

Nanotechnologie in unserem Alltag – Chancen und Risiken

Günther Lohmer, Leverkusen

Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart

Viele Gegenstände unseres täglichen Lebens werden immer kleiner und leistungsfähiger. Betrachten wir beispielsweise moderne Smartphones mit berührungsempfindlichen Displays: haben diese mit dem ersten Mobilfunktelefon von 1984, dem knapp 800 g schweren DynaTAC 8000X von Motorola, wenige Gemeinsamkeiten. Erst durch den Einsatz von winzigen Bauteilen auf Basis der Nanotechnologie konnten die Smartphones der neuesten Generation geschaffen werden. Auch die Herstellung von selbstreinigenden Fensterscheiben sowie von selbstreparierenden Autolacken ist ohne Nanotechnologie nicht denkbar.



Erreichbarkeit im Wandel der Zeit.
790 g vs. 150 g

VORANSICHT
Mit Rätsel!

Das Wichtigste auf einen Blick

Klasse: Klasse 10

Dauer: 10–12 Stunden

Kompetenzen: Die Schüler ...

- sind in der Lage, die Einheit Nanometer in Relation zu bekannten Gegenständen zu setzen.
- können erklären, warum Eisenwolle im Gegensatz zu Eisennägeln brennt.
- erkennen, dass Nanotechnologie bereits heute in ihrem Alltag existiert und sowohl Chancen als auch Risiken beinhaltet.

Aus dem Inhalt:

- Das Zusammenspiel von Oberfläche und Reaktivität
- Die zwei Hauptherstellungsverfahren für Nanopartikel
- Die klassischen Elemente zur Herstellung von Nanopartikeln
- Wohin geht der Trend?
Nanotechnologie heute und in Zukunft

Beteiligte Fächer: Chemie Physik Biologie
Umweltschutz Geschichte

Anteil

hoch
mittel
gering

Rund um die Reihe

Warum wir das Thema behandeln

Nanotechnologie gilt als wichtige Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Sie ist bereits heute in vielen Bereichen des menschlichen Lebens fest etabliert. Durch das Vordringen in Bereiche von weniger als einem Milliardstel Meter erhalten Forscher Einblicke in bislang unbekannt chemische, physikalische und biologische Eigenschaften von Stoffen. Mit dem neu erworbenen Wissen können die Eigenschaften von bekannten Alltagsgegenständen gezielt verändert werden. Beispielsweise sorgt die Beschichtung von Textilien mit Nanopartikeln auf Silberbasis für einen „Anti-Smell-Effekt“ und hauchdünne Kunststofffolien ermöglichen ein berührungsempfindliches Display bei Smartphones und anderen elektronischen Geräten. Darüber hinaus gelten Materialien auf Nanobasis als Schlüssel zu immer leichteren und stabileren Bauteilen. Die Nanotechnologie hilft außerdem, Energie zu sparen, indem neue dünne Dämmmaterialien und leistungsfähigere Akkus entwickelt werden können. Ihre Schülerinnen und Schüler werden staunen, wenn sie während der Lerneinheit erfahren, dass sie bereits im Alltag oftmals unbemerkt mit Nanotechnologie in Berührung kommen. So enthalten viele Sonnencremes, Zahnpasta und Wandfarben Nanopartikel in Form von Titandioxid. Auch der Flip-Flop-Effekt des Nagellacks ist erst durch den Einsatz von Farbpigmenten in Nanopartikelgröße möglich.

Mithilfe des vorliegenden Materials setzen sich die Schüler gezielt mit dem Thema „Nanotechnologie“ auseinander und können Vor- und Nachteile der Nanotechnologie benennen. Die Motivation der Lernenden für dieses vielschichtige Thema wird vor allem durch die Einbeziehung von **Alltagserfahrungen** und **-beobachtungen** gesteigert. Durch selbstständig durchgeführte **Experimente** in Kleingruppen werden das genaue Lesen, Beobachten und Zusammenfassen intensiv geschult. Des Weiteren führen der **Austausch** mit den Mitschülerinnen und Mitschülern sowie die Reflektion des Erlernten mithilfe von Fragen und Rätseln zu einem dauerhaften und nachhaltigen Lerneffekt.

* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur noch die männliche Form verwendet.

Was Sie zum Thema wissen müssen

Im Bereich der Nanotechnologie arbeiten die naturwissenschaftlichen Disziplinen aus den Bereichen Chemie, Physik und Biologie eng zusammen. Dies eröffnet die Chance, einen fächerübergreifenden Unterricht zu gestalten. Den Grundstein für die Nanotechnologie legten die Physiker Heinrich Rohrer und Gerd Binnig. Sie erfanden das Rastertunnelmikroskop und erhielten dafür 1986 den Nobelpreis für Physik. Aufgrund ihrer bahnbrechenden Erfindung war es den Menschen erstmals möglich, den Nanokosmos zu sehen und zu erleben. Heutzutage umfasst das Gebiet der Nanotechnologie unter anderem die Bereiche Optik, Kosmetik, Automobil, Textilien, EDV, Medizin, Umweltschutz und auch den Lebensmittelbereich. Ihre und Schüler werden überrascht sein, in wie vielen Gegenständen des modernen Alltags die Nanotechnologie bereits heute selbstverständlich eingesetzt wird. Anhand von Beispielen in Bezug auf den Größenvergleich zwischen Nanopartikeln und bekannten Gegenständen wird



Wusstest du schon, ...

... dass es durch die winzigen Partikelgrößen der Stoffe in Nanogröße zu grundlegenden Änderungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften kommt? Im Gegensatz zu größeren Teilchen des gleichen Stoffes weisen Nanoteilchen sowohl eine höhere biologische Aktivität als auch ein stärkeres katalytisches Verhalten auf. Der Grund hierfür ist die deutlich vergrößerte Oberfläche von Nanomaterialien.

Die Reihe im Überblick

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 ⌚ D = Durchführungszeit Fo = Folie LV = Lehrerversuch

Stunden 1 und 2: Nanotechnologie in unserem Alltag

Material	Thema und Materialbedarf
M 1 (Fo)	Impulsbilder: Alles Nano, oder was?
M 2 (Ab)	Klein – winzig – Nano!

Stunde 3: Kleine Oberfläche – erhöhte Reaktivität

Material	Thema und Materialbedarf
M 3 (Ab)	Je kleiner, desto reaktiver – Experimente zur Reaktivität
M 3 (SV) ⌚ V: 10 min ⌚ D: 20 min	Experiment – je kleiner, desto reaktiver Schülerversuch <input type="checkbox"/> Kandiszucker, Kristallzucker, Puderzucker <input type="checkbox"/> Waage mit Grammbereich <input type="checkbox"/> 3 Kunststoffbehälter, 40 ml mit Kunststoffdeckel <input type="checkbox"/> Gefäß mit Wasser <input type="checkbox"/> Stoppuhr <input type="checkbox"/> 3 Teelöffel <input type="checkbox"/> Becherglas mit Skala (zum Abmessen von 25 ml Wasser) <input type="checkbox"/> Schutzbrille
M 3 (LV) ⌚ V: 10 min ⌚ D: 15 min	Experiment – je kleiner, desto reaktiver Lehrerversuch <input type="checkbox"/> Eisennagel <input type="checkbox"/> Tiegelzange <input type="checkbox"/> Gasbrenner <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Eisenwolle <input type="checkbox"/> 9-Volt-Blockbatterie <input type="checkbox"/> feuerfeste Unterlage

Stunden 4 und 5: Von der Antike bis ins 21. Jahrhundert – die Wege der Nanotechnologie

Material	Thema und Materialbedarf
M 4 (Ab)	Alter Wein in neuen Schläuchen – Nanoverfahren in der Antike
M 5 (Ab)	Herstellung von Nanopartikeln – Top-down oder Bottom-up?

Stunden 6 und 7: Was Titan, Zink, Kohlenstoff, Gold und Silber gemeinsam haben

Material	Thema und Materialbedarf
M 6 (Ab)	Die klassischen Elemente zur Herstellung von Nanopartikeln
M 7 (Ab)	Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie

Stunden 8 und 9: Chancen und Risiken der Nanotechnologie

Material	Thema und Materialbedarf
M 8 (Ab)	Nutzen der Nanotechnologie im Alltag
M 8 (SV) ⌚ V: 15 min ⌚ D: 35 min	Experiment – je kleiner, desto reaktiver Schülerversuch <input type="checkbox"/> Blätter von Kohlrabi, Kapuzinerkresse oder Lotospflanze <input type="checkbox"/> Laubblätter, z. B. Buche <input type="checkbox"/> trockenen, gemahlene Lehm (Tonerde) <input type="checkbox"/> Gefäß mit Wasser <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> je Gruppe 2 Spatel/Teelöffel <input type="checkbox"/> Kunststoffpipetten <input type="checkbox"/> Asche <input type="checkbox"/> Honig <input type="checkbox"/> Wattestäbchen <input type="checkbox"/> Petrischale oder ähnliches Auffanggefäß
M 9 (Ab)	Risiken der Nanotechnologie im Alltag

Stunde 10 und 11: Fluch oder Segen – Pro und Kontra der Nanotechnologie

Material	Thema und Materialbedarf
M 10 (Ab)	Diskussionsrunde: Nanotechnologie – Technologie des 21. Jahrhunderts oder Warten auf den Störfall

Stunde 12: Blick in die Zukunft

Material	Thema und Materialbedarf
M 11 (Ab)	Nanotechnologie – heute und in der Zukunft

Stunde 13: Allherum wissenswertes über die Nanotechnologie – teste dein Wissen

Material	Thema und Materialbedarf
M 12 (Ab)	Rätselreise im Zwergenreich – rund um die Nanotechnologie

Minimalplan

Die Zeit ist knapp? Dann lassen Sie **M 4** weg und erwähnen Sie das Thema im Laufe der Unterrichtseinheit als kurzen Exkurs. Bei **M 7** können Sie sich auf einige wesentliche Beispiele beschränken – z. B. Kosmetik, Textilien, Auto und Medizin.

M 3 Je kleiner, desto reaktiver – Experimente zur Reaktivität

Die Reaktivität von Stoffen hängt unter anderem von ihrer Größe ab. Mit den nachfolgenden Versuchen kann dies gefahrlos demonstriert werden.

Aufgabe 1: Experiment in Kleingruppen **Schülerversuch**

1. Setzt eure Schutzbrillen auf.
2. Stellt den Kunststoffbehälter **1** auf die Waage. Notiert das Gewicht des Kunststoffbehälters **1** auf eurem Versuchsprotokollbogen.
3. Gebt anschließend ein Kandiszuckerstück in den Probebehälter **1**.
4. Notiert das aktuelle Gewicht auf eurem Versuchsprotokollbogen und ermittelt nun das Gewicht des Kandiszuckerstücks.
5. Stellt den Kunststoffbehälter **2** auf die Waage. Notiert das Gewicht des Kunststoffbehälters **2** auf eurem Versuchsprotokollbogen.
6. Wiegt nun den Kristallzucker ab. Die Menge muss dem Gewicht des Kandiszuckerwürfels entsprechen.
7. Stellt den Kunststoffbehälter **3** auf die Waage. Notiert das Gewicht des Kunststoffbehälters **3** auf eurem Versuchsprotokollbogen.
8. Wiegt nun den Puderzucker ab. Die Menge muss dem Gewicht des Kandiszuckerwürfels entsprechen.
9. Gebt zu dem Kunststoffbehälter **1** 25 ml Wasser und verschließt den Kunststoffbehälter mit dem Deckel. Sofort nach Zugabe des Wassers schüttelt ihr den Kunststoffbehälter. Stoppt die Zeit, bis sich der Zucker vollständig gelöst hat. Notiert die Zeit auf eurem Versuchsprotokollbogen. Nach spätestens 5 Minuten brecht ihr den Versuch ab.
10. Verfährt mit den Proben **2** und **3** genauso.
11. Fertigt ein Versuchsprotokoll an. Beschreibt eure Beobachtungen und versucht, sie zu erklären.



Kandiszucker

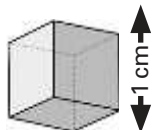
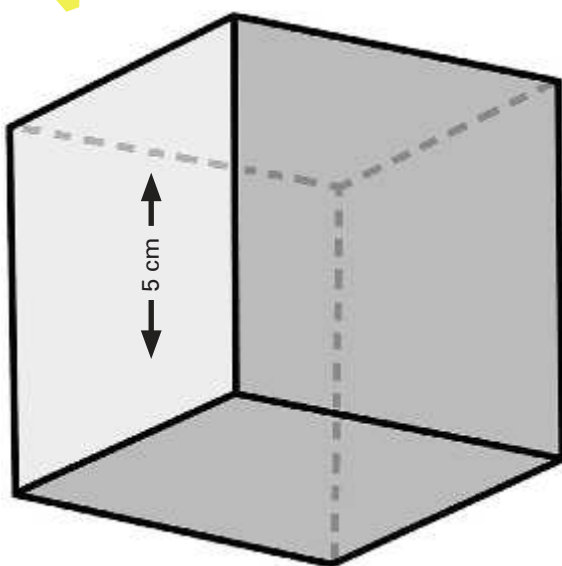


Kristallzucker



Puderzucker

Je kleiner, desto reaktiver – eine theoretische Betrachtung



Stell dir einen Würfel mit einer Kantenlänge von 5 cm vor. Nun berechnen wir die Oberfläche dieses Würfels. Die Oberfläche eines Würfels berechnet sich aus der Summe aller Teilflächen des Würfels. Die Teilflächen berechnen sich aus Länge \cdot Breite. Da alle Seiten des Würfels gleich lang sind, bestimmt sich die Oberfläche eines Würfels nach der folgenden Formel: $A = 6 \cdot a^2$. Für unseren Musterwürfel gilt also: $A = 6 \cdot (5 \text{ cm})^2 = 6 \cdot 25 \text{ cm}^2 = 150 \text{ cm}^2$

Aufgabe 2

Nun zerkleinern wir gedanklich den großen Musterwürfel in gleichmäßige kleine Musterwürfel. Die kleinen Musterwürfel haben eine Kantenlänge von 1 cm.

- a) Wie viele neue Musterwürfel mit einer Kantenlänge von 1 cm erhältst du?
- b) Wie groß ist die Oberfläche aller kleinen Musterwürfel zusammen?

Experiment Lehrerversuch

Setzen Sie Ihre Schutzbrille auf.

Fragen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler, ob Eisen brennt oder nicht.

Halten Sie einen Eisennagel mithilfe einer Tiegellange 1 Minute in die Flamme eines Gasbrenners. Stellen Sie den Gasbrenner aus und zeigen Sie den Nagel Ihren Schülern.

Nehmen sie anschließend etwas Eisenwolle und halten Sie diese mithilfe einer Tiegellange an die beiden Kontakte einer 9-Volt-Blockbatterie. Legen Sie die brennende Eisenwolle vorsichtig auf eine feuerfeste Unterlage und lassen Sie sie vollständig verbrennen oder ersticken sie die Flamme fachgerecht.

Lösungen (M 3)**Aufgabe 1: Experiment in Kleingruppen**

Puderzucker besitzt von den verwendeten Zuckerarten die größte Oberfläche. Aufgrund der großen Oberfläche von Puderzucker kommt im Vergleich zu den anderen Zuckerarten mehr Wasser an ihn heran. Darum löst sich Puderzucker relativ schnell in Wasser. Kristallzucker benötigt im Gegensatz zu Puderzucker länger, um sich in Wasser aufzulösen. Kandiszucker, mit der kleinsten Oberfläche der verwendeten Zuckerarten, braucht sehr lange, um sich in Wasser aufzulösen. Den Wasserteilchen steht nur eine kleine Oberfläche zur Verfügung.

Wissenschaftler schätzen das Verhältnis der Oberflächen wie folgt:

Kandiszucker	:	Kristallzucker	:	Puderzucker
1	:	100	:	10.000

Lehrerversuch

Wenn man einen Eisennagel in die heiße Brennerflamme hält, brennt dieser nicht. Allenfalls ist eine Rotglut zu erreichen, die den Nagel kurzfristig zum Erleuchten bringt. Ein ganz anderes Ergebnis erhält man, wenn man anstelle des kompakten Eisennagels Eisenwolle verwendet. Hier reicht bereits eine 9-Volt-Block-Batterie aus, um die Eisenwolle zu entzünden. Indem die Eisenwolle beide Pole der Batterie berührt, fließt durch die Eisenwolle ein Strom. Aufgrund des Widerstands der Eisenwolle wird der Stromfluss behindert und die Eisenwolle erhitzt sich und fängt an zu brennen. Obwohl es sich bei dem Eisennagel und der Eisenwolle chemisch betrachtet um denselben Stoff handelt, verhalten sich beide Materialien unterschiedlich. Im Vergleich zum Eisennagel ist die Oberfläche der Eisenwolle um ein Vielfaches größer. Dadurch kann der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff im Falle der Eisenwolle viel besser an die Eisenteilchen gelangen, als dies beim Eisennagel möglich ist.

Merksatz: Ob Eisen brennt oder nicht, hängt von der Größe der Oberfläche ab.

Aufgabe 2:

a) Teilt man den großen Würfel mit einer Kantenlänge von 5 cm in Würfel mit einer Kantenlänge von 1 cm, so erhält man je Dimension (Breite, Höhe, Tiefe) 5 Würfel. Insgesamt ergeben sich $5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$ Würfel.

a) Jeder kleine Musterwürfel hat eine Oberfläche von $A = 6 \cdot (1 \text{ cm})^2 = 6 \cdot 1 \text{ cm}^2 = 6 \text{ cm}^2$. Bei 125 kleinen Würfeln ergibt sich so eine Gesamtoberfläche von $A = 125 \cdot 6 \text{ cm}^2 = 750 \text{ cm}^2$.

Im Vergleich zum ursprünglichen Musterwürfel ist die Oberfläche aller neuen kleinen Musterwürfels fünf Mal so groß. Verkleinert man den Würfel Richtung Nanodimension – 1 cm entspricht 10.000.000 nm – wird schnell klar, dass sich die Gesamtoberfläche und somit die Gesamtreaktionsfläche rasch überdimensional vergrößert. Genau diesen Effekt nutzt man mit der Nanotechnologie aus.

Tipp

In der Natur ist das Prinzip der Oberflächenvergrößerung schon sehr lange bekannt. So beträgt die Gasaustauschfläche der menschlichen Lunge ca. 100 m². Dies ist nur aufgrund der Beschaffenheit der Lungenbläschen möglich. Im Gegensatz dazu beträgt die Gesamtoberfläche der Haut nur ca. Fünzigstel, das sind ungefähr 2 m².

Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie

M 7

Die Möglichkeiten der Nanotechnologie sind sehr vielseitig. Die nachfolgenden Beispiele zeigen Anwendungen der Nanotechnologie und wie diese bereits heute schon genutzt wird.



Bildet Gruppen und teilt euch innerhalb der Gruppe in drei unterschiedliche Experten-teams:

A(II)rrounder) – B(eauty) – C(ar)

Alle Schülerinnen und Schüler aus dem A-Team (bzw. B- und C-Team) lesen die unterschiedlichen Informationen der Arbeitsblätter durch. Anschließend geht ihr in eure Gruppe zurück. Nun seid ihr Experten und könnt zusammen mit den anderen Experten in eurer Gruppe die Fragen beantworten.

Experten-Team A(II)rrounder)

Optik

Hauchdünne Beschichtungen auf Nanobasis sorgen bei Brillengläsern für eine deutlich höhere Kratzbeständigkeit. Ferner können die Brillengläser aufgrund von Nanobeschichtungen entspiegelt werden, was den Tragekomfort erheblich steigert. So können insbesondere nichts keine störenden Lichtreflexionen entstehen. Auch die Präzisionseigenschaften von hochauflösenden Kameralinsen in modernen Smartphones sind ohne den Einsatz von Nanomaterialien nicht denkbar.

Textilien

In der Textilindustrie setzt man silberhaltige Nanopartikel ein. Diese dienen als antibakterielle Ausstattung der Kleidung (sogenannte „Anti-Smell-Eigenschaft“). Ferner weisen manche Textilien einen UV-Schutz auf. Dieser wird durch den Einsatz von TiO_2 -Nanopartikel realisiert. Einige besonders abriebfeste Textilien enthalten keramische Nanopartikel.

Umweltschutz

- Heute sind bereits folgende Anwendungen erprobt und erfolgreich im Einsatz: Nanopartikel aus Platin, Rhodium und Palladium in Abgaskatalysatoren für Kraftfahrzeuge
- Trinkwasserreinigung durch Adsorption von Arsen mithilfe von Eisenhydroxidgranulat mit nanostrukturierter Oberfläche
- Nanomembranen werden in Ultrafiltern, die kleinste Partikel zurückhalten, eingesetzt (Abwasserreinigung)
- Photokatalytische Luft- und Abwasserreinigung durch TiO_2 auf Nanobasis



Ultrafiltration im Wasserwerk Grundmühle

© W.E.T. GmbH

Medizin

Bei der Entwicklung von neuen Wirkstoffen stellt sich häufig die Frage, wie diese zielgerichtet die richtige Stelle im Körper erreichen – möglichst ohne das umliegende gesunde Gewebe zu schädigen bzw. zu zerstören. Mithilfe von sogenannten „Nanocontainern“ können Wirkstoffe gezielt dorthin gebracht werden, wo sie ihre Wirkung entfalten sollen. Nanopartikel sind durchaus in der Lage, die sogenannte „Blut-Hirn-Schranke“ zu passieren. In der Krebsbehandlung setzt man Eisenoxid-Nanopartikel (Ferrofluide) ein. Diese werden in den Körper eingeschleust und über ein Magnetfeld in Schwingung versetzt. Durch die entstehende Wärme wird das bösartige Gewebe zerstört. Das umliegende Gewebe bleibt bei dieser Methode weitestgehend verschont. Diese Methode nennt man „Magnetfeld-Hyperthermie-Verfahren“. Ein weiteres Einsatzgebiet der Nanotechnologie findet sich in der Beschichtung von Implantaten, etwa von künstlichen Hüftgelenken, um deren Verschleißfestigkeit zu erhöhen. Blasenkatheter werden mit einer antibakteriellen Nanoschicht versehen, um Infektionen zu vermeiden.