

Polymeroberflächen mit minimierter Reibung oder anisotropen Reibungseigenschaften

Konsortialführer

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)
 Prof. Dr. Stanislav N. Gorb
 Am Botanischen Garten 1–9, D-24098 Kiel
 sgorb@zoologie.uni-kiel.de
 fon: +49-431/880-4513, fax: +49-431/880-1389
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)
 Prof. Dr. Stanislav N. Gorb

Projektpartner

Friedrich-Wilhelms Universität Bonn (FWU)
 Leonard Kurz Group Stiftung & Co KG
 Prof. Dr. Horst Bleckmann
 Dr. Achim Hansen
 Friedrich-Wilhelms Universität Bonn (FWU)
 Leonard Kurz Group Stiftung & Co KG

Projektteam

Martina Benz, Maik Dobiey, Marie-Christin Klein, Tobias Kohl, Dr. Guido Westhoff

Einleitung

Ziel des Forschungsvorhabens sind technische Oberflächen, die ohne Verwendung von Schmierstoffen Reibung und Abrieb verringern. Reptilien besitzen Mikro- und Nanostrukturen auf ihrer Haut, welche Reibung reduzieren können. In dem Projekt wird der Versuch unternommen, von Reptilien inspirierte biomimetische Reibungsmaterialien zu entwickeln. Um einen Einblick in das komplexe Zusammenspiel physikalischer Kräfte bei der Fortbewegung eines extremitätenlosen Tieres wie der Schlange zu bekommen, werden Experimente sowohl an lebenden Schlangen wie auch an deren Exuvien durchgeführt. Die Einflüsse der Mikrostruktur auf der Ebene einzelner Schuppen werden an der CAU Kiel, die makroskopischen Einflüsse der gesamten ventralen Körperseite der Schlangen an der FWU Bonn untersucht. Basierend auf diesen Untersuchungen wurden bereits erste, von der Mikrostruktur von Schlangen inspirierte künstliche Folien durch die Leonard Kurz Group Stiftung & Co KG hergestellt.

Die Reibungseigenschaften einzelner Schuppen werden mikrotribologisch am Modelorganismus *Lampropeltis getula californiae* – der Kalifornischen Kettennatter – untersucht (Abb.1). In diesem Experiment wurde der Einfluss der Steifigkeit des Reibungssystems auf die Anisotropie der Reibungseigenschaften mit Hilfe des Tetra BasaltMUST (Abb. 2) untersucht. Hierfür wurde die Exuvie hart (auf Glas) und weich (auf Polyvinylsiloxan) gelagert.

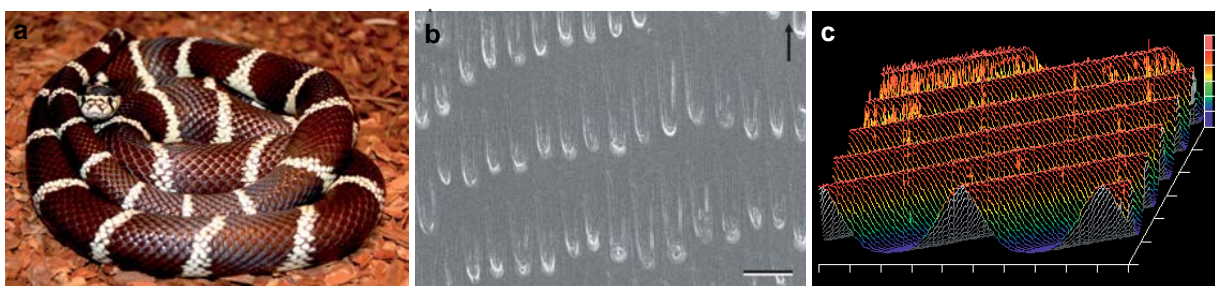


Abb. 1: *L. g. californiae* a) Tier b) REM Aufnahme einer ventralen Schuppe. c) Weislichtinterferometrische Aufnahme (3DAnsicht) einer symmetrischen Wellenstruktur. Pfeil zeigt zum Kopf der Schlange.

Ergebnisse

Die Versuche zeigen, dass sowohl bei weicherer, als auch bei härterer Lagerung die Reibungseigenschaften anisotrop sind. Jedoch ist die Anisotropie je nach Lagerung unterschiedlich ausgeprägt (Abb. 3). Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Steifigkeit des untersuchten Systems enormen Einfluss auf dessen Reibungseigenschaften hat. Durch eine Variation der Steifigkeit kann also der absolute Reibungskoeffizient beeinflusst werden. Des Weiteren lässt sich die Art der Anisotropie über diese Stellschraube des Systems verändern.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Abb. 2: Mikrotribologische Messapparatur Tetra Basalt MUST. Das Kontaktpaar besteht aus einer ventralen Schuppe einer Exuvie sowie einer glatten Glaskugel ($R_a=0,006 \mu\text{m}$, $\square 1\text{mm}$).

Zukünftige Arbeiten

Im Fortlauf des Projektes werden die von der Leonard Kurz Group hergestellten mikrostrukturierten Polymerfolien (Abb. 1c) mit der oben beschriebenen Methode untersucht, so dass deren Reibungseigenschaften mit denen des biologischen Vorbilds verglichen werden können.

Zusätzlich sollen die Materialeigenschaften (Steifigkeit) der beiden verwendeten Lagerungen gemessen werden, um so eine genauere Aussage über die theoretische Kontaktfläche und die Indentierungstiefe (Eindringtiefe der Kugel in die Probe) treffen zu können. Zusätzlich werden durch eine Kontaktwinkelmessung die physiko-chemischen Eigenschaften der biologischen Proben näher untersucht. Aus diesem Ansatz heraus wird versucht das zu untersuchende System besser physikalisch beschreiben zu können. Zusätzlich wird die Anisotropie der Reibungseigenschaften bei weicherer und härterer Lagerung in Abhängigkeit der Substratrauheit (Rauheit der Glaskugel) untersucht.

Nachhaltigkeit

Die Verringerung von Reibung und damit meist einhergehendem Verschleiß hat große ökonomische, wie ökologische Vorteile. Ökonomische Vorteile manifestieren sich in der Reduktion von Materialverschleiß und wartungsbedingten Maschinenstandzeiten. Der verminderte Einsatz von oft umweltschädlichen und in der Herstellung und Entsorgung teuren Schmiermitteln ist ökologisch und ökonomisch positiv zu werten. Durch das Aufbringen der reibungsminimierenden Polymerfolien können Anlagen mit reibungsintensiven Bauteilen nachträglich ressourcenschonend optimiert werden. Durch Reibungsminimierung wird die Energiedissipation in mechanisch beweglichen Systemen verringert und so der Energieverbrauch erniedrigt. Polymerfolien mit anisotropen Reibungseigenschaften können wartungsarm (da aus wenigen mechanisch beweglichen Teile bestehend) z.B. den gerichtete Transport von Objekten in einer Produktionsanlage, nur durch Vibration der Oberfläche ermöglichen.

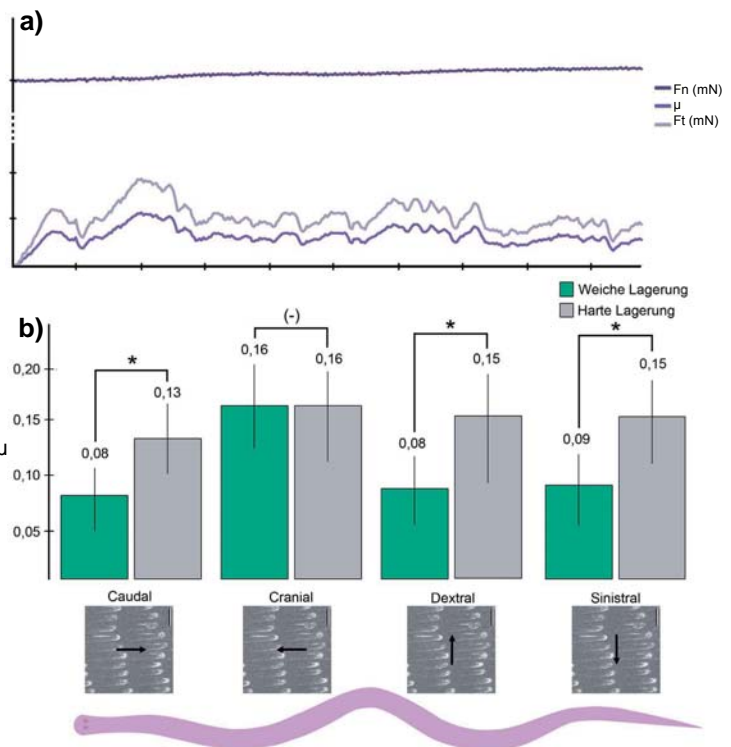


Abb. 3: a) Exemplarische Reibungsmessung auf weich gelagerter Exuvie. b) Ergebnis der Reibungsmessung mit glatter Glaskugel auf verschieden gelagerter Exuvie in vier verschiedene Richtungen. Fn: Normalkraft, Ft: Tangentialkraft, μ : Reibungskoeffizient ($F_t/F_n=\mu$), * $p<0,001$.

Aktuelle Publikationen

M-C. Klein, J. Deuschle, S. Gorb (2010) Material properties of the skin of the Kenyan sand boa *Gongylophis colubrinus* (Squamata, Boidae). *J Comp Physiol A* 196:659–668.

M. Benz, S. Gorb (18. und 19.05.2010) Schlangenhaut als biologisches Vorbild für abriebminimierte Materialien mit anisotropen Reibungseigenschaften. *Bio-inspired Fiber Materials Denkendorfer Symposium - Bionik und faserbasierte Werkstoffe*.

M-C. Klein, G. Westhoff, S. Gorb (17.- 21.09.2010) Sliding friction of the skin of the snake *Gongylophis colubrinus* (Squamata, Boidae). In *103. Annual Meeting: Deutsche Zoologische Gesellschaft*.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung