

Nanotechnologie



B1 Das Lotusblatt ist selbstreinigend. Wassertropfen perlen von ihm ab und nehmen den Schmutz mit.

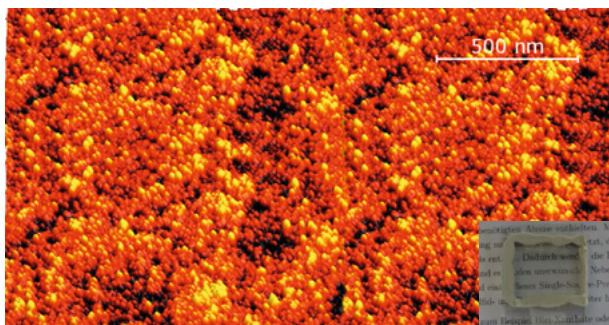
Nanostrukturen beim Lotus-Effekt® und Easy-to-clean-Beschichtungen

Der selbstreinigende Effekt eines Lotusblattes beruht auf der Mikro- bzw. Nanostruktur seiner Oberfläche. Auf ihr gibt es regelmäßig angeordnete Erhebungen und darauf winzige Nanokristalle aus Wachs (B1). Ein Wassertropfen berührt die Oberfläche nur an wenigen Punkten und zieht sich aufgrund der Oberflächenspannung zu einer Kugel zusammen. Beim Abrollen nimmt er die lose auf der Blattoberfläche liegenden Schmutzpartikel mit.

Künstlich hergestellte Easy-to-clean-Beschichtungen funktionieren nach dem gleichen Prinzip.

Versuch

V1 Anti-Graffiti-Oberfläche aus Nano-Kieselsäure: Verühren Sie 5 mL Ethanol*, 15 mL Tetraethoxysilan* (Tetraethylorthosilikat) $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, 1 mL Salpetersäure*, $c = 3 \text{ mol/L}$, 8 mL dest. Wasser, 4 g Kupfer(II)-nitrat-Trihydrat* und 1 mL Essigsäure*, $c = 4 \text{ mol/L}$ zu einer homogenen Lösung. Lassen Sie die Lösung einen Tag stehen und tropfen Sie dann 30 mL Ethanol* und 10 Tropfen Klarspüler (nichtionisches Tensid) hinzu. Mit dieser Lösung beschichten Sie perfekt gereinigte Objektträger. Befestigen Sie dazu den Objektträger mit einer Wäscheklammer an einem Faden und ziehen ihn langsam mit 2 bis 3 mm/s über eine Metallstange aus der Lösung heraus. Dann erhitzen Sie 1 Stunde lang bei 250 °C im Backofen. Vergleichen Sie beschichtete und unbeschichtete Objektträger hinsichtlich der Leichtigkeit, mit der sie sich von Spray reinigen lassen.



B2 AFM¹-Aufnahme der Oberfläche eines mit Nano-Titandioxid beschichteten, transparenten Glasplättchens

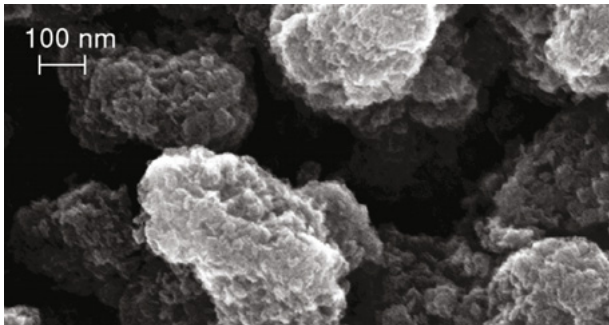
Nanoagglomerate für Katalysatoren und Photoelektroden

In der AFM¹-Aufnahme aus B2 und in der REM²-Aufnahme aus B3 ist zu erkennen, dass sich winzige Nanopartikel mit Durchmessern von 10 nm bis 50 nm zu größeren Agglomeraten zusammengeballt haben. Diese Struktur ist charakteristisch für entwässerte und erhitzte (gesinterte) Proben aus Nano-Metalloxiden. Beim Sintern wird zwischen einem Teil der Hydroxygruppen an der Oberfläche der Nanopartikel (vgl. S. 268, B2) Wasser abgespalten, sodass die Nanopartikel teilweise über Elektronenpaarbindungen miteinander verbunden werden. Die so gebildeten Agglomerate haben immer noch einige wesentliche Eigenschaften der entsprechenden Nanopartikel, beispielsweise die charakteristische Energielücke von 3,2 eV beim Titandioxid (vgl. S. 271, B5). Daher kann Titandioxid auch in dieser Form als **Photokatalysator** bei Redoxreaktionen wirken. Ein weiterer Vorteil der Nanoagglomerate zeigt sich beim Einsatz als Material für **Photoelektroden** von Solarzellen (vgl. S. 82, 83). Da die Nanopartikel teilweise miteinander verschmolzen sind, können die ins Leitungsband angeregten Elektronen vergleichsweise leicht von Korn zu Korn durch das Agglomerat fließen. Von Vorteil ist auch, dass die gesamte Oberfläche des Materials immer noch sehr groß ist. Lichtquanten und Reaktanden können so zu den Nanopartikeln vordringen.

¹ Bei der Atomic Force Microscopy (Atomkraftmikroskopie) wird die Oberfläche mit einer spitzen Nadel mechanisch „abgetastet“.

² Bei der Rasterelektronenmikroskopie wird das Objekt mit einem Elektronenstrahl nach einem bestimmten Muster „gerastert“.

Nanotechnologie



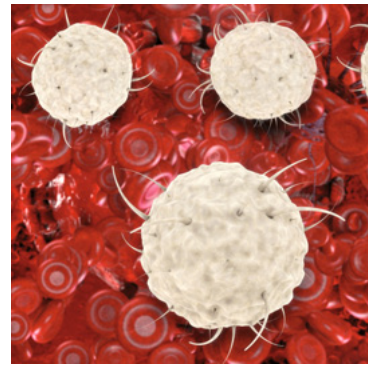
B3 REM²-Aufnahme von Agglomeraten aus Nano-Titandioxidpartikeln, die mit Himbeersaft sensibilisiert sind.

Chancen und Risiken der Nanotechnologie

Die Nanotechnologie ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Sie eröffnet u. a. folgende Chancen:

- Nanostrukturierte Katalysatoren helfen, Energie und Rohstoffe *einzusparen*, Abgase und Abwässer zu *reinigen* und Abfälle zu *recyclen*.
- Membranen und Elektroden aus nanostrukturierten Materialien wirken sich effizienzsteigernd bei elektrochemischen Energiequellen aus, z. B. bei Brennstoffzellen und Lithium-Ionen-Akkumulatoren.
- Materialien aus Nanoagglomeraten sind oft lichtempfindlich. Sie eignen sich für die Umwandlung von *Solarlicht* in *elektrische Energie*, aber auch für die *photochemische Herstellung langlebiger Energiespeicher* wie Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe und Alkohole aus Wasser bzw. Wasser und Kohlenstoffdioxid.
- Mit Modifikationen des Nano-Kohlenstoffs (Graphene und Kohlenstoff-Nanotubes) werden immer kleinere Bauelemente für energiesparende Nanoelektronik, z. B. Nanocomputer, möglich.
- In der Medizin verspricht man sich durch die Entwicklung und den Einsatz von nanostrukturierten Arzneimitteln viele Fortschritte.

Damit trägt die Nanotechnologie zur Bewältigung der globalen Probleme Energie, Klima, Mobilität und Gesundheit bei.



B4 Rote und weiße Blutzellen (Erythrozyten und Leukozyten) haben Durchmesser von 7 μm bis 20 μm .

Wie jeder wissenschaftliche Fortschritt birgt die Nanotechnologie auch **Risiken** in sich:

- Man weiß noch viel zu wenig darüber, ob synthetische Nanopartikel auf lebende Organismen toxisch wirken können. Da sie etwa die Größe von Viren haben und um den Faktor 100 bis 1000 kleiner als Zellen (B4) sind, können sie je nach Beschaffenheit in die Zellen eindringen. So könnten sie beispielsweise die Blut-Hirnschranke überwinden und Schädigungen hervorrufen.
- Es ist bekannt, dass sich Nanoartikel mit Durchmessern von 100 bis 1000 nm z. B. aus dem Zigarettenrauch oder aus Abgasen beim Einatmen in den Luftwegen und in der Lunge festsetzen und dort langfristig schädigend wirken. Diese Partikel sind aus Kohlenstoff-Atomen aufgebaut und an ihrer Oberfläche sind oft Moleküle von krebserregenden Aromaten adsorbiert.
- Die mögliche Entwicklung von Nanorobotern, die auch militärischen Zwecken dienen können, stellt ein Risiko für die Sicherheit der Menschen und der Umwelt allgemein dar.

Am Beispiel der Nanotechnologie wird einmal mehr deutlich, dass sich Wissenschaftler bewusst sein müssen, dass sie auch für die Risiken ihrer Forschungsergebnisse Verantwortung tragen.

Aufgabe

A1 Extrahieren Sie aus dem Text über die Chancen und Risiken der Nanotechnologie die chemischen Fachbegriffe und erläutern Sie sie.