

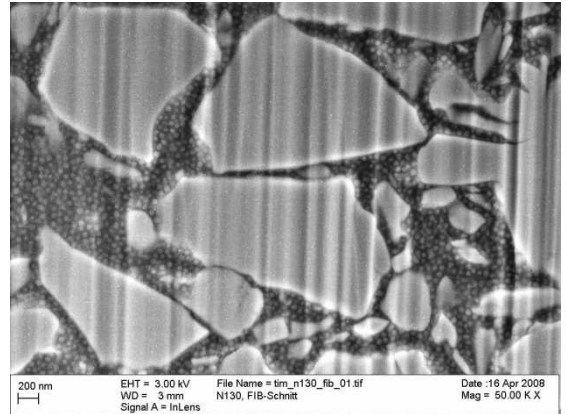
## Nanotechnologie

VOCO GmbH, Abteilung Wissenskommunikation

Anton-Flettner-Str. 1-3  
Postfach 767  
D-27472 Cuxhaven

Tel.: +49 (0)4721-719-0  
Fax: +49 (0)4721-719-109

info@voco.de  
www.voco.de



**VOCO bietet eine Vielzahl von Produkten, in denen nanoskalige Füllkörper enthalten sind, z.B. die Produkte der Grandio und der Futurabond Familie. Was aber bedeutet die Einbindung von Nanotechnologie und welche Eigenschaften werden den Materialien durch diese speziellen Füllkörper verliehen?**

Nano ist die mathematische Vorsilbe für die Größenordnung unter „mikro“ ( $1 \mu\text{m} = 1000 \text{ nm}$ ). Es ist aber kein geschützter Begriff. Jeder kann alles „nano“ nennen. Wenn es bei dieser Technologie aber lediglich um eine neue Benennung ginge, dann hätte die Nanotechnologie kaum den Status einer Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts erlangt<sup>[1]</sup>.



Nanopartikel verhalten sich größenmäßig zu einem Fußball, wie der Fußball zur Erde. Der Durchmesser eines Nanopartikels entspricht damit ungefähr ca. 500 Atomen. Biologisch entspricht das der Größenordnung der kleinsten Bakterien, bzw. der größten bekannten Enzyme.

Gemeinhin bezeichnet man Nanopartikel als Teilchen mit Durchmesser von 10-100 nm, also knapp unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts.<sup>[2]</sup> Eine definitorische Abgrenzung was „nano“ ist und was nicht, ist aber unnötig, denn die ungewöhnlichen Eigenschaften nanoskaliger Werkstoffe liefern diese Abgrenzung automatisch und sprechen für sich: Metall wird im nanoskaligen Bereich zum Halbleiter oder Farbstoff, Keramik wird durchsichtig, Glas wird zu Klebstoff, und vieles andere mehr.

Der Hauptgrund dafür, dass diese Schlüsseltechnologie erst in den letzten Jahren eine Reihe von Einsatzgebieten durchdringt, ist, dass diese Dimension technisch schwer zugänglich ist. Vorher war die Konstruktion in Nanodimensionen eine Domäne der Natur. Technisch

sind zwei prinzipielle Strategien möglich. Die erste, die „top-down“ Strategie, bedeutet die Verkleinerung größerer Partikel, z.B. durch Mahlen und Sichten. Die zweite, die „bottom-up“ Strategie, beschreibt den Aufbau von Nanopartikeln ausgehend von Atomen oder Molekülen, beispielsweise durch kontrollierte Sol-Gel Kristallisation oder Flammenpyrolyse. Beiden möglichen Strategien stellt sich aber ein physikalisches Problem in den Weg, die Agglomeration. Nanopartikel besitzen eine im Vergleich zum Volumen sehr große Oberfläche und damit hohe Oberflächenenergien. Dadurch verklumpen sie unbehandelt sofort zu gewöhnlichen Mikropartikeln von ungefähr  $0,5 \mu\text{m}$  ( $500 \text{ nm}$ ) Durchmesser und verlieren die phänomenalen Eigenschaften der ursprünglichen Nanopartikel. Es ist also notwendig, die Oberfläche frisch generierter Nanopartikel chemisch zu inaktivieren, um sie isolierbar zu machen. Nur auf diese Weise lassen sich ihre speziellen Eigenschaften nutzen.



Agglomerierte Nanopartikel z.B. aus der Flammenpyrolyse zeigen ebenfalls nicht die Eigenschaften isolierter Nanopartikel.

Eine dieser speziellen Eigenschaften von Nanopartikeln ist ihre Auswirkung auf die Viskosität einer sie umgebenden Flüssigkeit. Ausgehend von den Eigenschaften der Mikropartikel, würde man bei Nanopartikeln wegen der abermaligen drastischen Steigerung der Oberfläche erwarten, dass eine extrem viskose, nicht verarbeitbare Masse entsteht. Erstaunlicherweise verhalten sich isolierte Nanopartikel in einer Harzmatrix eingebettet aber nicht wie ein Feststoff, sondern eher wie eine Flüssigkeit.

Während eine Mischung von Mikrofüllern mit Harz eine klebrige, dicke Masse ergibt, ist der gleiche Füllstoffgehalt mit echten Nanopartikeln flüssig wie ein Öl. Auf dieser Basis können auch fließfähige Komposits mit über 80% Füllstoffgehalt hergestellt werden.

Diese besondere Eigenschaft der Nanofüller ermöglicht den bei Komposits nie zuvor erreichten Füllstoffgehalt von 87%. Das Nano-Hybrid-Komposit Grandio weist dadurch eine Schrumpfung von nur noch 1,57% auf. Zusätzlich schaffen die Nanopartikel innerhalb der Matrix einen vernetzenden Effekt, der über die Verbesserung der Schrumpfungswerte hinaus auch die Bruchfestigkeit, Kantenstabilität und Abrasionsfestigkeit erhöht.

Ein weiteres Phänomen, welches insbesondere zur Ästhetik dentaler Füllungsmaterialien beiträgt, ist die Transluzenz disperser Nanopartikel. Da die Partikel kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts sind, kommt es nicht zur Absorption und das Licht scheint hindurch, wie durch Glas.



Rechts im Bild: Ein Harz mit 38% Mikrofüller ergibt eine rissige Masse. Links im Bild: Das gleiche Harz mit 40% Nanofüllern ist immer noch flüssig.



Ein mit Nanopartikeln gefülltes Polymer ist klar und durchsichtig, das mikrogefüllte hingegen opak.

Da durch die Nanotechnologie ein hoher Füllstoffgehalt, eine gute Vernetzung und eine geringe Schrumpfung erzielt werden, können weitere Eigenschaften, wie Opazität, Klebrigkeit und Fließeigenschaften des Komposits über die Variation der Mikrofüllstoffe ohne technische Kompromisse eingestellt werden. Die Handlingeigenschaften können somit bedarfsgerecht optimiert werden und das Material lässt sich schneller und sicherer verarbeiten.

So bewirkt der Einsatz von Nanotechnologie als Teil des Materialkonzepts eine hohe physikalische Belastbarkeit, verringerte Schrumpfung, verbesserte Ästhetik und macht gleichzeitig die Anforderungen an Konsistenz und Handling erfüllbar.

## Ist Nanotechnologie gefährlich?

Eine mögliche Gefahr durch Nanoteilchen setzt sich immer aus zwei Faktoren zusammen. Zum einen ist die chemische Zusammensetzung der Nanopartikel zu beachten, besonders wenn es sich dabei um toxische Stoffe handelt. Des Weiteren ist einzubeziehen, wie und ob diese Teilchen aus dem Präparat freigesetzt werden können, wie also ihre Mobilität zu bewerten ist. Ist nur eine der Gefährdungsvoraussetzungen Toxizität und Mobilität nicht gegeben, wird eine potentielle Beeinträchtigung der Gesundheit durch dentale Füllungswerkstoffe hinreichend unwahrscheinlich.

### Bewertung der Mobilität

Bei Füllungslegung sind die nanoskaligen Füllstoffe in Grandio in der Kunststoff-Harzmatrix eingebettet und liegen nicht als luftgängige Stäube oder Aerosole wie in Sprays vor. Bei der Polymerisation durch Licht werden die Nanoteilchen schließlich mit dem Harz kovalent verbunden, d.h. zu wesentlich größeren Molekülen polymerisiert. Damit sind nach der Lichthärtung in der liegenden Füllung keine isolierten Nanopartikel mehr existent. Auch die Schleifstäube von Grandio bei der Ausarbeitung der Füllung unterscheiden sich nicht von den Schleifstäuben der Mikrokomposite. Im Schleifstaub harter Werkstoffe finden sich allerdings immer Nanopartikel, also auch beim Polieren und Finieren von Metall, Keramik oder dem echten Zahn. Als Faustregel kann gelten, je härter der Werkstoff, desto feiner der Schleifstaub. Besonders das Beschleifen von Zahnschmelz und Keramik sollte also nicht nur aus Gründen der Wärmeableitung, sondern auch aus Gründen der Staubbindung unter Wasser ausgeführt werden.

## Bewertung der Toxizität

Die Nanoteilchen in Grandio bestehen aus pharmazeutisch reinem Siliziumdioxid (Quarz), dem Hauptbestandteil nahezu aller Gläser und natürlichen Mineralien. Siliziumdioxid ist ungiftig und wird als Negativstandard bei toxikologischen Untersuchungen verwendet. Biologisch kommt es nanoskalar in einigen Lebewesen als Stützgerüst vor (Kieselalgen, Strahlentierchen). Abgesehen von der Verwendung als Heilmittel in Form von Heilsteinen, Heilerde oder Nahrungsergänzungsmitteln, deren Wirkung wissenschaftlich zweifelhaft ist, findet es sich in zahlreichen Lebensmitteln aber auch Gebrauchsgegenständen, wie Trinkgläsern und Flaschen.

Nanopartikel in Grandio sind weder toxisch noch mobil, daher geht von ihnen keine Gefahr aus. Da das Material aber der erste Vertreter dieser Art im Bereich der zahnärztlichen Füllungswerkstoffe war, wurden sicherheitshalber zahlreiche Tests von einem zertifizierten unabhängigen Labor durchgeführt. Wie erwartet, war Grandio unauffällig und als toxikologisch sicher eingestuft. Auch die Praxis zeigt bei mittlerweile mehreren Millionen Füllungen mit Grandio nicht einen Fall, der toxikologische Bedenken aufkommen ließe.

**Fazit: Die Einbindung von Nanopartikeln in dentale Werkstoffe verleiht diesen außerordentliche physikalische Eigenschaften, sowohl in Bezug auf die Stabilität und Langlebigkeit der Restauration als auch in Bezug auf die Verarbeitung der Materialien. Diese Vorteile kommen allerdings nur bei der Verwendung „echter“ Nanopartikel zum Vorschein: Nano sagen kann jeder, Nano machen nicht!**

[1] Ottersbach P, Schmitz C, Averdung J, Heinrich L, Gutsch A: Von der Höhlenmalerei zur Schlüsseltechnologie. *Chemie in unserer Zeit* 2001; 4: 230-237.

[2] Hollemann, Wiberg, *Lehrbuch der anorganischen Chemie*, 91.-100. Auflage, Walter de Gruyter, Seite 765.