

Auf die Struktur kommt es an

Wie verschiedene Oberflächen die Eigenschaften beeinflussen

In der Natur finden sich zahlreiche Beispiele von Oberflächen, die aufgrund ihrer Struktur besondere Eigenschaften besitzen. Schmetterlingsflügel schimmern beispielsweise dank einer speziellen Nano- und Mikrostruktur ganz ohne Pigmente in verschiedenen Farben. An manchen Blattoberflächen perlen Wasser und Schmutz einfach ab und wie im Fall des Zikadenflügels schützt eine besondere Oberflächenstruktur auch vor der Besiedlung mit Mikroorganismen. Wissenschaftlerteams weltweit untersuchen derartige Phänomene und versuchen sie für die unterschiedlichsten Anwendungen nachzuahmen. Auch bei einigen zurzeit laufenden Argovia-Projekten arbeiten die interdisziplinären Teams daran, spezielle Oberflächen nach ihren Wünschen herzustellen. Bei den Projekten RepAll und Nano-Cicada-Wing ist das Ziel eine eher raue, strukturierte Oberfläche zu entwickeln, auf der Wasser oder Bakterien nicht haften können. Die Forschenden im Projekt SurfFlow streben dagegen die Herstellung möglichst glatter Oberflächen an, da sie kleine Kunststofflinsen für optische Anwendungen entwickeln.



Nichts soll haften

Das Team im Argovia-Projekt RepAll erarbeitet die Grundlagen zur Herstellung von Oberflächen, an denen Wasser und andere Flüssigkeiten abperlen – ganz ähnlich wie dies bei der Lotuspflanze oder auch bei Entenfedern der Fall ist. Die Forschenden um die Projektleiterin Dr. Sonja Neuhaus von der Hochschule für Technik der

FHNW in Windisch orientieren sich am Vorbild der Natur. Sie testen verschiedene Möglichkeiten, um strukturierte und chemisch modifizierte Oberflächen mit abstossender Wirkung für verschiedene Flüssigkeiten herzustellen.

Zunächst stellten die Forschenden dazu mittels Elektronenstrahlithografie Stempel her, mit denen sie über Roll- und Heissprägen Strukturen auf Polymerfolien übertragen. Auf den Kunststoffoberflächen entstehen so Muster aus winzig kleinen, hohlen und massiven Säulen, die von Flüssigkeiten deutlich weniger benetzt werden als eine solide Oberfläche. Als Mass für die Benetzbarkeit bestimmte das Team dabei jeweils die Kontaktwinkel zwischen den Flüssigkeitstropfen und der Oberfläche. Dieser Kontaktwinkel (auch Benetzungswinkel genannt) wird umso grösser, je geringer die Wechselwirkung zwischen Flüssigkeit und Oberfläche ist. Auch mit Drahtgeflechten als Stempel konnten die Forschenden die Oberfläche für verschiedene Flüssigkeiten abweisender machen und damit die Benetzbarkeit wie gewünscht deutlich verringern.

Chemische Modifikation bringt Verbesserung

Wichtig für verschiedene Anwendungen ist neben der Vergrößerung des Kontaktwinkels auch die Verringerung des Abrollwinkels, der angibt wie stark eine Oberfläche geneigt sein muss, bevor die Tropfen abfliessen.

Mit der Strukturierung ging bisher auch eine Vergrößerung des Abrollwinkels einher. Wenn Oberflächen jedoch chemisch modifiziert werden, gelingt es, die notwendige Neigung zum Abfließen zu reduzieren. Die Forschenden produzierten dazu flüssigkeitsähnliche Oberflächen, auf denen sowohl Wasser wie auch Öl besser abläuft.

Das interdisziplinäre Team aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der FHNW, des PSI und der Firma Cellpack Packaging AG konnte strukturierte Kunststoffoberflächen herstellen, von denen verschiedene Flüssigkeiten gut abperlen. Allerdings ist die Erzielung der gewünschten Effekte komplex und die Übertragung auf den industriellen Massstab anspruchsvoll. Der eingeschlagene Weg wird aber weiterverfolgt und die Kombination der Strukturierungsmöglichkeiten mit chemischer Funktionalisierung intensiver untersucht.

Antibakteriell wie ein Zikadenflügel

Im Argovia-Projekt Nano-Cicada-Wing plant das Wissenschaftlerteam der Universität Basel, der Hochschule für Life Sciences der FHNW in Muttenz und der Firma DSM in Kaiseraugst Oberflächen ohne den Einsatz von antimikrobiell aktiven Substanzen mit bakteriziden Eigenschaften auszustatten. Als Vorbild dient der Flügel von Zikaden, bei dem durch eine besondere Oberflächenstruktur das Wachstum von Bakterien gehemmt wird. Diese Flügel sind übersät von winzigen, nanometergrossen säulenartigen Strukturen. Sie machen die Flügel stark wasserabweisend, lassen aber Bakterien gut haften – so gut, dass sich ihre Zellmembran bei Bewegung der Säulchen dehnt und schliesslich zerreisst, was zum Absterben der Bakterien führt. Die bakterizide Wirkung basiert auf einem rein mechanischen Prinzip und nicht auf bakterizid oder antibiotisch wirkenden Substanzen. Es besteht die Hoffnung, dass sich gegen dieses mechanische Wirkprinzip weniger schnell Resistenzen bilden.

Strukturierung behindert Haften

Nachdem es anderen Gruppen bereits gelungen ist, dieses Prinzip auf Silizium- und Titan-Oberflächen nachzuahmen, wollen die Forschenden im Nano-Cicada-Wing-Projekt die Erkenntnisse auch auf Kunststoffoberflächen anwenden, da diese ein breites Spektrum an möglichen Anwendungen bieten. Das Team um Projektleiter Professor Dr. Ernst Meyer produzierte dazu mithilfe der Niedrigenergie-Plasma-Ätzung zunächst Polymeroberflächen mit unterschiedlich dicht stehenden nanometergrossen Säulen. Anders als beim natürlichen Vorbild, dem Zikadenflügel, überlebten Bakterien in Flüssigkeiten den Kontakt zu der strukturierten Polykarbonat-Oberfläche in gleicher Masse wie bei Kontakt zu einer nicht-strukturierten Referenz-Oberfläche. Allerdings reduzierte sich die Zahl der anhaftenden Bakterien deutlich – beim Darmbakterium *E. coli* um 60%.

Unter dem Rasterkraftmikroskop zeigte sich bei *in-situ* Untersuchungen, dass nur ein kleiner Teil der Bakterien auf den strukturierten Oberflächen abstirbt. Die Bakterienmembranen werden teilweise zerstört. Da der Prozess jedoch viele Stunden dauert, vermuten die Wissenschaft-

ler hier eher ein Aushungern der Bakterien als eine Ruptur der Membran durch die Bewegung der Säulen. Die bisherigen Experimente deuten darauf hin, dass die strukturierten Polymeroberflächen eine eher geringe antibakterielle Wirkung haben. Experimente mit metallischen Werkstoffen wie Titan und Wolfram zeigen hingegen eine grössere Wirksamkeit. Sie werden daher in Zukunft zusammen mit den Universitätszahnkliniken Basel (UZB) untersucht.

Möglichst glatt ist das Ziel

Während bei den Projekten RepAll und Nano-Cicada-Wing eine strukturierte Oberfläche angestrebt wird, wollen die Forschenden des Argovia-Projektes SurfFlow Kunststoff mit sehr glatten Oberflächen produzieren. Das Team um Projektleiter Dr. Helmut Schiff vom Paul Scherrer Institut (PSI) arbeitet mit optischen Mikrolinsen aus Polymeren, wie sie beispielsweise in Smartphones zur Anwendung kommen.

Um diese kleinen Linsen in grösseren Stückzahlen zu produzieren, werden zunächst Masterstrukturen mittels 3D-Lithografie aus dünnen Schichten hergestellt. Diese Masterstrukturen und auch die daraus resultierenden Linsen besitzen jedoch raue Oberflächen, die für optische Anwendungen negative Auswirkungen haben. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom PSI, der Hochschule für Technik der FHNW in Windisch und der Firma Heptagon untersuchen im Projekt SurfFlow, wie sie die Unebenheiten der Oberfläche nachträglich beseitigen können, ohne dabei die darunterliegenden Schichten zu verändern oder die Form der Linse zu beeinflussen.

Nur die Oberfläche, nicht die Form

Die Forschenden wendeten dazu eine am PSI entwickelte Methode – TASTE genannt – an. Hierbei werden selektiv die Materialeigenschaften des Teils der Probe verändert, der später bearbeitet werden soll. Mit kurzweiligem UV-Licht bestrahlen die Forschenden dazu die Masterstruktur, sodass es zu Modifikationen der Polymere kommt. Damit verbunden verändert sich die Temperatur, bei der sich diese Polymere vom festen Zustand in eine zähflüssige Schmelze umwandeln (Glasübergangstemperatur). Den Wissenschaftlern ist es nun gelungen, die Glasübergangstemperatur einer dünnen Oberflächenschicht zu erniedrigen. Wenn die Probe anschliessend auf einer Heizplatte auf eine bestimmte Temperatur erwärmt wird, schmilzt nur die behandelte Oberfläche leicht an. Sie glättet sich, die Form sowie tiefer liegende Schichten bleiben dagegen so gut wie unverändert. Die Wissenschaftler im SurfFlow-Projekt konnten mit dieser Methode die Rauigkeit der hergestellten Polymerlinsen im Bereich von Nanometern reduzieren, strukturelle Details von einigen wenigen Mikrometern aber beibehalten.