

B.3.6

Struktur der Materie und Periodensystem der Elemente – Molekulare Stoffe

Eine Einführung in die Nanochemie – Klein aber fein!

Nach einer Idee von Dirk Beyer



©MaxYcal/iStock/Getty Images Plus

© RAABE 2025

In dieser Unterrichtseinheit wird gezeigt, wie groß die Wirkung im Nanobereich ist. Ob durch Lotos-Effekt, als Nanopartikel in Sonnencreme oder in antibakterielle Textilien, Nanochemie ist auch in unserem Alltag stark vertreten. Anhand verschiedener Methoden, wie beispielsweise Rollenspiele oder forschungsorientierten Arbeitsaufträgen, setzen sich die Lernenden mit den Eigenschaften nanostrukturierter Materialien, dem Tyndall-Effekt, superhydrophoben Oberflächen, sowie den Chancen und Risiken der Nanotechnologie auseinander.

KOMPETENZPROFIL

Niveau:	Sek. II
Dauer:	7 Unterrichtsstunden à 90 Minuten
Kompetenzen:	1. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 2. Fachkompetenz 3. Kommunikationskompetenz; 4. Bewertungskompetenz
Inhalt:	Nanopartikel, Oberflächen-Volumen-Verhältnis, Superhydrophobie, Lotus-Effekt, Nanodimension, Risiken, Chancen, Tyndall-Effekt

Fachliche Hinweise

Der **Nanokosmos** (griec. „nanos“ = Zwerg), welcher die Eigenschaften von Teilchen unterhalb der submikroskopischen Ebene im Maßstab von 10^{-9} m beschreibt, hat im Chemieunterricht bisher nur relativ wenig Beachtung gefunden. Unser Alltag und die zukunftsorientierte Forschung weisen jedoch vollkommen andere Maßstäbe auf: Aus Physik, Biologie, Chemie, Materialwissenschaften, Medizin, Biotechnologie usw. sind die transdisziplinären Zwergenpartikel nicht mehr wegzudenken. Die Relevanz der Nanoteilchen, die aufgrund ihrer Größe und dem damit verbundenen hohen Zerteilungsgrad sowie einer übermäßig ausgedehnten Oberfläche den Gesetzen der Quantenphysik gehorchen, ist auch für den Schulunterricht von spannender Relevanz.

Nanotechnologen nutzen hierbei charakteristische Effekte und manipulative Phänomene, die im Übergangsbereich zwischen der mesoskopischen und atomaren Ebene auftreten und Stoffeigenschaften, wie u. a. Schmelz- und Siedepunkte, magnetische Eigenschaften, Leitfähigkeit, Farbe, Zähigkeit und Bruchfestigkeit für ihre Zwecke nutzen. Der Fonds der chemischen Industrie spricht hierbei sogar von einer wahren „Wunderwelt der Nanomaterialien“. Beispiele solcher Effekte sind unter anderem der wasserabperlende Lotus-Effekt von Pflanzen und Autolacken, der Tyndall-Effekt und die Mie-Streuung bei Lichtphänomenen und Flüssigkeiten, die Homogenie und Löslichkeit von Alltagsstoffen bis hin zu komplexeren magnetischen Flüssigkeiten, hochleistungsfähigen Superabsorbentien und farbenfrohen Goldkolloiden.

Bei der Konzeption dieser Unterrichtsreihe liegt ein besonderes Augenmerk sowohl auf diversen Alltagsphänomenen, die mithilfe der Nanowissenschaften beschrieben und erklärt werden, sowie komplexeren Phänomenen, welche besonders im Oberstufenunterricht auf interessante Weise thematisiert werden können.

Auf einen Blick



Vorbermerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie als Download im Zusatzmaterial.

Materialübersicht

- M 1 Nanochemie – die Welt des Kleinen im Alltag
- M 2 Blauer Himmel und sichtbare Nanoteilchen – der Tyndall-Effekt
- M 3 Stärkebrei und Kieselgel – mal hart mal weich
- M 4 Brennendes Eisen – auf die Größe kommt es an!
- M 5 Oberfläche und Volumen von Nanopartikeln
- M 6 Der Lotos-Effekt – von der Blume zum Auto
- M 7 Zukunft Nanochemie? – Jetzt schon Alltag!
- M 8 Nanochemie im Alltag – Chancen und Risiken

Minimalplan

Der Minimalplan bezieht sich ausschließlich auf die Grundlagen der Nanowissenschaften sowie deren Alltagsbezug. Die zugehörigen Lehrer- und Schülerversuche entfallen. Die Unterrichtseinheit wurde aus diesem Grund auf **zwei Doppelstunden** reduziert.

1. Stunde (M 1) Nanochemie – die Welt des Kleinen im Alltag
2. Stunde (M 7) Zukunft Nanochemie? – Jetzt schon Alltag!

Blauer Himmel und sichtbare Nanoteilchen – der Tyndall-Effekt

M 2

Kleinste Nanopartikel sind für eine Vielzahl von (farbigen) Alltagsphänomenen verantwortlich. Sie haben sich sicherlich schon einmal gefragt, warum uns der Himmel blau erscheint, oder warum wir Sonnenstrahlen in staubigen Räumen oder Autoscheinwerfer im Nebel besonders gut sehen können? Auf diese Fragen gibt der folgende Versuch eine Antwort.

Schülerversuch: Wie können Nanopartikel sichtbar gemacht werden?

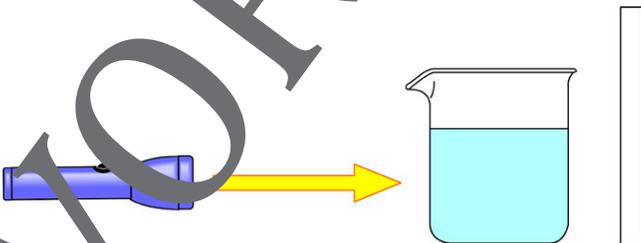
Vorbereitung: 5 min; **Durchführung:** 10 min



Chemikalien	Geräte
<input type="checkbox"/> dest. Wasser <input type="checkbox"/> Milch oder Ouzo  <input type="checkbox"/> Eisen(III)-chlorid  <input type="checkbox"/> verd. Natronlauge (w = 5%) 	<input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Laserpointer oder gebündelte Lichtquelle (Taschenlampe) <input type="checkbox"/> 3 saubere Bechergläser oder Erlenmeyerköpen (250 ml) <input type="checkbox"/> Pasteurpipetten <input type="checkbox"/> ggf. weißer Hintergrund
<p>Achtung: Verdünnte Natronlauge wirkt reizend.</p> <p>Entsorgung: Der Rückstand von Eisen(III)-hydroxid wird abfiltriert, getrocknet und im Hausmüll entsorgt. Das Milch-Natronlauge-Gemisch sowie das Ouzo-Wasser-Gemisch werden in den Ausguss gegeben.</p>	



Versuchsaufbau



© Dr. Wolfgang Zettlmeier

Versuchsdurchführung

Der Versuch wird im Sinne der oberen Abbildung aufgebaut. Anstelle der Taschenlampe kann auch ein Laserpointer verwendet werden. Als „Wandschirm“ eignet sich auch ein weißes DIN-A3-Papier.

Versuch 1: <i>Milch in Wasser</i>	Das Becherglas wird zu zwei Dritteln mit dest. Wasser gefüllt und der Lichtstrahl durch die Flüssigkeit an den Wandschirm gestrahlt. Anschließend wird mithilfe einer Pipette tropfenweise Milch hinzugegeben.
Versuch 2: <i>NaOH_(aq) in FeCl₃-Lsg.</i>	Ein sauberes (!) Becherglas wird etwa zur Hälfte mit verd. Eisen(III)-chlorid-Lösung gefüllt. Nun wird der Lichtstrahl hindurchgeschickt und vorsichtig (!) verdünnte Natronlauge hinzugegropft.
Versuch 3: <i>Ouzo in Wasser</i>	Das Becherglas wird zu zwei Dritteln mit dest. Wasser gefüllt und der Lichtstrahl durch die Flüssigkeit an den Wandschirm gestrahlt. Anschließend wird mithilfe einer Pipette tropfenweise Ouzo hinzugegeben.

Aufgaben

1. **Lesen** Sie die Versuchsanweisungen zu Schülerversuch 1 und 2 und **bereiten** Sie die Experimente entsprechend **vor**.
2. **Führen** Sie die beiden Versuche **scheibener** in Teams **durch** und **notieren** Sie einzeln Ihre Beobachtungen.
3. **Vergleichen** Sie in Partnerarbeit Ihre Beobachtungen und **diskutieren** Sie anschließend die Veränderungen des Lichtstrahls innerhalb der Lösungen **VOR** und **NACH** Zugabe der einzelnen Stoffe.
4. **Verwenden** Sie in euren Teams das Material 1 und **erarbeiten** Sie eine mögliche Erklärung bzw. Deutung des Phänomens. **Präsentieren** Sie Ihre Ergebnisse im Plenum.
5. Gibt es einen Zusammenhang zwischen euren Experimenten und der „Sichtbarkeit“ von Sonnenstrahlen in staubigen Räumen? **Erklären** Sie.

Aufgaben

1. **Lesen** Sie die Versuchsanweisungen zu Schülerversuch 2 und 3 und **führen** Sie die Versuche in Partnerarbeit **durch**.
2. **Notieren** Sie Ihre Beobachtungen in Einzelarbeit und **vergleichen** Sie anschließend diese mit einem Partner.
Bestimmen Sie zu Versuch 2 das Reaktionsschema.
Tipp: Bilden sich feine Partikel eines in Wasser schwerlöslichen Hydroxids.

M 6 Der Lotos-Effekt – von der Blume zum Auto

Infotext

Unter dem Lotos-Effekt wird die Selbstreinigung von Oberflächen aufgrund ihrer superwasserabweisenden (superhydrophoben) Beschaffenheit verstanden, durch welche Wassertropfen direkt abperlen und dabei Staub- und Schmutzpartikel mitziehen. Typischstes Beispiel: Blätter der Lotosblume.



Thinkstock/istock



Schülerversuch: Selbstreinigende Pflanzen und CDs mit Nanopartikel
Vorbereitung: 5 min; **Durchführung:** 5 min

Chemikalien

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> dest. Wasser
<input type="checkbox"/> Heptan
<input type="checkbox"/> Aceton
<input type="checkbox"/> Lebensmittelfarbe (rot oder blau)
<input type="checkbox"/> Lotosblüte oder große Kapuzinerkresse | <input type="checkbox"/> Schutzbrille
<input type="checkbox"/> CD-Rohling (leer!)
<input type="checkbox"/> Halter oder Objektträger (Glas)
<input type="checkbox"/> Bunsenbrenner
<input type="checkbox"/> 3 Pipetten
<input type="checkbox"/> Lupe |
|---|--|



Achtung: Vorsicht im Umgang mit Aceton und Heptan. Aceton und Heptan dürfen nicht in die Nähe der Bunsenbrennerflamme gelangen. **Brandgefahr!**

Entsorgung: Restmüllbehälter

Die nachfolgenden zwei Experimente nähern sich dem Lotos-Effekt und helfen uns die Beschaffenheit von superhydrophoben Oberflächen mithilfe der Nanochemie näher zu verstehen.

Experiment 1: Der Lotos-Effekt der Kapuzinerkresse

Kapuzinerkressen und Lotosblumen haben eine sehr ähnliche Oberflächenbeschaffenheit. Machen Sie zunächst das Blatt mit einer Lupe und tropfen Sie mithilfe der Pipette vorsichtig Wasser auf das Blatt. Geben Sie anschließend etwas Heptan auf das Blatt und wiederholen sie den Versuch.

Experiment 2: Lotos-Effekt mit Rußnanopartikeln

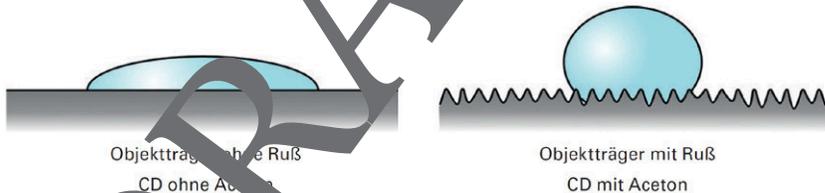
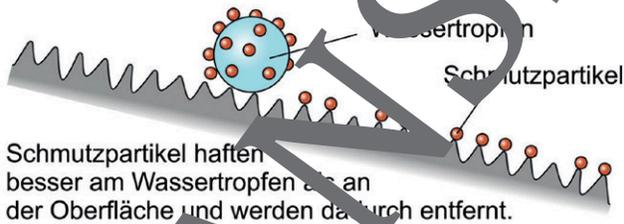
Reinigen Sie einen gläsernen Objektträger vorsichtig mit Aceton. Halten Sie ihn nach kurzer Zeit (Aceton muss vollständig verdampft sein) über die leuchtende Brennerflamme, bis die Hälfte (!) des Objektträgers vollständig mit Ruß bedeckt ist. Tropfen Sie anschließend auf beide Seiten des Objektträgers etwas gefärbtes Wasser.

Experiment 3: CDs mit und ohne Lotos-Effekt

Verwenden Sie einen neuen CD-Rohling und beschichten Sie vorsichtig die Hälfte der CD mit Aceton. Warten Sie einige Minuten. Tropfen Sie nun einige Tropfen gefärbtes Wasser auf beide Seiten der CD.

Aufgaben

- Führen** Sie die Experimente nach Anleitung durch und **notieren** Sie Ihre Beobachtungen.
- Erklären** Sie die beobachteten Unterschiede in den Experimenten 2 und 3. **Verwenden** Sie als Unterstützung folgenden Grafiken:



Grafik: Dr. Wolfgang Schmeier

- Vergleichen** Sie anschließend Ihre Ergebnisse in Kleingruppen.
- Lotos-Effekte spielen nicht nur in der Pflanzenwelt eine wichtige Rolle, sondern werden auch in bionischen Materialien und Werkstoffen verwendet. Zu solchen bionischen Materialien zählen zum Beispiel die Wandfarbe Lotusan® oder Autolacke mit Nanopartikeln. Welche Eigenschaften weisen diese Werkstoffe in ihrer Verwendung auf und wo liegen mögliche Vor- und Nachteile?



M 8 Nanochemie im Alltag – Chancen und Risiken

Nanomaterialien findet man in den verschiedensten Alltagsprodukten wie Textilien, Kosmetika oder selbst in Lebensmitteln. Aufgrund ihrer besprochenen Eigenschaften werden sie häufig als „Materialien der Zukunft“ bezeichnet – doch es gibt auch Bedenken hinsichtlich ihrer Sicherheit und Umweltverträglichkeit.

Rollenkarten

Forschung (z. B. Universität)	Industrie
<ul style="list-style-type: none"> • bewertet wissenschaftlich die Eigenschaften und Wirkungsweise der Nanopartikel • argumentiert auf Basis aktueller Forschungsergebnisse (z. B. hohe Oberfläche, gezielte Wirkung) • benennt offenen Forschungsbedarf und Messprobleme 	<ul style="list-style-type: none"> • stellt Vorteile von Produkten und den entsprechenden Marktvorteilen (z. B. Effizienz, Funktionalität, Innovation) • betont wirtschaftliche Bedeutung und auch die Wettbewerbsfähigkeit • interessiert sich für Produktion, Kosten sowie Entwicklungsstellung
Umweltbund	Journalistin/Verbraucher
<ul style="list-style-type: none"> • verweist auf (hauptsächlich) ungeklärte Umweltfolgen (z. B. Aufnahme über Wasser/Luft, Anreicherung in Organismen) • fordert Vorsorgeprinzip, unabhängige Risikoforschung, klare Kennzeichnung • spricht über Entsorgung, Recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • stellt Fragen zu Sicherheit, Nutzen, Langzeitwirkungen vor allem für die eigene Person • interessiert sich für Transparenz, Preis-Leistung, Kennzeichnung • sieht Nutzen, fühlt sich aber auch unsicher bei neuen unbekanntem Technologien

© RAABE 2025

Aufgaben

1. Bilden Sie Gruppen zu je vier Personen und **bestimmen** Sie je eine Person für eine der genannten Rollen.
2. **Wählen** Sie eine Anwendung von Nanomaterialien, z. B.:
 - Sonnencreme mit Titandioxid-Nanopartikeln
 - Textilien mit Silbbernanopartikeln (antibakteriell)
 - Lebensmittelverpackung mit Nanobeschichtung

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

