

# Kompetente Kleidung

Nanotextilien schützen mit Übergangsmetalloxiden vor UV-Strahlung.

Denise Müller-Dum und Jens Kube



Adobe Stock / moofushi

**W**er viel draußen unterwegs ist, nutzt gerne funktionelle Kleidung, um sich vor Sonne, Wind und Regen zu schützen. Häufig kommt hierbei Nanotechnologie ins Spiel, wenn das Gewebe aus Fasern besteht, deren Durchmesser kleiner als hundert Nanometer ist, oder wenn Nanopartikel bzw. -röhrchen auf normales Gewebe aufgebracht sind. Solche Nanotextilien zeichnen sich dank ihrer großen aktiven Oberfläche durch besondere Eigenschaften aus.

Je kleiner Partikel werden, desto größer wird das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen – und damit der Anteil der Atome, die an der Oberfläche sitzen. Das ist von Vorteil, wenn es um Wechselwirkungen zwischen dem Material und seiner Umwelt geht. Bekannt ist der Effekt vom Feuer machen: Holzspäne reagieren leichter mit Sauerstoff als ein massives Stück Holz.

Schon seit einigen Jahren nutzt auch die Textilindustrie die reaktiven Nanomaterialien. So beruht der Sonnenschutz von UV-Kleidung auf Nanopartikeln aus Titandioxid oder Zinkoxid.<sup>1)</sup> Diese Übergangsmetalloxide absorbieren einen Teil der schädlichen ultravioletten Strahlung, bevor er zur Haut vordringt, und reduzieren so das Risiko eines Sonnenbrands oder Spätfolgen wie Hautkrebs. Entscheidend sind dabei Brechungsindex und Bandlücke (**Tabelle**). Daher gibt es auch Sonnencremes auf Basis dieser Verbindungen. Diese enthalten allerdings keine Nanopartikel, sodass das Licht aus dem Inneren der Oxidkristalle in Richtung der Lichtquelle zurückstrahlt: Die eingecremte Haut erscheint strahlend weiß. Bei Textilien streuen die winzigen Nanopartikel das sichtbare Licht weniger effizient und wirken dadurch transparent.

Titandioxid und Zinkoxid besitzen als Halbleiter in ihren Elektronenstrukturen eine Lücke zwischen Valenz- und Leitungsband. Trägt ein Lichtquant mindestens die Energie dieser Bandlücke und wird absorbiert, kann es ein Valenzelektron ins Leitungsband anheben, sodass im Valenzband ein Loch zurückbleibt. Bei Titandioxid und Zinkoxid entspricht die Energie der Bandlücke gerade den kleinsten Wellenlängen von sichtbarem Licht beziehungsweise dem UV-Bereich. Daher absorbieren die Nanopartikel Strahlung dieser Wellenlängen an der Oberfläche effizient.

Doch beliebig klein sollten die Teilchen nicht sein, denn das Absorptionsverhalten verändert sich durch den Quantum-Size-Effekt: Das Bändermodell setzt voraus, dass sehr viele quantenmechanisch erlaubte Energieniveaus zu einem Band verschmieren (**Abb. 1**). Je nach Größe der Nanopartikel enthalten sie aber so wenig Atome, dass diese Voraussetzung nicht vollständig erfüllt ist. Dann besteht die Elektronenstruktur nicht mehr aus breiten Energiebändern, sondern aus diskreten Zuständen, und die Bandlücke vergrößert sich. Die Absorptionskante – also die Frequenz, bei der die Absorption sprunghaft ansteigt,

## Eigenschaften einiger Materialien

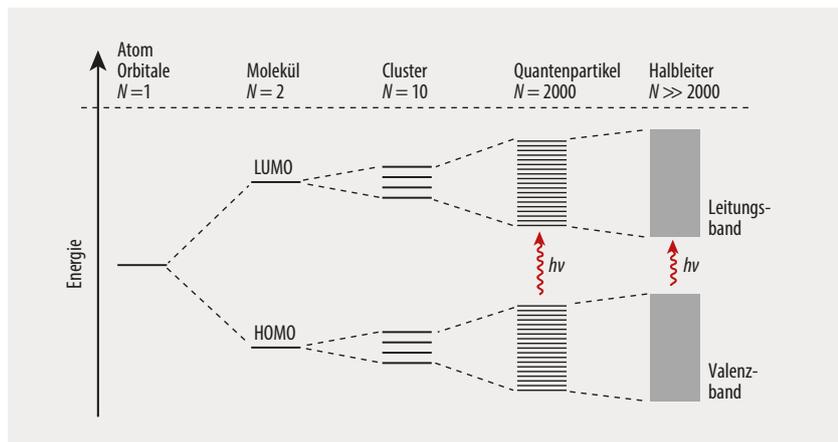
Material	Bandlücke in eV	zugehörige Wellenlänge in nm	Brechungsindex bei 589 nm
Titandioxid	≈ 3,02 bis 3,23	≈ 410 bis 383	≈ 2,6 bis 2,9
Zinkoxid	≈ 3,22 bis 3,32	≈ 385 bis 373	≈ 2,0
Diamant	≈ 5,5	≈ 225	≈ 2,4
(Fenster-)Glas			≈ 1,5

– liegt für kleinere Partikel bei größeren Energien bzw. kleineren Wellenlängen. Durch diese Blauverschiebung schützt das Nanomaterial zwar effektiver gegen die UV-B-Strahlung mit höherer Energie, aber schlechter gegen die längerwellige UV-A-Strahlung. Je nach Anwendung kommt daher ein Mix verschiedener Materialien und Partikelgrößen zum Einsatz.

### Mehr als Sonnenschutz

Darüber hinaus dienen Titandioxid und Zinkoxid auch als Photokatalysatoren: Sie beschleunigen chemische Reaktionen mithilfe des Sonnenlichts. Wenn bei der Absorption eines Photons ein Elektron-Loch-Paar entsteht, kann dieses in den Nanopartikeln leicht an die Oberfläche diffundieren und dort mit Wasser und Sauerstoff reagieren. Dabei bilden sich Radikale. Diese Substanzen mit einem ungebundenen Valenzelektron können beispielsweise mit organischen Schadstoffen reagieren und sie unschädlich machen. Die Halbleiter-Nanopartikel finden sich daher auch in Fassadenanstrichen, um Schadstoffe aus der Luft zu filtern, oder in selbstreinigenden Textilien.

Reinlichkeit ist auch bei Sportbekleidung ein Thema. Um zum Beispiel unangenehmen Geruch zu vermeiden, beschichten einige Hersteller Shirts und Socken mit Silber-Nanopartikeln oder nutzen Fasern mit integriertem



**Abb. 1** Die von Atomen und Molekülen bekannten Energieniveaus spalten immer weiter auf, je mehr Atome zum elektrostatischen Potential beitragen: Im Festkörper entstehen schließlich quasi-kontinuierliche Energiebänder.

Nanosilber. Dies kann bewirken, dass die für den Geruch verantwortlichen Bakterien absterben. Denn beim Kontakt der Nanopartikel mit Wasser entstehen reaktive Silber-Ionen, die überlebenswichtige Prozesse der Bakterien stören. So wirken die Textilien wie ein Breitband-Antibiotikum. Je kleiner die Partikel, desto mehr Silber-Ionen treffen auf die Bakterien und entfalten ihre Wirksamkeit.

Entsprechend kommt das Nanosilber auch bei medizinischer Schutzkleidung zum Einsatz. So versprechen damit ausgestattete waschbare Gesichtsmasken, Corona-Viren wirksam abzuwehren. Doch beim Waschen löst sich das Nanosilber aus den Textilien und gelangt ins Abwasser. Außerdem können Menschen die winzigen Silberpartikel einatmen oder über die Haut aufnehmen. Da gesundheitliche und ökotoxikologische Auswirkungen bisher nicht abschließend bekannt

sind,<sup>2)</sup> rät das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) von Nanosilber in Alltagsprodukten ab.

Beim Schutz vor Viren und Bakterien könnte eine Alternative helfen, die allerdings nicht zu den Nanotextilien gehört. Gesichtsmasken mit polykationischer Oberfläche sind positiv geladen und ziehen die negativ geladenen Hüllen von Bakterien und Viren an. Beim Kontakt platzen die Mikroorganismen auf und sterben ab. Bei dem bisherigen Nischenprodukt ließ die Corona-Pandemie die Verkaufszahlen in die Höhe schnellen. So verbreitet wie UV-Shirts sind die Masken aber noch nicht.

### Die Autor:innen

**Dr. Denise Müller-Dum** und **Dr. Jens Kube**,  
awk/jk – Agentur für Wissenschaftskommunikation, awkjk.de

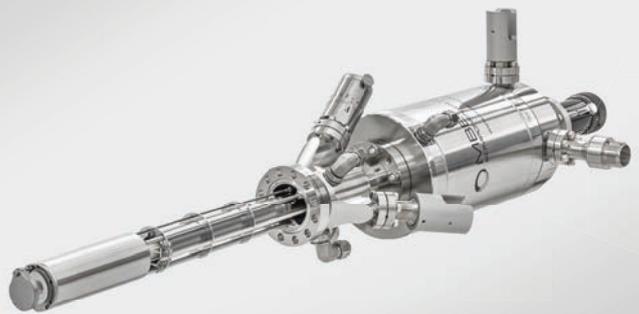
1) C. Klingshirn et al., Physik Journal, Januar 2006, S. 33

2) K. Nau und H. F. Krug, Physik Journal, November 2016, S. 29



- Full PBN valved cracker cell for evaporation of corrosive materials like Te, Sb, Se, As, Mg
- DN40CF (O.D. 2.75") mounting flange
- 130 cm<sup>3</sup> PBN reservoir
- Thermal cracking up to 1300°C
- Excellent thermal isolation between low temperature reservoir and hot cracking zone
- Integrated water cooling for cracker stage
- Integrated rotary shutter (optional)

Valved Thermal Cracker Cell  
**VTCC**



www.mbe-komponenten.de