Das Wagnis mit den winzigen Wunderteilchen

Infos: www.mued.de

Sie machen Sonnencreme effektiv, Kleidung schmutzabweisend und Graffiti unmöglich: Nanotechnologien führen in die Zukunft. Zugleich ist ihr Einsatz jedoch hoch riskant.
Weil die Oberfläche der Nanoteilchen so riesig ist, gemessen an ihrer Größe, reagieren sie stärker mit der Umgebung, das macht auch Stoffe giftig, die es sonst nicht sind. Verantwortungsbewusste Hersteller meiden inzwischen Nanoröhrchen.

Nanomaterialien sind laut Definition der EU-Kommission: "ein natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material", bei dem mindestens 50 Prozent der Partikel Außenmaße im Bereich von 1 nm bis 100 nm haben. (Die Abkürzung nm bedeutet Nanometer, also ein Milliardstel Meter).

Frankfurter Rundschau, 03.05.2013

Zeige, inwiefern "die Oberfläche der Nanoteilchen so riesig ist."
Nimm dazu eine Kugel eines Stoffes mit 1 mm Radius an. Vergleiche dessen Oberfläche mit der Oberfläche von kugelförmigen Nanoteilchen gleichen Volumens (Radius 25 nm).

Nebenbei:

- Erläutere die Wahl des Nanokugel-Radius im Rechenbeispiel.
- Passt die Größen-Erklärung zu 1 nm im Text?

Zusatz:
Zeige, dass der Vergrößerungsfaktor der Oberfläche genauso groß ist wie das Radiusverhältnis. Erläutere den einfachen Zusammenhang.

Zahl der Nanokugeln mit gleichem Volumen

Kugelvolumen mit $r = 1$ mm $= 1 \cdot 10^{-3}$ m
$V = \frac{4}{3}\pi (1 \cdot 10^{-3})^3\ m^3$
$\approx 4{,}19 \cdot 10^{-9}\ m^3$

Kugelvolumen mit $r = 25$ nm $= 25 \cdot 10^{-9}$ m
$V = \frac{4}{3}\pi (25 \cdot 10^{-9})^3\ m^3$
$\approx 6{,}54 \cdot 10^{-23}\ m^3$

Zahl der Nanokugeln gleichen Volumens
$\frac{4{,}19 \cdot 10^{-9}\ m^3}{6{,}54 \cdot 10^{-23}\ m^3} \approx 6{,}41 \cdot 10^{13} \approx 64 \cdot 10^{12}$
Rund 64 Billionen Nanokugeln haben dasselbe Volumen wie eine Millimeterkugel.

Vergleich der Oberflächen der Millimeterkugel mit den (vielen) Nanokugeln

Kugeloberfläche mit $r = 1$ mm
$O = 4\pi (1 \cdot 10^{-3})^2\ m^2 \approx 1{,}26 \cdot 10^{-5}\ m^2$

Kugeloberfläche mit $r = 25$ nm
$O = 4\pi (25 \cdot 10^{-9})^2\ m^2 \approx 7{,}85 \cdot 10^{-15}\ m^2$

Oberfläche aller Nanokugeln von oben
$O_{ges} = 7{,}85 \cdot 10^{-15} \cdot 6{,}41 \cdot 10^{13}\ m^2 \approx 0{,}5032\ m^2$

Verhältnis der Oberflächen der Kugeln gleichen Volumens
$\frac{0{,}5032\ m^2}{1{,}26 \cdot 10^{-5}\ m^2} \approx 39\,937$

Die Nanokugeln haben dasselbe Volumen wie die Millimeterkugel, ihre Oberfläche ist aber rund 40 000-mal so groß, also tatsächlich riesig gegenüber der Oberfläche der Millimeterkugel.

Nebenbei

- Das Nanomaterial enthält (mindestens 50 %) Partikel zwischen 1 nm und 100 nm. Im Mittel haben sie ein geschätztes Außenmaß von etwa 50 nm. Bei einer Kugel bedeutet das d = 50 nm bzw. r = 25 nm.
- milli $= 10^{-3}$; mikro $= 10^{-6}$; nano $= 10^{-9}$
  1 nm $= 10^{-9}$ m $= \frac{1}{10^9}$ m $= \frac{1}{1\,\text{Milliarde}}$ m = ein Milliardstel Meter. Die Erklärung passt.

Zusatz:

- $r_1 = 1 \cdot 10^{-3}$ m; $r_2 = 25 \cdot 10^{-9}$ m

  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{10^{-3}\ \text{m}}{25 \cdot 10^{-9}\ \text{m}} = 40\,000$

  Um den Faktor 40 000 ist auch die Oberfläche der Nanokugeln größer als die der Millimeterkugel.

- Im ersten Schritt wurde oben der Volumenfaktor berechnet:

  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\frac{4}{3}\pi r_2^3} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$

  Für den Oberflächenfaktor wurde O_2 mit dem Volumenfaktor multipliziert.

  $\frac{O_{2,\,ges}}{O_1} = \frac{O_2 \cdot \frac{V_1}{V_2}}{O_1} = \frac{O_2}{O_1} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{4\pi r_2^2}{4\pi r_1^2} \cdot \frac{r_1^3}{r_2^3} = \frac{r_2^2 \cdot r_1^3}{r_1^2 \cdot r_2^3} = \frac{r_1}{r_2}$

  Der Faktor zwischen den Oberflächen ist identisch mit dem Faktor zwischen den Radien, allerdings deren Kehrwert.

  Hier: $\frac{O_{Nanokugeln}}{O_{Millimeterkugel}} = \frac{r_{Millimeterkugel}}{r_{Nanokugeln}} = \frac{1\,\text{mm}}{25\,\text{nm}} = 40\,000$

ZUM ARBEITSBLATT DES MONATS FEBRUAR 2014

Nanotechnologie – sie gilt als modern und als Wachstumsmarkt. Aber sie enthält auch Gefahren, die durch die riesige Oberfläche der Winzigteile entstehen. Das können Schüler/innen in Klasse 9/10 Schritt für Schritt für die konkreten Datenvorgaben berechnen. Zur Differenzierung können sie auch den allgemeinen Zusammenhang herleiten.