



Bionik

Was uns unsere Gärten und Grünräume für die Technik des 21. Jahrhunderts lehren können



Thomas Speck
 Botanik: Funktionelle Morphologie und Bionik
 Botanischer Garten der Universität Freiburg
 Freiburger Materialforschungszentrum (FMF) und
 Freiburger Zentrum für Interaktive Materialien &
 Bioinspirierte Technologien (FIT)
 Nachhaltigkeitszentrum Freiburg
 Kompetenznetz Biomimetik,
 BOKON und BOKON-International

© Plant Biomech. Group Freiburg, ITKE Stuttgart, ITV Denkendorf, EMPA Dübendorf

Was ist definitiv nicht Bionik?



Biologische Inspiration für bionische Flugzeuge ?

© TU Darmstadt & Plant Biomechanics Group Freiburg

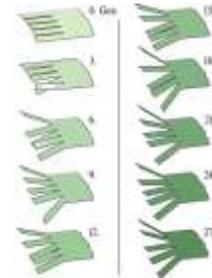
Eine direkte Kopie von Funktionalitäten gelingt aufgrund physikalischer Begrenzungen in der Regel nicht (Reynoldzahl, Materialeigenschaften, Energiebedarf...)



Was ist definitiv Bionik?



Biologische Inspiration für bionische Flugzeuge!



Optimierung von Winglets für Flugzeugflügel (Boing 747) mittels Evolutionsstrategie als Optimierungsmethode (quantitative Analyse, Abstraktion, Transfer funktionaler Prinzipien...)



© TU Darmstadt & Plant Biomechanics Group Freiburg

8. Internationale Fachtage Ökologische Pflege - Langenlois - 22.-23.11.2017

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht ?
- **Verschiedene Teilbereiche der Bionik**
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Teilbereiche der Bionik: eine Erfolgsgeschichte mit vielen Facetten

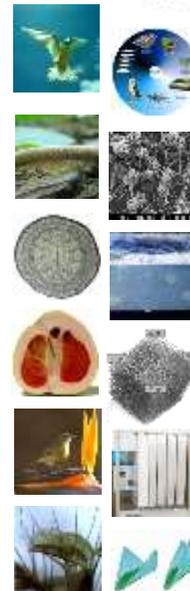


© Plant Biomechanics Group Freiburg & verschiedene Quellen

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- **Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik**
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

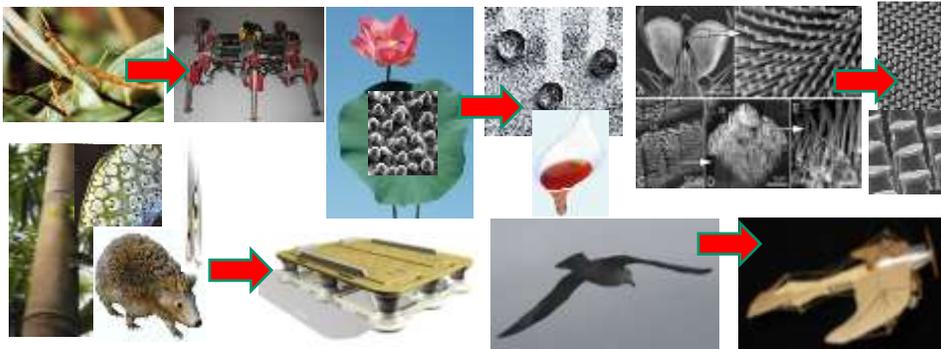


© Plant Biomechanics Group Freiburg

Biodiversität ein nur in Ansätzen genutzter 'Ideenpool' für bionische Entwicklungen



Keine bionischen Projekte und Produkte ohne Grundlagenforschung im Bereich der Biologie, Ingenieur- und Materialwissenschaften!



© Plant Biomechanics Group Freiburg, W. Barthlott Bonn, S. Gorb Stuttgart & Stiftung Brandenburger Tor

8. Internationale Fachtage Ökologische Pflege - Langenlois - 22.-23.11.2017

Botanische Gärten: Orte der Bildung, der Forschung und der Naturerfahrung



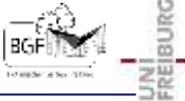
Weltweit existieren fast 1800 Botanische Gärten, davon ca. 400 in Europa und ca. 100 in Deutschland

Botanische Gärten sind Schaufenster der Forschung, und bilden ideale Schnittstellen für Lehre und Leben-Langes-Lernen.

Einer Umfrage zufolge besuchten im Jahr 2000 ca. 12 Millionen Deutsche, also statistisch gesehen etwa jeder 6. Deutsche, einmal im Jahr einen Botanischen Garten.

© Verband Botanischer Gärten Deutschlands und Plant Biomechanics Group Freiburg

**Botanische Gärten als Orte innovativer
Forschung und attraktiver Bildungsangebote**



Hohe Artenvielfalt in Botanischen Gärten:

**Weltweit in ca. 1800 Botanische Gärten: ca. 90.000
Arten höherer Pflanzen**

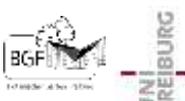
**Deutschland ca. 100 Botanische Gärten: ca. 50.000
Arten höherer Pflanzen**

**Typischer Botanischer Garten: 3.000 bis 12.000
Arten höherer Pflanzen**

Botanischer Garten Univ. Freiburg: ca. 6.000 Arten

© Plant Biomechanics Group Freiburg

**Botanische Gärten als Orte innovativer
Forschung und attraktiver Bildungsangebote**



**Botanische Gärten haben ein extrem hohes, erst in
Ansätzen genutztes Potential für verschiedene hoch
aktuelle Forschungsbereiche und als attraktive
Schnittstellen zwischen außerschulischer Bildung,
Lehre und Forschung**

**Botanische Gärten eignen sich hervorragend für die
Wissensvermittlung zu verschiedenen Themen.**

Beispiele für aktuelle Forschungsfelder beinhalten:

- **Forschung über und Erhalt von Biodiversität**
- **Aktivitäten mit Bezug zu Natur- & Pflanzenschutz**
- **Evolutionsbiologie und Systematik**
- **Funktionelle Morphologie, Biomechanik und Bionik**

© Plant Biomechanics Group Freiburg

Schutz der Biodiversität: Artenschutz durch Erhaltungskulturen in Botanische Gärten



UNI
FREIBURG

Botanische Gärten erhalten vom Aussterben bedrohte Pflanzenarten in Kultur und stellen für die Wiedereinbürgerung oder Bestandsstützung in der Natur Samen und Jungpflanzen bereit.

Dies kann eine entscheidende Ergänzung zur Erhaltung wildlebender Populationen und ihrer Lebensräume sein.

Von besonderem Interesse sind hierbei Pflanzenarten, deren Areal sich im wesentlichen im näheren Umfeld des Botanischen Gartens befindet.

Weinbergbegleitflora im Weinbeet des Botanischen Gartens Freiburg



Botanische Gärten als Orte innovativer Forschung und attraktiver Bildungsangebote



UNI
FREIBURG

Botanische Gärten haben ein extrem hohes, erst in Ansätzen genutztes Potential für verschiedene hochaktuelle Forschungsbereiche und als attraktive Schnittstellen zwischen außerschulischer Bildung, Lehre und Forschung

Botanische Gärten eignen sich hervorragend für die Wissensvermittlung zu verschiedenen Themen.

Beispiele für aktuelle Forschungsfelder beinhalten:

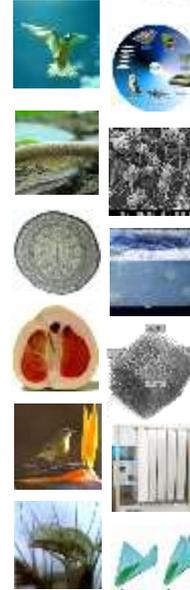
- Forschung über und Erhalt von Biodiversität
- Aktivitäten mit Bezug zu Natur- & Pflanzenschutz
- Evolutionsbiologie und Systematik
- **Funktionelle Morphologie, Biomechanik und Bionik**

© Plant Biomechanics Group Freiburg

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht ?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Adaptive Selbstverankerung von Wurzel- / Wurzelhaarklettern am Beispiel von Efeu

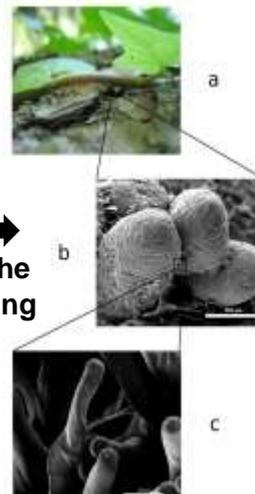


Hedera helix: Habitus und Haftwurzeln mit Wurzelhaaren

© Plant Biomechanics Group Freiburg & Karlsruher Institut für Technologie



hierarchische
Strukturierung

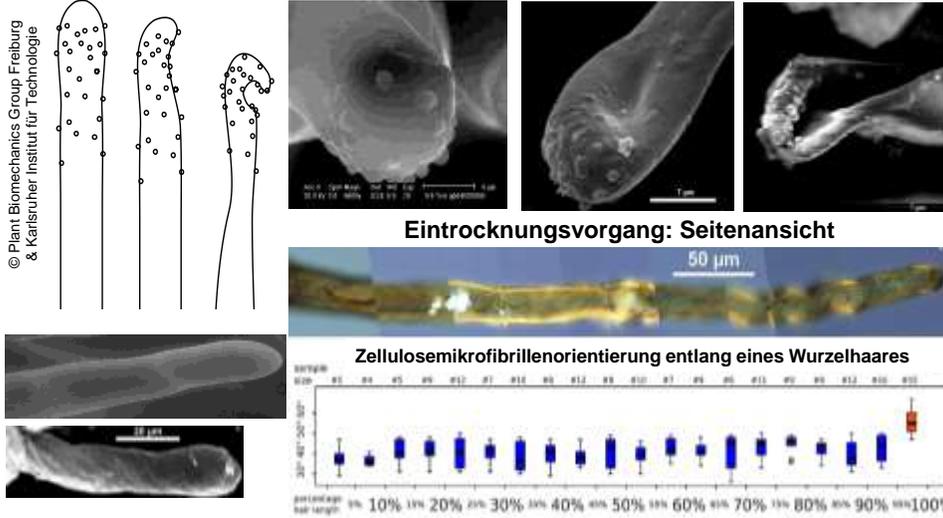


Kooperationprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Adaptive Selbstverankerung von Wurzel- / Wurzelhaarklettern am Beispiel von Efeu

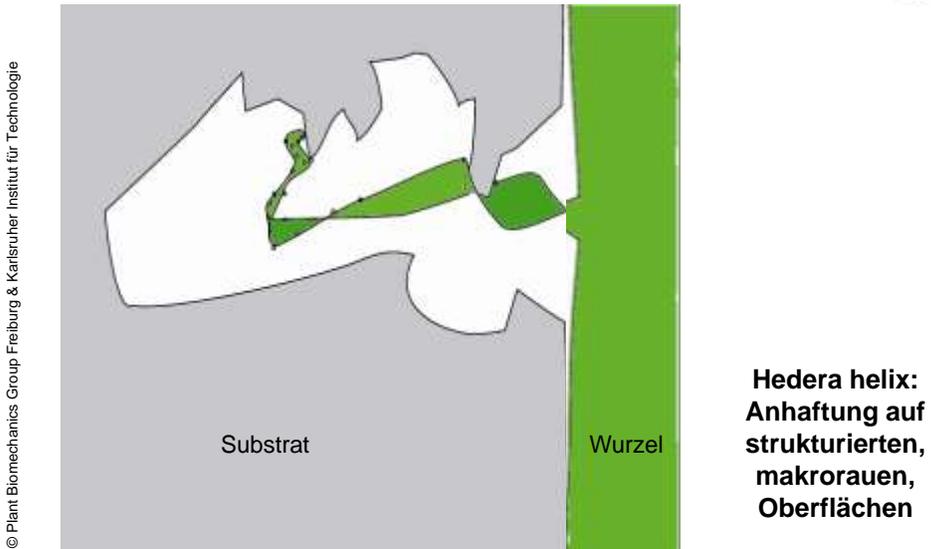


Hedera helix: Anhaftungsvorgang auf der Ebene der Wurzelhaare



Kooperationsprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Adaptive Selbstverankerung von Wurzel- / Wurzelhaarklettern am Beispiel von Efeu



Kooperationsprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

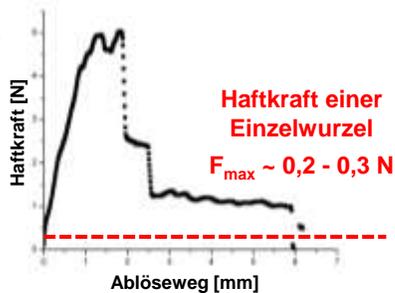
Adaptive Selbstverankerung von Wurzel- / Wurzelhaarklettern am Beispiel von Efeu



Hedera helix: Haftkraft von Wurzelclustern mit Haftwurzeln

© Plant Biomechanics Group Freiburg & Karlsruher Institut für Technologie

Additiver Effekt: Die Haftkraft von Wurzelclustern ist bestimmt durch die Anzahl der Haftwurzeln



Haftkraft auf Hausputz bis zu 7,6 N pro cm angehafteten Efeuabschnitt



Haftkraft auf Baumborken bis zu 12,8 N pro cm angehafteten Efeuabschnitt



Kooperationprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Rankenkletter mit Haftpads und Klebersekretion am Beispiel des Wilden Weins



Parthenocissus tricuspidata: Habitus und Ranken mit Haftpads

© Plant Biomechanics Group Freiburg und Forschungszentrum Karlsruhe



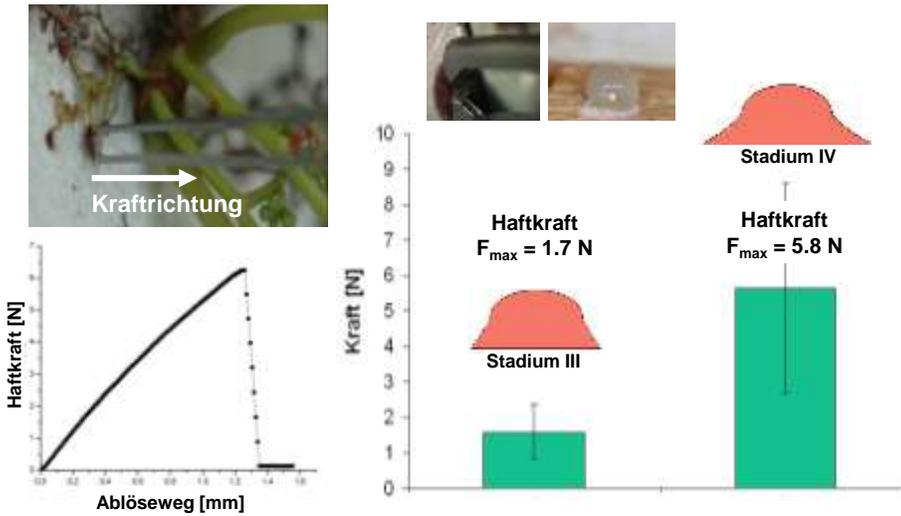
Kooperationprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Rankenkletter mit Haftpads und Klebersekretion am Beispiel des Wilden Weins



Parthenocissus tricuspidata: Haftkraft einzelner Haftpads

© Plant Biomechanics Group Freiburg und Forschungszentrum Karlsruhe



Kooperationsprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Rankenkletter mit Haftpads und Klebersekretion am Beispiel des Wilden Weins

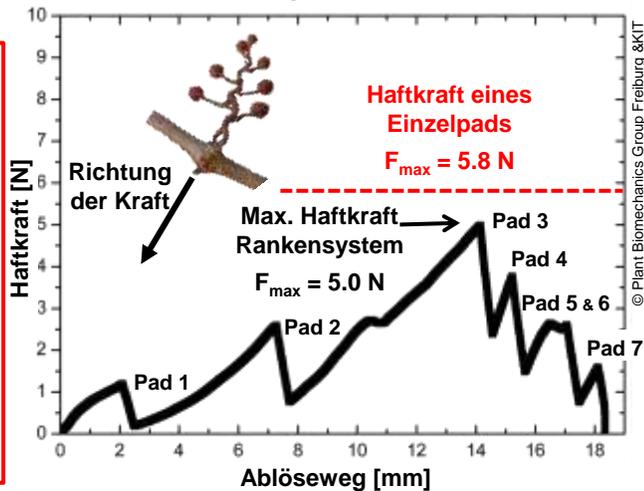


Parthenocissus tricuspidata: Versagensverhalten und Haftkraft einer Ranke mit 7 Haftpads

Fail-safe Mechanismus

Maximale Haftkraft des Rankensystems ist nicht höher als die der Einzelpads

Signifikanter Anstieg des ‚Ablösewegs‘ und dadurch der für eine Ablösung der gesamten Ranke benötigten Energie



Kooperationsprojekt PBMG-FR, FMF & Karlsruher Institut für Technologie

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Epidermis und Kutikula: Multifunktionale Grenzfläche zwischen Pflanzen und Umwelt

© W. Barthlott, Botanisches Institut Bonn und C. Neinhuis TU Dresden



© Plant Biomechanics Group Freiburg

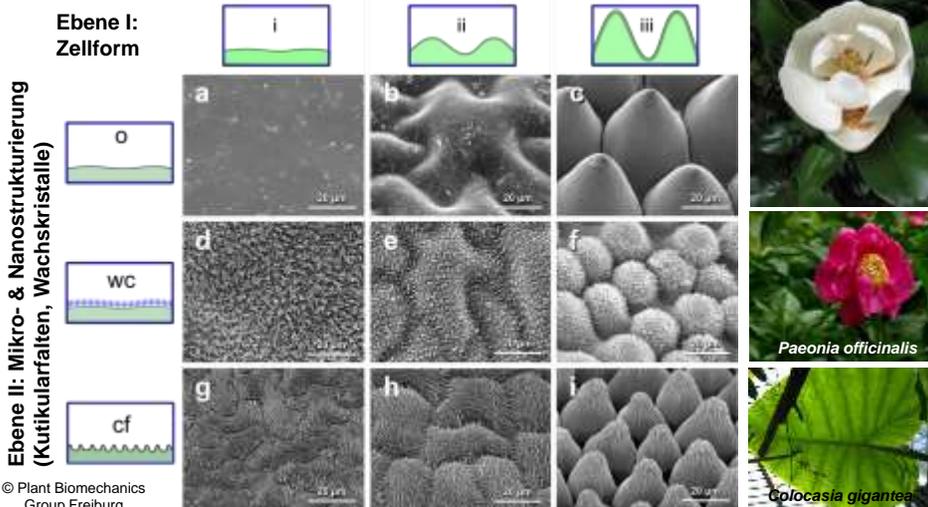
Die Kutikula ermöglicht Pflanzen das Überleben in verschiedenen Habitaten

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, Universität Kiel & TU Dresden

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Hierarchische Strukturierungsebenen Blattoberfläche



© Plant Biomechanics Group Freiburg

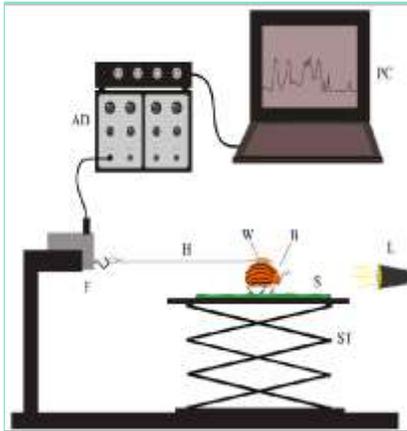
a. *Magnolia grandiflora*, b. *Paeonia officinalis*, c. *Calathea zebrina*, d. *Diospyros kaki*, e. *Paeonia suffruticosa*, f. *Colocasia esculenta*, g. *Hevea brasiliensis*, h. *Vitis vinifera*, i. *Rosa hybrid Floribunda* cv. 'Sarabande'.

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen

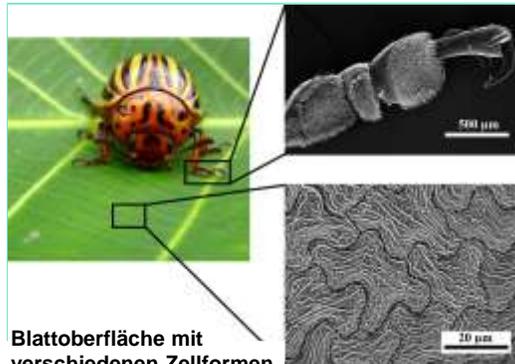


Messgerät zur Analyse der Lauf-Reibungskräfte

Wechselwirkung zwischen hierarchisch strukturierten Oberflächen



Tarsus Klauen und verschiedenen Haartypen



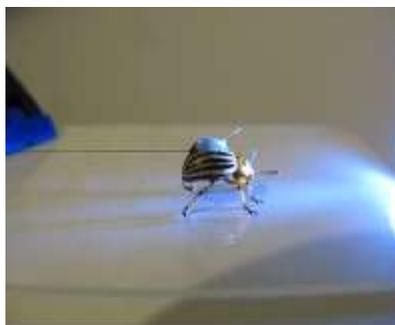
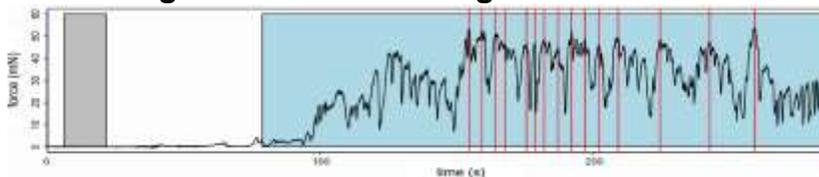
Blattoberfläche mit verschiedenen Zellformen, Kutikularfalten und/oder Wachskristallen

Kooperationprojekt PBMG Freiburg, Universität Kiel & TU Dresden

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Messungen von Lauf-Reibungskräften



Kartoffelkäfer auf Glasoberfläche

Kartoffelkäfer auf Blattoberfläche

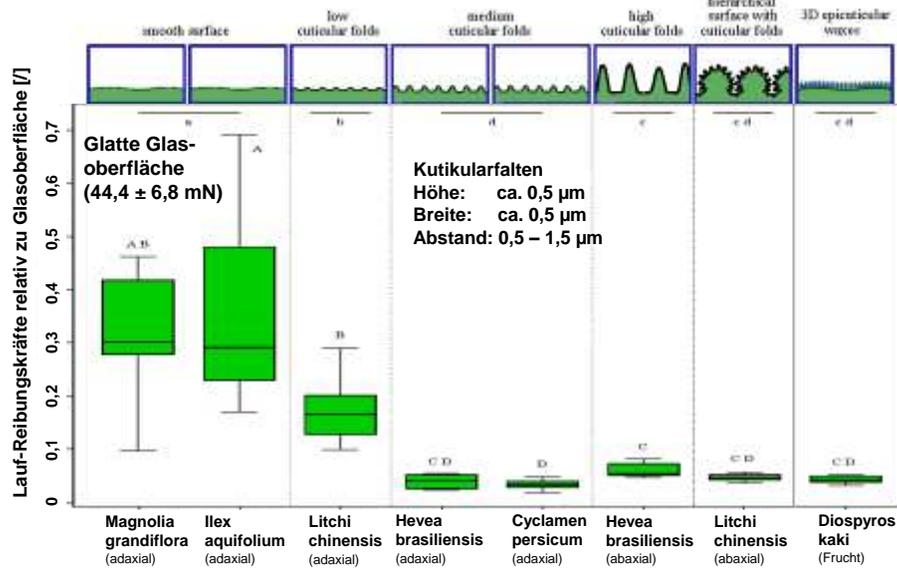
© Plant Biomechanics Group Freiburg

Kooperationprojekt PBMG Freiburg, Universität Kiel & TU Dresden

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen

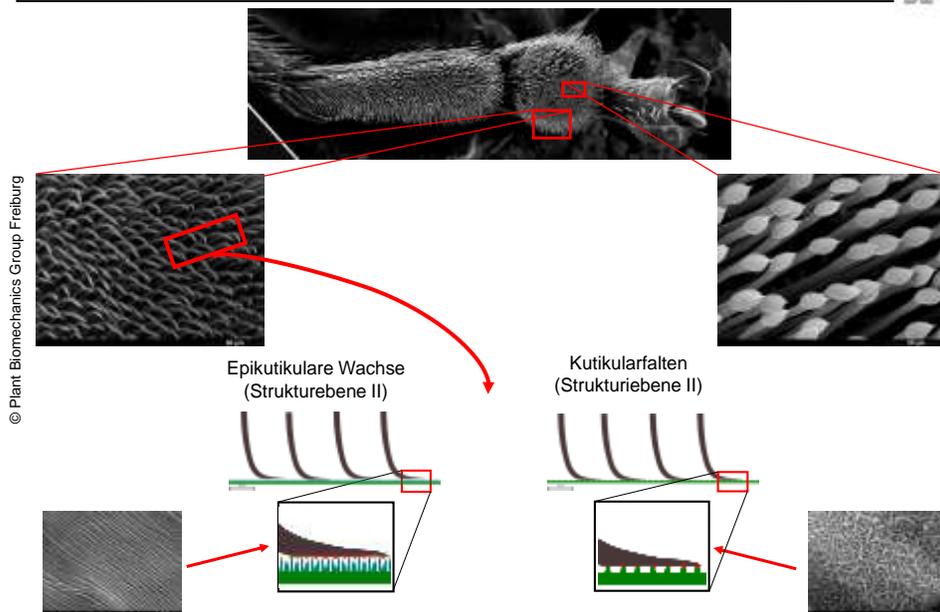


Lauf-Reibungskräfte relativ zu Glasoberfläche



© Plant Biomechanics Group Freiburg

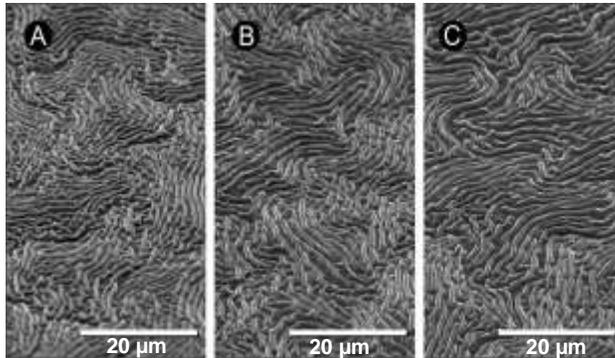
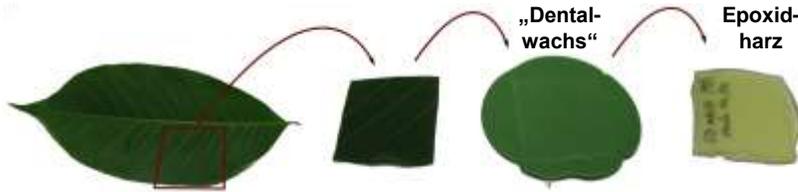
Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Herstellung von Replikas mikrostrukturierter Antihaftoberflächen



Replication method according to Koch et al. (2008) and Schulte et al. (2009)



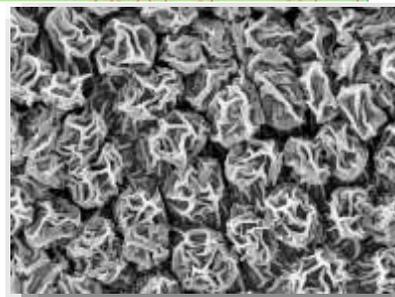
Hevea brasiliensis
(Blattoberfläche)

- A. Original
- B. Replica, unbehandelt (hydrophil)
- C. Replica, hydrophobisiert

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Messungen von Lauf-Reibungskräften



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Kartoffelkäfer auf künstlicher Oberfläche

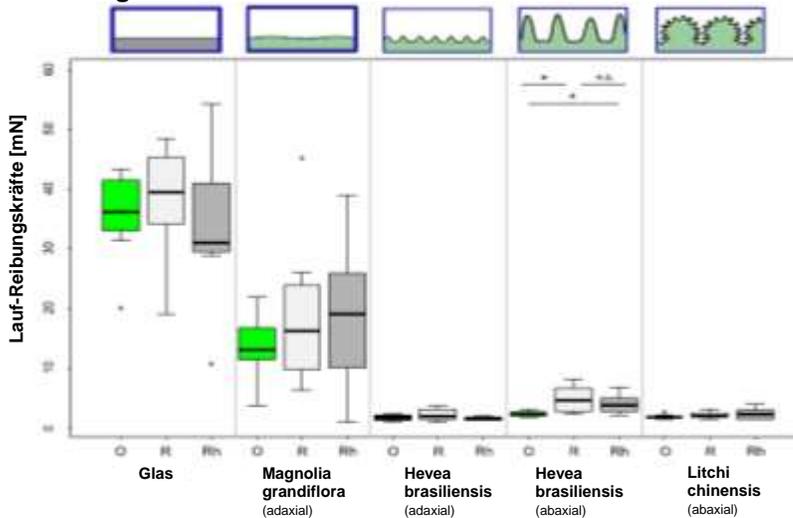
Künstliche Oberfläche: Replikat der abaxialen Blattoberfläche von *Litsea chinensis*

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, Universität Kiel & TU Dresden

Bionische Antihaft-Oberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen



Lauf-Reibungskräfte auf behandelten und unbehandelten Oberflächen



© Plant Biomechanics Group Freiburg

B. Prüm, R. Seidel, H.F. Bohn, S. Rubach & T. Speck (2013) Acta Biomater., 9: 6360-6368

O: Originaloberfläche (Pflanzenoberfläche oder Glas);
R: unbehandeltes (hydrophiles) Replikat; Rh: hydrophobisiertes Replikat

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- **Selbst-reparierende bionische Materialien**
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Zusammenarbeit mit EMPA Dübendorf und Industriepartnern: prospective concepts ag



Tensairity®-Autobrücke

8m Spannweite, 3.5 Tonnen Nutzlast



Andere Tensairity®-Projekte



Parkhaus, Montreux (Schweiz), Luscher Architectes SA



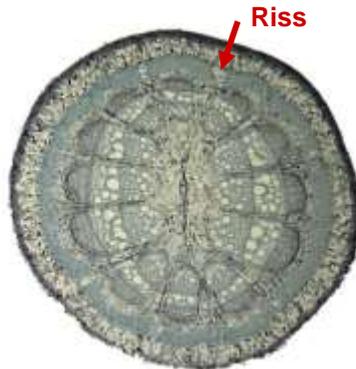
© prospective concepts ag

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, EMPA Dübendorf, FMF, Makromol. Chemie & Industrie

Biologisches Vorbild Liane: Rissreparatur

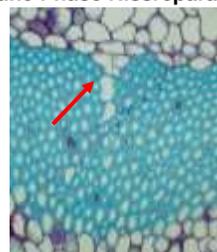


© Plant Biomechanics Group Freiburg

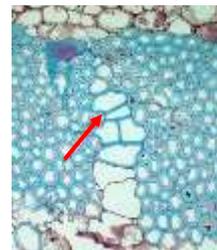


Querschnitt durch zweijährige Achse

Frühe Phase Rissreparatur



Späte Phase Rissreparatur



S. Busch, K. Schmitt, C. Erhardt & T. Speck (2010) Jour. Raman Spectrosc., 41: 480-487.
S. Busch, R. Seidel, O. Speck & T. Speck (2010) Proc. Roy. Soc. Lond. B, 277: 2113-2120.

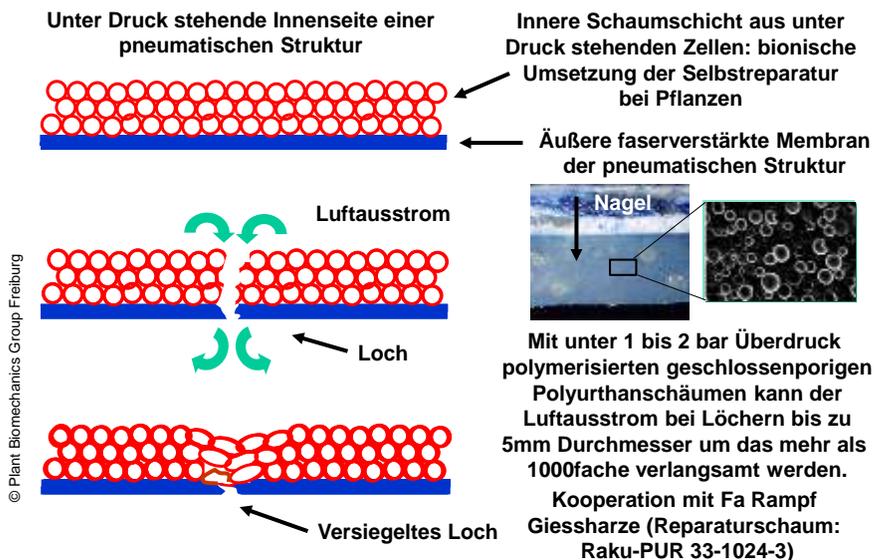
Lianen der Gattung Aristolochia (Pfeifenwinde)

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, EMPA Dübendorf, FMF, Makromol. Chemie & Industrie

Selbstreparierende bionische Membranen für Pneusysteme



Funktionsmodell für eine selbstreparierende Membran



© Plant Biomechanics Group Freiburg

T. Speck, R. Luchsinger, S. Busch, M. Rüggeberg & O. Speck (2006): In: Bretbia, C.A. (ed.), Design and Nature III, 105-114. WIT Press, Southampton.
 M. Rampf, O. Speck, T. Speck & R. Luchsinger (2011): Journal of Biomechanical Engineering, 8: 242-250 & (2013): International Journal of Engineering Science, 63: 61-70.

Funktionsweise selbstreparierender Membranen



Unbeschichtete Membran

Beschichtete selbstreparierende Membran

© Bayrischer Rundfunk

T. Speck, G. Bauer, F. Flues, K. Oelker, M. Rampf, A.C. Schüssle, M. v. Tapavicza, J. Berling, R. Luchsinger, A. Nelissen, A.M. Schmidt, B. Mühlaupt & O. Speck (2013): In: P. Franz, J.W.C. Dunlop & R. Weinkamer (eds.), Materials Design Inspired by Nature: Function through Inner Architecture, 359 - 389. RSC Smart Materials No. 4, The Royal Chemical Society, London.

Selbstreparierende bionische Membranen für Pneusysteme



Pneumatische & gasgefüllte Luft- und Wasserfahrzeuge

Architektur: Pneumatische Bauten & Bauten mit Membranstrukturen

Pneumatische Sitzmöbel

Membran mit selbstreparierender, bionischer Schaum-beschichtung

Membranstrukturen für Behälter und als Hüllen

© Plant Biomechanics Group Freiburg & prospective concepts ag

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Aufprall- und Durchstoßschutz nach dem Vorbild von Frucht- und Samenschalen



Technische Produkte mit hoher Dämpfung sowie Aufprall- und Durchschlagschutz



Schusssichere Kleidung, aufpralldämpfende und durchschlagsichere Helme

Hohe Zähigkeit und Härte



Schale der Macadamia-Nuss (Same)



Aufpralldämpfende und insassenschützende Autoteile

Hohe Energiedissipation



Fruchtwand der Pomelo

Biologische Vorbildstrukturen



Transport von Gefahrgütern

Hohe Zähigkeit & Härte und hohe Energiedissipation



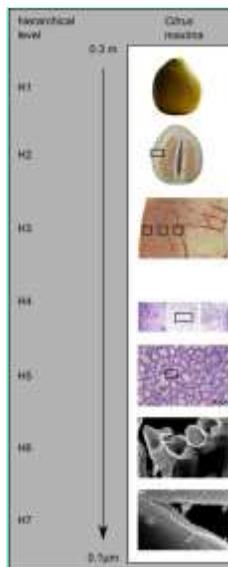
Fruchtwand der Kokosnuss

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, RWTH Aachen, TU Berlin & Univ. Stuttgart

Aufprall- und Durchstoßschutz nach dem Vorbild von Frucht- und Samenschalen



© Plant Biomechanics Group Freiburg



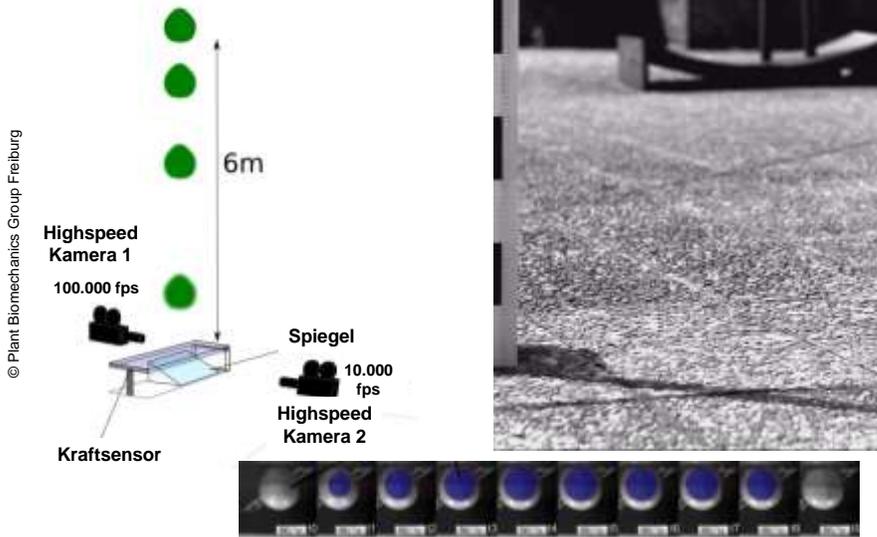
- H1: Integrale Ebene-1 = ganze Frucht
- H2: Integrale Ebene-2 = Schale & Fleisch
- H3: Gewebeebe-1 = Makrostruktur der Schale
- H4: Gewebeebe-2 = Mikrostruktur der Schale
- H5: Zellebene-1 = Anordnung und Form der Zellen
- H6: Zellebene-2 = Zellstruktur und Zellkompartimente
- H7: Ultrastrukturebe = Zellwandultrastruktur und Biochemie

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, RWTH Aachen, TU Berlin & Univ. Stuttgart

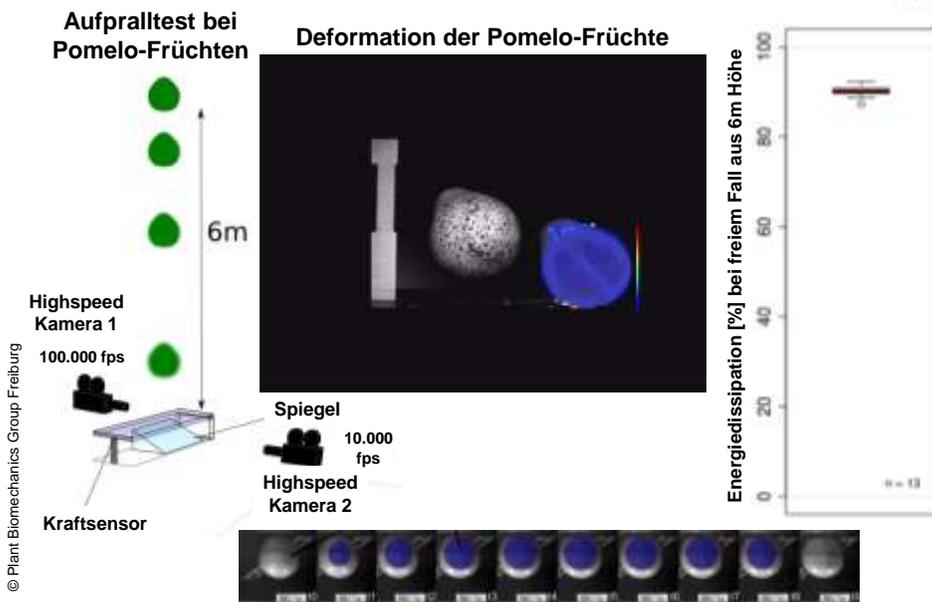
Aufprall- und Durchstoßschutz nach dem Vorbild von Frucht- und Samenschalen



Aufpralltest bei Pomelo-Früchten



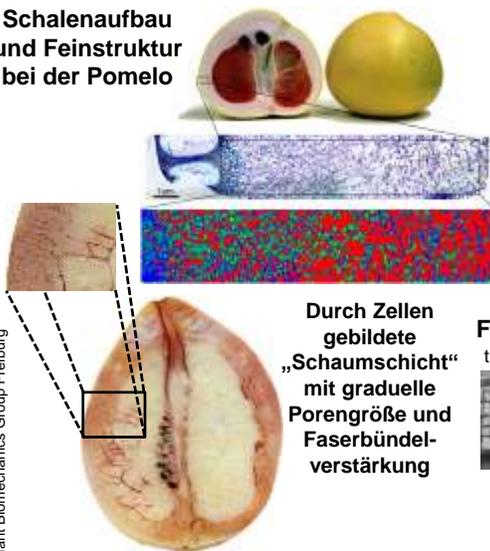
Aufprall- und Durchstoßschutz: Dämpfung nach dem Vorbild von Früchten



Aufprall- und Durchstoßschutz: Dämpfung nach dem Vorbild von Früchten



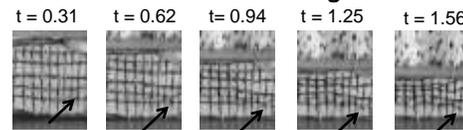
Schalenaufbau
und Feinstruktur
bei der Pomelo



Plant Biomechanics Group Freiburg

Durch Zellen
gebildete
„Schaumschicht“
mit graduelle
Porengröße und
Faserbündel-
verstärkung

Faserbündel und Verformung der Schale



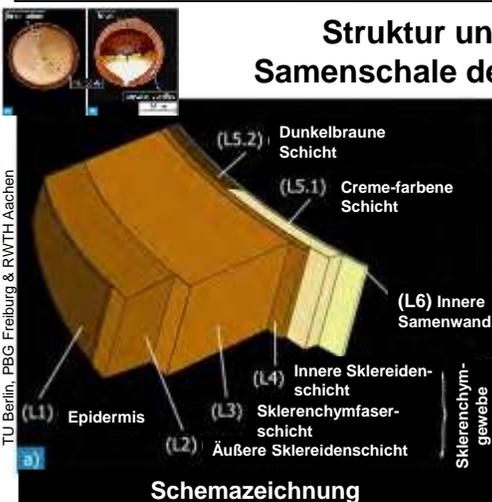
Impakttest mit Pomeleschale
Zeitangaben in Millisekunden nach
Aufprall des Gewichts

Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, RWTH Aachen, TU Berlin & Univ. Stuttgart

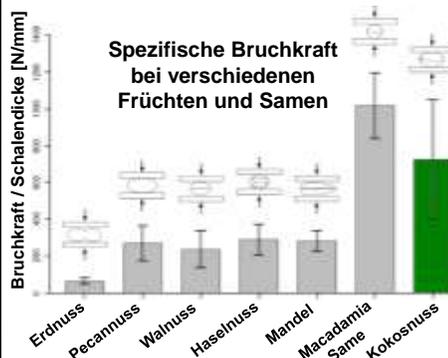
Beispiel: Multischichtsystem bei *Macadamia*-Same: hoch integrierte Schutzhülle



Struktur und Feinstruktur der
Samenschale des *Macadamia*-Samens



TU Berlin, PBG Freiburg & RWTH Aachen



Samenschale - ein mehrschichtiges, extrem zähes und hartes Mikrolaminat mit mehreren Schichten aus Sklerenchymfasern und Sklereidenzellen

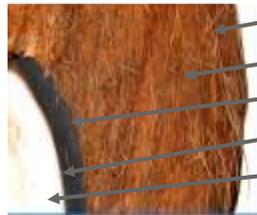
Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, RWTH Aachen, TU Berlin & Univ. Stuttgart

Struktur der Fruchtwand der Kokosnuss (*Cocos nucifera*): eine hoch integrierte Schutzhülle

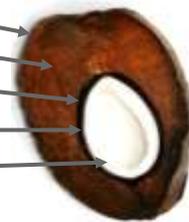


© Plant Biomechanics Group Freiburg

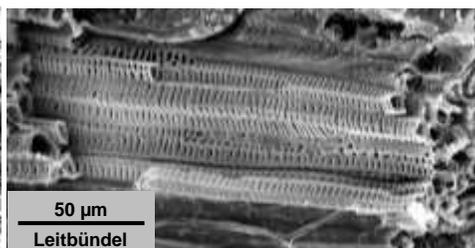
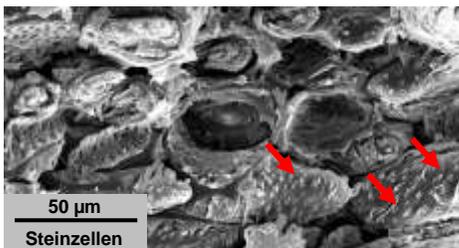
Struktur der Fruchtwand Kokosnuss (*Cocos Nucifera*)



- Exokarp (ledrig)
- Mesokarp (faserig)
- Endokarp (zäh, hart)
- Dünne Testa (papierartig)
- Endosperm (Fruchtfleisch) mit Embryo



Kokosnuss-Endokarp: ein sehr festes und hartes hierarchisch strukturiertes Gewebe mit einem 3D-Netzwerk aus Leitbündeln mit stark verholzten Tracheiden in einer Matrix aus Steinzellen mit vielschichtiger Wand



Struktur der Fruchtwand der Kokosnuss (*Cocos nucifera*): eine hoch integrierte Schutzhülle

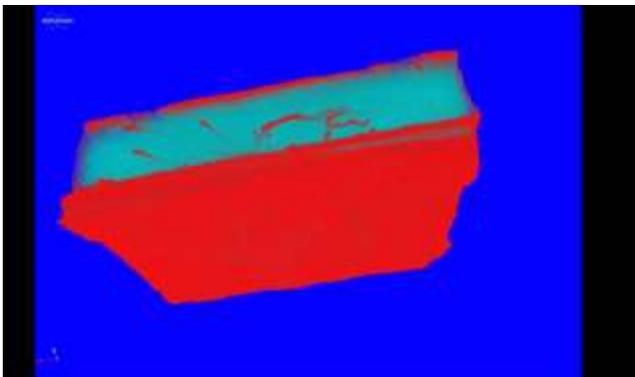
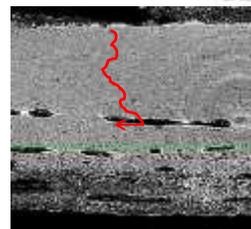


© Plant Biomechanics Group Freiburg

Struktur der Fruchtwand Kokosnuss (*Cocos Nucifera*)



- Exokarp (ledrig)
- Mesokarp (faserig)
- Endokarp (zäh, hart)
- Dünne Testa (papierartig)
- Endosperm (Fruchtfleisch) mit Embryo



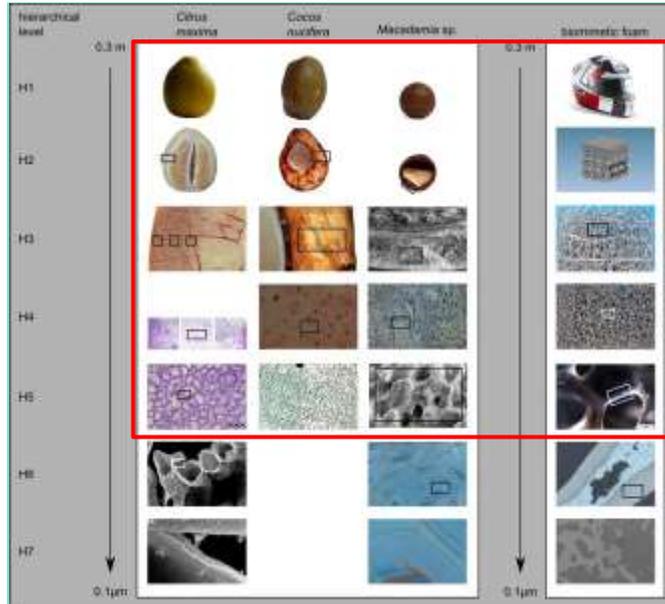
Mechanische Analysen zeigen, dass die Leitbündel Risse umleiten und stoppen (crack-stopper)

µ-CT-Analyse der Anordnung der Leitbündel im Endokarp der Kokosnuss

Aufprall- und Durchstoßschutz nach dem Vorbild von Frucht- und Samenschalen

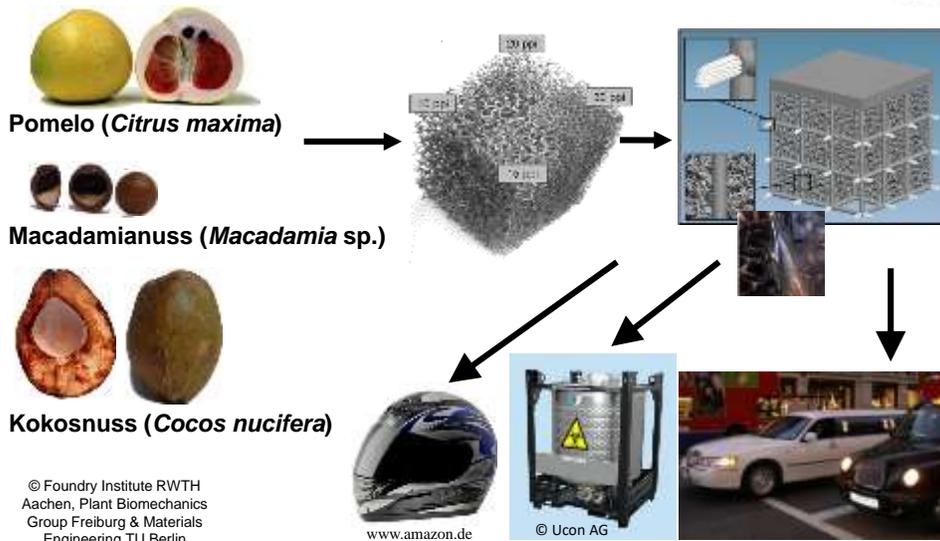


© Foundry Institute RWTH Aachen, Plant Biomechanics Group Freiburg & Materials Engineering TU Berlin



S.F. Fischer, M. Thielen, P. Weiff, R. Seidel, T. Speck, A. Bührig-Polaczek & M. Bünck (2014): Journal of Materials Science, 49: 43-51.
 S.F. Fischer, M. Thielen, R.R. Loprang, R. Seidel, C. Fleck, T. Speck & A. Bührig-Polaczek (2010): Advanced Engineering Materials / Advanced Biomaterials, 12: B658-B663.

Aufprall- und Durchstoßschutz: Durchstoßschutz inspiriert von Samen



Kooperationsprojekt PBMG Freiburg, RWTH Aachen, TU Berlin & Univ. Stuttgart

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht ?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- **Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme**
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Collaborative Research Center – SFB/Transregio 141 Motivation: Entwicklung ebener, gekrümmter und gefalteter Oberflächen mit scharnierloser Kinematik



CRC-TRR 141



Technische Herausforderung - biologische Lösung: Adaptive biegsame Flächentragwerke ohne Scharniere

Kooperationspartner:



Kinematics of planar, curved and corrugated surfaces – Biomimetic solutions for architecture

Pflanzliche Ideengeber für elastische Flächenstrukturen mit scharnierloser Kinematik



Wasserrad (*Aldrovanda vesiculosa*)



Blätter
Venusfliegenfalle (*Dionaea muscipula*)

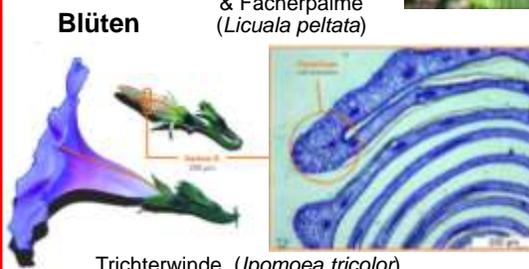


Hainbuche (*Carpinus betulus*) & Fächerpalme (*Licuala peltata*)

S. Poppinga, T. Masseller & T. Speck (2013): Bioessays, 36: 649 – 657



Paradiesvogelblume (*Strelitzia reginae*)



Trichterwinde (*Ipomoea tricolor*)

© ITKE Stuttgart & Plant Biomechanics Group Freiburg

SFB-TRR 141-Cooperationproject PBG Freiburg, ITKE & IBB Stuttgart, ITV Denkendorf

Von der Paradiesvogelblume zum Flectofin® Fassadenverschattungssystem



© Video: Peter Schoppa & Camilla Vogt



Prototyp des bionischen Fassadenverschattungssystems Flectofin®: Biegung aktiviert durch hydraulische Stempel an der Basis

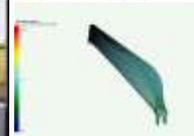


Clausen, Marklisen (Movie: J. Lienhard)

Weitere Demonstratoren basierend auf dem Flectofin®



© B. Miklautsch



Doppel-Flectofin



Soma Architecture (Vienna) und Knippers Helbig Engineers (Stuttgart)

Bio-inspirierte kinematische Fassade: Thematic Pavilion / Expo 2012 (Yeosu, South Korea)

© ITKE Stuttgart & Plant Biomechanics Group Freiburg

J. Lienhard, S. Schleicher, S. Poppinga, T. Masseller, M. Milwich, T. Speck & J. Knippers (2011): Bioinspiration and Biomimetics, 6: DOI:10.1088/1748-3182/6/4/045001

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht ?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- **Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme**
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Wasserrad (*Aldrovanda vesiculosa*): Morphologie und Funktionsweise der Schnappfalle



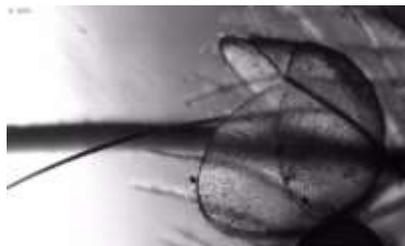
© <http://www.peiplicher.com>



© Plant Biomechanics Group Freiburg

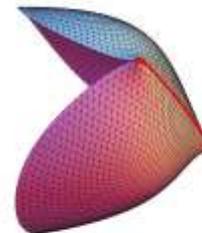
Die beiden (Blatt-)Hälften der Schnappfalle des Wasserrads bleiben unverformt. Der Verschluss der Schnappfalle wird durch eine Turgor-induzierte Verformung (Biegung) der Mittelrippe hervorgerufen, die die beiden Blatthälften verbindet.

© Plant Biomechanics Group Freiburg



20fach verlangsamt

Der Verschluss der Schnappfalle ist eine Bewegungsverstärkung, hervorgerufen durch eine kleine Biegung der Mittelrippe



© ITKE Stuttgart

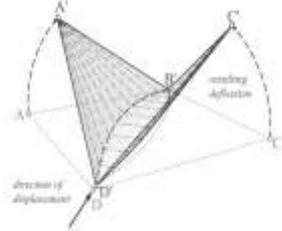
Elastische Architektur: Bionisches Fassadenverschattungssystem inspiriert durch das Wasserrad (*Aldrovanda vesiculosa*)



Kinematisches Model des abstrahierten Faltmechanismus

Kinetisches Model der Schnappfalle des Wasserrads in FEM

© S. Schleicher ITKE Stuttgart



Flexible Fassadenverschattungselemente inspiriert durch das Wasserrad auf einer gekrümmten Oberfläche



© S. Schleicher ITKE Stuttgart

TRR 141-Kooperationsprojekt PBG Freiburg und ITKE, IBB & ITFT Universität Stuttgart

Elastische Architektur: Bionisches Fassadenverschattungssystem inspiriert durch das Wasserrad (*Aldrovanda vesiculosa*)



Bionisches Fassadenverschattungsmodul aus Faserverbundmaterial

© ITKE & ITFT University of Stuttgart and ITV Denkendorf

Flectofold

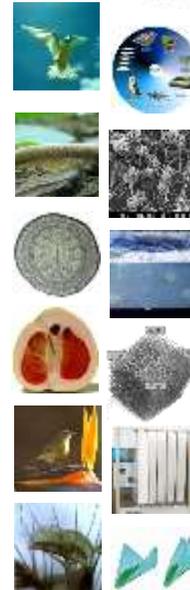


TRR 141-Kooperationsprojekt PBG Freiburg und ITKE, IBB & ITFT Universität Stuttgart

Venusfliegenfalle, Drachenbaum und Kartoffelkäfer als Partner der Industrie



- Was ist Bionik und was nicht?
- Verschiedene Teilbereiche der Bionik
- Biodiversität, Botanische Gärten und Bionik
- Kleben und Haften nach dem Vorbild von Kletterpflanzen
- Bionische Antihaftoberflächen nach dem Vorbild von Blattoberflächen
- Selbst-reparierende bionische Materialien
- Bioinspirierte dämpfende und durchstoßresistente Materialien und Strukturen
- Adaptive bionische Fassadenverschattungssysteme
 - Flectofin® eine bionische Fassadenverschattung nach dem Vorbild der Blüte der Paradiesvogelblume
 - Flectofold eine bionische Fassadenverschattung inspiriert von der Falle des Wasserads
- Bionik - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft



© Plant Biomechanics Group Freiburg

Was kann Bionik leisten? Zukunftsvisionen



Bionik im Jahr 1980: Alles ist denkbar und (fast) nichts ist umsetzbar.

Bionik im Jahr 2017: Alles ist denkbar und (fast) alles ist umsetzbar.



Bionik im Jahr 2017: Nutzen einer historischen Chance durch Weiterentwicklung in Analyse-, Simulations- und Produktionstechnologien sowie des gesellschaftlichen und politischen Umfelds (Nachhaltigkeit).

© Plant Biomechanics Group Freiburg

8. Internationale Fachtagung Ökologische Pflege - Langenlois - 22.-23.11.2017



5 Gruppenleiter/innen, 1 Postdoc, 13 Doktoranden/innen, 13 Bachelor- Master- & Stex-Studierende, 5 Techniker, 13 Gärtner

Danksagung auch an viele Industriepartner



Plant Biomechanics Group – Botanic Garden University of Freiburg
www.botanischer-garten.uni-freiburg.de

Competence Network ‚Biomimetics‘ Baden-Württemberg (MWK-BW)
www.kompetenznetz-biomimetik.de

BIONIK e.V & BIONIK international – The Biomimetic Association (BIONA-BMBF)
www.biokon.de & www.biokon-international.com

Education and Teaching in Biomimetics
www.bionik-online.de www.bionik-vitrine.de www.bionik-blog.de

