

Schlussbericht

Auftragnehmer: Max-Planck-Institut für Metallforschung
Stuttgart, Dr. Stanislav N. Gorb **Kennzeichen:** 01RS0411

Auftragsbezeichnung: Verbundvorhaben Mitwirkung am Bionik-Kompetenz-Netzwerk B/OKON Phase II

Laufzeit des Auftrags: 16.06.2004 – 15.06.2007

Berichtszeitraum: 16.06.2004 – 15.06.2007

Inhalt

I. Kurzdarstellung	03
I.1. Aufgabenstellung	03
I.1.1. Forschungsziel	03
I.1.2. Wissenschaftlich-technische Arbeitsziele	03
I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	03
I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens	04
I.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	04
I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	05
II. Eingehende Darstellung	06
II.1. Erzieltes Ergebnis	06
II.1.1. Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse	06
II.1.1.1. Ereignisse	06
II.1.1.2. Beiträge zur grundlegenden Netzwerkarbeit	07
II.1.1.2.1. Beiträge zur thematischen Facharbeit	07
II.1.1.2.2. Internetauftritt www.flyfoot.de	08
II.1.1.2.3. Teilnahme an Konferenzen, Kongresse, Workshops, Meetings	08
II.1.1.2.4. Organisation von Workshops, Meetings, Symposien, Sektionen	10
II.1.2. Bionik-relevante wissenschaftliche Ergebnisse/Projekte; Querverbindungen	10
II.1.2.1. Projekte	10
II.1.2.2. Gastwissenschaftlicher Austausch und projektfreie Kooperation	11
II.1.3. Öffentlichkeitsarbeit/Information/Bildung	12
II.1.3.1. Medien	13
II.1.3.2. Veranstaltungen/Ausstellungen/Messen	13
II.1.3.3. Information und Bildung	14
II.1.4. Industriekontakte	16
II.2. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit	17
II.2.1. Nutzen für verschiedene Anwendungsgruppen/-industrien	17
II.2.2. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten	17
II.2.3. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	17
II.3. Während des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	17
II.4. Veröffentlichungen	18
II.4.1. Wissenschaftliche Publikationen	18
II.4.2. Sekundärliteratur (Auswahl)	21

Anhang

Anhang 1: Ausgewählte Public Relation Nachweise

Anlage 1.1: Pressemitteilung zum Wissenschaftspreis 2005

Anlage 1.2: Pressemitteilung zu Antihaftoberflächen für Insekten

Anlage 1.3: Pressemitteilung zu erstmalig entdeckten Seidenfäden an Spinnenfüßen

Anlage 1.4: Pressemitteilung zu (Käferfuß-) bio-inspiriertem Haftmaterial

Anlage 1.5: Pressemitteilung über MOU in NIMS NOW International

Anlage 2: Kongresse, Konferenzen, Symposien, Meetings, Workshops etc.

Anlage 2.1: Teilnahme an Kongressen usw.

Anlage 2.2: Symposium „Contact Phenomena in Materials and Biological Systems“, Programm

Anlage 2.3: Japanisch-Deutscher Workshop “Entomomimetik”, Protokoll

Anlage 2.4: Flyer zum Workshop im Rahmen Der DTI Global Watch Mission Visit

Anlage 3: Wissenschaftlicher Austausch am *B/OKON*-Standort Stuttgart

I. Kurzdarstellung

I.1. Aufgabenstellung

Das übergreifende Ziel des Vorhabens bestand darin, auf der Basis der herausragenden Beiträge des Auftragnehmers auf dem Gebiet der Materialwissenschaft biologischer Oberflächen ein Zentrum aufzubauen, in dem die fachliche Kompetenz für die Tribologie biologischer und biologisch inspirierter Oberflächen gesammelt, gebündelt und nachhaltig etabliert werden kann. Mit dieser Motivation sollte der Knotenpunkt das *B/OKON* Bionik-Kompetenznetzwerk bereichern, forcieren und konsolidieren.

Ein weiteres Anliegen bestand darin, die Innovationskraft der Bionik in die Umsetzung neuer Produkte und Verfahren insbesondere auch unter den Aspekten des Umweltschutzes einzubinden. Langfristig kann Bionik somit als ein integratives und innovatives Werkzeug zur Entwicklung von Produkten bei Firmen verankert werden.

I.1.1. Forschungsziel

Ziel unserer Forschung ist es, das mechanische Verhalten von Materialien im Mikrometer- und Submikrometerbereich zu verstehen. Vor diesem Hintergrund sind die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften und quantitative Analysen zur Mikrostruktur, einschließlich umfangreicher Untersuchungen mittels in situ Transmissions-Elektronen-Mikroskopie (TEM) unumgängliche, wissenschaftliche Methoden. Die experimentellen Ergebnisse werden mit Modellbetrachtungen und Computersimulationen verglichen. Die so gewonnenen Einblicke dienen der Entwicklung und Synthese verbesserter Werkstoffe.

Eine grundlegende Fragestellung besteht in der Übertragbarkeit materialwissenschaftlicher Konzepte und Messmethoden vom Makro- in den Mikro- und Nanobereich biologischer Strukturen.

Unsere Arbeiten besitzen Grundlagencharakter. Sie orientieren sich aber an praktischen Problemen in Materialwissenschaft und Mikrotechnologie.

I.1.2. Wissenschaftlich-technische Arbeitsziele

In einer bisher noch nicht gekannten Bandbreite -quer durch die biologischen und technischen Disziplinen- sollte im Rahmen des Vorhabens eine konstruktive transdisziplinäre Zusammenarbeit organisiert werden, um Verbindendes, Ähnlichkeiten, Gemeinsamkeiten und mögliche Synergien aufzudecken. Die Herausforderung für alle Beteiligten aus Forschung, Wissenschaft, Bildung und Industrie bestand darin, unser Wissen mit dem evolutionären Know-How der Natur zu vereinen und die Synthese erfolgreicher, umweltkonformer Techniken zu realisieren.

Das Verstehen der Zusammenhänge zwischen Ultrastruktur und Reibungseigenschaften natürlicher Systeme steht am Anfang der Entwicklung neuartiger, biologisch inspirierter Materialoberflächen, die einer technischen Anwendung zugänglich gemacht werden können.

I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Bionik-Kompetenznetzwerk *B/OKON* wurde 2001 mit dem Ziel gegründet, die Potentiale der Bionik in Industrie und Wissenschaft aufzuzeigen und weiter auszuschöpfen. Nach einer ersten dreijährigen Förderphase mit 6 Mitgliedern, folgte 2004-2007 eine weitere im Rahmen des Verbundvorhabens *B/OKON* II. Dabei sollten eine umfassende Informationsinfrastruktur geschaffen und die wichtigsten Arbeitsgruppen im Bereich Bionik in Deutschland gebündelt werden. Vor diesem Hintergrund ist die Mitwirkung des Auftragnehmers im *B/OKON* zu betrachten.

Das Max-Planck-Institut für Metallforschung beherbergt acht Abteilungen. Die verfolgten Fachrichtungen am Institut sind Biologie (Zoologie, Botanik, Anatomie, Physiologie, Zellbiologie, Biophysik), Physik (Kontaktmechanik, Grenzflächen, Haftung, Reibung, Verschleiß, Benetzbarkeit, dünne Schichten, Elektromigration), Werkstoffwissenschaften (Materialwissenschaft, Mikrotechnologie, Metallographie, Verbundwerkstoffe, zelluläre Materialien, Fasersysteme, Ermüdung, mechanische Eigenschaften in Mikromaterialien), Bionik

(Struktur-, Konstruktions-, Bewegungs-, Geräte-, Sensorbionik), Prüfmethode (Mechanische Spektroskopie, Mikrozug-Apparatur, Hochgeschwindigkeitsvideoanalyse, Rasterelektronenmikroskopie [REM], Transmissionselektronenmikroskopie [TEM], Weißlichtinterferometrie, Profilometrie, hochempfindliche Härteeindruckmethoden (Nanoindentation), Rasterkraftmikroskopie [AFM], Modellierung und Computersimulation.

Die Abteilung Dünnschicht- und Biosysteme vereint Mitarbeiter aus den Fachbereichen Biologie, Chemie, Physik und Werkstoffwissenschaften. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit fördert innovative effiziente Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Themenschwerpunkte und Kernkompetenzen der Evolutionary Biomaterials Group liegen in

- der Zoologie und Evolutionsbiologie (vergleichende Untersuchungen der funktionellen Oberflächen bei Tieren),
- der biologischen Mikro- und Nanotribologie (Reibung und Adhäsion der Oberflächen) und
- der Entwicklung künstlicher Oberflächen mit definierten tribologischen Eigenschaften.

Bionische Kompetenzfelder tangieren unter anderem

- Strukturbionik (Flügelgelenke und Federsysteme/Resilin bei Insekten),
- Konstruktionsbionik (Saugnäpfe von Weichtieren und technische Sauggreifer; Mikrohaken bei Tieren und Pflanzen als technische Klettverschlüsse),
- Bewegungsbionik (Insektenlokomotion), Gerätebionik (Mikrogreifer nach dem Bauprinzip der Natur) und
- Sensorbionik (Aufbau, Physiologie und Mechanik der Mechanosensoren bei Insekten und Spinnen).

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Kontinuierliche Aufgaben bestanden im Ausbau der Industriekontakte und der Wahrnehmung einer Beraterfunktion bezüglich innovativer Lösungsansätze zu adhäsiven und reibungsaktiven Oberflächen.

Laufende **Forschungsarbeiten** sollten fortgesetzt werden, insbesondere:

- mikrostrukturelle Untersuchungen,
- eine Datenbank biologischer Oberflächen,
- die quantitative Beschreibung der Oberflächenbeschaffenheit,
- mechanische Untersuchungen in makroskopischem und mikroskopischem Maßstab,
- Reibungs- und Adhäsionsmessungen in makroskopischem und mikroskopischem Maßstab und
- die Bestimmung der Adhäsionseigenschaften künstlicher Oberflächen.

Leistungen für das Netzwerk waren folgende geplant:

- Beratung zu tribologischen Bionik-Fragen;
- Systematisierung der Kenntnisse über biologische Oberflächen;
- Suche geeigneter Experten und Projektpartner;
- Öffentlichkeitsarbeit, universitäre Ausbildung, Weiterbildung, Bionik an Schulen;
- die Einwerbung von Drittmitteln für innovative F&E-Vorhaben;
- Beteiligung am Aufbau eines internationalen Bionik-Verbundes und
- die Gestaltung einer Homepage im Internet.

Die geplanten **Meilensteine** des Projektes lauteten

- (1) allgemeine Netzwerkaufgaben (Internetportal, Zuarbeiten, Webseite Stuttgart);
- (2) die Mitarbeit in den B/OKON-Fachgruppen sowie
- (3) die Beteiligung an Ausstellungen, Messen und Kongressen.

I.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Zuge der Evolution entwickelten sich in biologischen Systemen anpassungsfähige tribologische Strukturen, deren Funktionsweisen bis zum heutigen Zeitpunkt nicht vollständig geklärt sind. Vielfältige biologische Oberflächen übernehmen eine Vielzahl an mechanischen

Funktionen: Reibung, Anti-Reibung und Haftung zwischen körpereigenen Segmenten oder auf verschiedenen Substraten, andere Funktionen wie z. B. Körperreinigung oder Lauterzeugung bis hin zur Steigerung aerodynamischer Leistungen. Für jeweilige Funktionen werden optimierte Oberflächenstrukturen verwendet, deren Größenordnungen bis in den Mikron- und Submikronbereich reichen.

Die harte Oberhaut (Kutikula) der Insekten bildet diese Strukturen aus. Sie kann als Verbundmaterial verstanden werden, in dem Chitinfasern in einer Protein-Matrix eingebettet sind. Die Kutikula dient als multifunktionaler Baustein. Längere kutikuläre Fortsätze verfügen über Gelenke, um sie beweglich zu halten. Viele spezialisierte kutikuläre Mikrostrukturen besitzen keine Gelenke und entstehen aus einer einzigen epidermalen Zelle heraus.

Mit den Arbeiten zur technischen Umsetzung haftender und wieder lösbarer, mikro- und nanostrukturierter biologisch inspirierter Oberflächen stellt die Bionik gegenwärtig einen Schwerpunkt am Institut dar.

Die industrielle Verwendung von Materialien mit bestimmten Reibungs- und Adhäsionseigenschaften reicht vom Klettverschluss bis zum Autoreifen. Allgemeine Gesetzmäßigkeiten und die strukturellen Eigenschaften der von uns untersuchten Systeme werden in einer Datenbank registriert und systematisiert. Viele der im Projekt als Modellsysteme untersuchten biologischen Systeme bieten optimierte Kombinationen aus Oberflächenstrukturen und tribologischen Eigenschaften.

Ausgewählte Literatur:

Bücher

Gorb S. N. (2001) Attachment devices of insect cuticle. Dordrecht et al., Kluwer, 305pp.

Scherge M., Gorb S. N. (2001) Biological micro- and nanotribology. Berlin et al., Springer, 300pp.

Artikel

Gorb S. N. (1998) The design of the fly adhesive pad: distal tenent setae are adapted to the delivery of an adhesive secretion. Proc. Roy. Soc. London B 265:747-752.

Gorb S. N. (1999) Ultrastructure of the thoracic dorso-medial field (TDM) in the elytra-to-body arresting mechanism in tenebrionid beetles (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Morphol. 240:101-113.

Gorb S. N. (1999) Evolution of the dragonfly head-arresting system. Proc. Roy. Soc. London B 266:525-535.

Gorb S. N., Scherge, M. (2000) Ultrastructural architecture and mechanical properties of attachment pads in *Tettigonia viridissima* (Orthoptera, Tettigoniidae). J. Comp. Physiol. A 186:821-831.

Gorb S. N., Popov V. L. (2002) Probabilistic fasteners with parabolic elements: biological system artificial model and theoretical considerations. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 360:211-225.

Gorb S. N., Gorb E. V., Kastner V. (2001) Scale effects on the attachment pads and friction forces in syrphid flies (Diptera, Syrphidae). J. Exp. Biol. 204:1421-1431.

Scherge, M., Gorb S. N. (2000) Microtribology of biological materials. Tribology Letters 8:1-7.

Voetsch W., Nicholson R., Müller R., Stierhof Y-D., Gorb S., Schwarz U. (2002) Chemical composition of the attachment pad secretion of the locust *Locusta migratoria*. Insect Biochem. Mol. Biol. 32:1605-1613.

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Es besteht ein weitläufiges Netzwerk bedeutender Zusammenarbeit mit Firmen (z. B. 3M, Tesa, Binder, Velcro, DuPont, Schmalz, Recticel) und zahlreichen Instituten im In- und Ausland.

II. Eingehende Darstellung

II.1. Erzieltes Ergebnis

II.1.1. Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

Als Wissenschaftler stehen wir am Anfang der bionischen Wertschöpfungskette. Wir versuchen, evolutionär besonders erfolgreiche Prinzipien aufzudecken, detailliert zu analysieren und somit nachhaltige Grundlagen für ingenieurtechnische Umsetzungen zu schaffen. Indikatoren unseres Erfolges sind (1) wissenschaftliche Publikationen in renommierten Zeitschriften, (2) erste Laborproben bio-inspirierter Materialien, (3) Reaktionen und Anfragen von Kollegen, ingenieurtechnischen Interessenten und einer breiten Öffentlichkeit sowie (4) zukunftsweisende synergetische Kooperationen.

II.1.1.1. Ereignisse

Der Verleih des **Wissenschaftspreises 2005** des Stifterverbandes für Deutsche Wissenschaft an die Federführer des B/OKON-Standortes Stuttgart (Dr. S. Gorb, Prof. R. Spolenak, Prof. E. Arzt, Prof. H. Gao) würdigt die Arbeiten auf dem Gebiet der bio-inspirierten klebstofffreien Verbindung von Werkstoffen (vgl. Anlage 1.1).

Aktuellen Bionik-relevanten Forschungsergebnissen über Anti-Haftoberflächen für Insekten sowie das Haftvermögen von Spinnen- und Käferfüßen entgegnete ein internationales **Medien-„Lauffeuer“** (vgl. Abb. 1, Kapitel II.1.2, II.4.2., Anlagen 1.2-1.4)

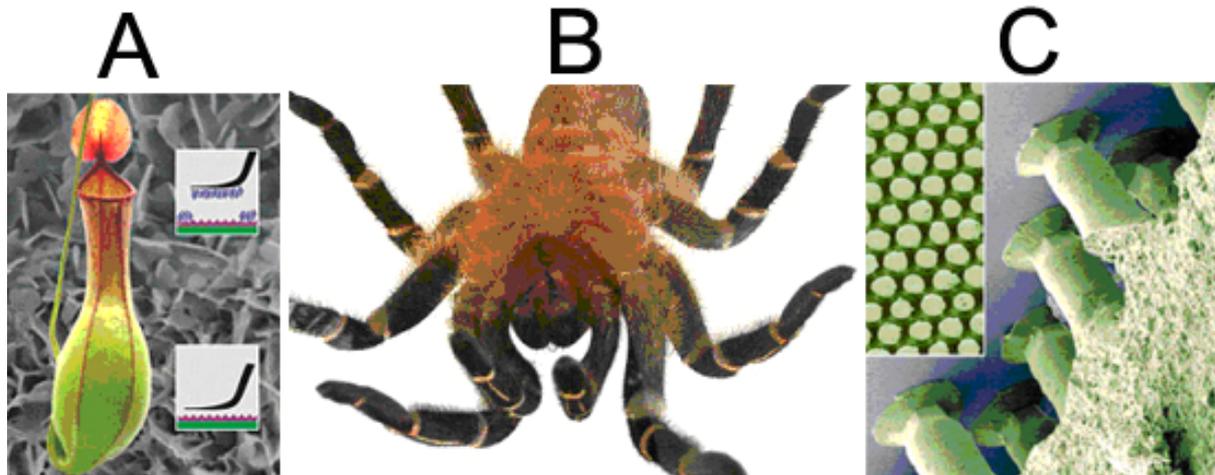


Abb. 1: Bilder gehen um die Welt – Presselauffeuer bionisch relevanter wissenschaftlicher Erkenntnisse der Evolutionary Biomaterials Group. **A.** Gleitfalle der Kannenpflanze *Nepenthes alata*. Im Hintergrund: Rasterelektronen-mikroskopische Aufnahme der oberen und unteren Wachsschicht. Die eingefügten Schemata erklären, auf welche Weise die beiden Wachsschichten die Haftkraft der Insekten reduzieren: Durch die obere Schicht werden die Insektenfüße verschmutzt und die untere Schicht vermindert die Kontaktbildung zwischen den adhäsiven Hafthaaren der Füße und dem Substrat. **B.** Zebravogelspinne *Aphonopelma seemanni* aus Costa Rica – die durch winzige Spinnrüsen an den Füßen produzierten mikroskopisch kleinen Fäden bremsen ihre Rutschbewegung beim Erklimmen steiler Flächen ab (Gorb et al. 2006/Nature, 28. September 2006). **C.** Mikroskopische Aufnahme der biomimetischen Oberflächenstruktur eines neuen Haftmaterials. Das von Insektenfußsohlen inspirierte Material (grün) haftet an Glas (blau). Bilder: Max-Planck-Institut für Metallforschung.

Die traditionelle **transdisziplinäre Arbeitsweise** der Evolutionary Biomaterials Group, über die nationalen Grenzen hinaus, verdeutlicht sich insbesondere in einem Memorandum of Understanding, welches 2007 zwischen dem B/OKON-Standort Stuttgart und dem National Institute of Material Sciences Tsukuba, Japan zur Festigung der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Oberflächenforschung vereinbart wurde (vgl. Abb. 2, S. 7 und Anlage 1.5).



Abb. 2: Prof. Dr. N. Hosoda und PD Dr. habil. S. N. Gorb unterzeichnen am 27. März 2007 ein MOU

II.1.1.2. Beiträge zur grundlegenden Netzwerkarbeit

Unsere Netzwerkarbeit basiert insbesondere auf intensivem wissenschaftlichem Austausch, gemeinsamer Ideenfindung, Absprachen, Diskussionen, Übereinkommen und Zusammenarbeit auf lokaler, regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Diesbezüglich nutzen wir diverse Kommunikationswege. Tele- und Internetkommunikation sowie regelmäßige Zusammenkünfte in Form von Wissenschaftlerausaustausch, Meetings, Workshops und Konferenzen sind unabdingbare Instrumente einer erfolgreichen Netzwerkarbeit.

Darüber hinaus beteiligen wir uns kontinuierlich an gemeinsamen Veranstaltungen und öffentlichen Auftritten des *BIOKON* (z. B. Hannovermessestand), um den Netzwerkgedanken zu stärken und bio-inspirative Ansätze zu verbreiten, dabei auch neue Mitglieder zu werben. Des Weiteren erfolgen fristgerechte Zusararbeiten von Text-, Bild- und Anschauungsmaterial, Links und Informationsschriften an entsprechende *BIOKON*-Partner und die Koordinationsstelle.

Verstärkte substantielle Beiträge zum Netzwerk leistet der Auftragnehmer seit 10.05.2006 in seiner Funktion als Vorstandsmitglied im *BIOKON* e. V. und seit 12.04.2006 als Netzwerktträger im Kompetenznetz Biomimetik Baden-Württemberg.

II.1.1.2.1. Beiträge zur thematischen Facharbeit

Da die Forschungstätigkeiten der Evolutionary Biomaterials Group biologische und bio-inspirierte Oberflächen fokussieren, konzentriert sich die thematische Facharbeit auf die Mitwirkung in der *BIOKON*-Fachgruppe B3 (Oberflächen- und Grenzflächen – Strukturen und Funktionen), insbesondere Zusararbeiten und Arbeitstreffen.

Mit den Fachgruppenmitgliedern besteht ein reger Gedanken- und Ideenwechsel, kooperative Untersuchungen, Pflanzen- und Materialaustausch. Beispielsweise referierte Fachgruppenleiter Prof. C. Neinhuis (Institut für Botanik TU Dresden) beim campusweiten Materialwissenschaftlichen Kolloquium der MPIs in Stuttgart im Januar 2005 über bio-inspirierte Oberflächen. Ein Hauptanliegen der Fachgruppe während *BIOKON* II bestand in der gebündelten Ideenfindung, mit dem Ziel einen neuen Oberflächen-Forschungsforschwerpunkt beim BMBF oder der DFG zu etablieren, welches der *BIOKON*-Standort Stuttgart mit 5 Ideenskizzen unterstützte.

Insbesondere mit Prof. C. Neinhuis (Institut für Botanik TU Dresden), PD Dr. A. Roth-Nebelsick (Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen), Prof. O. Betz (Universität Tübingen), Prof. T. Speck (Botanischer Garten Freiburg), Prof. W. Barthlott (Nees Institut, Universität Bonn) und deren Arbeitsgruppen sind umfangreichere Kooperationen zu verzeichnen (vgl. II.1.2.1., II.4.1., Gallenmüller et al. 2006, Koch et al. 2006, Körner et al. 2007).

Überdies berühren die Arbeiten der Evolutionary Biomaterials Group weitere *BIOKON*-Themenfelder, z. B. Sensorik, Informationsverarbeitung, Kommunikation (u. a. Gedanken- und Ideenaustausch, kooperative Experimente mit *BIOKON*-Partner PD Dr. H. Schmitz und seiner Arbeitsgruppe, Universität Bonn) und Biomechatronik, Biomedizintechnik,

Mikrosystemtechnik, Aktuatorik, Robotik (vgl. II.1.2.1.).

II.1.1.2.2. Internetauftritt www.flyfoot.de

Der bilinguale standortspezifische Internetauftritt bewährt sich seit 29 Monaten (Februar 2005-Juni 2007). Er wird kontinuierlich gepflegt und unterhalten (Abb. 3). Die anschauliche übersichtliche Gestaltung mit den 5 Registern bzw. Seiten „Home“, „News“, „Kompetenzen“, „Vernetzung mit *BIOKON*“ und „Kontakt“ soll einen schnellen Zugriff auf die prägnanten Informationen und das umfassende Linkangebot ermöglichen sowie die Vernetzung des Standortes Stuttgart im *BIOKON* und darüber hinaus veranschaulichen.



Abb. 3: Standortspezifischer Internetauftritt www.flyfoot.de, „Home“-Seite.

Mit bis zu 5500 monatlichen Zugriffen aus 57 Ländern (Abb. 4 A-B, S. 9) ist das kompakte Informationsportal als ein bedeutender Vernetzungspunkt im (virtuellen) *BIOKON* einzuschätzen. Das bestätigen unzählige Rückmeldungen und Anfragen.

Der häufigste Zugang erfolgte laut Statistik über das Home-Register, d. h. direkt über die Adresszeile www.flyfoot.de oder eine netzweite Verlinkung mit derselben, gefolgt von den Registern „Kompetenzen (Expertise)“ und „Kontakt“ (Abb. 4 C, S. 9). Demnach suchen Interessenten gezielt nach Forschungsbereichen bzw. Kompetenzfeldern und Kontaktdetails.

II.1.1.2.3. Teilnahme an Konferenzen, Kongresse, Workshops, Meetings (Anlage 2.1)

Wissenschaftlicher Fortschritt, Aktualität, Kooperation und interdisziplinärer Austausch können nur durch weiträumige kontinuierliche Kommunikation und Diskussion erfolgen. Die Teilnahme an fachspezifischen Konferenzen, Kongressen, Workshops, Meetings etc. eine dringende Notwendigkeit.

Während des Projektzeitraumes nahmen Mitglieder der Evolutionary Biomaterials Group an 46 Veranstaltungen teil, davon betrafen 13 unmittelbar Bionik/*BIOKON* und 6 rein die Industrie. Insgesamt 50 Vorträge und 10 Poster wurden präsentiert.

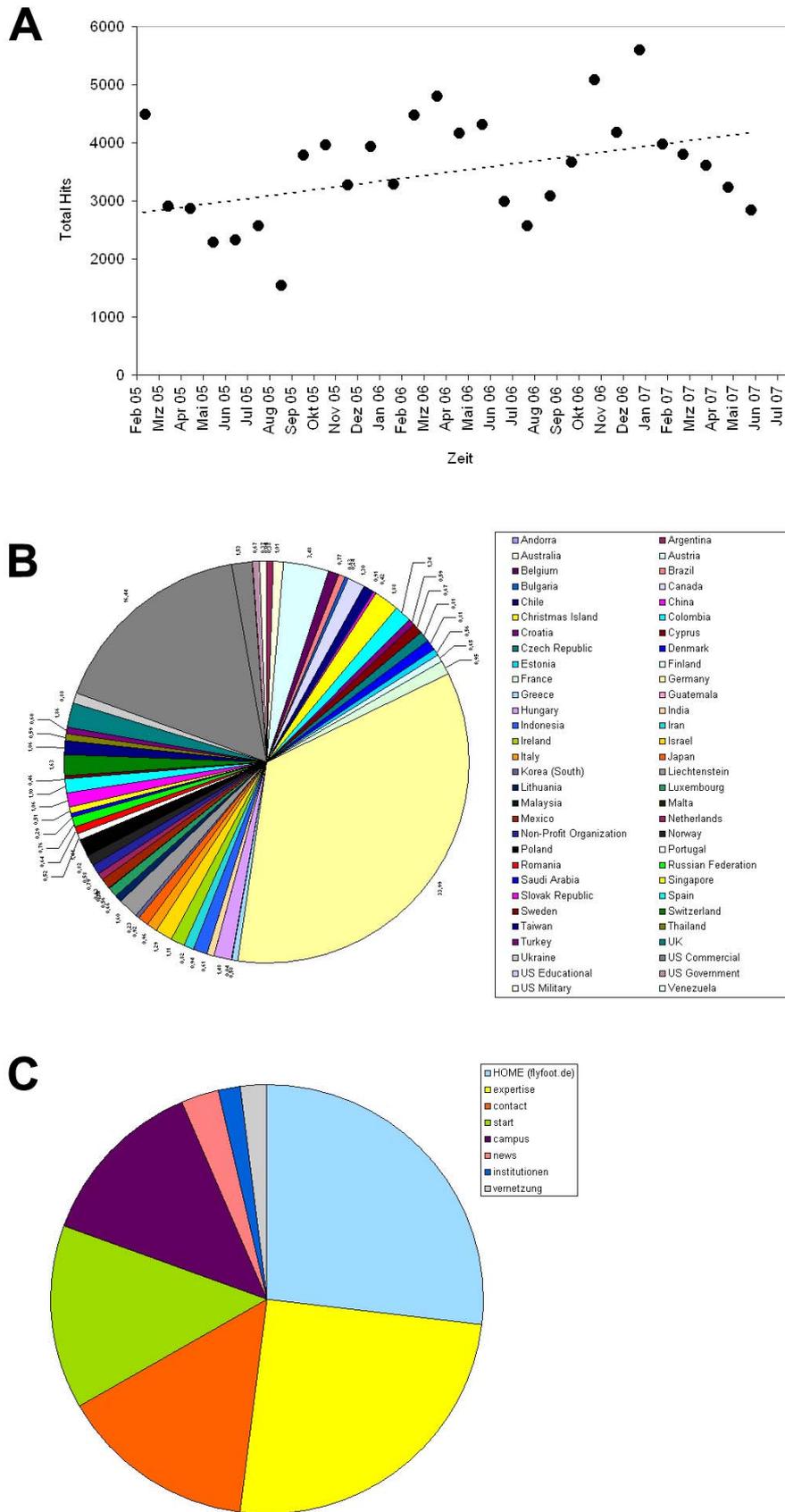


Abb. 4: Statistische Kennzahlen des Internetauftritts www.flyfoot.de, erhoben über den Zeitraum Februar 2005 bis Juni 2007. **A.** Absolute monatliche Zugriffe mit steigender Tendenz. **B.** Prozentuale Anteile verschiedener Länder an der Summe von Zugriffen innerhalb von 29 Monaten. **C.** Prozentuale Anteile von Seiten bzw. Registern (vgl. Abb. 3, S. 8) an der Summe von Zugriffen innerhalb von 29 Monaten.

II.1.1.2.4. Organisation von Workshops, Meetings, Symposien, Sektionen

Die jährliche Organisation und Durchführung von Zusammenkünften unter der Federführung des Auftragnehmers erlangt einen besonderen Stellenwert für die Netzwerkarbeit und das Vorantreiben bio-inspirierter interdisziplinärer Kommunikation auf wissenschaftlicher, ingenieurtechnischer und agrarwissenschaftlicher Ebene.

Folgende Veranstaltungen fanden erfolgreich mit positiver Resonanz statt:

- Symposium „Material und Funktion in der Biologie“, Themenschwerpunkt „Biomimetic“, im Rahmen der Werkstoffwoche der DGM, DKG & VDI, ICM München (2004);
- 23. Tagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“ der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie, Zoo Dresden (2004);
- Vorbereitung und Organisation des hochkarätigen Workshops „Contact Phenomena in Materials and Biological Systems“, Ringberg (2005) (vgl. Anlage 2.2);
- Japanisch-Deutscher Workshop „Entomomimetik“ (2006) (vgl. Anlage 2.3) und
- Workshop im Rahmen DTI Global Watch Missions Visit UK. (2007) (vgl. Anlage 2.4).

II.1.2. Bionik-relevante wissenschaftliche Ergebnisse/Projekte; Querverbindungen

Unsere fortlaufenden Forschungsarbeiten umfassen

- ein ausgedehntes Screening, biomechanische Untersuchungen und die Charakterisierung der Eigenschaften diverser biologischer und bio-inspirierter synthetischer Oberflächen, insbesondere auch unter Anwendung von Cryo-REM;
- Dokumentation und Systematisierung der Oberflächenkenndaten in einer Datenbank;
- experimentelle Biotribologie, Aspekte der Kontaktmechanik, Adhäsion, intermolekularer Kräfte, Grenzflächenphänomene biologischer und künstlicher Oberflächen;
- Studien zum Einfluss von Haftstruktureigenschaften und Haftsekreten auf die Haftung von Insekten und
- experimentelle Studien zu Insekten-Pflanzen-Interaktionen im Hinblick auf biomechanische Interaktionen und Grenzflächenphänomene.

Hervorzuhebende Fortschritte und Ergebnisse wurden erzielt

- bei der Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten und Theorien biologischer und bio-inspirierter Haftsysteme (z. B. Gao et al. 2004, Peressadko & Gorb 2004, 2006, Spolenak et al. 2004, Gao et al. 2005, Huber et al. 2005b, Spolenak et al. 2005, Schargott et al. 2005, Varenberg et al. 2006b, Varenberg et al. 2007);
- bei der Herausstellung evolutionärer Zusammenhänge biologischer Systeme (z. B. Gorb 2004a-c, 2007a, Gorb et al. 2004b, 2006a, Frantsevich & Gorb 2004, 2006, Haas & Gorb 2004, Kozeretska et al. 2004, Perez Goodwyn & Gorb 2004a-b, 2007, Perez Goodwyn et al. 2006);
- bei der Entwicklung und Optimierung bio-inspirierter Haftsysteme (z. B. Gorb et al. 2004a, Zhang et al. 2004, Dai et al. 2006, Gorb et al. 2006a);
- bei der Erarbeitung und Optimierung experimenteller Methoden für die Untersuchung von biologischen und bio-inspirierten Oberflächen (z. B. Enders et al. 2004, Huber et al. 2005a, Gorb 2006b, Varenberg et al. 2006a, Gorb 2007d) und
- bei der Untersuchung anti-adhäsiver Oberflächen für Insekten und biomechanischen Pflanzen-Insekten-Interaktionen (z. B. Gaume et al. 2004, Gorb et al. 2005, Gorb & Gorb 2006a-c, Gladun & Gorb 2007, Matushkina & Gorb 2007, Voigt et al. 2006a,c, 2007).

Im Laufe des Projektes erfolgten 80 wissenschaftliche Publikationen (II.4.1., S. 18), wovon sich 5 an rein biomimetischen Fragestellungen orientieren. Drei Veröffentlichungen waren explizit an industrielles Publikum gerichtet (Gorb 2005a-b, 2006a).

II.1.2.1. Projekte

Die langfristig erfolgreiche Lösung von Forschungsfragen bedarf nicht nur einer komplementären Kooperation, sondern auch einer soliden Finanzierung. In diesem Zusammenhang wurden während des Projektzeitraumes Dritt- und Fördermittel für innovative F&E-Vorhaben und Forschungsprojekte zu folgenden Themen eingeworben:

- „BEST-PUR, Biologically Enhanced Soft Touch Polyurethanes“ (**F&E Projekt** in Kooperation mit und finanziert von der belgischen Firma Recticel, 2003-2006);

- „Mechanismen der Haftverminderung bei Pflanzen als Vorbild für Antihafffolien“ (Projekt der **Landesstiftung Baden-Württemberg** in Kooperation mit Prof. T. Speck, Universität Freiburg; Prof. C. Neinhuis, Technische Universität Dresden) und
- „Bionisch inspirierter Kletterroboter für die externe Inspektion linearer Strukturen“ (**BMBF-Projekt** „Inspirat“ in Kooperation mit Prof. Dr. H. Witte, Technische Universität Ilmenau; Prof. Dr. M. S. Fischer, Universität Jena; Dr. A. Karguth, Tetra Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation, Ilmenau; Prof. Dr. W. A. Kaiser, Universitätsklinikum Jena; Prof. Dr. H. Kruse, Universität Bielefeld, 2006-2009).

Ein weiteres **Projekt**, finanziert vom Internationalen Büro des BMBF, galt der „Sondierung Bionik in der Ukraine (Technologie-Kooperationsforum Kiew)“ (01.11.2006-31.01.2007). Die hierbei durchgeführte Ermittlung der Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet Bionik in Kiew ist als bedeutende Netzwerkleistung im Hinblick auf die zukünftige Gründung eines europäischen Bionik-Netzwerkes zu bewerten.

Darüber hinaus war die Evolutionary Biomaterials Group am **Ideenwettbewerb** "Bionik – Innovationen aus der Natur" 2006/2007 kooperativ in 3 Ideenskizzen beteiligt:

- (1) Eine außergewöhnliche Klebzunge bei Insekten als Vorbild für die Entwicklung biphasischer viskoser Klebstoffe (Federführung O. Betz) (Körner et al. 2007);
- (2) Haftungseigenschaften der Blätter von Spreizklimmern: Technische Verwertbarkeit des Prinzips (Federführung F. Gallenmüller, Universität Freiburg) (Gallenmüller et al. 2006) und
- (3) Biologisch inspirierte Antihaftoberflächen-Schutzschichten gegen die Ausbreitung von Insekten in Wohnanlagen (Federführung C. Neinhuis, TU Dresden).

II.1.2.2. Gastwissenschaftlicher Austausch und projektfreie Kooperation

Die Evolutionary Biomaterials Group pflegt expliziten wissenschaftlichen Austausch und Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene in Form von Telefon- und Videokonferenzen, Emailkontakt, Studienreisen, Gastwissenschaftlertausch und Gastvorträgen (vgl. Anlage 3). Über 90 Gäste aus 12 Ländern (Fachkollegen und Interessenten aus der Industrie) wurden während der Projektlaufzeit in Stuttgart empfangen, davon 15 B/OKON-Mitglieder. 6 Aufenthalte von Mitgliedern der Evolutionary Biomaterials Group in Partnerinstitutionen sind zu verzeichnen.

Beispiele bestehender erfolgreicher Kooperationen:

- Prof. R. Quinn & AG, Biologically Inspired Robotics Laboratory, Case Western Reserve University, Cleveland, OH, **USA** zur Thematik „Kletterroboter“ (z. B. Ritzman et al. 2004, Daltorio et al. 2005a-b, 2007a-b);
- Prof. A. Summers & AG, Summers Lab, Center for Comparative and Evolutionary Physiology, Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of California, Irvine, **USA** zur Thematik „Biomechanik von Fischen“ (z. B. Dean et al. 2006);
- Dr. N. Matushkina, Lehrstuhl für Zoologie der Taras Schewchenko Universität, Kiew, **Ukraine** zur Thematik „Funktionelle Morphologie von Libellen“ (z. B. Matushkina & Gorb 2007);
- Prof. N. Hosoda & AG, Interconnect Design Group, Advanced Nano Materials Laboratory, National Institute for Materials Science, Tsukuba, **Japan** zur Thematik „Reversible Haftverbindungen“ (z. B. Hosoda & Gorb 2007, vgl. I.1.1.1., Abb. 2, S. 6-7);
Gastwissenschaftlertaufenthalte von AG-Mitgliedern:
 - (1) Dipl.-Biol. J. Schuppert am National Institute of Material Science, Tsukuba (November 2006 - Januar 2007), Thema „3D Mikro Struktur von tarsalen Setae“;
 - (2) Dr. O. Gorb am National Institute of Material Science, Tsukuba (April/Mai 2007), Thema „Effekt von Nano-Strukturen auf die Adhäsion der Insekten“ und
- Dr. P. Perez Goodwyn, Laboratory of Insect Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, **Japan** zur Thematik „Biomechanik von Insekten“ (z. B. Goodwyn & Gorb 2004a-b, 2007);
Gastwissenschaftlertaufenthalt AG-Mitglied Dr. D. Voigt (November 2006), Thema „Haftung pflanzenschutzrelevanter Baumwanzen auf unterschiedlichen Substraten“.

Die weit reichende Vernetzung des B/OKON-Standortes Stuttgart verdeutlicht Abbildung 5.



Abb. 5: Internationale Querverbindungen der Evolutionary Biomaterials Group am MPI für Metallforschung Stuttgart; Stand 15.06.2007. ● = Kontakte mit wissenschaftlichem Austausch und Zusammenarbeit. Quelle der Weltkarte: <http://www.mygeo.info/karten/802784.jpg>.

Weitere Kooperationen, insbesondere mit B/OKON-Partnern, erfolgten ferner durch die Betreuung von Praktikanten/Diplomanden, worauf in Kapitel II.1.3.3. (S. 14 ff.) näher eingegangen wird.

II.1.3. Öffentlichkeitsarbeit/Information/Bildung

Eine nachhaltige Etablierung und ein künftiges Bestehen der Bionik gelingen nur unter Einbeziehung eines breiten Publikums. Aktuelle Forschungsergebnisse müssen entsprechend aufbereitet und zugänglich gemacht werden. Demzufolge erforderte die Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen des Projektes besonderen Arbeits- und Zeitaufwand.

Kontinuierlich wurden Informationsmaterialien (Flyer, Broschüren, Texte, Poster, Präparate, Datenträger, Videos, Lehrmaterialien, Handouts – Postkarten, Abb. 6, S. 13) sowie Auskünfte via Telefon, Internet und persönliche Begegnungen ver- bzw. gegeben, jeweils mit positiven Rückkopplungen.



Abb. 6: Beispiele von Informationsmaterialien und Handouts des *BIOKON*-Standortes Stuttgart.

II.1.3.1. Medien

Neben über 120 Beiträgen in Printmedien (vgl. II.4.2, S. 21 ff.) wurden Fernseh- und Hörfunkbeiträge regelmäßig unterstützt, wie beispielsweise

- ARTE Dokumentation über den "Klettverschluss" (2004);
- Deutschlandradio Interview zu Bionik-Themen (2005);
- ZDF Sendung Abenteuer Wissen vom „Entdeckungen im Verborgenen“ (2005);
- SWR/ARD Große Show der Naturwunder (2006);
- ZDF Kinderprogramm WOMBAS, Themenschwerpunkt Bionik (2006);
- ORF on Science „Vogelspinnen produzieren mit Beinen "Kletterseile" (2006);
- Prometheus – Das Wissenschaftsfernsehen für Baden-Württemberg „Antihaftoberflächen/Kannenpflanze“ (2006);
- ABC News Washington „Tarantulas make silk with their feet“ (2006);
- SWR2 Wissen "Wunder auf acht Beinen-Spinnentiere inspirieren die Forschung“ (2007);
- Prometheus – Das Wissenschaftsfernsehen für Baden-Württemberg, Themen, „Tierisch gut – Lernen von Gecko und Co.“ (2007) und
- Phoenix „Frauenpower“ im Rahmen der Hannovermesse (2007).

II.1.3.2. Veranstaltungen/Ausstellungen/Messen

Die Evolutionary Biomaterials Group zeigte Präsenz und Aktivität (Informations- und Experimentierstände, Aktionen, Führungen) auf den 11 nachfolgend gelisteten **öffentlichen Veranstaltungen**:

- Lange Nacht der Wissenschaften im MPI Stuttgart (2004);
- Tag der Wissenschaft an der Universität Stuttgart (2005);
- Science Days Europapark Rust (2005);
- Lange Nacht der Wissenschaft der Universität Stuttgart (2006);
- Girlsday (2005, 2006, 2007);
- Hannovermesse, Beteiligung am *BIOKON*-Gemeinschaftsstand mit den Themenschwerpunkten „1.000.000 Ideengeber: Insekten“ und „Insekten: Innovationen im Verborgenen“ (2006, 2007);
- Informationsstand der MPG auf dem 31. Deutschen Evangelischen Kirchentag, Köln (2005) und
- Explore Science, naturwissenschaftliche Erlebnistagen Mannheim, Veranstaltung der Klaus Tschira Stiftung Gemeinnützige GmbH Heidelberg und des Landesmuseums Mannheim (2007) (Abb. 7, S. 14).



Abb. 7: Begeisterte Schüler am Stuttgarter Stand bei Explore Science 2007 in Mannheim

Wir leisteten Zuarbeiten (Informationen, Texte, Bildmaterial, Poster, Modelle, Exponate) für folgende **6 Sonderausstellungen**, 3 davon mit rein bionischer Ausrichtung:

- „Hightech-Labor Natur“ in Heilbronn 2005;
- DBU-Bionikausstellung (2006);
- „Bionik - Vom Ursaurier zum laufenden Roboter“ im Museum der Natur in Gotha (2006);
- Wissenschaftssommer München, Euroscience Open Forum (ESOF2006);
- Wanderausstellung Sciencetunnel der Max-Planck-Gesellschaft und
- „Füße - Auf den Spuren der Evolution“ im Naturkundemuseum Paderborn (2007).

II.1.3.3. Information und Bildung

Kinder, Schüler und Studenten sind unsere Zukunftsträger sowie z. T. potenzielle Wissenschaftler und Ingenieure. Vor diesem Hintergrund erfolgte durch den Antragsteller unter anderem regelmäßig **Lehrexport** an verschiedene Universitäten:

- Universität Freiburg (Seminar „Biomechanik und Ökologie von Pflanzen-Tier-Interaktionen“) am Institut für Biologie II kooperativ mit B/OKON-Partner Prof. T. Speck. (2004-2007);
- Case Western Reserve University, Ohio, USA im Rahmen des IGERT Neuro-mechanics multidisziplinären Graduierten-programms an der („Biological Attachment Systems as a Possible Source for Biomimetics: What Can We Learn from Evolution?“) (2005) und
- University of Washington Friday Harbor Labs, USA, International Workshop on biomechanics and functional morphology of fishes (kooperativ mit Prof. DR. ADAM SUMMERS, Ecology & Evolutionary Biology, University of California, Irvine, USA) (2006).

Der Antragsteller hielt 16 öffentliche (bildungsorientierte) **Gastvorträge** mit biomimetischer Thematik an folgenden Einrichtungen:

- Biotechnik Zentrum (BitZ) TU Darmstadt, Vortrag „Aufbau von biologischen Haftsystemen für die Bionik“ i. R. d. Ringvorlesung Bionik IV (2004/05);
- Gymnasium in den Pfarrwiesen, Sindelfingen, Schulvortrag „Bionik“ (2004);
- Institut für Biologie II, RWTH Aachen, Vortrag "Fliegen, Spinnen und Geckos: Haftsysteme in der Evolution" i. R. d. Zoologischen Kolloquiums (2004/05);
- Universität Frankfurt am Main, Zoologisches Institut, Zoologisches Kolloquium Sommersemester (2005): „Design und Biomechanik von biologischen Reibungsflächen für die Biomimetik: Was können wir von Evolution der lernen?“;
- Universität Erlangen, Institut für Werkstoffwissenschaften, Lehrstuhl für Glas und Keramik Kolloquium im Sommersemester (2005) -Biomaterialien und Biomimetik- „Design und Biomechanik von biologischen Reibungsflächen für die Biomimetik: was können wir von der Evolution lernen?“;
- Forschungszentrum Karlsruhe (2005);
- Nonlinear Science Seminar, Georgia Institut of Technology, Center for biological inspired design, Research University, Atlanta, USA, December (2005);

- Karl von Frisch Lectures der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien „Naturprinzip und Biomimetik: Haften und Klammern im Tierreich“ (2005);
- IHK Ostwürttemberg, Heidenheim (2006);
- Universität Ulm (2006);
- FH Pforzheim (2006);
- Museum der Natur in Gotha, Experimentalvortrag im Rahmen der Ausstellung „Bionik - Vom Ursaurier zum laufenden Roboter“ (2006);
- Graduate School of Agriculture, Kyoto University (2006);
- Fakultät Biologie, Universität München (2007);
- Fakultät für Technik, FH Pforzheim (2007) und
- Explore Science, Naturwissenschaftliche Erlebnistage Mannheim (2007).

Im Rahmen des Landesbiologentages 2004 unter dem Motto „Die Natur als Vorbild - Biodiversität, Biotechnik“ (vdbiol - Landesverband Baden-Württemberg) gestaltete die Evolutionary Biomaterials Group eine **Weiterbildungsmaßnahme** in Form eines Bionik-Workshops für Lehrer.

Beispiele unserer Forschungsergebnisse sind in aktuelle **Schulbuchbeiträge** eingegangen (z. Jelinek & Wütherich, 2006, vgl. II.4.2., S. 21 ff.). Außerdem unterstützen wir die Erstellung anschaulicher **Lehrmaterialien**, wie z. B. TECHMAX, Ausgabe 8 (<http://www.max-wissen.de/>).

Der Besuch der **Didacta Bildungsmesse** verhalf der aktuellen Information, Ideenfindung und Kontaktknüpfung im Bildungssektor (2005).

Mit den Themenschwerpunkten „Bioinspirierte Materialforschung“ und „Fliege, Gecko, Spinne“ wurden im Projektzeitraum 30 **Laborführungen** mit positiver Resonanz gestaltet (Abb. 8). Das Publikum reichte von Schülern der Sekundarstufe I und II, über Studenten, Lehrer, internationale Wissenschaftler bis hin zu Ambassador Club und Teilnehmer MPG-interner Veranstaltungen (z. B. Frauenbeauftragte, Werkstattausbilder).



Abb. 8: Laborführung im Biolabor der Evolutionary Biomaterials Group am Max-Planck-Institut für Metallforschung mit einer 8. Gymnasialklasse aus Rottenburg (Baden-Württemberg).

Ein weiterer Projektschwerpunkt lag auf der Unterstützung von **Studenten- und Schülerprojekten** (z. B. Filmprojekt von Bionikstudenten der Universität Bremen; Roboterprojekt eines prämierten Jugend-forscht-Teilnehmers; Malroboterprojekt „Pictor“ von Diplomstudenten der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch-Gmünd).

Während der Projektlaufzeit wurden 15 **Praktika** sowie 7 **Diplomarbeiten** und 1 **Bachelorarbeit** wissenschaftlich betreut (davon 5 Studenten des *BIOKON*-Standortes Freiburg, 1 Studentin des *BIOKON*-Standortes Dresden, 1 Student des *BIOKON*-Standortes Bonn und 1 Studentin des *BIOKON*-Standortes Bremen). Die Schüler und Studenten erarbeiteten jeweils abgegrenzte Mini-Projekte. Die Themen umfassten die Oberflächenstruktur von Käferflügeln, die Haftung und Lokomotion von Blattkäfern und Jagdspinnen, die Kinematik der Coxalgelenke bei Jagdspinnen, die Oberflächenstruktur und Reibungseigenschaften von Schlangenhaut, Haptik, die biomechanischen Eigenschaften der Trichome des Klettenlabkrautes, anisotropische biomechanische Effekte in Pfeifenwindenblüten sowie Adhäsionseigenschaften von Pollen.

II.1.4. Industriekontakte

Kontakte zur Industrie bestanden kontinuierlich in Form von Beratung, Information und Begutachtung. An 6 Industrieveranstaltungen wurde mit Vortragspräsentationen teilgenommen, wie z. B. die *BIOKON*-BMW-Veranstaltungen (vgl. Anlage 2.1)

Kooperative Zusammenarbeit und regelmäßiger Austausch bestand während des Projektes insbesondere zu den Unternehmen Recticel (Belgien) (vgl. II.1.2.1, S. 10), OVD Kinegram (Schweiz), Heraeus (Deutschland), Binder (Deutschland) jeweils bezüglich der Thematik „bio-inspirierte Oberflächenmodifikation“. In Zusammenarbeit mit letztgenanntem wurde eine Projektskizze (Reversibles Haftmaterial) im Rahmen der BIONA-Ausschreibung des BMBF (2007) eingereicht.

Mit der Veröffentlichung systematisch aufbereiteter Forschungsergebnisse zu biologischen bzw. bio-inspirierten funktionelle Oberflächen und Haftung in einschlägigen ingenieurtechnischen Journalen (Gorb 2005a-b, 2006, Konetschny 2007, vgl. Abb. 9, II.4.1. und II.4.2. S. 18 ff.) wurde den Industrieinteressenten ein solides Handwerkzeug für biomimetische Ansätze zur Verfügung gestellt.

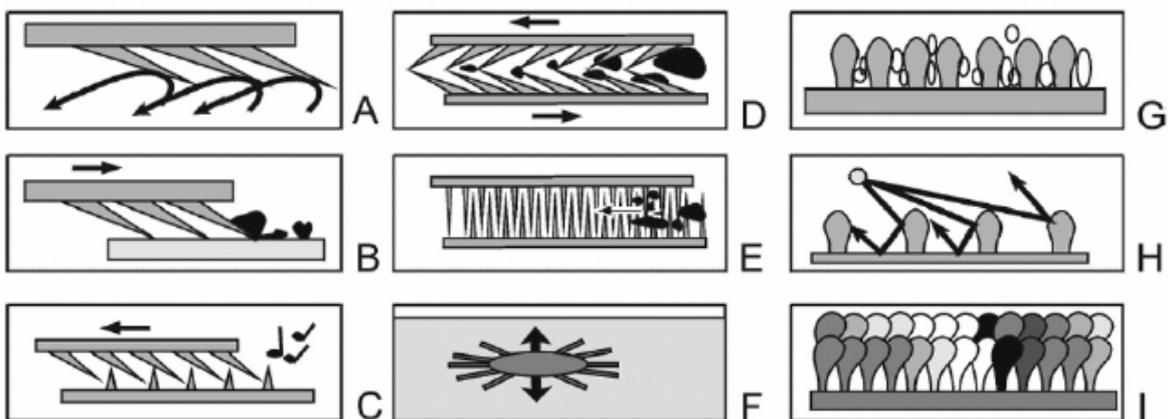


Abb. 9: Schematische Darstellung der Funktionen kutikularer Mikrostrukturen. A. Aerodynamisch aktive Oberflächen. B. Putzen/Säubern. C. Geräuscherzeugung. D. Nahrungszerkleinerung. E. Filtrationsvorrichtungen. F. Hydrodynamisch aktive Oberflächen. G. Luftrückhalt. H. Thermoregulation. I. Körperfarbmuster. (aus: Gorb, S. N. (2005) *Functional surfaces in biology: mechanisms and applications*. In: Bar-Cohen, Y. (ed.) *Biomimetics. Biologically inspired technologies*. CRC, Taylor & Francis, London: 381-397).

II.2. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit

II.2.1. Nutzen für verschiedene Anwendungsgruppen/-industrien

Mit 80 wissenschaftlichen Publikationen, über 120 Beiträgen in Printmedien und über 18 Film- und Hörfunksendungen wurde während des Projektes ein immenser Beitrag zur nachhaltigen Sensibilisierung, Information und Involvierung einer sehr breiten Öffentlichkeit bezüglich der Thematik „Bionik“ geleistet (vgl. II.4., S. 18 ff.).

Angefangen beim Bildungssektor, über den wissenschaftlichen Bereich, bis hin zur Industrie, steht einem großen Anwenderkreis somit eine solide Basis von Forschungsergebnissen, (Daten, Grundlagen, Zusammenhänge usw.) durch eine anhaltende Beratungstätigkeit, Begutachtungen und Informationstransfer für Industrie, Politik, Bildung und Gesellschaft zur Verfügung.

Einerseits werden langfristig interdisziplinäre komplexe Ansätze und systemare Denkweisen geschaffen, geschult und erhalten. Andererseits forcieren vielzählige übergreifende Kooperationen und Netzwerkarbeit die Synthese und den Transfer innovativer technischer Lösungen. Diesbezüglich sind die ersten Schritte in Richtung eines Europäischen Bionik-Netzwerk als sehr zukunftssträchtig zu erachten.

Somit bietet die Bionik die besten Voraussetzungen für eine enge Verzahnung von Forschungs- und Produktionsstrategien. Einzelphänomene werden nicht nur analytisch auseinander genommen, sondern die Komponenten in immer wieder neuen Kombinationen zusammengefügt.

II.2.2. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Der herausragende Erfolg der Bionik ist ihr integrativer Ansatz. Wissenschaft und Technik agieren transdisziplinär zusammen. Dadurch sind ein erfolgreicher Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Technik und die Synthese innovativer Lösungen gesichert.

Eine zentrale Aufgabe des Antragstellers bestand in der Weiterentwicklung von Forschungsmethoden, welche mit 5 Beiträgen zu oberflächenanalytischen Verfahren (Enders et al. 2004, Huber et al. 2005a, Gorb 2006b, Varenberg et al. 2006a, Gorb 2007d) wesentliche Fortschritte für die Erforschung biologischer und bio-inspirierter Oberflächen birgt.

Die Intensivierung des Dialogs mit der Industrie garantiert langfristig aktive Rückkopplungen sowie die Bereitstellung neuester Materialien und technologischer Möglichkeiten. Somit lassen sich Fragestellungen exakter fokussieren und der Transfer in die Technik beschleunigen.

II.2.3. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit steht außer Zweifel. Der Standort Stuttgart wurde fest in die kooperative transdisziplinäre Forschung und technische/wirtschaftliche Umsetzung bundes- und weltweit integriert. Teildisziplinen wurden vielschichtig vernetzt - Lehre, Bildung und Öffentlichkeitsarbeit intensiviert.

Der Dialog mit der Industrie wurde zukunftsweisend verstärkt (II.2.2.). Die somit konstruktiven Interaktionen beschleunigen Rückkopplungen und Einfluss von Know-how in innovative Produkte und Verfahren. Mit der Innovationskraft wachsen Wettbewerbsfähigkeit und damit das Potenzial für die Schaffung neuer Arbeitsplätze am Industriestandort Deutschland.

II.3. Während des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Entfällt.

II.4. Veröffentlichungen

II.4.1. Wissenschaftliche Publikationen

2004

- Enders, S., Barbakadse, N., Gorb, S.N., and Arzt, E. (2004) Exploring biological surfaces by nanoindentation. *J. Mater. Res.* 19(3): 880-887.
- Frantsevich, L., and Gorb, S. (2004) Structure and mechanics of the tarsal chain in the hornet, *Vespa crabro* (Hymenoptera: Vespidae): implications on the attachment mechanism. *Arthropod Structure and Development* 33(1): 77-89.
- Gorb, S.N. (2004a) The jumping mechanism of cicada *Cercopis vulnerata* (Auchenorrhyncha, Cercopidae): skeleton–muscle organisation, frictional surfaces, and inverse-kinematic model of leg movements. *Arthropod Structure and Development* 33(3): 201-220.
- Gorb, S.N. (2004b) Walking on the ceiling: structures, functional principles, and ecological implications (Introduction). *Arthropod Structure and Development* 33(1): 1-2.
- Gorb, S.N. (Ed.) (2004c) Attachment Devices of Arthropods. Elsevier Ltd. Special issue of *Arthropod Structure and Development*, 33 (1): 112 pp.
- Gorb, S.N. (2004d) Structure and biomechanics of hairy attachment systems in insects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 137 (suppl.): S83.
- Gorb, S.N., and Gorb, E.V. (2004) Ontogenesis of the attachment ability in the bug *Coreus marginatus* (Heteroptera, Insecta). *J. Exp. Biol.* 207: 2917-2924.
- Gorb, S.N., Peressadko, A., Spolenak, R., and Arzt, E. (2004a) Biological hairy attachment devices as a prototype for artificial adhesive systems. *Fortschritt-berichte VDI, First International Industrial Conference Bionik* 15(249): 237-242.
- Gorb, E., Kastner, V., Peressadko, A., Arzt, E., Gaume, L., Rowe, N., and Gorb, S. (2004b) Structure and properties of the glandular surface in the digestive zone of the pitcher in the carnivorous plant *Nepenthes ventrata* and its role in insect trapping and retention. *J. Exp. Biol.* 207: 2947-2963.
- Gao, H., Wang, X., Yao, H., Gorb, S., and Arzt, E. (2004) Mechanics of hierarchical adhesion structures of geckos. *Mechanics of Materials* (published online, 10 pp., pagination will be provided).
- Gaume, L., Perret, P., Gorb, E., Gorb, S., Labat, J.-J., and Rowe, N. (2004) How do plant waxes cause flies to slide? Experimental tests of wax-based trapping mechanisms in three pitfall carnivorous plants. *Arthropod Structure and Development* 33(1): 103-111.
- Haas, F., and Gorb, S. (2004) Evolution of locomotory attachment pads in the Dermaptera (Insecta). *Arthropod Structure and Development* 33(1): 45-66.
- Kozeretska, I.A., Gubenko, I.S., and Gorb, S.N. (2004) New unusual miniature-like wing mutation in *Drosophila virilis*. *J. Morphol.* 261: 270–275.
- Langer, M.G., Ruppertsberg, J.P., and Gorb, S.N. (2004) Adhesion forces measured at the level of a terminal plate of the fly's seta. *Proceedings of the Royal Society B* (published online DOI doi:10.1098/rspb.2004.2850, 7 pp., pagination will be provided).
- Peressadko, A.G., and Gorb, S.N. (2004a) When less is more: Experimental evidence for tenacity enhancement by division of contact area. *Journal of Adhesion* 80: 1–15.
- Peressadko, A.G., and Gorb, S.N. (2004b) Surface profile and friction force generated by insects. *Fortschrittberichte VDI, First International Industrial Conference Bionik* 15(249): 257-263.
- Perez Goodwyn, P.J. and Gorb, S.N. (2004a) Frictional properties of contacting surfaces in the hemelytra-hindwing locking mechanism in the bug *Coreus marginatus* (Heteroptera, Coreidae). *J. Comp. Physiol. A* 190: 575–580.
- Perez Goodwyn, P.J., and Gorb, S.N. (2004b) Attachment forces of the hemelytra-locking mechanisms in aquatic bugs (Heteroptera: Belostomatidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 137 (suppl.): S101.
- Ritzmann, R.E., S.N. Gorb, and Quinn, R.D. (2004) Arthropod locomotion systems: from biological materials and systems to robotics. *Arthropod Structure and Development* 33 (3): 183-185.
- Spolenak, R., Gorb, S., Gao, H., and Arzt, E. (2004) Effects of contact shape on the scaling of biological attachments. *Proceedings of the Royal Society of London A* (published online DOI 10.1098/rspa.2004.1326, 15 pp., pagination will be provided).

2005

- Daltorio, K. A., Horchler, A. D., Gorb, S., Ritzmann, R. E., Quinn, R. D. (2005a) A small wall-walking robot with

- compliant, adhesive feet. Int. conf. on intelligent robots and systems (IROS '05), Edmonton, Canada: 4018-4023.
- Daltorio, K., Gorb, S., Peressadko, A., Horchler, A. D., Ritzmann, R. E., Quinn, R. D. (2005b) A robot that climbs walls using micro-structured polymer feet. Int. conf. on climbing and walking robots (CLAWAR 2005), London, U.K.: 131-138.
- Gorb, E.; Haas, K.; Henrich, A.; Enders, S.; Barbakadze, N.; Gorb, S. (2005) Composite structure of the crystalline epicuticular wax layer of the slippery zone in the pitchers of the carnivorous plant *Nepenthes alata* and its effect on insect attachment. JEB, 208: 4651-4662.
- Gorb S.N. Kleben in der Natur. In: Klebtechnik: Klebstoffe, Anwendungen und Verfahren (eds. W. Brockmann, P.L. Geiß, J. Klingen, B. Schröder). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 370-381, 2005a.
- Gorb, S. N. (2005b) Functional surfaces in biology: mechanisms and applications. In: Bar-Cohen, Y. (ed.) Biomimetics. Biologically inspired technologies. CRC, Taylor & Francis, London: 381-397.
- S. N. Gorb. Uncovering insect stickiness: structure and properties of hairy attachment devices. American Entomologist 51 (1): 31-35, 2005c.
- H. Gao, X. Wang, H. Yao, S. Gorb, and E. Arzt. Mechanics of hierarchical adhesion structures of geckos. Mechanics of Materials 37: 275-285, 2005.
- Huber, G., Gorb, S.N., Spolenak, R., and E. Arzt. Resolving the nanoscale adhesion of individual gecko spatulae by atomic force microscopy. Biology Letters 1: 2-4, 2005a.
- Huber, G., Mantz, H., Spolenak, R., Mecke, K., Jacobs, K., Gorb, S., Arzt, E. (2005b) Evidence for capillarity contributions to gecko adhesion from single spatula nanomechanical measurements. PNAS, 102: 16293-16296.
- R. Spolenak, S. Gorb, and E. Arzt. Adhesion design maps for bio-inspired attachment systems. Acta Biomaterialia 1: 5-13, 2005.
- Santos, R., Gorb, S., Jamar, V., Flammang, P. Adhesion of echinoderm tube feet to rough surfaces. J. Exp. Biol. 208: 2555-2567, 2005.
- Schaber, C. F., Gorb, S.; Barth, F. G. (2005) Explorations into space: nanomechanics of embedded spider strain detectors. 9th Meeting of the Austrian Neuroscience Association. Obergurgl-Tirol, Austria: 50.
- Zhang, H., Zhendong, D., Gorb, S. (2004) A study on adhesive properties of materials based on biomimetic results of gecko's feet. JBE, 1: 66-71.
- Zhendong, D., Min, Y., Gorb, S. N. (2006) Frictional characteristics of the beetle head-joint material. Wear, 260: 168-174.

2006

- Barbakadze, N., Enders, S., Gorb, S., Arzt, E. (2006) Local mechanical properties of the head articulation cuticle in the beetle *Pachnoda marginata* (Coleoptera, Scarabaeidae). JEB, 209: 722-730.
- Beutel, R. G.; Gorb, S. N. (2006) A Revised Interpretation of the Evolution of Attachment Structures in Hexapoda with Special Emphasis on Mantophasmatodea. Arthropod Systematics and Phylogeny, 64: 3-25.
- Dai, Z., Yu, M., Gorb, S. (2006) Adhesion characteristics of Polyurethane for bionic hairy foot. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 17: 737-741.
- Dean, M. N.; Gorb, S. N., Chiou, W.-A.; Summers, A. P. (2006) Ontogeny of calcification of the tessellated skeleton. Proceedings of the Symposium "Biomaterialization in Fish Bones and Teeth: from Microscopy to design of Materials", 7th International Congress on the Biology of Fish, St. John's, Canada: 44, (Abstr. BonP2).
- Fischer, M.S.; Arnold, A.; Biltzinger, J.; Freitag, S.; Gorb, S.; Günther, M.M.; Haas, F.; Hackert, R.; Klauer, G.; Lehmann, R.; Lilje, K.E.; v.Mering, F.; Reich, C.; Schilling, N.; Schmidt, M.; Schwerda, D.; Senne, S.; Voges, D.; Witte, H. (2006) Methodological advances in analyses on the motion systems of animals. In Blickhan, R. (ed.) Motion Systems 2001: Collected short papers of the Innovationskolleg "Bewegungssysteme": 108-112.
- Frantsevich, L., Gorb, S. (2006) Courtship dances in the flies of the genus *Lispe* (Diptera: Muscidae): from the fly's viewpoint. Arch. Insect Biochem. Physiol., 62: 26-42.
- Gallenmüller, F., Steinbrecher, T., Voigt, D., Weisskopf, C., Speck, T., Gorb, S. (2006) Ecobiomechanics of *Galium aparine*. Proceedings of the 5th Plant Biomechanics Conference, Stockholm, Sweden, 1: 37-42.
- Goodwyn, P.P.; Peressadko, A.; Schwarz, H.; Kastner, V.; Gorb, S. (2006) Material structure, stiffness, and adhesion: why attachment pads of the grasshopper (*Tettigonia viridissima*) adhere more strongly than those of the locust (*Locusta migratoria*) (Insecta: Orthoptera). J Comp Physiol A, 192: 1233-1243.
- Gorb, S. (2006 a) Biological and bioinspired attachment devices. Chemie Ingenieur Technik, 78: 1435-1436.
- Gorb, S.N. (2006 b) Fly microdroplets viewed big: a Cryo-SEM approach. Microscopy Today, 14 (5): 38-39.
- Gorb, S.N. (2006c) Biomimetics of attachment devices: what can we learn from evolution? In: Kuhlmann H., Troger H., Zysset Ph. (eds.) International Symposium on Trends in Application of Mathematics to Mechanics (STAMM 2006), July 10-14, 2006, Vienna University of Technology, Vienna: 53-54.
- Gorb, E., Gorb, S. (2006 a) Combination of the surface profile and chemistry reduces the attachment of the beetle

- Gastrophysa viridula* on the *Rumex obtusifolius* leaf surface. Proceedings of the 5th Plant Biomechanics Conference, Stockholm, Sweden, 2: 537-542.
- Gorb, E., Gorb, S. N. (2006 b) Do plant waxes make insect attachment structures dirty? Experimental evidence for the contamination hypothesis. In Herrel, A., Speck, T., Rowe, N. P. (eds.) Ecology and biomechanics. A Mechanical Approach to the ecology of animals and plants. CRC, Taylor & Francis, New York: 147-162.
- Gorb, E.V.; Gorb, S.N. (2006 c) Physicochemical Properties of Functional Surfaces in Pitchers of the Carnivorous Plant *Nepenthes alata* Blanco (Nepenthaceae). *Plant Biology*, 8: 841-848.
- Gorb, S. N., Peressadko, A. (2006) Biological attachment systems as a possible source for biomimetics: what can we learn from evolution? Proceedings of the 29th annual meeting of the Adhesion Society, Inc., February 19-22, 2006, Jacksonville, Florida: 26-28.
- Gorb, S.; Varenberg, M.; Peressadko, A.; Tuma, J. (2006 a) Biomimetic mushroom-shaped fibrillar adhesive microstructure. *Journal of the Royal Society of Interface*, FirstCite Early Online Publishing, DOI: 10.1098/rsif.2006.0164.
- Gorb, S.N., Niederegger, S., Hayashi, C.Y., Summers, A.P., Vötsch, W., Walther, P. (2006b) Silk-like secretion from tarantula feet. *Nature*, 443: 407.
- Koch, K., Domisse, A., Hommes, A., Broekman, P., Wandelt, K., Barthlott, W., Gorb, S. (2006) Plant waxes as templates for microstructured biomimetic surfaces. International Conference on Nanoscience and Technology, Basel, Switzerland, Abstract Book: 64.
- Niederegger, S.; Gorb, S.N. (2006) Friction and adhesion in the tarsal and metatarsal scopulae of spiders. *J Comp Physiol A*, 192: 1223-1232.
- Schaber, C.F.; Gorb, S.N.; Barth, F.G. (2006) Arthropod strain detectors: III. Micromechanics of stimulus transformation by cuticular structures. *FENS Abstr.*, vol. 3, A039.13.
- Schargott, M.; Popov, V.L.; Gorb, S. (2006) Spring model of biological attachment pads. *Journal of Theoretical Biology*, 243: 48-53.
- Varenberg, M., Peressadko, A., Gorb, S., Arzt, E., Mrotzek, S. (2006 a) Advanced testing of adhesion and friction with a microtribometer. *Rev. Sci. Instrum.*, 77: 06610-1-3.
- Varenberg, M., Peressadko, A., Gorb, S., Arzt, E. (2006 b) Effect of real contact geometry on adhesion. *Applied Physics Letters*, 89: 121905, 3 pp.
- Voigt, D., Gorb, E., Gorb, S. (2006 a) Stalking along trichomes: biomechanics of plant-bug interactions. Proceedings of the 5th Plant Biomechanics Conference, Stockholm, Sweden, 2: 543-548.
- Voigt, D., Pohris, V., Wyss, U. (2006 b) Zur Nahrungsaufnahme von *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae): Nahrungsspektrum, Potenzial und Verhalten. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und Angewandte Entomologie*, 15: 305-308.
- Voigt, D.; Gorb, E.V.; Gorb, S.N. (2006 c) Plant surfaces as a terrain for the omnivorous *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae). Report on the Annual Meeting of the Working Group Beneficial Arthropods and Entomopathogenic Nematodes. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113: 94-95.
- Zhendong, D., Min, Y., Gorb, S. N. (2006) Frictional characteristics of the beetle head-joint material. *Wear*, 260: 168-174.

2007

- Barth, F.; Schaber, C.; Hössl, B.; Böhm, H.; Rammerstofer, F.; Gorb, S. (2007) Arthropod mechanoreceptors: from biology to engineering. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 146: 134.
- Daltorio, K. A.; Gorb, S.; Peressadko, A.; Horchler, A. D.; Ritzmann, R. E.; Quinn, R. D. (2007a) A robot that climbs walls using micro-structured polymer adhesive. Proc. 30th Ann. Meeting Adhesion Soc., February 18-21, 2007, Tampa Bay, FL, USA: 329-331.
- Daltorio, K. A.; Wei, T. E.; Gorb, S. N.; Ritzmann, R. E.; Quinn, R. D. (2007b) Passive foot design and contact area analysis for climbing mini-whegsTM. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA '07), Roma, Italy, 10-14 April 2007: 1274-1279.
- Gladun, D.; Gorb, S. N. (2007) Insect walking techniques on thin stems. *Arthropod-Plant Interactions*, doi:10.1007/s11829-007-9007-2.
- Gorb, S. N. (2007a) Dragonfly morphology revisited: its relevance for taxonomy, ecology and bionics. 5th WDA International Symposium of Odonatology, 16-20 April 2007, Swakopmund, Namibia, Abstracts: 25.
- Gorb, S. N. (2007b) Insects did it first: biomimetic mushroom-shaped fibrillar adhesive microstructure. *Bioinspired Nanotechnologies for Smarter Products*, 20-21 March 2007, Soc. Chem. Ind. London, Conference Handbook: 11.
- Gorb, S. N. (2007c) Ultrastructure and function of the hairy attachment pads in insects. *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 17: 61.

- Gorb, S. N. (2007d) Visualisation of native surfaces by two-step molding. *Microscopy Today*, 15: 44-46.
- Hosoda, N.; Gorb, S. (2007) Substrate roughness at the nanoscale and the adhesive ability of the beetle tarsi. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 146: 141.
- Huber, G.; Gorb, S. N.; Hososda, N.; Spolenak, R.; Arzt, E. (2007) Influence of surface roughness on gecko adhesion. *Acta Biomaterialia*, doi:10.1016/j.actbio.2007.01.007.
- Körner, L.; Betz, O.; Gorb, S. (2007) Ökologische Morphologie des Klebfangapparates bei *Stenus*-Arten (Coleoptera, Staphylinidae). *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 17: 108.
- Matushkina, N.; Gorb, S. (2007) Mechanical properties of the endophytic ovipositor in damselflies (Zygoptera, Odonata) and their oviposition substrates. *Zoology* 110: 167-175.
- Perez Goodwyn, P.; Gorb, S. N. (2007) Smooth attachment pads of insects: correlation between material structure, stiffness and adhesion. Proc. 30th Ann. Meeting Adhesion Soc., February 18-21, 2007, Tampa Bay, FL, USA: 66-69.
- Varenberg, M.; Gorb, S. (2007) Shearing of fibrillar adhesive microstructure: friction and shear-related changes in pull-off force. *J. R. Soc. Interface*, doi:10.1098/rsif.2007.0222.
- Varenberg, M.; Peressadko, A.; Gorb, S.; Arzt, E. (2007) Effect of real contact geometry on adhesion. Proc. 30th Ann. Meeting Adhesion Soc., February 18-21, 2007, Tampa Bay, FL, USA: 327-328.
- Voigt, D.; Gorb, E.; Gorb, S. (2007a) Locomotion in a complex terrain: effects of plant trichomes on the attachment of the mirid bug *Dicyphus errans*. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 146: 144.
- Voigt, D.; Gorb, E.; Gorb, S. (2007b) Plant surface–bug interactions: *Dicyphus errans* stalking along trichomes. *Arthropod-Plant Interactions*, DOI 10.1007/s11829-007-9021-4.
- Voigt, D.; Schuppert, J.; Dattinger, S.; Gorb, S. N. (2007) Sexualdimorphism der Haftfähigkeit bei *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 17: 254.
- Zurek, D.; Voigt, D.; Gorb, S. (2007) The role of attachment organs in the larval locomotion of the beetle *Gastrophysa viridula*. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 146: 146.

II.4.2. Sekundärliteratur (Auswahl)

2004

- Anonym (2004) Klebefuß für die Steilwand. *Stuttgarter Zeitung* (31.08.2004).
- Arzt, E., and Gorb, S.N. (2004) Mikro-/Nanomechnik von biologischen Materialien und Systemen. *Sciences Allemagne – Das Informationsblatt der Abteilung für Wissenschaft und Technologie der französischen Botschaft in der Bundesrepublik Deutschland November 2004*: 10-14.
- Beck, T. (2004) Härchen für Haken. *Bild der Wissenschaft* 11/2004: 110.
- Beckert, K. (2004) Mit Haftlappen kopfüber an der Decke krabbeln – Wie Insekten auf glatten Oberflächen laufen ohne abzurutschen – Wege von der Biologie in die Materialwissenschaft. *Stuttgarter Zeitung* 240 (15.10.2004): 18.
- Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (Hrsg.) (2004) Kräfte, die im Kleinen walten. *Spiel der Kräfte – Highlights der Physik 2004*: 4-9.
- Dpa (2004) Fliegen haften mit Kapillarkraft. *Reutlinger Generalanzeiger*, Oktober.
- Hopkin, M. (2004) Flies get a grip. *Nature* 431 (14.10.2004): 756.
- Hosoda, N., and Gorb, S.N. (2004) Reversible Interconnection using biological attachment. *NIMS NOW International* 2 (12): 3.
- Itz (2004) Ein „technischer“ Pflanzenhalm als Ergebnis bionischer Forschung. *Bio-Pro - Das Biotech/Life Sciences Portal Baden-Württemberg*, <http://www.bio-pro.de/de/region/freiburg/magazin/01019/index.html>
- Khamsi, R. (2004) Stickiness takes on new shapes. [news@nature.com, http://news.nature.com/news/2004/041101-17.html](http://news.nature.com/news/2004/041101-17.html).
- Lehnen-Beyl, I. (2004) Gute Haftbedingungen für Fliegen. <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/245510.html>.
- NN. (2004) Haftung durch Härchen. *GeoLino* 12/2004: 60.
- Viering, K. (2004) Alles eine Frage der richtigen Haftung. *Die Rheinpfalz*, 224 (25.9.2004).
- Viering, K. (2004) Eine Frage der Haftung – Die Füße von Geckos und Insekten sind Vorbilder für vielfach verwendbare Klebestreifen. *Berliner Zeitung* 72 (25.3.2004): 13.

2005

Print Medien

- Anonym (2005) Bionik: dem Gecko das Kleben abgucken. *Wissenschaft Wirtschaft Politik*, 35. Jg., 46/2005: 4.

- Anonym (2005) Forschen mit Hilfe der Natur. Welt am Sonntag. <http://www.wams.de/data/2005/11/06/799271.html>.
- Anonym (2005) Geckos haften besser an feuchten Oberflächen. Mediendienst Forschung-Aktuell, Nr. 767 vom 11.11.2005.
- Anonym (2005) Geckos können an die Decke gehen. Max Planck Forschung, 4/2005: 92.
- Anonym (2005) Hairy feet stick better to wet ceilings. MPG Presseinformation, C37/B 69/(170).
- Anonym (2005) Kleben ohne Klebstoff. MPG-Presseinformation, FP 16/2005 (77).
- Anonym (2005) Max-Planck-Gesellschaft, world-class science, made in Germany. Scientific American, <http://www.sciam.com>.
- Anonym (2005) Mehr Frauen in die Forschung – Girls Day in den Max-Planck-Instituten. Stuttgarter Wochenblatt, 18: 1-2.
- Anonym (2005) Nanohärchen geben Haftkraft, Geckofüße stehen Pate für Klebeband. Sonntag aktuell, 06.03.2005: 20.
- Böttcher, C. (2005) Supergummi aus Insekten. Financial Times Deutschland. <http://www.ftd.de/forschung/25984.html>.
- Gustafsson, A. (2005) Nanoforskare härmar naturen. Dagens Nyheter, Vetenskap, 14(96): 26-27.
- Jüngling, T. (2005) Haare halten Körper kopfüber. Welt am Sonntag. <http://www.wams.de/data/2005/11/06/799269.html>.
- Patschull, K. (2005) Bionik – Von der Natur lernen. Deutschland: 8-13.
- Schröder & Elleringmann (2005) „Grundlagenforschung, Experimente im freien Fall und ein Eisschrank für Atome: die spektakulärsten Forschungsprojekte an den Max-Planck-Instituten.“ GEO 6/2005: 18-48.
- Straßmann, B. (2005) „Kleben wie der Gecko“. Die Zeit, 49/2005:41-42.
- Trepte, A. (2005) Haarige Füße kleben besser an einer feuchten Decke. http://www.innovationsreport.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-51386.html.
- Weitlander, W. (2005) Insekten liefern neues Human-Implantatmaterial, Insektenflügel schwingen: Der Stoff ist elastischer als jeder andere Gummi. Presstext austria, pte 051013028.

Film- und Hörfunk Medien

ZDF Sendung Abenteuer Wissen vom 12.10.2005 „Dem Gecko unter die Füße geschaut“.

2006

Print Medien

- Anonym (2006) Beetle biomimicry could allow robots to climb vertical glass walls. 3.11.2006, <http://news.mongabay.com/2006/1103-biomimicry.html>.
- Anonym (2006) Beetle Feet Stick to their Promises. Nanotechwire.com, <http://nanotechwire.com/news.asp?nid=3975>.
- Anonym (2006) Beetles' feet inspiration for dry adhesive material. Cordis News, http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE_NEWS_PRES&ACTION=D&DOC=16&CAT=NEWS&QUERY=1168021489900&RCN=26548.
- Anonym (2006) Das dicke Vogelspinnen... Die Zeit, 28.09.2006, 40: 47
- Anonym (2006) Die Natur als Vorbild: Faszination Bionik - Wissenschaft ist Geheimnissen auf der Spur. <http://www.networld.at/articles/0650/35/159295.shtml?print>.
- Anonym (2006) Erst klebrige Seide macht Vogelspinnen zu Meisterläufern. Der Standard, 1.10.2006, <http://derstandard.at/druck/?id=2603278>.
- Anonym (2006) Gecko nanotechnology. Nanowerk, 22.12.2006, <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1182.php>.
- Anonym (2006) Gripping tarantula finds. Japan Times, September 2006.
- Anonym (2006) Haftung nach dem Vorbild der Insektenfußsohle. VDBiol News, 24.10.2006,
- Anonym (2006) Klebekraft aus Spinnenbeinen. Net-Tribüne, 22.11.2006, <http://www.net-tribune.de/article/221106-05.php>.
- Anonym (2006) Klebende Seide aus Spinnenbeinen. Jura-Forum, 22.11.2006, <http://www.juraforum.de/jura/news/news/p/1/id/120449/f/196/>.
- Anonym (2006) Klebt wie Käfer. Physik Journal, 5 (12): 14.
- Anonym (2006) Klebt wie Käfer. pro-physik.de, 24.10.2006, <http://www.pro-physik.de/Phy/leadArticle.do?mid=0&lai..>

- Anonym (2006) Kletterhilfe aus Seide. Bild der Wissenschaft. 12/2006.
- Anonym (2006) La soie de la tarentule lui sort aussi des pattes. Science & Vie, 1070: 19.
- Anonym (2006) La tarántula cebra segregada pegarse y caminar. El Mundo, 28.09.2006, <http://www.elmundo.es/elmundo/2006/09/27/ciencia/1159356967.html>.
- Anonym (2006) La tarántula cebra segregada seda por sus patas para pegarse y caminar. Ciencia, 27.09.2006, http://actualidad.terra.es/ciencia/articulo/tarantula_cebra_segreda_sed...
- Anonym (2006) Max-Planck-Forscher entwickeln Haftmaterial nach Insekten-Vorbild. Presstext, <http://www.presstext.ch/pte.mc?pte=061024010>.
- Anonym (2006) Mit Käferfüßen die Wand hoch. Die Welt, 25.10.2006, <http://www.welt.de/data/2006/10/24/1085159.html>.
- Anonym (2006) Neues Haftmaterial nach Käfer-Vorbild. Der Standard, 6.11.2006, <http://derstandard.at/?url=?id=2635883>.
- Anonym (2006) News in Science - Tarantula feet spin sticky silk - 28/09/2006. Australian Broadcasting Corporation, <http://www.abc.net.au/science/news/stories/2006/1750854.htm>.
- Anonym (2006) Roboter gehen an Wänden hoch – wie Ratten. Die Welt, 15.11.2006, <http://www.welt.de/data/2006/11/06/1101648.html>.
- Anonym (2006) Silk Stockings, for Spiders. New York Times, 3.10.2006, <http://www.nytimes.com/2006/10/03/science/03observ.html?ref=science>.
- Anonym (2006) Silky feet. Science News, 170: 238.
- Anonym (2006) Spiderman: Vogelspinnen produzieren klebende Seide. Getnews, 22.11.06, <http://www.lifegen.de/newsip/shownews.php4?getnews=2006-11-22-3319&pc=s02>.
- Anonym (2006) Spinnende poten. Noorderlicht Noorderlog bericht, 27.09.2006, <http://noorderlicht.vpro.nl/noorderlog/bericht/30405011/>.
- Anonym (2006) Sticky feet help tarantulas climb. BBC News, 28.09.2006, <http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/1/hi/sci/tech/5386524.stm>.
- Anonym (2006) Sticky feet. Science Shots. American Association for the Advancement of Science. <http://sciencenow.sciencemag.org/science-shots>.
- Anonym (2006) Study shows that tarantulas make silk with their feet. Mail & Guardian Online, 28.09.2006, http://www.mg.co.za/articlepage.aspx?area=/breaking_news/breaking...
- Anonym (2006) Study: Tarantulas' feet secrete silk. DailyIndia.com, 28.09.2006, <http://www.dailyindia.com/show/64237.php/Study:-Tarantulas'-feet-se...>
- Anonym (2006) Tarantulas feet spin sticky silk. Agence France-Presse, 28.09.2006, <http://www.abc.net.au/science/news/stories/2006/1750854.htm>.
- Anonym (2006) Tarantulas make silk with their feet -Study. Agentur Reuters, 27.09.2006, <http://www.alertnet.org/printable.htm?URL=/thenews/newsdesk/N27376493.htm>.
- Anonym (2006) Tarantulas make silk with their feet. ABC News, 27.09.2006, <http://abcnews.go.com/US/print?id=2499592>
- Anonym (2006) Tarantulas Produce Silk From Their Feet. CCN Magazine, 28.09.2006, <http://www.ccnmag.com/news.php?id=4489>.
- Anonym (2006) Tarantulas spin silk from their feet. new@nature.com, 27.09.2006, doi:10.1038/news060925-6, <http://www.nature.com/news/2006/060925/full/060925-6.html>.
- Anonym (2006) Topplakband dankzij kever. Door onze redactie wetenschap, 26.10.2006, Rotterdam.
- Anonym (2006) Vaya tarántula tan enredadora. El Colombiano, Oktober 2006, http://www.elcolombiano.com.co/BancoConocimiento/V/vaya_tarantu...
- Anonym (2006) Vogelspinnen klettern auf Seide. N24.de, 28.09.2006, <http://www.n24.de/print.php?articleid=72251>.
- Anonym (2006) Was der Käferfuß verspricht, das hält er. Chemie.DE Information Service GmbH, www.chemie.de/news/d/58896.
- Anonym (2006) WHY TARANTULAS ARE STICK INSECTS. Yorkshire Post Today, 28.11.2006, <http://www.yorkshiretoday.co.uk/ViewArticle2.aspx?SectionID=55&A...>
- Anonymus (2006) Anti-adhesive layers leave no hope for insects. <http://www.scitechinfo.com/node/74>.
- Anonymus (2006) Antihafbeschichtung lässt Insekten keine Chance. TechPortal, http://www.techportal.de/de/0/2/news,pulic,newsdetail_public/1/start/,,,/515/.
- Anonymus (2006) Antihafbeschichtung von Insektenfallen. Beitrag bei Wilantis.de – Das Wissensradio, 25.01.2006.
- Anonymus (2006) Biologische Antihafbeschichtung – Pflanze dient als Vorbild für Folie. Paranews.net,

- <http://www.paranews.net/beitrag.php?cid=2746>.
- Anonymus (2006) La cire dont use la plante carnivore a livré ses secrets. *Science & Vie*, 1062: 23.
- Anonymus (2006) Oh, What A Feeling --- Dancing On The Ceiling. *Science Daily*, <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/04/060406171318.htm>.
- Anonymus (2006) Pflanze mit Antihafbeschichtung als Vorbild für Folien. *ÖJ-Österreich-Woche*, <http://www.oe-journal.at/Aktuelles/!2006/0106/W2/11601pte.htm>.
- Anonymus (2006) Raffiniertes Fangmaterial. *Stuttgarter Zeitung*, 28: 42.
- Anonymus (2006) Rutschbahn aus Wachs. *Kölner Stadt-Anzeiger*, <http://www.ksta.de/jks/artikel.jsp?id=1137402851672>.
- Anonymus (2006) Rutschbahn ins Verderben. *Max Planck Forschung*, 1/2006: 10.
- Anonymus (2006) Rutschig. *Gb – Das Magazin für Zierpflanzenbau*, 5/2006: 7.
- Anonymus (2006) Wachsbeschichtung lässt Insekten keine Chance – Wie Fleisch fressende Pflanzen Fallen stellen. *Chemie*, 4/2006: 15-16.
- Anonymus (2006) Муха на потолке обучает людей правильно быдёрживать ноги. *Membrana*, <http://www.membrana.ru/articles/global/2006/04/10/222100.html>.
- Bryner, J. (2006) Tarantula Found With Silk-Producing Feet. *Fox News*, 27.09.2006, http://www.foxnews.com/printer_friendly_story/0,3566,216119,00.html.
- Bryner, J. Tarantulas Spin Silk from Feet, Too. *LiveScience*, 27.09.2006, http://www.livescience.com/animalworld/060927_spider_silk.html.
- Burchardt, A. (2006) Klebende Seide aus Spinnenbeinen - Vogelspinnen produzieren aus bisher unbekanntem Drüsen Haftseide. *newsropa.de - Mitteldeutsches Presseportal*, 22.11.2006, http://www.newsropa.de/index.php?id=115&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1353&tx_ttnews%5BbackPid%5D=7&cH.
- Burchardt, A. (2006) Thüringer Wissenschaftler wollen gemeinsam mit der Industrie Kletterroboter entwickeln / Millionenschweres Thüringer Bionik-Forschungsprojekt startet. *Informationsdienst Wissenschaft*. <http://idw-online.de/pages/de/news183056>.
- Carmichael, S. W. (2006) Why flies walk with feet. *Microscopy today*, 14: 3.
- Dee, R. (2006) Das Geheimnis des Geckos. *Innovative!* 1/06: 32-35.
- Dent, E. (2006) Spiders reveal superhero secret. *The Sun*, 27.09.2006, <http://www.thesun.co.uk/printFriendly/0,,2-2006450056,00.html>.
- Findeklee, A. (2006) Seidener Sicherheitsgurt. *Spektrum Direkt*, 28.9.2006, http://www.wissenschaft-online.de/abo/ticker/852631&template=d_sd...
- Galdy, A. (2006) Steiggurt für Spinnen. *Focus Online*, 28.10.2006, http://focus.msn.de/wissen/wissenschaft/biologie_nid_36438.html.
- Gorb, E.; Trepte, A. (2006) Hunger macht erfinderisch. *Scienczz*, <http://www.scienczz.de/ticker/art5544.html>.
- Gramlin, C. (2006) Sticky Silky Feet. *Science News for Kids* Oct. 11, 2006, <http://www.sciencenewsforkids.org/scripts/printthis.asp?clip=%2Fartic...>
- Hornet, G. (2006) Weaving webs of deceit. *Cayman Net News Online*, 3.10.2006, <http://www.caymannetnews.com/cgi-script/csArticles/articles/000065...>
- Jelinek, C.; Wütherich, D. (2006) Haften wie Kletten & Co. In: *Explora, Brücken und Bionik*. Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart: 30-31.
- Kohler, A. (2006) Spinnen spazieren mit Klebseide senkrecht. *SPIEGEL ONLINE* - 28. September 2006, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,druck-439751,00.html>.
- Konetschny, C. (2006) Äußerst stark haftend. *Werkstoff-News, Industrieanzeiger* 48/2006: 39.
- Lindinger, M. (2006) Haftgurte für haarige Beine. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 4.10.2006, <http://www.faz.net/s/Rub80665A3C1FA14FB9967DBF46652868E9/...>
- Lopes, R. J. (2006) TARÂNTULA PRODUZ TEIA À LA HOMEM-ARANHA, REVELA ESTUDO. *G1, Sao Paulo*, 27.09.2006, <http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,AA1288113-5603,00.html>.
- Malakoff, D. (2006) Fleet-Footed Tarantula with Comic Book Powers. *NPR Research News*, 4.10.2006, <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=6159998>.
- Mantz, H.; Jacobs, K. (2006) Geckos haften besser an feuchten Oberflächen. *Campus, Universität des Saarlandes*, 36. Jg, 1: 20.
- Meinke, C. (2006) Vogelspinnen laufen auf Seide. *Morgenwelt*, 29.09.2006, http://www.morgenwelt.de/index.php?id=155&backPID=115&tt_new...

- Naeser, T. (2006) Tödliche Rutschbahn. Münchner Merkur Journal, 41: 4.
- Pietsch, C. (2006) Ausgeklügelte Jagdtechnik. MorgenWelt Media GmbH, http://www.morgenwelt.de/index.php?id=155&backPID=155&tt_news=1695.
- Reilly, M. (2006) Silky-footed tarantulas don't come unstuck. NewScientist.com, 27.09.2006, <http://www.newscientist.com/article/mg19125713.500-silkyfooted-tar...>
- Reinhardt, H. (2006) Klebende Seide aus Spinnenbeinen. Innovationsreport, 22.11.2006, http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-74585.html.
- Reinhardt, H. (2006) Klebende Seide aus Spinnenbeinen. Vogelspinnen produzieren aus bisher unbekanntem Drüsen Haftseide. Informationsdienst Wissenschaft, 22.11.2006, <http://www.idw-online.de/pages/de/news186090>.
- Roach, J. (2006) Tarantulas Spin Silk From Their Feet, Study Finds. National Geographic News, 27.09.2006, <http://news.nationalgeographic.com/news/2006/09/060927-tarantula-si...>
- Robbins, G. (2006) A TRUE FEAT: Scientists as its abdomen. 28.09.2006, http://www.ocregister.com/ocregister/homepage/abox/article_1290140.php.
- Robinson, K. (2006) Optical devices uncover how flies walk upside down. Biophotonics International, July 2006: 31-32.
- Summers, A. (2006) Shoe fly. Natural history magazine, 02/06: 28-29.
- Weitlaner, W. (2006) Mikrohärchen mit Pilzkopf halten supergut. Presstext, 24.10.2006, <http://www.presstext.at/pte.mc?pte=061024010>.

Film- und Hörfunk Medien

Film:

- Prometheus – Das Wissenschaftsfernsehen für Baden-Württemberg: „Rutschige Kannenpflanze“ März 2006
- Prometheus – Das Wissenschaftsfernsehen für Baden-Württemberg: „Tierisch gut – Lernen von Gecko & Co.“, Dez. 2006
- Große Show der Naturwunder des SWR, April 2006
- Sendung Bionik des Kinderprogramms WOMBAZ im ZDF, 5.4.2006

Hörfunk:

- Antihafbeschichtung von Insektenfallen. Beitrag bei Wilantis.de – Das Wissensradio, 25.01.2006.
- „Tarantulas make silk with their feet“. ABC News Washington, 27.9.2006

2007

Print Medien

- Anonymus (2007) Haare mit unbeschränkter Haftung. Max-Planck-Forschung, 4/2006: 5-6.
- Anonymus (2007) Kleben wie die Fliege an der Wand. VDI Nachrichten, Technik & Wirtschaft, Innovationen & Märkte: Hannover Messe News, 13. April 2007, 15: 29.
- Eberl, U. (2007) Von den Geckos lernen. Berliner Zeitung, 14./15. April 2007, 87: ?.
- Greene, M. E. (2007) These boots were made for sticking. MaterialsToday, 10: 6: 18.
- Hoff, G. (2007) Kongres oor naaldekokers vind in Swakopmund plaas. Republikein, Windhoek, Namibia, 20. April 2007: 7.
- Schmidt, W. (2007) Wie der Fisch zum Auto wird. Nachbauen allein genügt nicht immer. Schwäbisches Tageblatt, Beilage Südwest Magazin, 14. April 2007.
- Wengenmayr, R. (2007) Das Geheimnis der Haftzeher. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 28. Januar 2007, 4: 64-65.
- Wengenmayr, R. (2007) Mit unbeschränkter Haftung. Max-Heft, 8: 1-4.

Film- und Hörfunk Medien

- SWR2 Wissen "Wunder auf acht Beinen-Spinnentiere inspirieren die Forschung" (2007);
- Prometheus – Das Wissenschaftsfernsehen für Baden-Württemberg, Themen, „Tierisch gut – Lernen von Gecko und Co.“ (2007) und
- Phoenix „Frauenpower“ im Rahmen der Hannovermesse (2007).

Anlagen

Anlage 1: Ausgewählte Public Relation Nachweise

Anlage 1.1: Pressemitteilung zum Wissenschaftspreis 2005

FP 16 / 2005 (77)

22. Juni 2005

Kleben ohne Klebstoff

Vier Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Metallforschung erhalten Wissenschaftspreis des Stifterverbandes

Für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der klebstofffreien Verbindung von Werkstoffen wurden Prof. Eduard Arzt, Prof. Huajian Gao und Dr. Stanislav Gorb, Max-Planck-Institut für Metallforschung, sowie Prof. Ralf Spolenak, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich, der Wissenschaftspreis des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft verliehen. Der Vizepräsident des Stifterverbandes, Dr. Wulf H. Bernotat, überreicht den Preis am 23. Juni im Rahmen der 100. Jahresversammlung der Max-Planck-Gesellschaft in Rostock. Die mit 5000 Euro dotierte Auszeichnung honoriert die außergewöhnlichen Erfolge der Wissenschaftler bei der Umsetzung von Ergebnissen der Grundlagenforschung in technische Anwendungen. Sie haben herausgefunden, warum Fliegen, Spinnen und sogar Geckos selbst auf Glas sicheren Halt finden und daraus technisch einsetzbare Haftsysteme entwickelt.

Verbindungstechniken wie Schweißen oder Kleben sind kostenintensive Prozesse, und einmal auf diese Weise verbundene Bauteile lassen sich bei Reparaturen oder einem späteren Recycling nicht mehr ohne Materialverlust voneinander lösen. Herkömmliche Klettverschlüsse benötigen einen Haftpartner und verfilzen mit der Zeit. Die Haftsysteme der Stuttgarter dagegen erlauben reversible, feste Verbindungen von Werkstoffen ohne Schweißen oder Kleben.

Die Max-Planck-Wissenschaftler untersuchen Haftungsphänomene biologischer Systeme, bilden sie in mathematischen Modellen ab und entwickeln daraus technisch einsetzbare Systeme. Ausgangspunkt sind die Forschungsarbeiten des Biologen Dr. Stanislav Gorb über die Fähigkeit von Fliegen und Eidechsen, kopfüber selbst auf glatten Flächen laufen zu können. Die Laufflächen dieser Tiere sind mit feinsten Härchen überzogen, die extrem hohe Adhäsionskräfte besitzen. Aus der Analyse der Zusammenhänge zwischen Struktur und Haftverhalten auf glatten und rauen Flächen entwickelten die Materialwissenschaftler um Eduard Arzt allgemeine Gesetze für das Verhalten solcher Verbindungssysteme. Bevor er als Professor an die ETH Zürich berufen wurde, war auch Spolenak Materialwissenschaftler in der interdisziplinären Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart.

"Der Vergleich verschiedener Tiere von Fliegen bis hin zu Geckos zeigt, dass die Härchen an den Laufflächen um so feiner und zahlreicher sind, je schwerer das Tier ist," sagt Arzt. Kleineren Fliegen und Käfer reichen einfache, sphärische Härchen mit Durchmessern von ein paar Mikrometern, während die sehr viel schwereren Geckos fein verzweigte Härchen mit Enddurchmessern von 200 Nanometern (millionstel Millimeter) ausbilden. "Auch die Form der Härchen spielt eine wichtige Rolle. In der Natur haben sich vor allem kugelförmige, kegelförmige und haarartige Endstrukturen bewährt. Für technische Systeme sind hierbei der Fantasie kaum Grenzen gesetzt."

In Versuchen mit den unterschiedlichsten biologischen Vorbildern überprüften die Forscher ihre theoretischen Ergebnisse und entwickeln nun Verfahren, mit denen sich technische Oberflächen mit den entsprechenden Eigenschaften erzeugen lassen. Die Wissenschaftler modifizieren die Kontaktflächen so, dass ein Wald kleiner Säulen entsteht. Abhängig von strukturellen Eigenschaften dieser modifizierten Oberflächen -wie Dicke der Säulen, Abstände, Elastizität und Form - lassen sich die Hafteigenschaften exakt einstellen. Ähnlich wie beim natürlichen Vorbild können sogar keulenförmige Säulen hergestellt werden, die wie Streichhölzer einen leicht verdickten Kopf besitzen.

Das patentierte Verfahren ist für die Industrie hoch interessant, da der Verbindung von Werkstoffen in der modernen Technologie eine immer stärkere Bedeutung zukommt. Wie beim Vorbild Libelle, die ihren Kopf mit einem speziellen "Klettverschluss" stabilisiert, lassen sich mit den neuen Haftsystemen Verbindungen tausendfach fixieren und wieder lösen. Im Gegensatz zu konventionellen Klebebändern verschmutzen die neuen Haftstrukturen nicht so leicht. Und im Vergleich zu herkömmlichen Klettverschlüssen benötigen sie kein speziell strukturiertes Gegenüber mehr. Schließlich können die Stuttgarter Max-Planck-Forscher die

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207

E-Mail: presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

Haftkräfte in einem breiten Bereich genau auf die technischen Anforderungen einstellen - was ihrer Technik vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Alltag erschließt.

...

Hinweis für TV-Journalisten:

Zu den Arbeiten der Forschungsgruppe des Preisträgers gibt es Filmmaterial (Magazinfassung plus Footage, DigiBeta), das direkt beim Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit angefordert werden kann (Tel.: 089 2108-1276, e-Mail: presse@gv.mpg.de). Sie können die Filme auf unserer Website www.filme.mpg.de ansehen.

Patentlösungen: Lernen von den Fliegen

LZ: 00:6:20

Autorin: Anne Hoffmann, Berlin

Fliegen laufen Wände hoch, Spinnen sitzen an der Fensterscheibe, Geckos krabbeln die Zimmerdecke entlang: Was hält sie dort fest? Forscher am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart haben herausgefunden, was viele Tiere buchstäblich die Wände hochgehen lässt. Langfristiges Ziel der Stuttgarter Forscher: Sie wollen ein Verfahren finden, wie man Bauteile ohne Klebstoff fest miteinander verbinden, aber trotzdem leicht wieder lösen kann. Das könnte die Zukunft der Konstruktionstechnik revolutionieren, vom Flugzeugbau bis zur Mikrotechnik. Ihre Ergebnisse haben die Max-Planck-Forscher jetzt zum Patent angemeldet.

Der Klettverschluss der Zukunft

LZ: 00:04:00

Autor: Jörg Moll, Berlin

Der Film taucht ein in die mikroskopisch kleine Welt der Insekten. Libellen bedienen sich einer Art Klettverschluss, um ihren Kopf am Körper zu fixieren, bei Rosenkäfern sind die Deckflügel auf diese Weise am Rücken befestigt. Die Tiere können diesen Klettverschluss Tausende Male benutzen, ohne dass er sich abnutzt. Im Film wird erläutert, wie diese technische Leistung der Insekten die Materialforscher inspirierte. So werden wir diesen immer perfekt schließenden und niemals verfilzenden Mikroklettverschlüssen wahrscheinlich schon bald in unserem Alltag begegnen.

[ABA]

Verwandte Links:

- [1] [Nano-Kontakte optimieren Haftung](#)
- [2] [Nano-Sohlen halten Schwergewichte an der Decke](#)
- [3] [Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft](#)

Originalveröffentlichung:

Ralph Spolenak, Stanislav Gorb and Eduard Arzt

Adhesion design maps for bio-inspired attachment systems

Acta Biomaterialica, 1 (2005) 5-13

Eduard Arzt, Stanislav Gorb, and Ralph Spolenak

From micro to nano contacts in biological attachment devices

PNAS, September 16, 2003, vol. 100, no. 19, 10603-10606

Anlage 1.2: Pressemitteilung zu Antihaftoberflächen für Insekten

B 2 / C 3 / 2006 (4)

12. Januar 2006

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT
Presseinformation



Antihaft-Beschichtung lässt Insekten keine Chance

Stuttgarter Wissenschaftler zeigen, wie fleischfressende Pflanzen mit raffiniertem Materialdesign erfolgreich Fallen stellen

Pflanzen sind in der Lage, mit Hilfe organischer Substanzen ähnliche Effekte zu erzielen wie wir sie zumeist nur von technischen Materialien kennen. Das haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Metallforschung und der Universität Hohenheim am Beispiel fleischfressender Kannenpflanzen gezeigt. Diesen Pflanzen gelingt es mit einer doppelt mit Wachs beschichteten Falle, Insekten zu fangen und festzuhalten. Während die Kristalle der oberen Wachsschicht die Haftorgane der Insekten verschmutzen, reduziert die untere Wachsschicht die Haftfläche, über die Insektenfüße mit der Pflanzenoberfläche in Berührung kommen: Die Insekten rutschen in die kannenförmige Falle und werden dort verdaut (The Journal of Experimental Biology, Dezember 2005). Aus diesen Erkenntnisse ergeben sich auch Hinweise für die Entwicklung von Antihafthüllen.

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207

E-Mail: presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

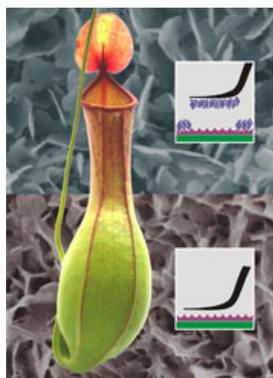


Abb.: Gleitfalle der Kannenpflanze *Nepenthes alata*. Im Hintergrund: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der oberen und unteren Wachsschicht. Die eingefügten Schemata erklären, auf welche Weise die beiden Wachsschichten die Haftkraft der Insekten reduzieren: Durch die obere Schicht werden die Insektenfüße verschmutzt und die untere Schicht vermindert die Kontaktbildung zwischen den adhäsiven Hafthaaren der Füße und dem Substrat.

Bild: Max-Planck-Institut für Metallforschung

Karnivore, also fleischfressende Pflanzen sind eine hoch spezialisierte ökologische Gruppe von Pflanzen. Sie fangen und verdauen kleine Tiere, meist Insekten, um Nährstoffe, wie Stickstoff und Phosphor, zu gewinnen, die im Boden fehlen. Diese Pflanzen entwickelten spezielle Fangorgane, um Beute zu fangen. Morphologie und Fangmechanismen der Fallen variieren zwischen den verschiedenen Arten.

Die Gleitfallen der tropischen Kannenpflanze *Nepenthes* gehören zu den passiven Fallen. Sie bewegen sich nicht, um Tiere zu fangen. Obwohl die Ursprünge der Kannen wie auch anderer Fallen carnivorer Pflanzen in den Blattoorganen liegen, sind es doch sehr Blatt-untypische Strukturen, die von den Blättern herabhängen. *Nepenthes*-Kannen besitzen eine komplexe Organisation mit Deckel, Peristom (Kannenrand) sowie einer Gleit- und einer Verdauungszone mit einem Vorrat an Verdauungsflüssigkeit. Mit diesen Kannen werden Insekten angelockt, festgehalten und schließlich verdaut.

Die Gleitzone hat eine Schlüsselrolle beim erfolgreichen Fallenstellen. Dieser Bereich ist von einer Schicht kristalliner Wachse bedeckt, auf der die Insekten den Halt verlieren und in die Verdauungsflüssigkeit hinab rutschen. Bei bisherigen Studien hat man sich entweder mit der Wachsstuktur oder dem Insektenverhalten in der Falle befasst.

Die Forscher haben deshalb die Mikromorphologie, chemische Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften der Wachse untersucht und mit Experimenten zum Insektenverhalten kombiniert. Danach besteht diese Wachsbekleidung aus zwei übereinanderliegenden Schichten, die sich in ihrer Struktur, chemischen Komposition, Härte und Elastizität unterscheiden. Diese Wachsschichten reduzieren die Haftkraft der Insekten auf zwei ganz unterschiedlichen Wegen.

Die obere Wachsschicht besteht aus einzelnen unregelmäßigen 30-50 Nanometer dicken Plättchen, die sich mehr oder weniger senkrecht zur anderen Schicht und zur Oberfläche der Kannenwand anordnen. Ihre Orientierung ist eher zufällig; die Plättchen bilden keine klaren Muster. Die Kristalle bestehen aus vielen kleinen, parallel zueinander ausgerichteten Schichten und besitzen einen kleinen "Stiel", der sich in derselben Ebene wie das Kristallplättchen befindet.

Die untere Schicht ähnelt einem Schaumstoff. Sie besteht aus miteinander verbundenen Membranplättchen, die in spitzem Winkel aus der Oberfläche herausragen und keine klare Ausrichtung zeigen. Härte und Elastizität beider Schichten unterscheiden sich um mehr als eine Größenordnung: Die obere Wachsschicht ist viel weicher und geschmeidiger als die untere Schicht.

In Laborexperimenten mit der Käfern der Art *Adalia bipunctata* zeigte sich, dass die Wachsschichten - im Vergleich zu Glas bzw. der entwachsten Kannenwand als Referenzoberflächen - die Haftkraft der Insekten signifikant verringerten. Während durch die obere Schicht die Insektenfüße verschmutzt und damit weniger haftfähig werden, reduziert die untere Schicht die Fläche, über die die Füße mit der Falle Kontakt haben.

[EG/AT]

Originalveröffentlichung:

Gorb E., Haas K., Henrich A., Enders S., Barbakadze N. and Gorb S
Composite structure of the crystalline epicuticular wax layer of the slippery zone in the pitchers of the carnivorous plant *Nepenthes alata* and its effect on insect attachment.
The Journal of Experimental Biology, 2005, vol. 208, 4651-4662

Gorb E., Kastner V., Peressadko A., Arzt E., Gaume L., Rowe N. and Gorb S.
Structure and properties of the glandular surface in the digestive zone of the pitcher in the carnivorous plant *Nepenthes ventrata* and its role in the insect trapping and retention
The Journal of Experimental Biology, 2004, vol. 207, 2947-2963

Gaume L., Perret P., Gorb E., Gorb S., Labat J.-J. and Rowe N.
How do plant waxes cause flies to slide? Experimental tests of wax-based trapping mechanisms in three pitfall carnivorous plants
Arthropod Structure & Development, 2004, vol. 33, 103-111

Anlage 1.3: Pressemitteilung zu erstmalig entdeckten Seidenfäden an Spinnenfüßen

C 47 / 2006 (165)

4. Oktober 2006

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT
Presseinformation 

Seidendrüsen lassen Spinnenbeine besser haften

Stuttgarter Max-Planck-Forscher entdecken seidenähnliche
Ausscheidung an den Füßen von Vogelspinnen

Bisher kannte man bei Spinnen zwei verschiedene Haltemechanismen: Feinste Klauen, die sich in die Oberfläche krallen, und Polster aus feinsten Härchen, die über molekulare Wechselwirkung eine Haftwirkung erzeugen können. Jetzt sind deutsche und amerikanische Forscher auf einen dritten Mechanismus gestoßen: Sie entdeckten winzige Spinnrüsen an den Füßen der Zebra-Vogelspinne (*Aphonopelma seemanni*). Die von deren Beindrüsen produzierten mikroskopisch kleinen Fäden bremsen ihre Rutschbewegung beim Erklimmen steiler Flächen ab (Nature, 28. September 2006). Diese Entdeckung wirft auch ein neues Licht auf die entwicklungsgeschichtliche Entstehung von Spinnenseide.



Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 -
1276

Telefax: +49 (0)89 2108 -
1207

E-Mail: presse@qv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

Abb. 1: Zebra-Vogelspinne *Aphonopelma seemanni* aus Kostarika.

Bild: Max-Planck-Institut für Metallforschung

Spinnen erzeugen Seide mit Hilfe so genannter Spinnwarzen. Diese Seide setzen die Tiere zum Beutefang, zum Selbstschutz oder zur Fortpflanzung ein. Das deutsch-amerikanische Forscherteam hat nun entdeckt, dass zumindest die Zebra-Vogelspinne (*Aphonopelma seemanni*) aus Costa Rica auch an ihren Füßen Seide ausscheidet. Damit gelingt es der Spinne, eine Haftkraft aufzubauen und sich auch an glatten vertikalen Oberflächen festzuhalten.

Spinnenfüße verfügen über ein "trockenes" Haftsystem, welches auf van-der-Waals-Kräften beruht, die von tausenden von spachtelförmigen Härchen generiert werden. Zusätzlich verstärken kleine Klauen die Adhäsion auf rauen Oberflächen, indem sie sich mechanisch mit dem Substrat verzahnen. Das deutsch-amerikanische Forscherteam hat nun entdeckt, dass die Vogelspinne *A. seemanni* einen dritten Haftmechanismus besitzt, welcher durch Fasern erzeugt wird, die von düsenähnlichen Strukturen an ihren Beinen ausgebracht werden. Diese faserartige Sekretion wirkt wie ein seidener Haltefaden und erscheint auf Glasplatten wie ein "Fußabdruck" aus Dutzenden von Fasern mit einem Durchmesser von 0,2-1,0 Mikrometer und einer Länge von 0,1 bis 2,5 Millimeter.

Diese Seidenfasern beginnen oft mit einer abgeflachten Platte. Diese scheint als viskose Flüssigkeit ausgeschieden zu werden, die den Faden beim Aushärten an das Substrat klebt. Die Funktion und Morphologie der Vogelspinnenseide ähnelt einem von der Spinne *Antrodiaetus unicolor* über die Spinnwarzen produzierten Haftvermittler sowie der Haftseide, die viele Spinnen zum Ankleben ihrer Halte- oder Wegfäden an das Substrat verwenden.

Die Forscher ließen *A. seemanni* über eine Glasoberfläche gehen, um ihre Kontaktmechanismen zu beobachten. Als die Spinne nach unten zu gleiten begann, stoppte die von den Drüsen aller vier Beinpaare produzierte Seide das Rutschen und ermöglichten es dem Tier, an der vertikalen Oberfläche haften zu verbleiben. Die Spinnenfüße waren dabei so positioniert, dass die Spinnrüsen mit der Glasoberfläche in Berührung kamen, während die dichten Hafthärchen in den

angrenzenden Regionen von der Oberfläche gehoben wurden.

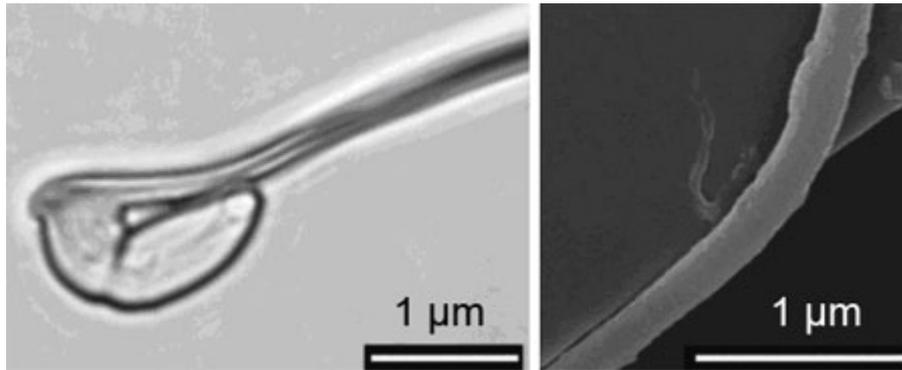


Abb. 2: Fussspinnseide im Lichtmikroskop (links) und im Rasterelektronenmikroskop.

Bild: Max-Planck-Institut für Metallforschung

Die Entdeckung, dass Spinnen ihre Seide als Hafthilfe nutzen können, erfordert eine Neubeurteilung der Evolution von Spinnenseiden. Abhängig von ihrer Verteilung innerhalb der Stammesgeschichte der Spinnen könnte die Seidensynthese an den Beinen den ursprünglichen Zustand repräsentieren, während sich die anderen Spinnwarzen erst später entwickelten. Alternativ - weil die Familie der Vogelspinnen (*Theraphosidae*) sehr artenreich ist und die größten bekannten Spinnen einschließt - könnte sich die Seidenproduktion an den Beinen auch als eine Schlüsselinnovation zur Verbesserung der Beweglichkeit und zur Vermeidung fataler Stürze unabhängig entwickelt haben.

Erst die Erforschung der an der Seidenproduktion beteiligten Gene wird klären, ob die ursprüngliche Funktion der Spinnenseide darin bestand, die Traktion zu erhöhen, oder ob sie erst später für diesen Zweck optimiert wurde.

[SG/AT]

Originalveröffentlichung:

Stanislav N Gorb, Senta Niederegger, Cheryl Y Hayashi, Adam P Summers, Walter Vötsch and Paul Walther

Biomaterials: Silk-like secretion from tarantula feet p407

Nature, 28 September 2006

Anlage 1.4: Pressemitteilung zu (Käferfuß-) bio-inspiriertem Haftmaterial

C 54 / 2006 (181)

23. Oktober 2006

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



Was der Käferfuß verspricht, das hält er

Forscher des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Metallforschung entwickeln zusammen mit der Gottlieb Binder GmbH in Holzgerlingen neuartiges Haftmaterial nach dem Vorbild von Insektenfußsohlen

Mikrohärchen mit Pilzkopf sind das Geheimnis eines neuen Haftmaterials, das Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Metallforschung in Stuttgart entwickelt haben. Die spezielle Oberflächenstruktur ist von Käferfußsohlen inspiriert, also biomimetisch, und lässt das Material an glatten Wänden kleberfrei haften. Potenziellen Anwendungen reichen von wieder verwendbarem Klebeband bis hin zu Schuhsohlen für Kletterroboter und sind somit von großer technologischer Relevanz (Journal of the Royal Society Interface, 17. Oktober 2006).

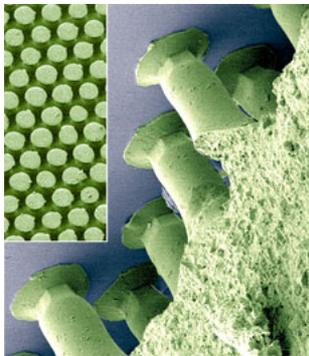


Abb.: Mikroskopische Aufnahme der biomimetischen Oberflächenstruktur des neuen Haftmaterials. Das von Insektenfußsohlen inspirierte Material (grün) haftet an Glas (blau).

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207

E-Mail: presse@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

Bild: Max Planck-Institut für Metallforschung

Schon seit einiger Zeit ist bekannt, wie Insekten, Spinnen und Geckos zu dem bemerkenswerten Talent kommen, an Wänden oder Decken spazieren zu gehen - extrem dünne Härchen lassen ihre Füße regelrecht an der Wand kleben. Je größer das Tier, desto feiner diese Haare. Die im Verhältnis zu einer Fliege schweren Geckos wenden bei der Gelegenheit schon seit Millionen Jahren Nanotechnik an (vgl. MPG-Preseinformationen [1-3]). Nach Erkenntnissen der Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Metallforschung in Stuttgart ist die Form der Fasern auch ein bedeutender Faktor; besonders starke Haftung erzielen beispielsweise spatelförmige Haarenden. (vgl. MPG-Preseinformation [4]).

Diese Entdeckungen entfachten große Erwartungen: Kann man die Struktur der Insektenfußsohlen einfach kopieren und schon bald entsprechende biomimetische, also von der Natur inspirierte, Haftmaterialien im Alltag wieder finden? Doch die Forscher des Max-Planck-Instituts für Metallforschung und der Gottlieb Binder GmbH in Holzgerlingen, einem Spezialisten für Befestigungssysteme, mussten einen langen Atem haben, denn die ersten Generationen der mit verschiedenen Methoden erzeugten Oberflächen hafteten schlecht.

Jetzt sind die Wissenschaftler bei der Nachahmung des biologischen Haftmechanismus einen großen Schritt weiter gekommen. Sie entwickelten ein Material, dessen biomimetische Mikrostruktur exzellente Hafteigenschaften bewirkt. Die Entwicklung der künstlichen Strukturen basierte auf der Untersuchung der Fußsohlen mehrerer Käferarten. Deren besonders starke Haftkraft beruht auf speziell geformten Härchen, die an winzige Pilze erinnern.

In den strengen Prüfungen, die Max-Planck-Forscher mit speziell für diesen Zweck entwickelten Messinstrumenten vornahmen, überzeugte das künstliche Haftsystem mit vielen Vorzügen. So hält es hunderte Anwendungen nacheinander durch, hinterlässt keine sichtbaren Spuren und regeneriert sich

vollständig von Verschmutzungen, wenn man es mit Seife wäscht. Die Forscher ermittelten, dass fünf Quadratzentimeter des Materials an Wänden mit glatten Oberflächen bis zu hundert Gramm schwere Gegenstände halten; an der Decke allerdings erheblich weniger. Glas oder poliertes Holz eignen sich gut als Unterlage, also glatte Strukturen - hingegen ist die Raufasertapete nicht gerade das Lieblingsterrain des Materials. "Aber Insekten haben auch Schwierigkeiten an Oberflächen mit feiner Rauigkeit zu laufen, dies ist ein grundsätzliches Problem des Haftmechanismus", erklärt der Projektleiter Stanislav Gorb (vgl. MPG-Presseinformation [5]).

Bei der Herstellung dient - wie beim Kuchenbacken - eine Form als Vorlage, in die gleichsam als Negativbild die gewünschte Oberfläche eingepreßt ist. Man füllt ein polymerisierendes Gemisch hinein, lässt es aushärten und trennt anschließend den Kunststoff von der Vorlage. Was hier so einfach klingt, war Ergebnis "langen Rumpprobierens". Der Bau der Mikrostruktur-"Kuchenform" forderte die Forscher dabei am meistern heraus - wie das genau funktioniert, bleibt Betriebsgeheimnis. Aber auch die Optimierung der Polymer-Mischung brachte die Wissenschaftler ins Schwitzen; ist sie zu flüssig, fließt sie einfach aus der Form raus, ist sie zu viskos, gelangt sie gar nicht erst hinein.

Die potenzielle Verwendung erstreckt sich von einer Schutzfolie für empfindliche Gläser bis zu wieder benutzbaren Klebunterlagen - Kühlschrankschrankmagnete ade, jetzt kommen die Mikrohärchen, die allerdings auch an Spiegel, Schrank und Scheibe haften. In industriellen Produktionsprozessen findet man das neue Material beispielsweise bald bei der Fertigung von Glas-Bauteilen. Darüber hinaus bewies es seine Leistungsfähigkeit auch schon in höheren Gewichtsklassen: Ein 120 Gramm schwerer Roboter konnte mit den künstlichen Haftfasern an der Fußsohle eine senkrechte Glaswand ersteigen (Daltorio *et al.* 2005).

In ihrer aktuellen Forschung versuchen die Wissenschaftler die Haftung durch Verfeinerung der Strukturen noch zu verbessern. "Da hat die Arbeitsgruppe aber noch jede Menge Arbeit vor sich, denn was im Labor klappt, lässt sich noch lange nicht auf die großtechnischen Produktion übertragen", erläutert Stanislav Gorb.

[AJ]

Verwandte Links:

- [1] MaxPlanckForschung 1/2001 "Wie Insekten Tritt fassen"
- [2] Max-Planck-Presseinformation "Nanosohlen halten Schwergewichte an der Decke" vom 23. September 2003
- [3] Max-Planck-Presseinformation "Haarige Füße kleben besser an einer feuchten Decke" vom 8. November 2005
- [4] Max-Planck-Presseinformation "Nano-Kontakte optimieren Haftung" vom 25. Mai 2004
- [5] Max-Planck-Presseinformation "Antihaft-Beschichtung lässt Insekten keine Chance" vom 12. Januar 2006
- [6] Max-Planck-Presseinformation "Seidendrüsen lassen Spinnenbeine besser haften" vom 4. Oktober 2006
- [7] Max-Planck-Presseinformation "Kleben ohne Klebstoff" vom 22. Juni 2005

Originalveröffentlichung:

S. Gorb, M. Varenberg, A. Peressadko and J. Tuma.

Biomimetic mushroom-shaped fibrillar adhesive microstructure.

Journal of the Royal Society Interface, 17. Oktober 2006

K.A. Daltorio, S. Gorb, A. Peressadko, A. D. Horchler, R.E. Ritzmann und R.D. Quinn

A robot that climbs walls using micro-structured polymer feet.

Proc. Int. Conf. Climbing and Walking Robots (CLAWAR), London, UK. 13-15. September 2005

Anlage 1.5: Pressemitteilung über MOU in NIMS NOW International, 5(5): 12.

NIMS NEWS

Research Cooperation Agreement with B/OKON, Germany



Dr. R. Bannasch, Coordinator, B/OKON (left), and Dr. N. Hosoda.

(March 27, Germany) -- The NIMS Advanced Nano Materials Laboratory signed a memorandum of understanding (MOU) on "Reversible Interconnection using biological Attachment" with The Bionics Competence Network (B/OKON) Center, Stuttgart, Germany. B/OKON hosts the 52 major players in the field of bionics and biomimetics in Germany. NIMS is the first B/OKON member from Japan. This agreement will accelerate research collaboration by exchange of researchers and information.



From left to right: Dr. E. Gorb, Senior Researcher, MPI, Dr. N. Hosoda, Senior Researcher, NIMS, Dr. S. Gorb, Leader, B/OKON, Dr. D.Voigt, Senior Researcher, MPI, and Ms. C. Miksch, Technician, MPI.

(<http://www.nims.go.jp/eng/wnews/070327/index.html>).

Anlage 2: Kongresse, Konferenzen, Symposien, Meetings, Workshops etc.

Anlage 2.1: Teilnahme an Kongressen usw.

(unterstrichen: B/OKON und Bionik-relevante Veranstaltungen; *kursiv*: Industrie-Veranstaltungen; grau: Veranstaltungen in eigener Regie und Organisation)

2004

- 7th International Congress of Vertebrate Morphology, Symposium "Adhesion in Vertebrates - Mechanisms and Biomimetic Implications", Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, USA (Vortrag)
- Teilnahme am Auftaktmeeting B/OKON II, TU Berlin
- XXII. International Congress of Entomology, Symposiums "Insects as machines" und "Insect-Plant-Interactions", Brisbane, Queensland, Australien (Vortrag, Poster)
- Koordination und Organisation des Topics „Biomimetic“ mit Symposium „Material und Funktion in der Biologie“ im Rahmen der Werkstoffwoche 2004 der DGM, DKG & VDI, ICM München
- 54. Deutschen Pflanzenschutztagung, Universität Hamburg (Vortrag, Poster)
- 25. Biologentag des vdbiol „Bionik-Biodiversität/Evolution – Biotechnologie“, Bionik: Forschen - Verstehen – Anwenden: Design und Biomechanik von biologischen Oberflächen, Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität, Bonn (Vortrag)
- Bremer Bionik-Kongress, Hochschule Bremen (3 Poster)
- Organisation der 23. Tagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“ der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie, Zoo Dresden (Vortrag)
- Bionic Lectures des Kompetenznetzes Biomimetik, Universität Freiburg (Vortrag)
- The 2004 Entomological Society of America's Annual Meeting and Exhibition, Symposiums "Mechanical Properties of Arthropod Structures: Engineering the Future" and "Attachment mechanisms in insects", Salt Lake City, Utah, USA (Vortrag)
- Intersektionelles Forum der MPG, Berlin (Vortrag)

2005

- *Internationaler Kongress Kunststoffe im Automobilbau der VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik, Mannheim März 2005 (Vortrag)*
- BMBF-Wettbewerb „Bionik-Innovationen“ aus der Natur, Berlin März 2005 (Vortrag)
- Deutsche Entomologentagung 2005, Dresden (Vortrag und Poster)

- CalTech 2005 (Vortrag)
- 35th Congress of the International Union of Physiological Sciences (IUPS) in San Diego/Californien, USA March/April 2005; Session Biophysical and Biomechanical Adaptation in Bioinspired Engineering, Materials (Vortrag)
- MPG-Symposium „Contact Phenomena in Materials and Biological Systems“, Ringberg (Vortrag)
- Annual main meeting of the society for experimental biology (SEB), Barcelona Julio 2005 (Vortrag und Poster)
- XVII International Botanical Congress (IBC), Wien Juli 2005 (Vortrag und 2 Poster)
- Chinese-German Workshop Advances in Tribology, Tsinghua University, Beijing, China September 2005 (Vortrag)
- C.N.R.S. Jacques Monod Conference "Physico-Chemical Ecology of Organisms", Roscoff September 2005, Frankreich (Vortrag)
- German-Japanese workshop on bionics and nature inspired technologies, Nagoya October 2005, Nagoya University, Japan (2 Vorträge)
- NIMS mini-Workshop "Nature inspired materials", Tsukuba Oktober 2005, National institute for materials science, Tsukuba, Japan (2 Vorträge)
- Special seminar on insect biomechanics, Laboratory of Insect Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan (2 Vorträge)
- nanoSECURITY workshop, M.-Luther-Universität, Halle Oktober 2005 (Vortrag)
- DBU-Bionik-Workshop, Lübeck Oktober 2005 (Vortrag)
- 24. Tagung des Arbeitskreises Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden der DPG und DGaaE, Salzau bei Kiel November 2005 (Vortrag)
- German-French cooperation: Deutsch-Französischer Workshop -Bionik-, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Dezember 2005 (Vortrag)

2006

- BMBF-Meeting 2006 Biofuture, Berlin (Poster)
- *Bionik-Industriekongress, Berlin (Vortrag)*
- *Bionik-Workshop Voith, Ravensburg (Vortrag)*
- Bionik-Kolloquium Bio-inspired Textile Materials, Denkendorf (Vortrag)
- DBU Sommerakademie Bionik in Ostritz/Oberlausitz (2 Vorträge)
- International Symposium on Bioinspired Design, Atlanta, USA (Vortrag)
- Annual main meeting of the society for experimental biology (SEB), Canterbury, UK April 2006 (3 Vorträge)
- 29th annual meeting of the Adhesion Society, Inc. 2006, Jacksonville, Florida (Vortrag)

2007

- *Degussa-Workshop "Bionik" (Vortrag)*
- Bioinspired nanotechnologies for smarter products, London, UK. (Vortrag)
- 30th Annual Meeting of the Adhesion Society Inc., Tampa, Florida, Februar 2007 (Vortrag)
- Entomologentagung 2007, Innsbruck, Österreich, Februar (Vortrag)
- Annual main meeting of the Society for Experimental Biology (SEB), Glasgow, UK April 2007 (2 Vorträge, 2 Poster)
- 5th Worldwide Dragonfly Association International Congress of Odonatology, Swakopmund, Namibia, April 2007 (Eröffnungsvortrag)
- *Workshop HILTI Corporation, Materials & Mechanics, New Business & Technology (Schaan, Liechtenstein) an der Universität Freiburg (Vortrag)*
- Workshop BioEngineering, BitZ Darmstadt, Mai 2007 (Vortrag)
- *8. Wörlitzer Workshop Funktionelle Schichten "Adhäsion und Oberflächenfunktionalisierung, Juni 2007 (Vortrag)*
- Sondierungstreffen Europäisches Bionik-Netzwerk

Anlage 2.2: Symposium „Contact Phenomena in Materials and Biological Systems“; Programm

Contact Phenomena in Materials and Biological Systems

July 10 – 15, 2005, Ringberg Castle

Organizers: Eduard Arzt, Stanislav Gorb, and Joachim Spatz

Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart, Germany

Tentative Program

Sunday, July 10

05 – 07:00

p.m.

Registration

6:30 p.m. *Buffet Supper*

Monday, July 11

08:00 a.m. *Breakfast*

08:30 a.m. Welcome and Introduction

Eduard Arzt (Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart)

08:45 a.m. Non-equilibrium effects in adhesion and their relation to friction

Jacob Israelachvili (University of California, Santa Barbara)

Chair: Eduard Arzt

09:45 a.m. Wafer bonding: science and technology

Ulrich Gösele (Max Planck Institute for Microstructure Physics, Halle)

10:45 a.m. *Coffee Break*

11:15 a.m. How detachment force stabilizes cell adhesion

Ulrich Schwarz (University of Heidelberg)

12:30 p.m. *Lunch*

02:00 p.m. Crack propagation in viscoelastic solids: the role of the flash temperature

Bo Persson (Forschungszentrum Jülich)

Chair: Stefan Hufner

03:00 p.m. Adhesive devices in robotics

Roger D. Quinn (Case Western Reserve University, Cleveland)

04:00 p.m. *Coffee Break*

04:30 p.m. Numerical simulation of elastic, adhesive and elasto-hydrodynamic contacts between random rough surfaces

Valentin Popov (Technical University Berlin)

06:30 p.m. *Dinner*

Tuesday, July 12

08:00 a.m. *Breakfast*

08:30 a.m. Adhesion of highly deformable polymer-based materials

Costantino Creton (Laboratoire P.C.S.M. ESPCI, Paris)

Chair: Stanislav Gorb

09:30 a.m. Contact mechanics and the science of pressure sensitive adhesion

Alphonsus Pocius (3M Corporate Research, St. Paul)

10:30 a.m. *Coffee Break*

11:00 a.m. Design maps and their applications

Ralph Spolenak (ETH Zürich)

12:30 p.m. *Lunch*

02:00 p.m. Changing water for air: the morphological and functional response of the squamate integument

Uwe Hiller (University of Münster)

Chair: Ralph Spolenak

03:00 p.m. Geckos: biological inspiration for smart adhesives and climbing robots

Kellar Autumn (Lewis and Clark College, Portland)

04:00 p.m. *Coffee Break*

04:30 p.m. Tribology and MEMS

John Williams (University of Cambridge)

06:30 p.m. *Dinner*

08:00 p.m. Poster Show *Chair: Joachim Spatz*

Wednesday, July 13

08:00 a.m. *Breakfast*

08:30 a.m. Wetting complex topographies

Stephan Herminghaus (Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization, Göttingen)

Chair: Erich Sackmann

09:30 a.m. Cell adhesion

Benjamin Geiger (Weizmann Institute of Science)

10:30 a.m. *Coffee Break*

11:00 a.m. Adhesion at the beach: insights on how mussel

and barnacles stick

Jonathan Wilker (Purdue University, West Lafayette)

12:30 p.m. *Lunch*

Free afternoon

06:30 p.m. *Dinner*

Thursday, July 14

08:00 a.m. *Breakfast*

08:30 a.m. Wetting and adhesion experiments at the nanoscale: new puzzles

Karin Jacobs (Saarland University, Saarbrücken)

Chair: Joachim Spatz

09:30 a.m. Experimental approaches for characterizing cell adhesion

Kevin Turner (M.I.T. Cambridge)

10:30 a.m. *Coffee Break*

11:00 a.m. Cell adhesion and diseases

Subra Suresh (M.I.T. Cambridge)

12:30 p.m. *Lunch*

02:00 p.m. Adhesion: molecules and mechanics

Kevin Kendall (University of Birmingham)

Chair: Arthur Heuer

03:00 p.m. Mechanics of robust and reversible adhesion systems in biology

Huajian Gao (Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart)

04:00 p.m. *Coffee Break*

04:30 p.m. Single-spatula adhesion measurements by atomic force microscopy

Gerrit Huber (Max Planck Institute for Metals Research, Stuttgart)

07:00 p.m. *Conference Dinner*

Friday, July 15

08:00 a.m. *Breakfast*

08:30 a.m. Contact mechanics and adhesion of fibrillar interfaces

Herbert Hui (Cornell University, Ithaka)

Chair: Karin Jacobs

09:30 a.m. Talk

Christine Ortiz (M.I.T. Cambridge)

10:30 a.m. *Coffee Break*

11:00 a.m. Boundary lubrication of articular cartilage

Tannin Schmidt (University of California, San Diego)

12:00 a.m. Final Remarks

12:30 p.m. *Lunch*

End of Symposium

Anlage 2.3: Japanisch-Deutscher Workshop "Entomomimetik", Protokoll

Japanese-German Workshop on Entomomimetics: taking ideas from insects

日独エントモミメチックワークショップ：昆虫から学ぶ



26th September 2006



BIOKON
Bionik-Kompetenz-Netz

Organisers

Dr. Pablo Perez Goodwyn, Laboratory of Insect Ecology, Division of Applied Biosciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto, Japan

Dr. Dagmar Voigt, Evolutionary Biomaterials Group, Department of Thin Films and Biological Systems, Max-Planck Institute for Metals Research, Stuttgart, Germany

Bericht zum Japanisch-Deutschen Workshop "Entomomimetics: taking ideas from insects", 26.09.06 in MPI für Metallforschung, Stuttgart

Am 26. September 2006 fand im Max-Planck-Institut für Metallforschung im Rahmen der internen und externen Netzwerkarbeit des B/OKON-Standortes Stuttgart ein Japanisch-Deutscher Workshop zum Thema Entomomimetik statt.

Einführend gab Dr. S. N. Gorb einen Überblick über die Aktivitäten des B/OKON, der Max-Planck-Gesellschaft und die Expertise der Evolutionary Biomaterials Group (www.flyfoot.de). Professor Dr. K. Fujisaki von der Graduate School of Agriculture der Universität Kyoto sprach als Programmleiter der japanischen Vertretung über „Innovative Food and Environmental Studies pioneered by Entomomimetic Sciences“ als ein Förder- und Forschungsschwerpunkt des 21st COE-Programms der Japanischen Gesellschaft für Wissenschaftsförderung (www.21coe-insect.kais.kyoto-u.ac.jp/eng/index2.html), womit die Workshop-Reise der japanischen Gäste finanziert wurde. Das Forschungsprogramm der Universität Kyoto zielt auf die herausragenden Leistungen der erfolgreichsten und artenreichsten Tiergruppe der Welt, die Insekten. Ihre überlegene Anpassungsfähigkeit an Umweltbedingungen, ihre fein entwickelten Kommunikationssysteme sowie ihr ausgeklügeltes Design und ihre raffinierten Funktionsmechanismen bieten ein großes Forschungspotenzial und Modelle für die Lösung menschlich-technischer Probleme, insbesondere den Agrarsektor betreffend.

Während der zehnstündigen Veranstaltung stellten 15 Wissenschaftler (Abb. 3) ein breites Spektrum von Forschungsprojekten beider Teilnehmerstaaten vor. Die Inhalte umfassten grundlagenorientierte Ansätze zum Orientierungs- und Navigationsverhalten, der funktionellen Morphologie, der Fortbewegung und Haftung von Insekten, innovative Forschungstechnik und –apparaturen mit spezieller Eignung für die Mikro-, Nanostrukturen und –mechanismen von Insekten, bis hin zu umsetzungsnahen Ansätzen bezüglich Flügelfaltung und

Insektenlaufrobotern (vgl. Zusammenstellung der Abstracts in den Anlagen). Wobei Umsetzungsaspekte künftig stärker forciert werden sollten.

Gemeinsame Berührungspunkte bestehen insbesondere hinsichtlich der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Insektenhaftung und -lokomotion, diesbezüglich auch die Biomechanik von Insekten-Pflanzen-Interaktion, deren Grundlagen, Funktion und Biomimetik betreffend. Unter diesem Gesichtspunkt wird die Zusammenarbeit vertieft werden. So werden noch im Jahr 2006 ein dreiwöchiger und dreimonatiger Forschungsaufenthalt von 2 Mitgliedern der Evolutionary Biomaterials Group an der Universität Kyoto und am Nationalen Institut für Materialforschung in Tsukuba mit japanischer Finanzierung realisiert. Darüber hinaus nutzten die japanischen Gäste den *B/OKON*-Standort Stuttgart als Dreh- und Angelpunkt knüpften weitere Kontakte mit deutschen Institutionen (z. B. Universität Hohenheim, Stuttgart), die auch den *B/OKON*-Standort Stuttgart stärker vernetzen und ferner im agrarwissenschaftlichen Sektor etablieren.



Abb. 3: Teilnehmer des Japanisch-Deutschen Workshops "Entomomimetik"

Danksagung/Acknowledgements: Victoria Kastner & Sylvia Deiss, Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie, Tübingen, Germany; Cornelia Miksch, Evolutionary Biomaterials Group, Abteilung Dünnschicht- und Bio-Systeme, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Germany

Anlage 2.4: Flyer zum Workshop im Rahmen Der DTI Global Watch Mission Visit

Location

MPI for Metals Research, Stuttgart
Heisenbergstraße 03, D-70569
Stuttgart, Germany,
Room 4Q1

Online map

<http://www.mf.mpg.de/en/kontakt/index.html>

Contact

Dr. Dagmar Voigt,
Evolutionary Biomaterials Group, Dept. of Thin-
Films and Biological Systems, MPI for Metals
Research, Heisenbergstraße 03, 70563
Stuttgart, Germany, Tel. +49 711 6893456,
voigt@mf.mpg.de.

Objective

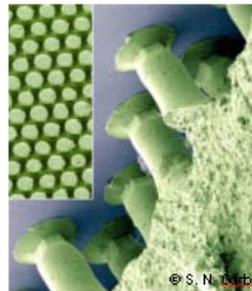
To share in a series of informal session
the latest thinking and application of
Biomimetics

Funding

BIONIKON, Federal Ministry for Education
and Research

DTI (Department of Trade
& Industry, UK)
Global Watch Missions Visit

Biomimetics – Strategies for Product Design Inspired by Nature



17th January 2007



Agenda

- 8:45 Meeting at the entrance of MPI
for Metals Research,
Heisenbergstraße 03
- 9:00 Welcome and introduction
PD Dr. S. N. Gorb, Evolutionary
Biomaterials Group, Dept. of
Thin-Films and Biological
Systems, MPI Stuttgart,
Germany
- 9:20 Introduction about the Mission
Phil Richardson, Thoughtcrew,
UK
- 9:40 Biological Materials and
Biomimetics: Development of a
Biomimetic Design Guide
Dr. Ulrike Wegst, Dept. of Thin-
Films and Biological Systems,
MPI Stuttgart, Germany
- 10:00 coffee break
- 10:15 The Institute of Materials – what
members want
Brian Knott, Institute of
Materials

- 10:35 Surface related effects in biology
PD Dr. S. N. Gorb, Evolutionary
Biomaterials Group, Dept. of Thin-Films
and Biological Systems, MPI Stuttgart,
Germany
- 10:55 Plants as concept generators for
innovative biomimetic structures and
materials
Dr. Tom Masselter, Plant
Biomechanics Group, University of
Freiburg, Germany
- 11:15 Biomimetics: Added Benefits for
Consumer Products?
Matthias Gester, Gillette (P&G), UK
- 11:35 From the perspective of product design
what are some of nature's
achievements that we wish we could
emulate in product design?
Geoff Hollington, Hollington, UK
- 11:55 Lunch
- 13:00 Lab tour
- 14:00 – 16:00 Discussion
Room 4Q1

Mission Group from UK

- Julian Vincent, University of Bath
- Marin Kemp, PERA
- Matthias Gester, Gillette
- Brian Knott, Institute of Materials, Minerals and
Mining
- Patrik Poitevin, CDSi, Creative Outsourcing
Solutions International Ltd
- Johannes Schampel, ColecoCCL
- Bernd Albrecht, Masterfoods
- Geoff Hollington, Design Consultant
- Cathy Barnes, University of Leeds, Faraday
Packaging Partnership
- Phil Richardson, Thoughtcrew Ltd (DTI Mission
Coordinator)

German Participants

- Stanislav N. Gorb, Evolutionary Biomaterials
Group, Dept. of Thin-Films and Biological
Systems, MPI Stuttgart
- Ulrike Wegst, Dept. of Thin-Dept. of Thin-Films
and Biological Systems, MPI Stuttgart

- Tom Masselter, Plant Biomechanics Group,
University of Freiburg, Germany
- Elena Gorb, Evolutionary Biomaterials Group,
Dept. of Thin-Films and Biological Systems, MPI
Stuttgart
- Dagmar Voigt, Evolutionary Biomaterials Group,
Dept. of Thin-Films and Biological Systems, MPI
Stuttgart
- Cornelia Misch, Evolutionary Biomaterials
Group, Dept. of Thin-Films and Biological
Systems, MPI Stuttgart
- Daniel Zurek, Evolutionary Biomaterials Group,
Dept. of Thin-Films and Biological Systems, MPI
Stuttgart
- Ruben Berthé, Evolutionary Biomaterials Group,
Dept. of Thin-Films and Biological Systems, MPI
Stuttgart

Anlage 3: Wissenschaftlicher Austausch am *BIOKON*-Standort Stuttgart

Gastreferenten und –wissenschaftler (unterstrichen: *BIOKON*-Mitglieder)

2004

DR. CHRISTOPHER C. AUSTIN, Assistant Curator of Herpetology & Adjunct Assistant Professor of Biology Museum of Natural Science, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA

DR. WILLIAM JON BARNES, Senior Lecturer, Institute of Biomedical and Life Sciences, Environmental and Evolutionary Biology, University of Glasgow, Großbritannien

DR. ALEXEI VLADIMIROVICH GUMOVSKY, Institute of Zoology of National Ukrainian Academy of Sciences, Kiev, Ukraine

DR. NAOE HOSODA, National Institute for Materials Science, Ecomaterials Center, Eco-Device Group, Ibaraki, Japan

FA. OVD KINEGRAM, Zug, Schweiz

DR. NATALJA MATUSCHKINA, KNU, Fac. Biology, Dep. Zoology, National Taras Shevchenko University of Kyiv, Kiev, Ukraine

FA. RECTICEL, Brüssel, Belgien

MAG. CLEMENS SCHABER, Abteilung Neurobiologie, Institut für Zoologie, Universität Wien

PD DR. HELMUT SCHMITZ, Arbeitsgruppe Schmitz „Thermo- und Infrarotsensorik bei Insekten“, Institut für Zoologie, Universität Bonn

SCHUNK GMBH & Co. KG, Lauffen/Neckar

2005

MGR. KATARZYNA ADAMUS, Institute of Environmental Sciences, Department of Hydrobiology, The Jagiellonian University, Kraków, Poland

DR. HENDRIK BARGEL, Institut für Botanik, TU Dresden; *BIOKON*-Standort Dresden

PROF. W. J. P. BARNES, Faculty of Science, Dept. Environmental and Evolutionary Biology University of Glasgow, UK

DR. JEAN-LUC BOEVÉ, Département d'Entomologie, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Bruxelles, Belgien

PROF. JOHN BOTSIS, Laboratory of Applied Mechanics and Reliability, Analysis, School of Engineering, École Polytechnique, Fédéral de Lausanne (EPFL), Lausanne, Schweiz

ASSOCIATE PROF. ERIC CHASON, Materials Sciences, Brown University, Warren, Rhode Island, USA

DR. PATRICK FLAMMANG und DIPL. BIOL. ROMANA SANTOS, Académie Universitaire Wallonie-Bruxelles, Université de Mons-Hainaut, Laboratoire de Biologie marine, Belgien

DR. FRIEDERIKE GALLMÜLLER, Kompetenznetz Biomimetik, Botanischer Garten, Universität Freiburg; *BIOKON*-Standort Freiburg

PROF. DR. WERNER GNATZY, Zoologisches Institut, Arbeitskreis Neuroethologie, J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main

DR. PABLO PEREZ GOODWYN, Laboratory of Insect Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Japan

PD DOZ. DR. KLAUS HAAS, Arbeitsgebiet Systematik & Phytochemie, Insitut für Botanik, Universität Hohenheim, Stuttgart

DR. NAOE HOSODA, National Institute for Materials Science, Ecomaterials Center, Eco-Device Group, Ibaraki, Japan

PROF. XIN JIANG, Institute of Materials Engineering, Universität Siegen

MGR. BARTOSZ J. PŁACHNO, Institute of Botany, Dept. of Plant Cytology and Embryology und

PROF. DR. ROGER QUINN und KATHRYN DALTORIO, Biologically inspired robotics laboratory, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA

PD DR. A. ROTH-NEBELSICK, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen

PROF. DR. C. NEINHUIS, Institut für Botanik der TU Dresden

DR. NICK ROWE, Botanique et Bioinformatique de l'Architecture des Plantes, Universität Montpellier, Frankreich

MAG. CLEMENS SCHABER, Arachnologue, Neurobiologe, Abteilung Neurobiologie, Institut für Zoologie, Universität Wien

PD DR. HELMUT SCHMITZ, Arbeitsgruppe Schmitz „Thermo- und Infrarotsensorik bei Insekten“, Institut für Zoologie, Universität Bonn („Waldbranddetektion mit Käferinfrarotsensoren“); *BIOKON*-Standort Bonn

DR. ERDMANN SPIECKER, Mikrostrukturanalytik, Technische Fak., Universität Kiel

DIPL.-BIOL. TINA STEINBRECHER, Kompetenznetz Biomimetik, Botanischer Garten, Universität Freiburg; *BIOKON*-Standort Freiburg

PROF. DR. ADAM SUMMERS und MASON DEAN, Ecology & Evolutionary Biology, University of California, Irvine, USA

PROF. JULIAN F. V. VINCENT, Centre for Biomimetics and Natural Technologies, Dept. of Mechanical Engineering, University of Bath, UK

PROF. DR. URS WYSS, Entofilm, Institute of Phytopathology, Christian Albrecht University Kiel (“The plant: a battle field for insects”/wissenschaftliche Video-dokumentation)

PROF. PHD, DSC MENG ZYGMUNT RYMUZA, Dept. of Mechatronics, Institute of Micromechanics and Photonics, Warsaw University of Technology, Laboratory of Micro/nanotribology and nanomechanics of ultrathin films, MEMS materials and components, Tribology of miniature systems, Warschau, Polen

PROF. DR. ALEXANDER STEINBRECHT A. D., Verhaltensphysiologe, ehem. MPI für Verhaltensbiologie, München

2006

BEATE AÉ-KARGUTH UND RONALD BELLSTEDT, Stiftung Schloss Friedenstein Gotha, Museum der Natur, Gotha
GISELA BAUMANN, Kompetenznetz Biomimetik, Botanischer Garten, Universität Freiburg; B/OKON-Standort Freiburg

DIETER BENZ, Firma Fink-beine, Deutschland

PROF. DR. O. BETZ, Abteilung für Evolutionsbiologie der Invertebraten, Universität Tübingen

PROF. AL CROSBY, Department of Polymer Science and Engineering, Conte Research Center, University of Massachusetts, Amherst, USA

KATHRYN DALTORIO, Biologically inspired robotics laboratory, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA

DR. RIVKA ELBAUM, Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Biomaterials, Potsdam, Deutschland

DR. PATRICK FLAMMANG, Académie Universitaire Wallonie-Bruxelles, Université de Mons-Hainaut, Laboratoire de Biologie marine, Belgien

PROF. PETER FROMHERZ, Abt. Membran- und Neurophysik, Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried

PROF. DR. WERNER GNATZY, Zoologisches Institut, Arbeitskreis Neuroethologie, J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main

SILKO GRIMM, MARKUS GEUSS, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle

DR. MATTHIAS HAAG, Entwicklungsabteilung, SCHUNK GmbH & Co. KG, Lauffen/Neckar, Deutschland

PROF. DR. HUGO HÄMMERLE UND KOLLEGEN, NMI Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität, Reutlingen, Deutschland

RALF HELBIG, Institut für Botanik der TU Dresden, Deutschland

DR. NAOE HOSODA, National Institute for Materials Science, Ecomaterials Center, Eco-Device Group, Ibaraki, Japan

AO. UNIV.- PROF. MAG. DR. HARALD, KRENN, Fakultät Lebenswissenschaften, Abt. Evolutionsbiologie, Universität Wien, Österreich

DR.-ING. K. LIEFEITH, Leiter Fachbereich Biowerkstoffe, Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V., Heilbad Heiligenstadt, Deutschland

DIPL.-BIOL. ANDREW MARTIN, Hochschule Bremen, Internationaler Studiengang Bionik (ISB)

DR. SENTA NIEDEREGGER, Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Jena

BIRGIT ÖLSCHLÄGEL UND PROF. DR. C. NEINHUIS, Institut für Botanik der TU Dresden

DR. MATHIS RIEHLE, Centre for Cell Engineering, University of Glasgow, UK

THOMAS STEGMEIER, ITV Denkendorf/Stuttgart

DR. KAVAPATTI LAKSHMI NARAYANA MOORTHY SUNDAR, Global-Technical Advisor, Brake Friction Material Composite, Mintye Industries BHD, Melaka, Malaysia

CARL V. THOMPSON STAVROS SALAPATAS, Professor of Materials Science & Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Department of Materials Science & Engineering, Cambridge, Massachusetts, USA

DR.-ING. JURI TSCHERNJAEW, Funktionalisierte Feststoffe, Degussa AG, Hanau

DR. JOCHEN WIRSCHING UND JÖRG DUNKEL, Freudenberg Haushaltsprodukte KG, Corporate Technical Centre, Weinheim

PROFESSOR DR. DIETER WITTMANN, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Universität Bonn, Deutschland

PROF. DR. HARALD WOLF, Abt. Neurobiologie, Universität Ulm

PROF. DR. URS WYSS, ENTOFILM, Institute of Phytopathology, Christian Albrecht University Kiel

CORDT ZOLLFRANK, OLIVER FRANKE, KARSTEN DURST, KOLJA GELSE & MATHIAS GÖKEN, Institut für Werkstoffwissenschaften, Universität Erlangen

2007

PROF. DR. O. BETZ & DIPL.-BIOL. L. KÖRNER, Abteilung für Evolutionsbiologie der Invertebraten, Universität Tübingen, Deutschland

PROF. BARATH BUSHAN, Scott Laboratory, Mechanical Engineering, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA

MANOJ K. CHAUDHURY, PROF. FRANKLIN J. HOWES JR., Department of Chemical Engineering, Lehigh University, Bethlehem, PA, USA

DR. KENZO FUKUMORI, Organic Materials Research Lab., Materials Dept., Toyota Central R&D Labs., Inc., Nagakute, Aichi, Japan

PROF. DR. RANJAN GANGULI, Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore, Indien

SILKO GRIMM, MARKUS GEUSS, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle

NICHOLAS GLASSMAKER, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Cornell University, Ithaca, NY, USA

PROF. ZHIBIN GUAN, Department of Chemistry, Natural Sciences II, University of California, Irvine, CA, USA

DR. NAOE HOSODA, National Institute for Materials Science, Ecomaterials Center, Eco-Device Group, Ibaraki, Japan

BENOÎT LADOUX, Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, CNRS UMR7057, Université Paris

DIPL.-ING. JOHANNES LÖRCHER, Scolomatic GmbH, Systeme für Montage und Automatisierungstechnik, Jungingen

KLAUS REINHARDT UND EWAN HARNEY, Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield, England

DR. NORIO SATO, Executive Advisory Group, Advanced Technology, Research & Development, Toyota Motor Europe NV/SA, Zaventem, Belgien

MANFRED SCHNEIDER, Ingenieur Büro, Bössingen

BERND SPÄTH, Technologietransfer, Rechteverwertung, Eilhofen

DR. WANG, MPI für Mikrostrukturphysik, Halle

DR. GUIDO WESTHOFF, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Zoologie

PROF. CLAUD ZEBITZ, **DR. ERLINDA VASQUEZ**, **LORIS ALBITAR**, **DOROTHEE LÜKEN**, Fachgebiet Angewandte Entomologie, Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Stuttgart