

Neues Denken.  Neue Materialien.

INM 



► **BIOINSPIRIERTE HAFTSYSTEME NACH DEM VORBILD DES GECKOS**

Joachim Blau
7. Tagung „Feinwerktechnische Konstruktion“, Dresden, November 2013

► **ÜBERSICHT**

INM 

- Vorstellung des INM
- Haftsyste me in der Natur
- Physikalischer Hintergrund der Gecko-Adhäsion
- Künstliche Geckostrukturen
- Prototyp für Roboter mit Gecko-Adhäsion
- Perspektiven für bioinspirierte Haftsyste me

Bioinspirierte Haftsyste me nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

► DAS INM AUF EINEN BLICK



Neue Materialien für heute, morgen und übermorgen

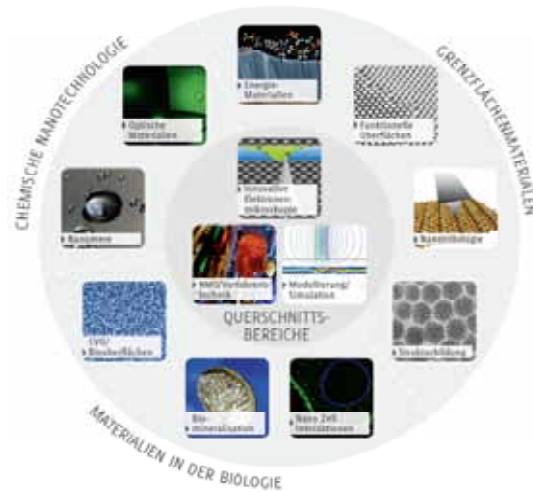
- Erforschung und Entwicklung von neuen, funktionellen Materialien, Strukturen und Oberflächen
- Multidisziplinär: Chemiker, Physiker, Biologen, Materialwissenschaftler und Ingenieure
- Vom Molekül zur Pilotfertigung
- Wissenschaftlicher Partner für nationale und internationale Institute und Unternehmen



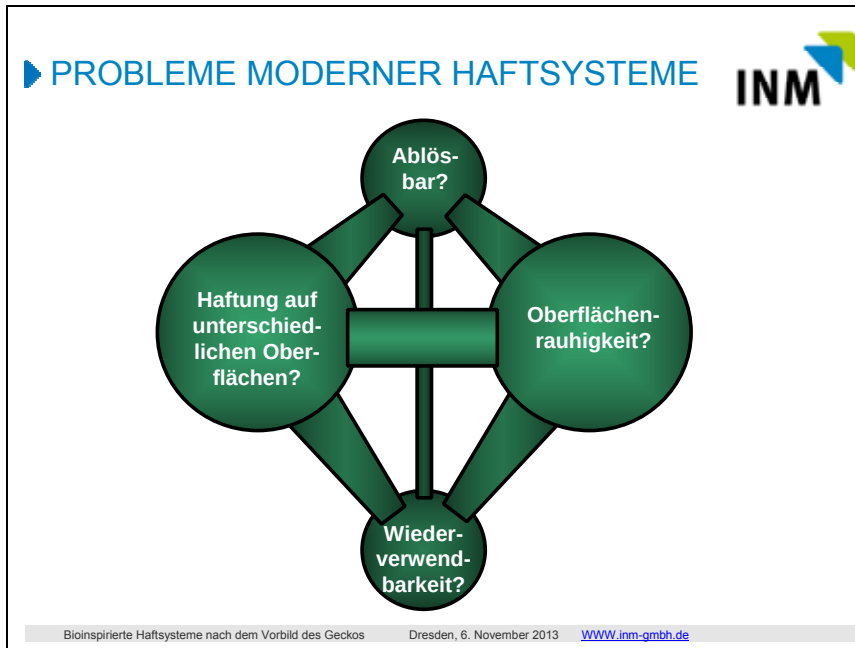
Zahlen und Fakten

- Gegründet 1987, Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft seit 1999
- Mitarbeiter: 190, davon 60 Wissenschaftler und 20 Doktoranden
- Standort: Saarbrücken

► DAS INM AUF EINEN BLICK



Folie 5



Die Forderungen industrieller Anwender an Haftsysteme sind vielfältig und keines der aktuell am Markt verfügbaren Systeme kann alle diese Anforderungen erfüllen.

Folie 6



Einige der aus der Natur bekannten Haftsysteme werden auch in technischen Anwendungen genutzt.

Folie 7

► HAFTSYSTEME IN DER NATUR



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

Der Gecko hat ein anderes Prinzip der Haftung perfektioniert, die „trockene Adhäsion“.
Trotz der beeindruckenden Leistungsfähigkeit dieses Prinzips, kommt es kaum in technischen Anwendungen vor.
Der Gecko kann mühelos an Glatten Flächen haften.

Folie 8

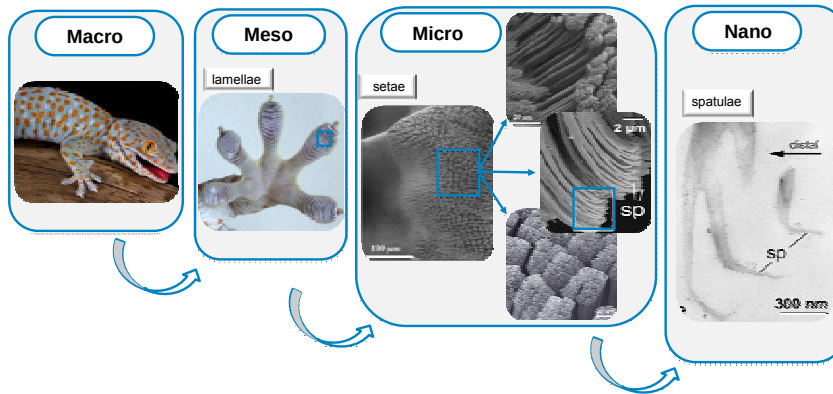
► HAFTSYSTEME IN DER NATUR



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

Und kommt auf den unterschiedlichsten Untergründen problemlos zurecht.

► GECKO HAFTSYSTEM - HIERARCHIE



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

Bei der genauen Betrachtung der Zehen eines Geckos sieht man mit dem bloßen Auge die sogenannten „Lamellae“. Unter dem Mikroskop erkennt man dass sie eine weitere Feinstruktur aufweisen die an feine Härchen erinnert, die „Setae“. Die „Setae“ verästeln sich an ihren Enden zu den „Spatulae“, deren Enden flächig ausgeformt sind. Diese flächigen Enden spielen eine wichtige Rolle bei der Haftung.

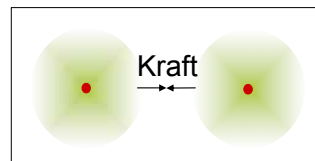
► URSPRUNG DER TROCKENEN HAFTUNG



Johannes D. van der Waals
(1837-1923)



Nobelpreis für Physik 1910
Arbeiten zu molekularen Wechselwirkungen



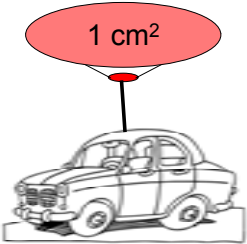
Kraft mit kurzer Reichweite
zwischen allen Molekülen

Die Kräfte der trockenen Haftung entdeckte und beschrieb Johannes Diderik van der Waals. Daraus resultierte, dass man diesen Effekt auch nach ihm benannte, darum sprechen wir von den „Van der Waals Kräften“. Die „Van der Waals Kräfte“ wirken nur über sehr geringe Distanzen und nehmen mit $1/r^6$ ab.

Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

► **WIE STARK SIND VAN-DER-WAALS-KRÄFTE?** 

Theoretische
Haftkraft
Van der Waals



ca. 1000 kg

Theoretische
Haftkraft
eines Geckos

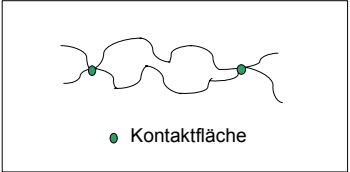


ca. 150 kg

Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

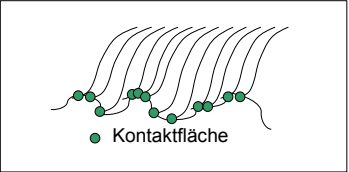
► **WIE FUNKTIONIERT GECKO ADHÄSION?** 

Zwei starre Körper in Kontakt



Sehr geringe Kontaktfläche

Gecko-Haftsystem

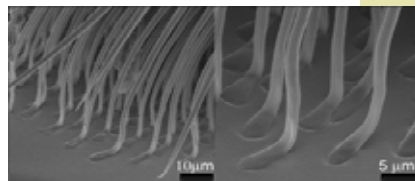


Hohe Kontaktfläche

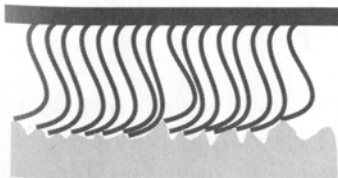
Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. Oktober 2013 www.inm-gmbh.de

▶ DER GECKO-TRICK BEIM HAFTEN...

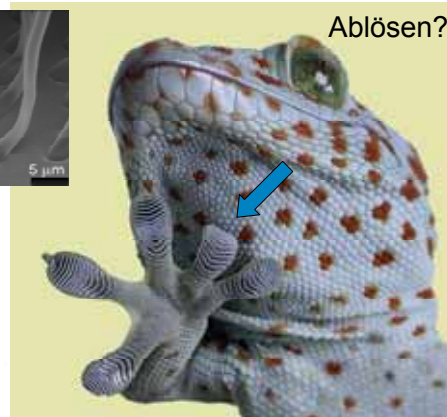
INM



Ablösen?



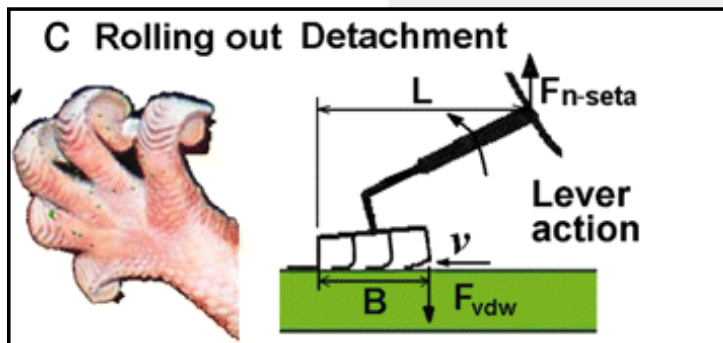
Gorb, 2001



Neues Denken. Neue Materialien.

...DER GECKO-TRICK BEIM ABLÖSEN

INM

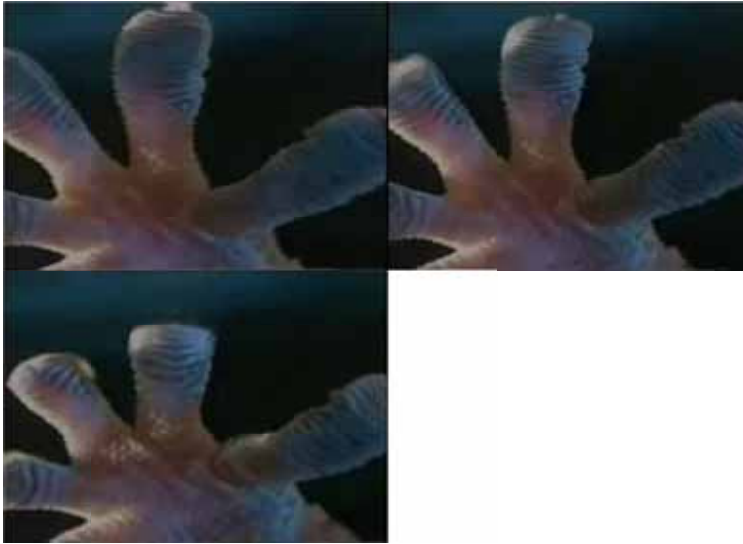


Yu Tian, 2006

Die Setae können wegen ihrer massiveren Dimension als Hebel fungieren und mit dem wirkenden Moment so große Spannungen an den Kanten der Spatulaekontaktfläche erzeugen, dass es zum Aufreißen des Kontaktes kommt. Mit dem Aufrollen der Zehen löst sich der Gecko aus den zahlreichen Kontakten.

Einzel-
bilder

Film
Folie 14

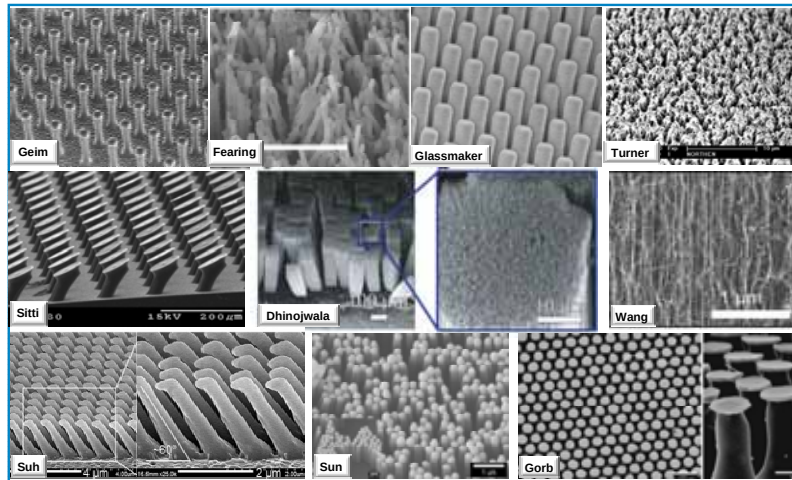


In dieser Bildfolge sieht man die Aufrollbewegung der Zehen des Geckos.
Diese Bewegung wird bis zu 8-mal pro Sekunde ausgeführt.

Folie 15

SCHLUSS MIT NATUR
WEITER MIT TECHNIK

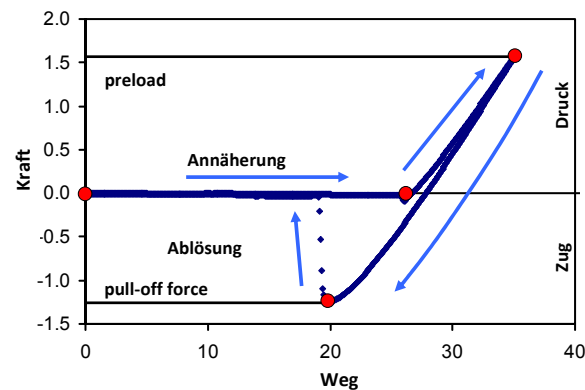
UNTERSCHIEDLICHE GECKOSTRUKTUREN



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. November 2013 www.inm-gmbh.de

Hier sehen Sie eine Auswahl von technischen Haftstrukturen verschiedener Arbeitsgruppen auf diesem Gebiet.

ADHÄSIONSMESSUNGEN



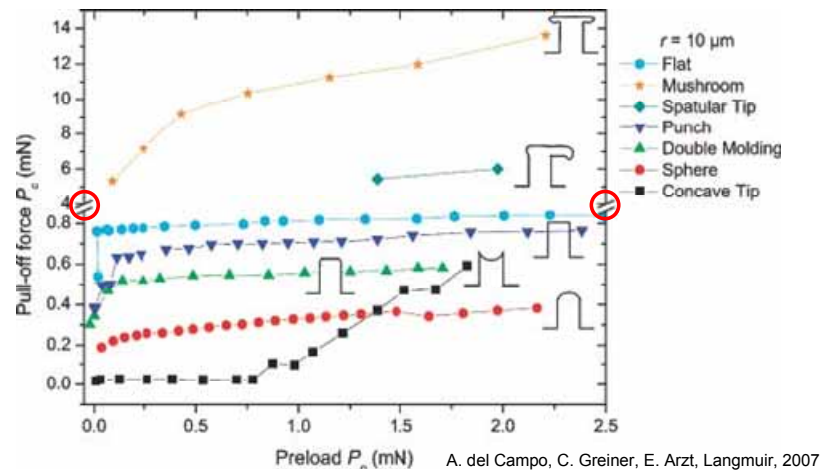
Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos Dresden, 6. Oktober 2013 www.inm-gmbh.de

Adhäsionsmessungen werden folgendermaßen durchgeführt:

- Annähern des an einer Messfeder montierten Prüfkörpers an die Teststruktur.
- Beim Kontakt kommt es zu dem sogenannten „Snap-In“, wenn die „Van der Waals-Kräfte“ den Prüfkörper zu sich hin ziehen.
- Die Kraft wird weiter erhöht, worauf der Prüfkörper in die Struktur eingedrückt wird, und die Kontaktfläche erhöht wird. Diese Kraft wird „Preload“ genannt.
- Nun wird die Bewegungsrichtung umgekehrt und der Prüfkörper von der Haftstruktur weggezogen. Die Kraft, bei der sich der Prüfkörper löst, ist die „Pull-off-Force“.

▶ OPTIMIERUNG DER HAFTUNG

INM



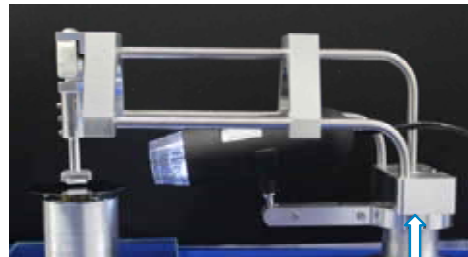
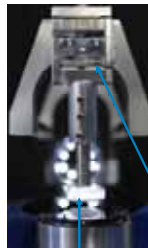
Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

Dresden, 6. Oktober 2013

www.inm-gmbh.de

▶ PROTOTYP MESSEDEMONSTRATOR

INM



DMS – Kraftsensor 10 N
 Gecomer® – Struktur
 Elektrohubzylinder



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

Dresden, 6. Oktober 2013

www.inm-gmbh.de

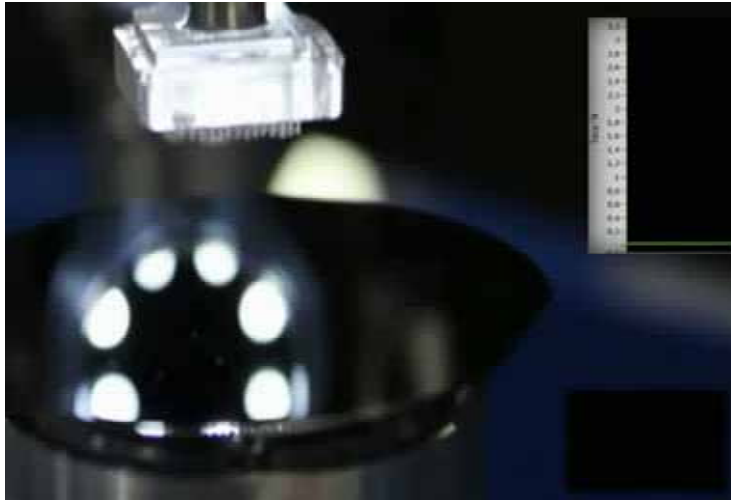
Bei der Konstruktion des Demonstrators hatte ich nur einen geringen Zeitrahmen zur Verfügung. Folglich realisierte ich den Entwurf mit käuflichen Komponenten, kurzer Lieferzeit. Trotz des einfachen Entwurfs arbeitet das Gerät mit der selben Haftstruktur schon seit ca. 55000 Zyklen einwandfrei. Gerät und Haftstruktur haben unsere Erwartungen deutlich übertroffen.

Funktion:

Die Haftstruktur wird über den Elektrozyylinder nach unten bewegt. Die Kontaktkraft (ca. 1N) wird vom Kraftsensor gemessen und an die Steuerung übermittelt, die nun die Richtung des Elektrozyinders auf Heben umstellt. Der Wafer hängt an der Haftstruktur und wird angehoben. Am oberen Endscharter wird der Elektrozyylinder wieder auf Senken umgestellt. Zum Ablösen fährt der Motor so weit herunter, bis die Kraft auf 3N angestiegen ist. Darauf hin schaltet die Steuerung wieder auf Heben, die Struktur wird ohne Wafer angehoben und der Zyklus beginnt von neuen.

Folie 20

► PROTOTYP KÜNSTLICHE HAFTSYSTEME



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

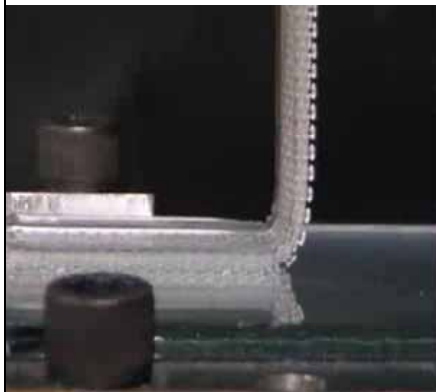
Dresden, 6. Oktober 2013

www.inm-gmbh.de

Hier sehen Sie die Übersichtaufnahme des Prozesses, sowie den Kraftverlauf über die Zeit, mit einer Einblendung des Ablösevorgangs in hoher Vergrößerung.
Die Struktursäulen haben einen Durchmesser von 400µm.

Folie 21

► VORTEILE DES SCHALTbaren GECKO-SYSTEMS



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

Dresden, 6. Oktober 2013

WWW.inm-gmbh.de

Dass eine wesentliche Schwierigkeit im kontrollierten Abschalten der Gekohaftung liegt, sehen Sie im Vergleich dieser beiden Videos.
Links eine Struktur ohne Schaltverhalten.
Rechts die schaltbare Geckostruktur.

▶ VORTEILE DES SCHALTbaren GECKO-SYSTEMS

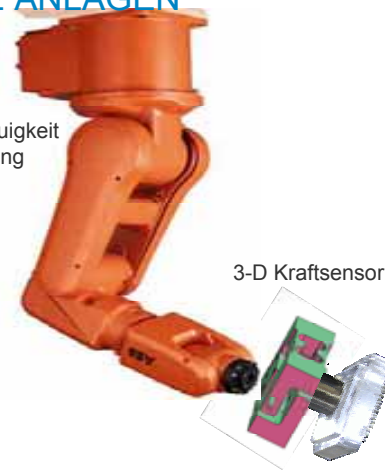


- ▶ Einsatz auf verschiedenen Materialien möglich
- ▶ Adhäsion auch im Vakuum
- ▶ Flächige Druckverteilung
- ▶ Weicher Kontakt für kratzempfindliche Bauteile
- ▶ Definierter Ablöseprozess
- ▶ Rückstandsfreie Ablösung
- ▶ Kein zusätzlicher Aktuator für den Greif- bzw. Ablöseprozess notwendig

▶ OUTLOOK: INTEGRATION IN INDUSTRIELLE ANLAGEN



Roboter mit 0,01 mm Genauigkeit
Kraftgeregelte Bahnsteuerung

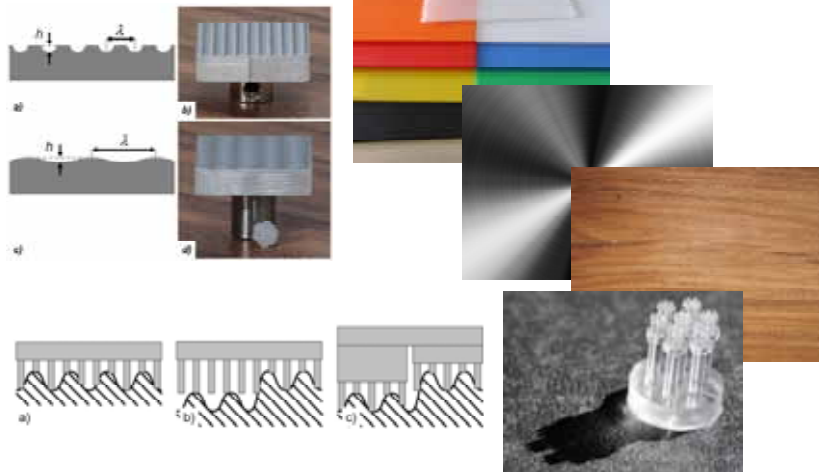


3-D Kraftsensor mit Struktur

Hier sehen Sie, womit wir uns in nächster Zeit befassen werden. Die gezeigten Komponenten sind bereits beschafft und müssen nur noch in einen Versuchsaufbau integriert werden. Mit dem 6-Achs-Roboter können wir viele, in unterschiedlichen Anwendungen vorkommenden Bewegungen darstellen und damit Strukturen sowie Bewegungsabläufe optimieren. Wegen des eingesetzten serienmäßigen Industrieroboters, erwarten wir eine große Kundenaufmerksamkeit aus der Industrie.

▶ OUTLOOK: STRUKTUREN FÜR RAUE OBERFLÄCHEN

INM



Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

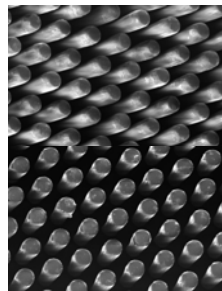
Dresden, 6. November 2013

www.inm-gmbh.de

Eine Forderung, die immer wieder an uns herangetragen wird. Wir arbeiten an Lösungen die hohe Haftungen auf rauen und welligen Oberflächen haben.

▶ OUTLOOK: WEITERE FORSCHUNGSRICHTUNGEN

INM



Schaltbare Haftung
Form-Gedächtnis
Polymere

Reddy et al.



Medizintechnik
Flicken von
Trommelfellen

Kaiser et al.



Massenproduktion
Kostengünstige Herstell-
ung in großem Maßstab

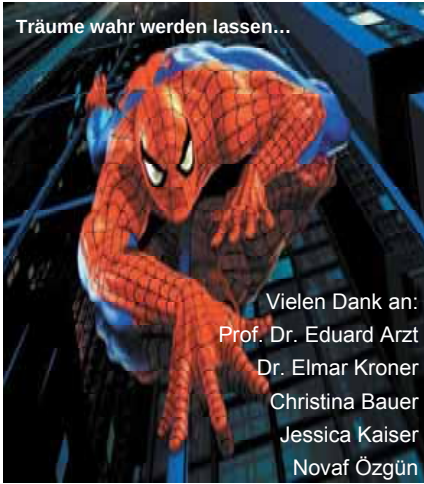
Oliveira et al.

Bioinspirierte Haftsysteme nach dem Vorbild des Geckos

Dresden, 6. November 2013

www.inm-gmbh.de

Neues Denken.  Neue Materialien.

 Träume wahr werden lassen...

Vielen Dank an:
Prof. Dr. Eduard Arzt
Dr. Elmar Kroner
Christina Bauer
Jessica Kaiser
Novaf Özgün

Funding: DFG SPP 1420

INM

► **VIELEN DANK FÜR
IHRE
AUFMERKSAMKEIT**

Joachim Blau

INM – Leibniz-Institut
für Neue Materialien gGmbH
Campus D2 2
66123 Saarbrücken
Telefon: 0681-9300-331
Fax: 0681-9300-223
Joachim.blau@inm-gmbh.de
www.inm-gmbh.de