

# (IN)KOMPATIBLE MATERIALIEN

*Per „Nanoscale Sculpturing“-Technik können chemisch inkompatible Materialien fest miteinander verbunden werden. Statt einer chemischen Reaktion kommt hier eine Mikroverzahnung zum Einsatz, die unmöglich geglaubtes möglich macht.*

© Getty Images / bestirk

Viele mechanische Verbindungsprobleme entstehen, weil die Einzelkomponenten chemisch nicht kompatibel sind. Beispiele finden sich in allen Materialklassen: Bei Verbindungen von Kunststoffen wie Teflon (PTFE) oder Silikon (PDMS) oder bei Metallen, wo beispielsweise die Verbindung von Kupfer und Aluminium eine Herausforderung darstellt. Ziel hinter dem Wunsch nach solchen Materialverbindungen ist häufig, die Oberflächeneigenschaften zu ändern. Metalle werden beispielsweise aufgrund ihrer mechanischen Stabilität verwendet. Gleichzeitig sollen sie nach außen chemikalienresistent und einfach zu reinigen sein. Eine ideale Material-

kombination wäre hier ein Metall wie z. B. Aluminium oder Stahl mit einem Kunststoff niedriger Oberflächenenergie wie Silikon, (Polydimethylsiloxan, PDMS) zu beschichten. Dieser ist zumindest sehr chemikalienresistent, kann aber aufgrund seiner geringen Oberflächenenergie chemisch nicht mit Oberflächen verbunden werden.

Dieses Problem lässt sich durch die sogenannte „Nanoscale Sculpturing“-Technik umgehen. Sie verzahnt Kunststoff und Metall untrennbar miteinander, ohne dafür eine chemische Bindung zu benötigen. Die weltweit neuartige Methode basiert auf einem

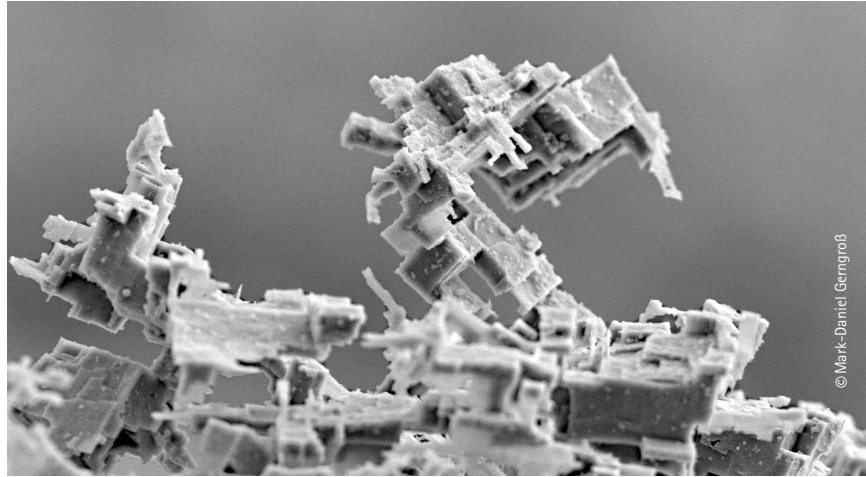
(elektro-)chemischen Verfahren, bei dem die oberste Schicht eines Metalls im Mikrobereich kontrolliert aufgelöst und so strukturiert wird. Die Strukturierung wird so gezielt gesteuert, dass sich Verzahnungsstrukturen bilden, die an ihrer Oberfläche chemisch besonders stabil sind. Dadurch entsteht beim Aluminium in wenigen Mikrometern Tiefe ein Muster aus lauter verschachtelten Würfelstrukturen mit einkristallinen Oberflächen. Diese stabilen Strukturen ermöglichen es, Metalloberflächen ohne chemische Bindungen miteinander zu verzahnen. Inkompatible Einzelkomponenten werden dauerhaft verbunden.

So lassen sich auch Silikon und Aluminium nun leicht miteinander verbinden. Ein in die Verzahnung eingebrachter Silikonfilm bietet eine hervorragende chemische Barriere und sorgt für die gewünschte Chemikalienresistenz, während das unterliegende Aluminium die nötige mechanische Stabilität liefert. Ist der Silikonfilm zudem sehr dünn, z. B. ebenfalls auf der Mikrometerskala, kommen nach außen nur die mechanischen Eigenschaften des Basismaterials zur Wirkung. Prinzipiell lässt sich dafür jeder Kunststoffüberzug nutzen, der aus einer flüssigen Form erstarrt wird.

Wenn auf dem Kunststofffilm wiederum strukturiertes Aluminium aufgebracht wird, lassen sich Aluminiumteile ohne Schweißen zusammenfügen und verbinden. Durch die verzahnten Flächen entsteht eine so starke Haftkraft, dass selbst beim Einsatz handelsüblicher Expoxidharze die Haftwirkung von Werkstücken mit nur wenigen Quadratcentimetern Verbindungsfläche die von verschweißten Werkstoffen um ein Vielfaches übersteigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Komponenten für den Gesamtprozess nicht erwärmt werden müssen.

Neben Polymer-Metall-Verbindungen von Materialien, die in der normalen Fügetechnik bisher unbekannt sind, lassen sich über Verzahnungsstrukturen auch Verbindungen zwischen Metall-Metallverbindungen realisieren, die sonst ebenfalls undenkbar wären. So kann auf der skulpturierten Oberfläche Kupfer direkt elektrochemisch abgeschieden werden. Diese mechanisch nicht zu trennende Aluminium-Kupferverbindung kann aufgrund ihrer passgenauen Fügung keinerlei Grenzflächenkorrosion aufweisen. Darüber hinaus bietet sie einen idealen Wärme- und Elektrokontakt.

*Das vollautomatische Gerät Metalangelo erlaubt, den Nanoscale-Sculpturing-Prozess in einem Schritt durchzuführen. Unter dem schwarzen Strukturierungskopf wird die Aluminiumoberfläche aufgeraut. Eine solche Oberfläche erscheint samtig, die Verzahnungsstrukturen, die ein 50tel eines Haardurchmessers betragen, lassen sich mit bloßem Auge nicht erkennen.*



©Mark-Daniel Gerngrob

So können nicht nur Produkte mit neuen Funktionalitäten ausgestattet werden. Die durch das Nanoscale Sculpturing entstehenden Verbindungen sind zudem in vielen Anwendungsfeldern den bisherigen chemischen Lösungen überlegen. Neue Lösungen müssen allerdings auch wirtschaftlich und umwelttechnisch darstellbar sein und den Markt bedienen können. Daher wurde mit der Universitäts-Start-up-Firma „Phi-Stone AG“ ein Gerät entwickelt, das es ermöglicht, den Nanoscale Sculpturing-Prozess vollautomatisiert in nur wenigen Minuten durchzuführen. Verwendet werden dafür Elektrolyte auf ungiftiger Salzbasis.

Erstmals vorgestellt wurde das Gerät 2018 auf der Hannover Messe unter dem Namen „Metalangelo“ – benannt nach dem Renaissance-Bildhauer Michelangelo als einem Meister im gezielten Bearbeiten von Oberflächen.



©CAU

*Verzahnungsstruktur in der Seitenansicht unterm Elektronenmikroskop. Die Skulpturierung durch ein elektrochemisches Verfahren schafft eine mikroskopische, würfelförmige Struktur, bei der die un kreativsten Oberflächen des Aluminiums herausgearbeitet werden. Der gesamte Bildausschnitt beträgt etwa ein Viertel eines Haares.*

## KONTAKT

Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel, Technische Fakultät  
Kaiserstraße 2  
24143 Kiel



©CAU

Prof. Dr. Rainer Adelung,  
Lehrstuhl für Funktionale  
Nanomaterialien  
Tel. 0431 880-6116  
Fax 0431 880-6124  
ra@tf.uni-kiel.de  
[www.tf.uni-kiel.de/matwis/fnano/de](http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/fnano/de)

**Forschungsschwerpunkte:**  
Polymerkomposite, poröse Materialien/Membranmaterialien, Nanoelektronik, Batterietechnik, Charakterisierung von Sollarzellen