTURLEICHTBAU MIT EVOLUTIONÄREN ALGORITHMEN
7. RAPID MANUFACTURING _ BIOMIMETIC ARCHITECTURE

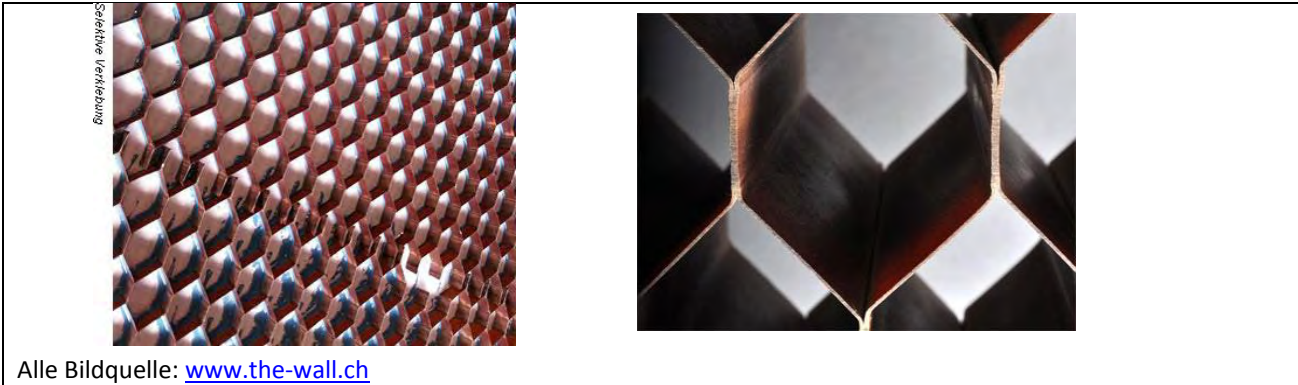
BAUBIONIK POTENZIALE
Projektnummer 822515

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

NEUE WABENVERSTEIFUNGEN FÜR VERBUNDMATERIALIEN



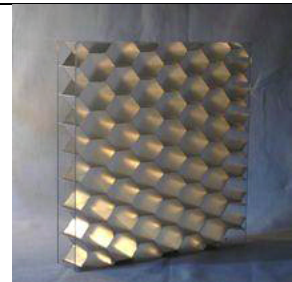
Alle Bildquelle: www.the-wall.ch

Keywords: Leichtbau, Versteifung, Waben

KURZBESCHREIBUNG

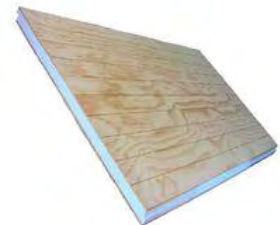
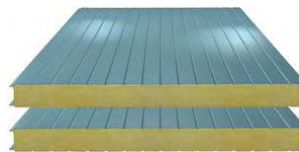
Ähnlich einer Honigwabe besteht das Kernmaterial aus sechseckigen Strukturen, was zusammen mit entsprechenden Deckschichten sehr leichte und zugleich stabile Komposit-Werkstücke ergibt. Wabenkerne werden meist aus Aluminium oder Kunststoff hergestellt, neue Verfahren verwenden kunstharzgetränkte Zellulose.

Die Waben lassen sich auch evakuieren und für so genannte Hybridpaneele einsetzen lassen (U: <0,2 W/mK – preiswerte Vakuumisolierung). Weiteres wären neue Materialkombinationen – zB beschichtete Polycarbonate für TWD's oder Edelfurniere für den Möbelbau oder Bautischlerei denkbar.



Anwendungsgebiet(e)

Ein Honeycomb-Sandwich mit behandelter Zellulose oder Karton als Füllmaterial kann in vielen Fällen bisherige Sandwichplatten (meist Alu etc.) substituieren. Auch können Anwendungen für transparente Paneele (TWD, Fassadensysteme) erdacht werden.

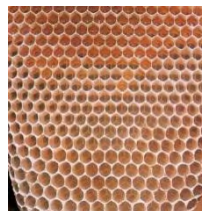
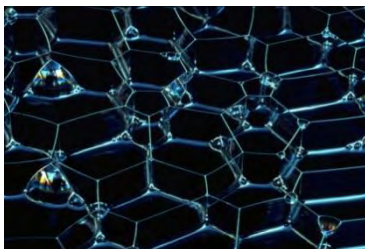


Bildquellen: www.archiexpo.de

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.


BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)



Die Verbindung von 2 Flächen mit orthogonalen Trennflächen erfolgt mathematisch mit dem geringsten Flächenaufwand mittels sechseckiger Strukturen. Aus diesem Grund sind Bienenwaben wie Seifenblasenflächen zwischen Glasplatten immer sechseckig (minimalster Materialaufwand).

Keywords: Geodätische Flächen, Minimalflächen, Insektenwaben

<p>Traditionelle(s) technische(s) Analogie(n) (falls vorhanden)</p> <p>Derzeit ist das häufigste Material für Waben mit höheren Ansprüchen Aluminium, vor allem auch aufgrund der guten Herstellbarkeit.</p>		 <p>Bildquelle: aluminiumwabe.com (Firma CEL)</p>
<p>Vorteile</p> <p>Alle Vorteile der Sandwichbauweise (Versteifung etc.). Große Variabilität der Anwendungsmöglichkeiten und Skalierbarkeit.</p>	<p>Nachteile</p> <p>Höhere Kosten im Vergleich mit Schäumen. h.</p>	

STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

<p>Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)</p> <p>Mögliche Anwendungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Substitute für Dachpaneele • Wandsysteme • Bestimmte tragende Elemente (Stiegenbau, Carports etc.) • Möbelbau • Fassadensysteme • Temporäre Verschattungen (Laden) etc. <p>Beispiel: Kunstharz-Zellulose 20 Millimetern Wabenraster und Raumgewicht von nur 34,6 Kilogramm je Kubikmeter, Der Kern lässt sich mit unterschiedlichsten Deckmaterialien in ein Komposit verwandeln. Die Waben sind evakuierbar. (Angaben lt. The-wall.com)</p>		  <p>Bildquellen: www.archiexpo.de</p>
<p>Weiterführende Informationen</p> <p>Almut Pohl, 2009: Strengthened corrugated paper honeycomb for application in structural elements, Diss - ETH ZURICH http://www.the-wall.ch/ http://www.zwomp.de/2009/09/25/wabenkern-aus-zellulose/ http://www.kunststoffpark.ch/materialien/baukunststoffe/view-pan/</p>		

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - REPORTS						
POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD			█			
ENTWICKLUNGSGRAD	█					
EINSATZFÄHIGKEIT		█				
BEITRAG PLUS-ENERGIE				█		

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU	No	T.1.01
-------------------	----------------	-----------	----	--------

TENSEGRITY STRUKTUREN

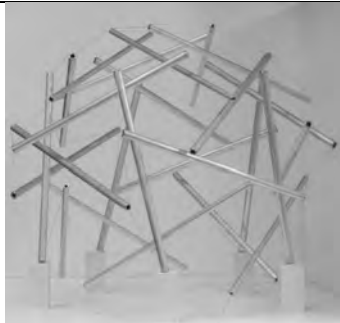


Bildquelle(n): http://www.glas-online.de/glas/live/fachartikelarchiv/ha_artikel/show.php?id=31668957&ps_alayout=I_2.inc
<http://musclereflexions.blogspot.co.at/2010/05/fascial-tensegrity.html>

Keywords: Statik, Stabilität, geometrische Struktur, geodätische Kuppel

KURZBESCHREIBUNG

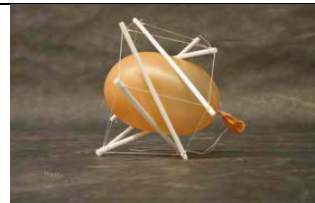
Tensegrity ist ein englisches Kofferwort aus tension (Zugspannung) und integrity (Ganzheit, Zusammenhalt). Es bezeichnet die Richard Buckminster Fuller und Kenneth Snelson zugeschriebene Erfindung eines stabilen Stabwerks, in dem sich die Stäbe nicht untereinander berühren, lediglich durch Zugelemente (zum Beispiel Seile) miteinander verbunden sind.



(http://de.wikipedia.org/wiki/Tensegrity_%28Architektur%29)
 Bild: http://cms.uni-kassel.de/unicms/fileadmin/bilder/Presse/anhaenge/DSC_4163.jpg

Anwendungsgebiet(e)

Tensegrity-Strukturen finden sich in der Kunst / Objektkunst oder als Tensegrity-Bauwerke - Stabile Konstruktionen aus Seilen und Stäben



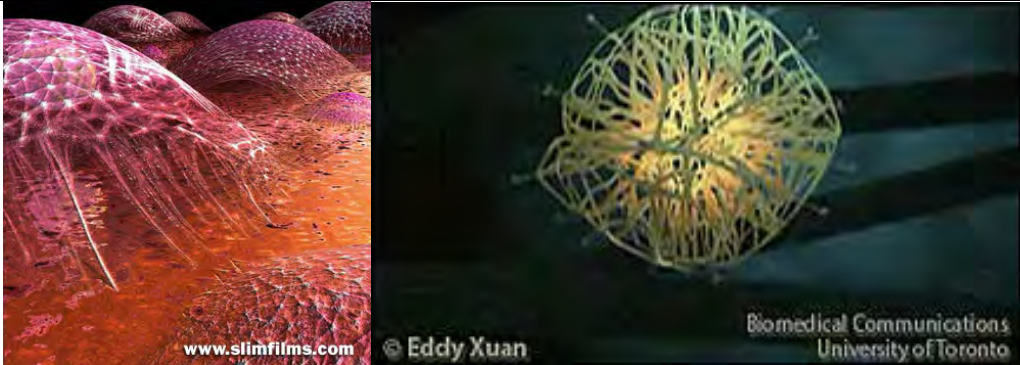
Gruber, P.: Deployable structures for a human lunar base

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU/KONSTRUKTION	No	T.1.02
-------------------	----------------	------------------------	----	--------

BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)



Bildquelle(n): <http://www.slimfilms.com/medpage.html> (li), <http://www.molecularmovies.com/showcase/> (re)

Biologisches Grundprinzip



http://www.trip.net/~bobwb/ts/tenseg/book/chap5_4.xml

Natürliche Strukturen
(Modularität,
sprialenförmige
Symmetrie,
geometrische
Strukturen)
Zellstrukturen, etc.

Traditionelle(s) technische(s) Analogie(n) (falls vorhanden)

Antike Flecht- und Webtechnik (Basis: Hexagonale, Quadratische Formen)

Der US-Amerikanische Architekt Richard Buckminster Fuller hat Ende der 1950er-den Begriff Tensegrity geschaffen: Gebilde aus Stäben oder Röhren, die nur mit gespannten Seilen in einer geometrischen Struktur verbunden sind, sich aber dennoch selbst tragen und sogar Belastungen aushalten können.

http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?pfach=1&n_firmanr_=115778&sektor=pm&detail=1&r=442506&sid=&aktion=jour_pm&quelle=0



Vorteile

benötigen weniger Material als herkömmliche Bauwerke und könnten theoretisch schnell wieder demontiert, „zusammengefaltet“ und an anderer Stelle neu aufgebaut werden. (<http://www.g-o.de/wissen-aktuell-13039-2011-02-23.html>)

Nachteile

brauchen umlaufenden Druckring als Hilfsmittel Strukturen zu instabil zuwenig Volumen (www.g-o.de/wissen-aktuell-13039-2011-02-23.html)

Herausforderungen (falls angegeben)

Uni Kassel: richtigen Vorspannung der Stahlseile und ihrem perfekten Anschluss an die druckfesten Metallstäbe
Vorgaben: Konstruktion der Tensegrity-Strukturen und der Analyse ihrer Statik, Dynamik und optimalen Form haben die Kasseler Forscher numerische Verfahren und Simulationsprogramme

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU/KONSTRUKTION	No	T.1.02
-------------------	----------------	------------------------	----	--------

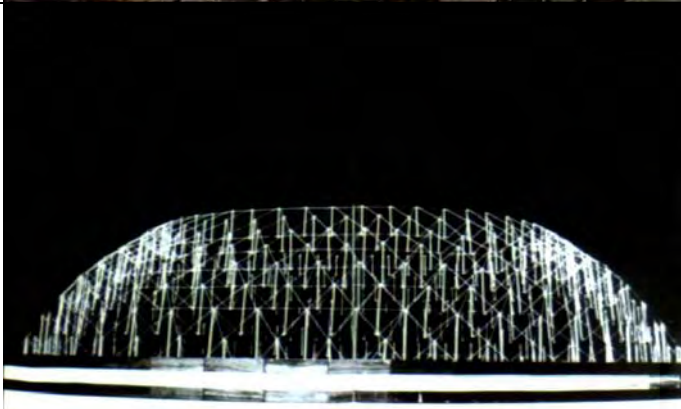
STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)



Georgia-Dom von Atlanta (USA)
http://www.satellitesights.com/satelliteimage/Georgia_Dome_Georgia_United_States

Es gibt einige Tensegrity Konstruktionen, jedoch weniger als Gebäudekomponente, sondern als statische Gebäudekonstruktion



Buckminster Fuller - Tensegrity Dome
<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/BSI/TENSEGRI/tensegri.html>

Weiterführende Informationen

„Erfinder“ des Begriffs Tensegrity:

- Kenneth Snelson, Künstler (Kunstwerke mit festen Metallröhren und flexiblen Drähte), www.kennethsnelson.net/icons/bio.htm, www.kennethsnelson.net
- Richard Buckminster Fuller, Architekt (1950er)

Universität Kassel, Detlef Kuhl, Leiter des Fachgebiets Baumechanik/Baudynamik; für Firma EuroRope (ERS) - <http://www.uni-kassel.de/hrz/db4/extern/dbupress/publik/abstract.php?978-3-89958-305-2>; <http://www.uni-kassel.de/uni/universitaet/uni-nachrichtenportal/nachrichten/article/tensegrity-bauwerke-des-fachgebiets-baumechanikbaudynamik.html>

Gruber, P. et al (2007): Deployable structures for a human lunar base. In: Acta Astronautica, Vol 61, Issue 1-6, 2007, p. 484-495

<http://www.pforbes.org/1/post/2011/12/tensegritys-time-has-come.html>

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - REPORTS

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU/KONSTRUKTION	No	T.1.02
-------------------	----------------	------------------------	----	--------

TEMPORÄRE PNEUS FÜR DIE PRODUKTION ORGANISCHER FLÄCHEN



Bildquelle: www.organoids.at

Keywords: Leichtbau, Schalenbauweise, Membrane, Pneu,

KURZBESCHREIBUNG

Eine individuell beliebig geformter Pneu wird aufgeblasen und darauf verschiedene Materialien mit Bindemittel (biogene oder Zement etc.) aufgespritzt/aufgelegt.
 Im Verfahren der Firma Organoid wird dann das noch feuchte und bewegliche Material mit einer weiteren Vakuumpolie bedeckt und luftdicht verschlossen. Mithilfe eines definierten Unterdrucks wird das Biocomposit komprimiert und in seiner endgültige Form ausgehärtet.
 Im Verfahren von Concrete Cloths wird ein mit Beton getränktes Gewirk aufgebracht und härtet binnen 24h aus.

Anwendungsgebiet(e)

Die Möglichkeiten erstrecken sich von der kostengünstigen Gestaltung von Freiformflächen, oder von geodätischen Flächen (vgl hängende Kuppeln, welche nach dem Aushärten gedreht werden und die Biegemomentlosen Zugkräfte nach dem Umkehren den biegemomentlosen Druckkräfte entsprechen) über die einfache Produktion vor Ort von Hütten, Biwaks etc. oder von stranggußähnlichen Formen (Rinnen, Zäunen) bis zum Möbelbau. Dabei betont beispielsweise die Firma Organoid den Aspekt der biogenen Stoffe, welche verwendet werden, während „concrete cloth“ die Vorfertigung des Textilbetons als Alleinstellungsmerkmal angiebt.

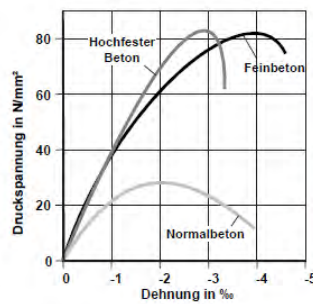


Bild 2-5: Spannungs-Dehnungslinie der Feinbetone im Druckbereich

Bildquelle: www.concretcanvas.co.uk



Bild 2-6: Fließfähiger Feinbeton

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)




Schwimmblase, Bildquelle: [Tuneup](#) | Dreamstime.com und Blutkörperchen, quelle: wikipedia

Pneus sind bei biologischen Strukturen eines der gängigsten Grundprinzipien der Formfindung, insbesondere im Mikrobereich.

Keywords Pneu, Minimalflächen

<p>Traditionelle(s) technische(s) Analogie(n) (falls vorhanden)</p> <div style="display: flex;">  <div style="width: 70%; padding-left: 10px;"> <p>Otto Frei gilt als Bionikpionier. Er arbeitete mit geodätischen Flächen (Zeltarchitektur) und Pneus (vgl. Inst. f. Leichte Flächentragwerke, Univ. Stuttgart).</p> </div> </div> <p>Bildquelle: http://volcania.wordpress.com/2010/12/11/der-leichtbau-von-frei-otto/,</p>	
<p>Vorteile Einfache kostengünstige Herstellung von Freiformflächen. Membrankonstruktionen reagieren häufig tolerant auf Punktlasten.</p>	<p>Nachteile Verfahren nur für kleine Bauwerksdimensionen geeignet.</p>
<p>Herausforderungen (falls angegeben) Berechnung der Lastfälle, Berücksichtigung der Biegemomente bei der Formentstehung.</p>	<p>Bedingungen (falls angegeben) Produktion muss vor Ort möglich sein.</p>

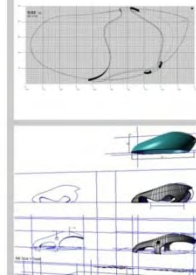
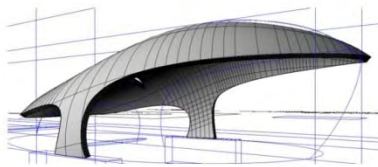
STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)



Die Firma Concretcanvas vertreibt beispielsweise das Produkt concrete cloth, ein mit Beton vorgetränktes Abstandgewirke auf Rolle. Nebenstehend gezeigt ist der Einsatz zur „Betonierung“ einer Freiformhütte.

Die Skulptur rechts ist ein Demonstrationsbeispiel der TU Wien, hier wurden auf ein Pneu mehrere dünne Schichten von Beton und Textilagen aufgetragen.



Mit dem Organoid-Verfahren können beliebige Freiflächen kostengünstig mit biogenen Materialien gebaut werden.



Das vorgefertigte Betontextil kann günstig auch zB für die Herstellung von Langgußteilen – hier eines Regenkanales – verwendet werden.

Bildquellen: <http://www.zwomp.de/2011/02/02/concrete-cloth/>, re: TU Wien, www.organoids.at

Weiterführende Informationen

Helbig, Uwe, 2006, Gestaltungsmerkmale und mechanische Eigenschaften druckelastischer Abstandsgewirke, Dissertation, Chmnitz
 Bruckermann, Oliver, „Zur Modellierung des Zugtragverhaltens von textilbewehrtem Beton“, Dissertation – TU Aachen, 2007
www.organoids.at
www.concretcanvas.co.uk
http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/7088/
<http://www.textil-beton.net/>

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude – REPORTS

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU	No	T.1.03
-------------------	----------------	-----------	----	---------------

GEOMETRIEOPTIMIERUNG / FUNCTIONAL SURFACES

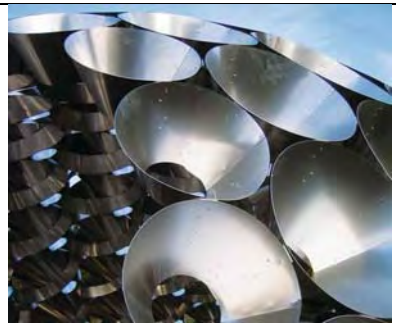


Bildquelle(n): <http://www.evolo.us/architecture/shadow-pavilion-informed-by-biomimicry-ply-architecture/>

Keywords: Simple Formen, Geometrie, Optimierung von Form, Solarformen

KURZBESCHREIBUNG

Zellulärer Schatten-Pavillon, von PLY Architecture: Der Pavillon ist eine selbsttragende Struktur mit vormontierten Aluminiumblechen. In den Innenraum wird Licht und Wasser geschleust und damit ein Mikroklima im Inneren geschaffen. Die stark reflektierenden Oberflächen bieten besondere Lichtverhältnissen, spiegeln den Himmel und die Umgebung wider. Umgebungsgerausche werden ins Innere geleitet. Das Kunstobjekt bietet dem Besucher eine sinnliche Erfahrung.



(<http://www.evolo.us/architecture/shadow-pavilion-informed-by-biomimicry-ply-architecture/>)

Anwendungsgebiet(e)

Kunst, Objektkunst; Potenzial in Solartechnologie

BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)

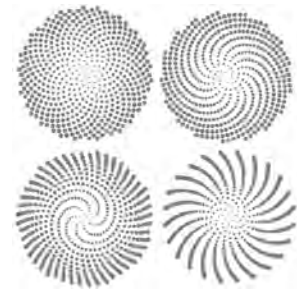


Bildquelle(n): <http://www.math.colostate.edu/~shipman/Phyllotaxis-and-Growth-in-Biological-Systems.html>

Keywords: Goldene Schnitt, Solarnutzung, Geometrische Optimierung

Biologisches Grundprinzip

Das Design beruht auf der biologischen Gesetzmäßigkeit der Blattstellungen von Pflanzen, auch Phyllotaxis genannt. „Blätter sind am Stängel nicht wahllos angeordnet, sondern ihre Anordnung folgt vielmehr bestimmten Regeln. Hierbei stehen die Blätter einzeln entlang der Sprossachse, d. h., keines steht mit einem anderen auf gleicher Höhe“, sondern spiralförmig angeordnet. Vorteil: Photosynthese, Wachstumsförderung

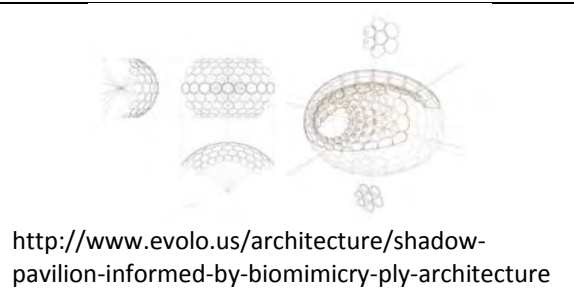


Vgl Fibonacci Zahlen, Goldener Schnitt
<http://de.wikipedia.org/wiki/Phyllotaxis>

STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)

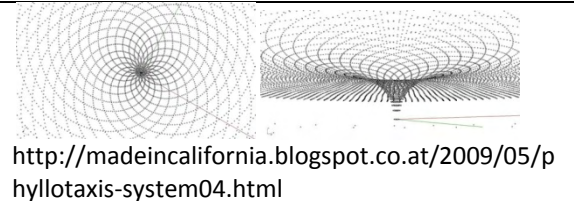
PLY Architecture, Shadow Pavilion, Matthaei Botanical Gardens, Ann Arbor, Michigan: Zellulärer Schatten-Pavillon, von PLY Architecture: Mehr als hundert Aluminiumbleche, lasergeschnitten und in Tüten in verschiedenen Größen gerollt, werden in vormontierten Cluster direkt angebracht. Der Pavillon ist eine selbsttragende Struktur, die mithilfe einer Software-Modellierung entwickelt wurde. Das Schatten-Muster, Material, Wirkungsgrade, geometrischer Aufbau und Montage wurden dabei über die Modellierung bestimmt.



Taichung Convention Center, Taiwan:
MAD architects
 Das Gebäude wird von einem Plissee-Cluster bzw Jalousienvorhang umhüllt, welche wie eine "Haut" funktioniert, die natürlich belüftet und die Erzeugung von Strom aus Sonnenenergie optimal erlaubt.
<http://inhabitat.com/mad-unveils-taichung-convention-center-with-solar-eco-skin/>



Anwendungspotenzial:
 zB in Solartechnologien/ Oberflächengeometrie zur besseren Ausbeute der Solarstrahlung (functional surfaces, Nanotechnologien)



Weiterführende Informationen (Literatur und AkteurlInnen)*

HAUPTQUELLE: <http://www.evolo.us/architecture/shadow-pavilion-informed-by-biomimicry-ply-architecture/>
 PLY Architecture: <http://www.plyarch.com/>
 TAICHUNG, MAD: <http://inhabitat.com/mad-unveils-taichung-convention-center-with-solar-eco-skin/>; <http://www.i-mad.com/>
 Forschung: zB Prof. Patrick Shipman, Department of Mathematics, Colorado State University:
<http://www.math.colostate.edu/~shipman/Phyllotaxis-and-Growth-in-Biological-Systems.html>

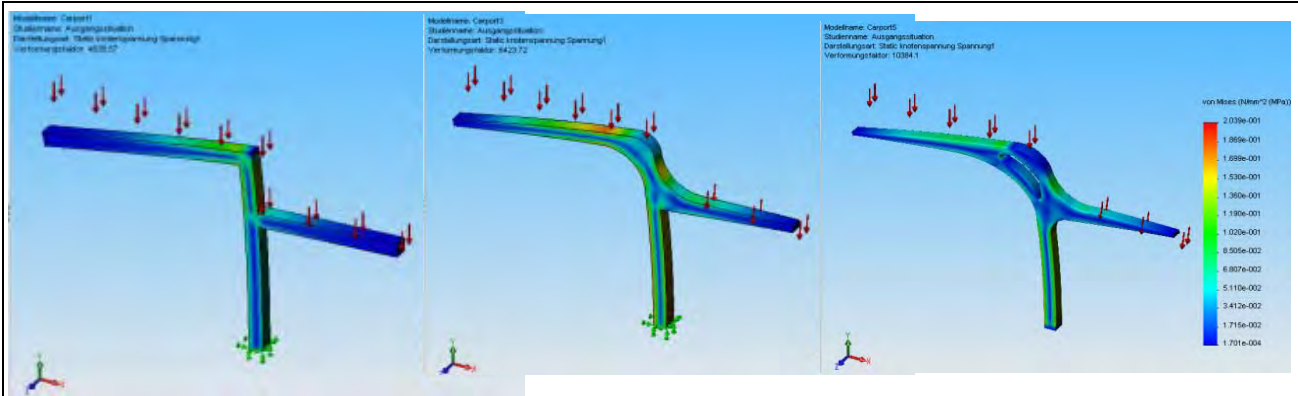
Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - REPORTS

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

TOPOLOGIEOPTIMIERUNG MITTELS SIMULIRTER BIOLOGISCHER WACHSTUMSMODELLE



Bildquelle: JOANEUM RESEARCH; Creative Lab – Studentenprojekt-FH JOANNEUM 2007: kombinierte CSO-SKO-Optimierung eines Gußaluminiumträgers für Carports

- CAO** Computer Aided Optimization
- SKO** Soft Kill Option
- SIMP** Solid Isotropic Material with Penalization Model

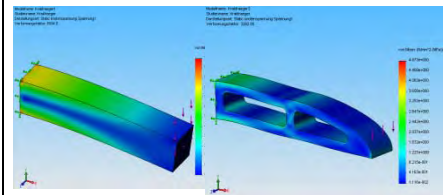
Keywords: Leichtbau, Materialreduktion, Topologieoptimierung, simuliertes Wachstum

KURZBESCHREIBUNG

Bauteile werden mittels Finite Elemente Methode simuliert. Analog dem Wachstum von vielen Pflanzenarten (typisch zB Bäume) wird an hochbelasteten Stellen Material angehäuft (CAO)

oder analog dem Wachstum von sich bewegenden Organismen (Knochen von Säugetieren) wird Material lokal belastungsabhängig reduziert oder verstärkt. (SKO).

Durch Einführung von Grenzwertspannungen kann Material automatisch an Stellen unterhalb dieser Spannung gelöscht werden und führt diese Simulation somit zu Stabwerksähnlichen Strukturen (SIMP).



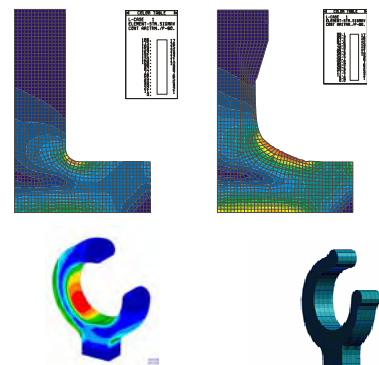
Bildquellen: JOANEUM RESEARCH - SKO, Bense-Sigmund SIMP

Anwendungsgebiet(e)

Die in der Konstruktionspraxis des modernen Maschinenbaus bereits angewendete CAO wird meist zur Reduktion der Kerbwirkung verwendet.

Die Methoden SKO und SIMP finden sich in der Konstruktionspraxis von komplexeren Gußteilen, seltener bei Schweißkonstruktionen.

Hochbelastbare Bauteile im Kunststoffspritzguß können sehr gut mittels SKO optimiert und produziert werden.

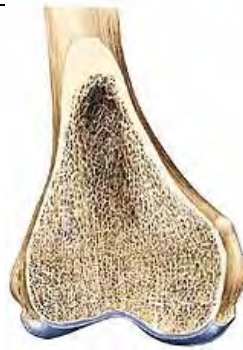


Bildquellen: Matheck-CAO, Shape Nastran – Kunststoffclip SKO

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)



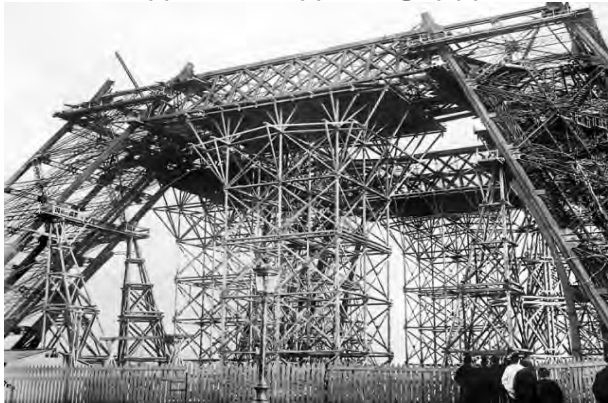
Bildquellen: 1. JOANNEUM RESEARCH; 2. Putz/Pabst: Sobotta, 2000, Atlas der Anatomie des Menschen, 3. unbekannte Quelle – Web - Spongiosa

CAO: Bäume verstärken beim radial Wachstum des Stammes oder auch von Stamm-Ast-Übergängen die Zug- oder Druckseite um dem Biegemoment entgegenzuwirken. Dabei wird nur spannungsaufnehmendes Material angehäuft

SKO: Knochen hingegen häufen nicht nur Material an hochbelasteten Stellen an (mittels der Osteoplasten), sondern reduzieren auch an geringbelasteten Stellen dieses Material wieder (mittels Osteoclasten). Dadurch ergibt sich das typische trabekuläre Wachstum.

Keywords Axiom der konstanten Spannung, Adaptives Wachstum

Traditionelle(s) technische(s) Analogie(n) (falls vorhanden)



Bildquelle: Wikipedia – „Eiffelturm“ – Bau des Eiffelturms

Die Strukturierung des Materials und Auflösung von Querschnitten ist Jahrtausende alt. Beispiel einer traditionellen relativ neuzeitlichen Umsetzung des Themas sind die Bauten von Eiffel.

Vorteile

Alle Methoden zielen auf eine Spannungskonstanz innerhalb des Materiales ab. Dadurch wird eine Materialeinsparung bei gleicher Maximalspannung erreicht.

Nachteile

Das Design „funktioniert“ nur bei einem vorgegebenen Lastfall. Die Berechnung ist teils recht aufwändig. Häufig ist die Produzierbarkeit nicht gegeben (Trabekelstrukturen können meist nur in einem Gießverfahren hergestellt werden und nicht in beliebiger Komplexität).

Herausforderungen (falls angegeben)

Annahme des richtigen Lastfalles (Lastfallkollektives) und Beherrschung des Berechnungsverfahrens. Je nach Komplexität der Struktur wird die Gießbarkeit ermöglicht.

Bedingungen (falls angegeben)

Das Verfahren gilt nur für homogene isotrope Materialien. Je nach Struktur ist das Herstellverfahren eingeschränkt.

STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)



Bildquelle: Sachs-engineering, Engen-Welschingen, Deutschland



Bildquelle: Adam Opel AG

Neben den vorhin gezeigten Beispielen (Entschärfung von Kerben, Optimierung von Kunststoffbauteilen etc.) wird die Topologieoptimierung im Maschinenbau, namentlich im Kraftfahrzeugbau bei der Optimierung von tragenden Fahrwerksteilen bereits verwendet. Hier lohnt der Recheneinsatz aufgrund der Kostenverdünnung bei hohen Stückzahlen. Der Nutzen ist neben der Energieeinsparung im Betrieb aufgrund des geringeren Fahrzeuggewichtes auch die Materialeinsparung an sich. Die Autohersteller Audi und Opel machten bereits Werbung mit dem Einsatz der Topologieoptimierung in der Fahrzeugentwicklung.

Links ein Beispiel eines mithilfe der SKO-Methode designten Stuhles, welcher nun im Museum of Modern Arts in NY steht.

Weiterführende Informationen

Mattheck, Claus: *Design in der Natur*. Rombach, Freiburg im Breisgau 1997 (Baummechanik)
 Mattheck, Claus: *Verborgene Gestaltgesetze der Natur*, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 2006
 Harzheim. Die Formensprache der Natur: Entwicklung und Optimierung von Bauteilen, Spektrum: Bionik, Vorbild Natur in Leben und Technik, Wissen Media Verlag GmbH, Gütersloh/München, 978-3-577-1609-8, 2008, 126-133.
 M. P. Bendsue, O. Sigmund, Material interpolation schemes in topology optimization, Archive of Applied Mechanics 69 (1999) 635±654 Ó Springer-Verlag 1999
 L. Yin and G.K. Ananthasuresh, Topology optimization of compliant mechanisms with multiple materials using a peak function material interpolation scheme, Struct Multidisc Optim 23, 49–62 Springer-Verlag 2001

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - REPORTS

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU	No	T.1.05
-------------------	----------------	-----------	----	--------

FRAKTALE LEICHTBAUSCHALEN UND STRUKTURLEICHTBAU MIT EVOLUTIONÄREN ALGORITHMEN



Alle Bildquelle(n): IMARE Institut für Marine Ressourcen GmbH; Bremerhaven; <http://www.imare.de>, Projekt ammolight – fraktale Leichtbauschalen. Christian.Hamm@imare.de, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Science, department *Biological Oceanography* Christian.Hamm@awi.de

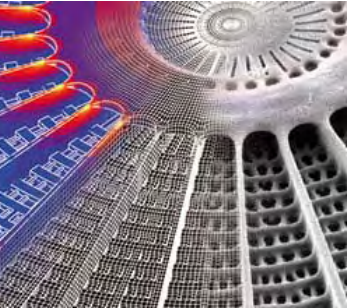
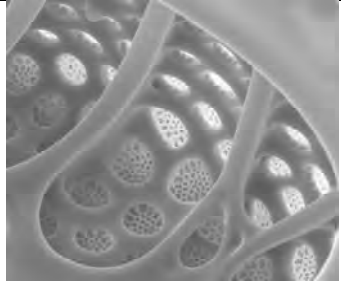
Keywords: Leichtbau, Schalenbauweise, Fraktale Strukturen, Evolutionäre Optimierung, Evolutionäre Algorithmen

KURZBESCHREIBUNG

Das Verfahren dient zur Verbesserung des Strukturleichtbaus durch systematische Nutzung vielfältiger voroptimierter Leichtbaustrukturen mariner Planktonorganismen.

Es werden zur Topologieoptimierung evolutionäre Algorithmen verwendet. Als Startdesign dient ein dem jeweilig vorgegebenen Designraum möglichst gut entsprechendes natürliches Vorbild, welche aus einer Datenbank von vermessenen Diatomeen stammt. Es wird somit auf eine Datenbank aus konkreten, voroptimierten Leichtbaustrukturen zurückgegriffen, die eine effektive und schnelle Entwicklung diverser neuer Leichtbaulösungen ermöglichen.

Fraktale Schalenversteifungen der Ammoniten integrieren Außenhaut und Stützstrukturen zu einer mechanischen Einheit und gewährleisten damit eine sehr gute, homogene Spannungsverteilung. Da dieses Prinzip bei natürlichen Schalen in vielen unterschiedlichen Varianten verwirklicht ist, konnten auch produktionstechnisch realisierbare Lösungen für verschiedene technische Strukturen (Elektrotechnik, Medizintechnik) entwickelt werden. (Zitat aus „Ammolight – Fraktale leichtbauschalen“, Dr. Hamm)



Anwendungsgebiet(e)

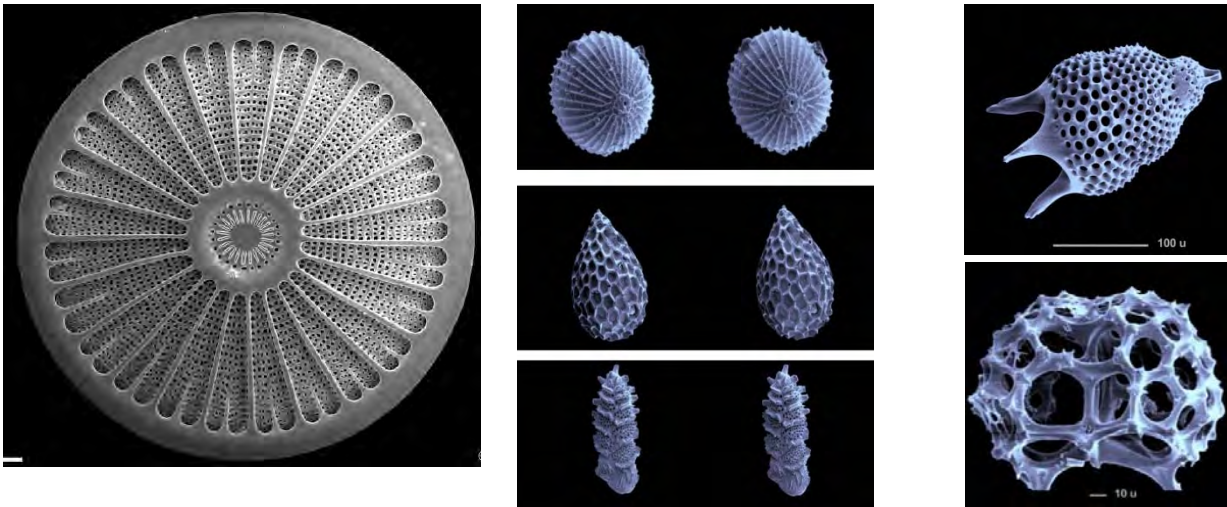
Die einzelligen Kieselalgen besitzen häufig fraktal strukturierte Schalen, deren Versteifungen aber im Gegensatz zu den Ammoniten nicht gleichzeitig als Trennwände fungieren. Die Nutzung ihrer Leichtbaueigenschaften (Abb.5) ist einfacher, da sich ihre Geometrien an Standard-Fertigungsverfahren wie z.B. Gußtechniken anpassen lassen.

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts im Jahr 2010 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU	No	T.1.06
-------------------	----------------	-----------	----	--------

BIONIK-INFORMATION

Bionische(s) Vorbild(er)



Bildquelle: TU Berlin, Jahn Michels (links), imare (rechts) und <http://www.mikrohamburg.de/HomePalaeo.html>
 Bei den Skeletten handelt es sich um evolutionär entwickelte statisch stabile Formen als Schutz gegen Fressfeinde.
 Keywords Axiom der konstanten Spannung, Rotationssymmetrie, Adaptives Wachstum

Traditionelle(s) technische(s) Analogie(n) (falls vorhanden)



Bildquelle: Wikipediaeintrag zu Richard Buckminster Fuller
 Das Beispiel des US-Pavillions „Biospere“ zur Expo 1967 wird als Anwendung der Inspiration aus den Radiolarien genannt. Ähnliche Strukturen wurden immer wieder in den letzten Jahren verwendet, jedoch meist ohne konkreten Bezug zu einem direkt übertragenen Vorbild aus der Natur (rechts).

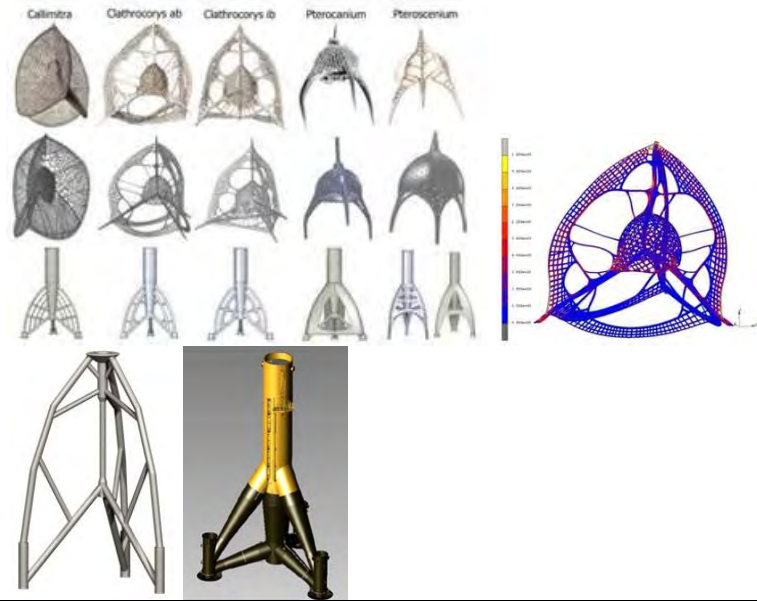


Bildquelle: Halle Breslau, S. Klimek

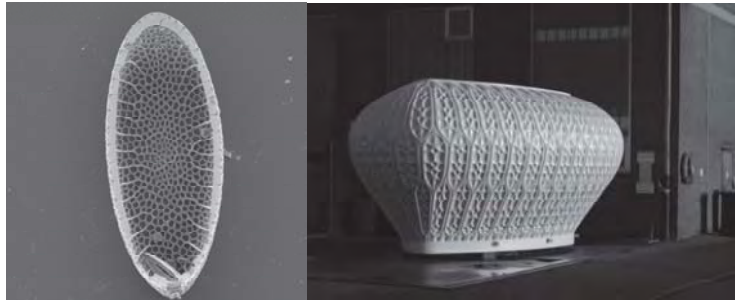
<p>Vorteile Materialeinsparung. Membrankonstruktionen reagieren häufig tolerant auf Punktlasten.</p>	<p>Nachteile Design ist für bestimmte Lastfälle optimiert. Adaption auf Änderung der Lastfälle ist technisch nach Bau kaum möglich.</p>
<p>Herausforderungen (falls angegeben) Wahl des richtigen Startdesign</p>	<p>Bedingungen (falls angegeben) Grundlagenforschung in den Bereichen Plankton-Evolution, Plankton-Biomechanik, Diatomeen-Taxonomie und genetische Algorithmen.</p>

STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)



Das von Radiolarien inspirierte Bauprinzip einer Gründungsstruktur für Windenergieanlagen im Offshorebereich ermöglicht durch eine fantastische Bauweise eine Gewichtersparnis von fast 50 %. Der neue Ansatz benötigt lediglich Standardrohre, welche kostengünstig erhältlich sind. Das Gesamtgewicht konnte auf ca. 400t verringert werden. Das neuartige Design ist einzigartig und kann nicht mit aktuellen Engineering-Design-Tools gefunden werden.
 Quelle: imare und www.elise3d.de; <http://www.elise3d.de/sheets/ProductSheet Offshore web DE.pdf>



Basierend auf der fraktalen Schalenstruktur mariner Kieselalgen wie *Isthmia* oder *Coscinodiscus* entstand ein sehr leichter, attraktiver und innovativ realisierter Pavillon. Durch die besondere Geometrie ist der Pavillon trotz geringer Wandstärke (4mm) sowohl als Gesamtstruktur als auch für lokale Lasten ausgelegt.
 Quelle: <http://www.elise3d.de/sheets/ProductSheet Pavillon web DE.pdf>

Weiterführende Informationen

TU Dresden: DFG-Schwerpunktprogramm 1542: „Leicht Bauen mit Beton –Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien“, Manfred Curbach, Institut für Massivbau, Fakultät Bauingenieurwesen. http://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/archiv/2010/info_wissenschaft_10_37/index.html

Evolutionary Light Structure Engineering, White Paper, Dr. Hamm. Bezugsquelle: www.imare.de

Optimierung einer Windturbinen Offshore Foundation; Quelle: imare, http://www.imare.de/de/marine_strukturen/technologietransfer/ofe_offshore_gruendungsstruktur/, www.elise3d.de

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - REPORTS

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

TECHNOLOGIEREPORT	EINSATZBEREICH	LEICHTBAU	No	T.1.06
-------------------	----------------	-----------	----	--------

RAPID MANUFACTURING _ BIOMIMETIC ARCHITECTURE



Bildquelle(n): (re): A. Menges, s. Reichert, University of Stuttgart: *HydroScope, Installation at Centre Pompidou, Paris*. download: http://www.biomimetic-architecture.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/hygroscope1_edit4.jpg, 12.02.2012;
 (li): E. Dini, Monolite UK Ltd.: *D-Shape - Freeform Architectural 3D Printing*. Download: http://www.biomimetic-architecture.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/dshape1_edit.jpg, 12.02.2011

Keywords: Rapid prototyping, steriolithographie, 3-d printing, architectural design, architectural morphology, biomimetic architecture, computational design, fabrication, materials,

KURZBESCHREIBUNG

Computational Design mit Schwerpunkt auf den integrativen Ansatz in der Modellierung, Entwicklung, Herstellung und Betrieb von dreidimensionalen Objekten in der Architektur.

additive method - rapid manufacturing : layers are built up until 3-dimensiopnal objects are produced - minimizing material, and locating it to where it is needed (consumer products start)

Zielsetzung: Planungsaufwand (HR) und Entwurfsausgaben (Druckkoste) zw 30%-50% niedriger als bei konventionellen Konstruktionsplanungen

Anwendungsgebiet(e)

Computational Design mit Schwerpunkt auf den integrativen Ansatz in der Modellierung, Entwicklung, Herstellung und Betrieb von dreidimensionalen Objekten in der Architektur.

Quelle: Monolite UK Ltd. (download from: <http://www.biomimetic-architecture.com/2012/d-shape-freeform-architectural-3d-printing/>)

Bionische(s) Vorbild(er)



Sämtliche geometrische Strukturen, wie zB der Seeigel (ICT Stuttgart)

Bildquelle(n): <http://icd.uni-stuttgart.de/?cat=41>

STAND DER UMSETZUNG / MARKTINTEGRATION

Anwendungsbeispiel(e) (beispielhafter Auszug)

	<p>D-Shape - scaled pavilion for Pisa Italy Enrico Dini calls Radiolaria, structural elements for a home on the island of Sardinia called Villa Roccefreeform 3D printer for the building industry , capable to capable printing objects at 25DPI in an area that is 20 ft x 20 ft x 3 ft at 25DPI (E. Dini)</p> <p>http://www.biomimetic-architecture.com/2012/d-shape-freeform-architectural-3d-printing/</p>
	<p>Case Studies F&E: zB HydroScope, Installation at Centre Pompidou, Paris @ Uni Stuttgart, Achim Menges, Steffen Reichert</p> <p>http://www.looksfeelsworks.com/hygroscope-meteorosensitive-morphology-a-structure-that-climates-itself/</p>

Weiterführende Informationen*

Menges, A., Reichert, S., University of Stuttgart: HydroScope, Installation at Centre Pompidou, Paris.
 download: http://www.biomimetic-architecture.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/hygroscope1_edit4.jpg, 12.02.2012

Reichert, S. and Menges. A.: 2010, Responsive Surface Structures, Bionik: Patente aus der Natur, Proceedings of Fifth Bionics Conference, Bionik-Innovations-Centrum (B-I-C), Bremen (Germany) 22-23. Oktober 2010, pp. 28-35. (ISBN 978-3-00-033467-2)

E. Dini, Monolite UK Ltd.: D-Shape - Freeform Architectural 3D Printing. Download: http://www.biomimetic-architecture.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/dshape1_edit.jpg, 12.02.2011

* Angaben beruhen auf Literaturrecherche im Rahmen des Projekts und erhaben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Bewertung als bionische Schlüsseltechnologie für Plus-Energie Gebäude

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG - Potenzial für Plus-Energie Gebäude - TECHNOLOGIEREPORTS						
<i>POTENZIAL</i>	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSSTAND						
ANWENDUNGSPOTENZIAL						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

TECHNOLOGIEREPORT	THEMENFELD	STRUKTUREN, GEOMETRIEN	No	T.1.07
-------------------	------------	------------------------	----	---------------