

## BIOMIMETISCHE OBERFLÄCHEN

## Fettabweisende Fischschuppen

*Läuft Öl auf hoher See aus, nimmt das Gefieder von Wasservögeln Öl auf. Fischschuppen hingegen weisen das Öl ab. Diese Beobachtung inspirierte chinesische Chemiker zu einer Silicium-Oberfläche, die Öl abweist und sich selbst reinigt [1].*

Bekannt ist der Lotus-Effekt: Wasser kann die Oberfläche nicht benetzen und bildet aufgrund der eigenen Oberflächenspannung Kugeln. Wachs oder fluoridierte Chemikalien erhöhen den hydrophoben Effekt; das Wasser perlt ab und reißt Schmutz mit. Bei den Fischschuppen trifft nun eine Oberfläche auf zwei flüssige Phasen, nämlich Öl und Wasser. Da ein feiner Wasserfilm in der Mikrostruktur der Schuppen haftet, perlt das Öl hier ab.

Der Nachbau der Schuppen zeigte, dass sich auf einer trockenen Oberfläche das Öl verteilt und einen Film bildet. Auf einer nassen Oberfläche bildet das Öl jedoch Tropfen. Im Drei-Phasen-System Öl/Wasser/Feststoff verhält sich die Oberfläche damit oleophob. Der Begriff der Oleophobie kommt aus der Grenzflächenforschung und bezieht sich auf den

Feststoff. Während eine lipophobe Flüssigkeit meist zugleich hydrophil ist, muss dieser Gegensatz bei Feststoffen nicht gelten, oleophobe Oberflächen sind normalerweise auch hydrophob, nicht hydrophil.

Die Fischschuppen bestehen aus Calciumphosphat, Proteinen und einer dünnen hydrophilen Schleimschicht. Unter dem Mikroskop werden feine Erhebungen, die radial nach außen gehen, sichtbar. Die Oberfläche dieser Mikropapillen ist rau. Die Benetzungseigenschaften der Schuppen hängen von diesen feinen Strukturen ab. Wird Wasser in diesen Strukturen eingeschlossen, bildet sich eine superoleophobe Komposit-Grenzfläche.

Als Materialien für den Nachbau wurden Stoffe gesucht, die an der Luft hydrophil sind. Zunächst kam das Hydrogel Polyacrylamid (PAM)

zum Einsatz, das nicht nur hydrophil ist, sondern auch Wassermoleküle einlagert. Dieses System ähnelt dem Schleim der Fischschuppen. Ein Fischschuppen-Abdruck aus PAM war im wässrigen System superoleophob.

Auf Silicium-Wafern wurden im Folgenden unterschiedlich fein strukturierte künstliche Fischschuppen-Muster geätzt. Der Kontaktwinkel zwischen Öltropfen und fester Oberfläche wird größer, je feiner strukturiert die Oberfläche ist (Abbildung 2).

Auf einer glatten Oberfläche liegt ein Öltropfen flach auf. Wird der Tropfen gehalten und der Wafer nach unten abgezogen, lässt sich die Adhäsionskraft messen. Der Tropfen dehnt sich, bis der Film reißt. Zurück bleibt ein Ölrest auf dem Wafer.

Beim mikrostrukturierten Wafer ragen feine Silicium-Säulen ins flüssige Medium. Wasser füllt die Zwischenräume, sodass der Öltropfen eine geringere Auflagefläche hat. Damit verringert sich die Adhäsion und der Tropfen löst sich ohne Rest vom Wafer. Die Form der Kugel verzerrt sich beim Ablösen kurz zum länglichen Tropfen.

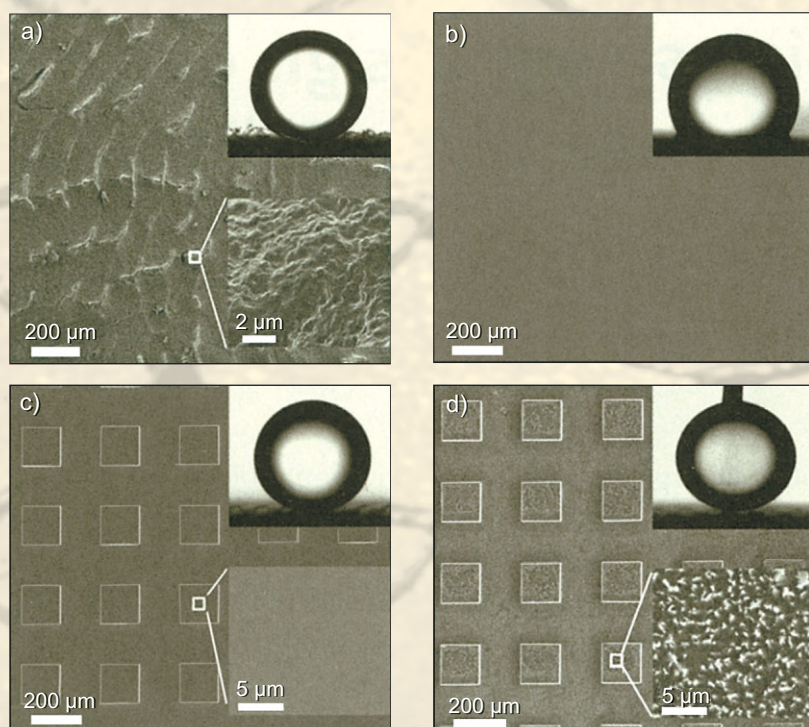
Beim nanostrukturierten Wafer sind die Plateaus der Silicium-Säulen nochmals gefurcht. Die Auflagefläche für das Öl ist nur noch punktuell und der Tropfen löst sich leicht. Je weniger Auflagefläche der Tropfen hat, desto größer wird der Kontaktwinkel, der als Maß für die olephobe Eigenschaft gemessen wird. Analog zum Wasser gelten Winkel oberhalb von  $90^\circ$  als phobe Eigenschaft und oberhalb von  $160^\circ$  als superphobe Eigenschaft. So sind Lotusblätter superhydrophob und Fischschuppen superoleophob.

Im Gegensatz zur Teflon-Pfanne sind Fischschuppen also ohne Fluorid Öl-abweisend. Damit eröffnet sich eine neue Strategie für Grenzflächen mit einer feinen Oberflächenstruktur kombiniert mit einer Öl-abweisenden Flüssigkeit wie hier Wasser.

[1] M. Liu, S. Wang, Z. Wei, Y. Song, L. Jiang, *Adv. Mater.* **2009**, 21, 665–669.

Sylvia Feil, Burgdorf

**Abb. 1, der Hintergrund. Fischschuppen dienen nicht nur den Dachdeckern als Inspiration: auch Materialforscher haben sie als Vorbild für Öl-abweisende Oberflächen entdeckt.**



**Abb. 2 Öltropfen in Wasser auf verschiedenen Oberflächen:**  
a) Polyacrylamid-Film mit Fischschuppenstruktur, b) glatte Silicoberfläche, c) mikrostrukturierte Silicoberfläche, mikro/nanostrukturierte Silicoberfläche. [Bilder: *Adv. Mater.* **2009**, 21, 665–669]