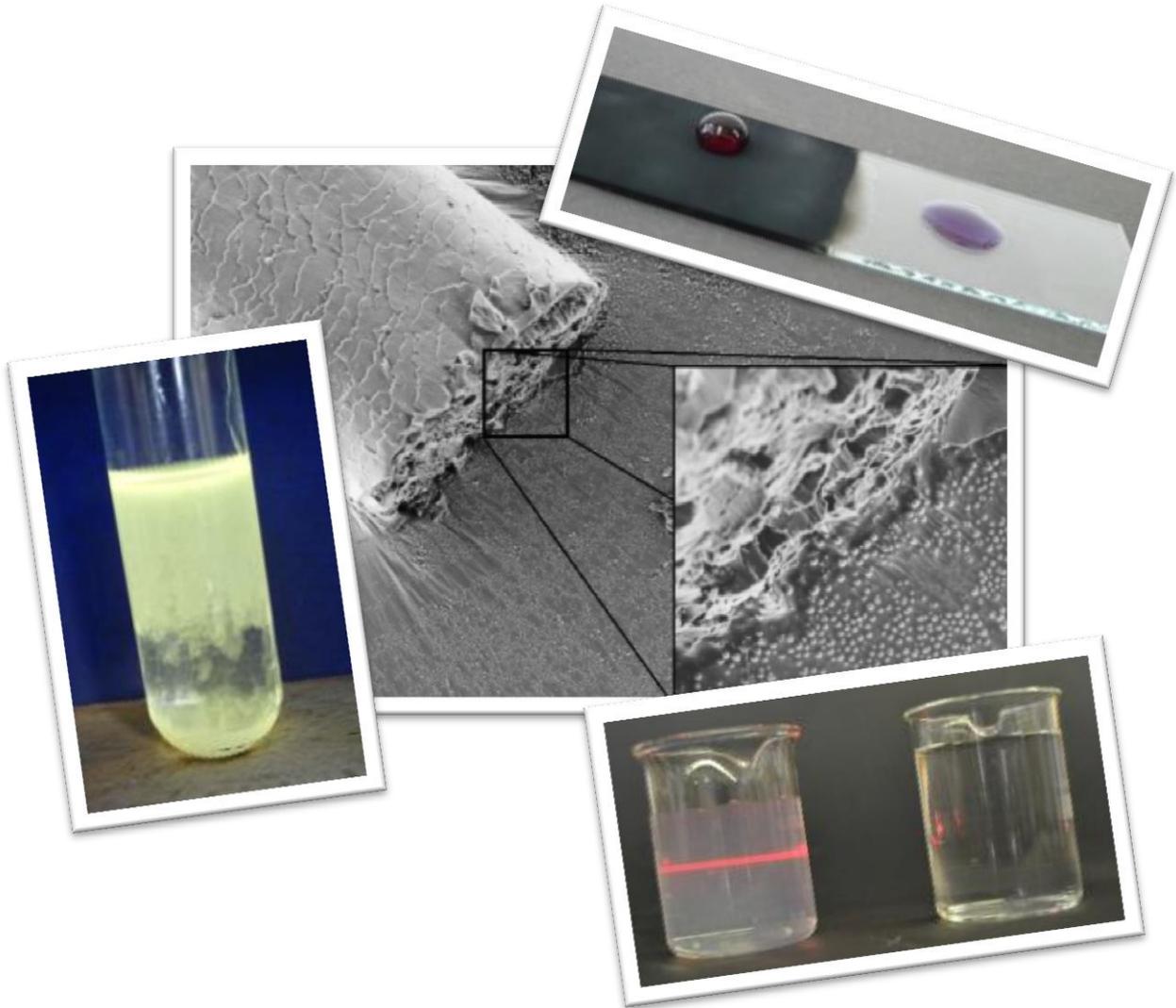


Schulversuchspraktikum

Elena von Hoff

Sommersemester 2014

Klassenstufen 9 & 10



Nano in Alltagsprodukten

Auf einen Blick:

Diese Unterrichtseinheit für die **Klassen 9 & 10** enthält **zwei Lehrer-** sowie **vier Schülerversuche**, die erste Einblicke in das **Thema „Nano“** geben sollen. Der erste der beiden Lehrerversuche zeigt die veränderten Eigenschaften von Materialien durch die **Erhöhung des Zerteilungsgrades**. Im zweiten Lehrerversuch werden zunächst **Zinkoxid-Nanopartikel** hergestellt und anschließend mit Hilfe eines Modellversuchs die **Diffusionseigenschaften** dieser Partikel untersucht. Der erste der vier Schülerversuche beschäftigt sich mit dem **Tyndall-Effekt** als qualitativer Nachweis für Nanopartikel, während sich die Versuche V 4 und V 5 mit dem **Lotus-Effekt** beschäftigen. Zu guter Letzt werden in Versuch V 6 **hydrophile Oberflächenbeschichtungen** hergestellt.

Das Arbeitsblatt „**Die Diffusion von Zinkoxid-Nanopartikeln**“ kann unterstützend zu V 1 eingesetzt werden.

Inhalt

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele..... | 2 |
| 2 | Lehrerversuche | 3 |
| 2.1 | V 1 – Zerteilungsgrad von Eisen | 3 |
| 2.2 | V 2 – Herstellung von Zinkoxid-Nanopartikeln und Untersuchung ihres Diffusionsverhaltens..... | 4 |
| 3 | Schülerversuche..... | 8 |
| 3.1 | V 3 – Der Tyndall-Effekt..... | 8 |
| 3.2 | V 4 – Künstlicher Lotus-Effekt auf Objektträgern | 9 |
| 3.3 | V 5 – Künstlicher Lotus-Effekt auf einer CD | 11 |
| 3.4 | V 6 – Herstellung superhydrophiler Oberflächenbeschichtungen..... | 13 |
| 4 | Didaktischer Kommentar..... | 16 |
| 4.1 | Erwartungshorizont (Kerncurriculum)..... | 16 |
| 4.2 | Erwartungshorizont (Inhaltlich)..... | 16 |

1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Die Themen „Nano“ und „Nanotechnologie“ begegnen uns in unserem Alltag immer häufiger: ob in der Werbung, z.B. als Aufschrift auf Glätteisen und Putzmitteln, oder im Namen von Produkten wie Modellhubschraubern und MP3-Playern oder gar Autos. Diese inflationäre Verwendung des Nanobegriffs unterstützt jedoch die Bildung von Fehlvorstellungen.

Bei der Nanotechnologie handelt es sich um ein relativ junges Forschungsgebiet, das sich mit der Erforschung, Herstellung und Anwendung von Materie im Bereich weniger Nanometer beschäftigt, wobei ein Nanometer 10^{-9} m entspricht. Das Besondere an nanoskaligen Materialien sind ihre veränderten Eigenschaften gegenüber äquivalenten Materialien größerer Dimensionen. Diese umfassen unter anderem die Änderung von Schmelz- und Siedepunkt, elektrischer Leitfähigkeit, magnetischem Verhalten, chemischer Reaktivität sowie Farbigkeit und das Auftreten von Fluoreszenz. Diese hängen vielfach mit der Oberflächenvergrößerung bei gleichbleibendem Volumen zusammen, können aber, wie die Veränderung der Bandlückengröße von Halbleitern, auch mit dem Größenquantisierungseffekt erklärt werden.

Im Folgenden sollen nun einige Versuche vorgestellt werden, die zum einen eine Einführung in das Thema „Nano“ bieten (V 1 & V 3) und zum anderen einige Eigenschaften nanoskaliger Materialien demonstrieren (V 2 & V 4 – V 6). Dabei kann mit Hilfe von Nanomaterialien das Basiskonzept Struktur-Eigenschaft (am Beispiel des Oberflächen- zu Volumenverhältnis), sowie das Basiskonzept Stoff-Teilchen gefördert werden. Für letzteres können Nanomaterialien als eine Art Zwischenebene gesehen werden, mit der das Teilchenverständnis der SuS erweitert und gefördert werden kann. Dabei werden Bezüge zur Lebenswelt der SuS hergestellt und Alltagsphänomene erklärt. Gleichzeitig bieten viele der Versuche die Möglichkeit, die Bewertungskompetenzen der SuS zu fördern.

2 Lehrerversuche

2.1 V 1 – Zerteilungsgrad von Eisen

Dieser Versuch demonstriert das unterschiedliche Reaktionsverhalten von Eisen bezüglich seines Zerteilungsgrades.

| Gefahrenstoffe | | |
|--|--------|-------------|
| Eisenblech | - | - |
| Eisenwolle | H 228 | P 370+378b |
| Eisenpulver | H: 288 | P: 370+378b |
|  | | |

Materialien: Gasbrenner, Tiegelzange

Chemikalien: Eisenblech, Eisenwolle, Eisenpulver

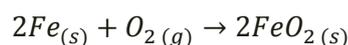
Durchführung: Mit einer Tiegelzange werden nacheinander ein Stück Eisenblech und Eisenwolle in die Flamme eines Gasbrenners gehalten. Anschließend wird eine Spatelspitze Eisenpulver in die Flamme gerieselt.

Beobachtung: Wird das Stück Eisenblech in die Flamme gehalten, so dauert es ca. eine halbe Minute, bis dieses an den Rändern anfängt rot zu glühen. Die Eisenwolle hingegen beginnt bereits nach wenigen Sekunden gelb-orange zu glühen. Das Eisenpulver entzündet sich sofort bei Berührung der Brennerflamme. Es sprühen helle, gelb-orangene Funken.



Abb. 1 – Die Oxidation von Eisenblech (links), Eisenwolle (mitte) und Eisenpulver (rechts).

Deutung: In allen drei Versuchsteilen wird Eisen verbrannt, jedoch sind unterschiedliche Reaktionsstärken zu beobachten. Diese unterschiedlichen Reaktionsverhalten sind auf den Zerteilungsgrad des Eisens zurückzuführen, also dem Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche. Chemische Reaktionen finden immer an den Grenzflächen der jeweiligen Substanzen statt. Im Falle des Eisenblechs bedeutet dies, dass die an der Oberfläche liegenden Eisena-tome zuerst oxidiert werden, bevor die Atome im inneren des Eisenblechs oxidiert werden können. Vergleicht man das Stück Eisenblech mit der Eisenwolle, so fällt auf, dass die Oberfläche des Eisenstücks im Verhältnis zu seinem Volumen relativ gering ist, während die Eisenwolle ein viel größeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis aufweist. Entsprechend beginnt auch die Oxidation der Eisenwolle viel früher. Der Zerteilungsgrad des Eisenpulvers ist noch einmal um einiges höher als der der Eisenwolle. Die Reaktion beginnt deshalb sofort bei Berührung der Brennerflamme. In allen drei Fällen läuft folgende Reaktion ab.



Entsorgung: Das Eisenblech kann geschmirgelt und anschließend wiederverwendet werden. Die Reste der Eisenwolle und des Eisenpulvers können über den Hausmüll entsorgt werden.

Literatur: R. Blume, <http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/wovon-v.htm>, 30.04.2010 (Zuletzt eingesehen am 18.08.2014 um 23:06)

Dieser Versuch eignet sich besonders gut zur Einführung des Zerteilungsgrades und dem Thema der Nanotechnologie. Er kann auch von SuS durchgeführt werden, wurde aber aufgrund des höheren Reinigungsaufwands des Eisenpulvers als Lehrerversuch eingestuft. Um eine Verunreinigung des Gasbrenners zu verhindern, kann dieser vor dem Versuchsteil mit dem Eisenpulver waagrecht in ein Stativ eingespannt werden.

2.2 V 2 – Herstellung von Zinkoxid-Nanopartikeln und Untersuchung ihres Diffusionsverhaltens

Dieser Versuch teilt sich in zwei Teilversuche. Zum einen die Herstellung von Zinkoxid-Nanopartikeln und zum anderen ein Modellversuch zum Diffusionsverhalten von Nanopartikeln durch biologische Membranen.

| Gefahrenstoffe | | |
|--|------------|--|
| Ethanol Absolut | H: 225 | P: 210 |
| Natriumhydroxid-Plätzchen | H: 314-290 | P: 280-301+330+331-309+310-305+351+338 |
| Zinkacetatdihydrat | H: 302-410 | P: 262-273 |
| n-Octanol | H: 319 | P: 305+351+338 |
| Paraffinöl | - | - |
|  | | |

Materialien: Magnetrührer, Rückflusskühler, 250 mL Dreihalskolben, Thermometer, Stativmaterial, Ölbad, UV-Lampe (18 W), Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten.

Chemikalien: Ethanol absolut, Natriumhydroxid-Plätzchen, Zinkacetatdihydrat, n-Octanol, Paraffinöl.

Durchführung: *1. Herstellung von Zinkoxid-Nanopartikeln in Ethanol*

In einem Dreihalskolben werden 100 mL Ethanol vorgelegt. Nach Zugabe von 2,2 g Zinkacetatdihydrat wird das Gemisch so lange unter Rückfluss bei 90° C gekocht, bis sich der Feststoff vollständig gelöst hat. Parallel wird eine 0,2 molare ethanolische Natriumhydroxid Lösung hergestellt. Dazu werden 0,28 g Natriumhydroxid-Plätzchen in 35 mL Ethanol bei 40° C unter stetigem Rühren gelöst.

Anschließend wird die Zinkacetat-Lösung auf 40° C abgekühlt, wobei während des Kühlens bei einer Temperatur von 60° C langsam die ethanolische NaOH-Lösung zugegeben wird. Die Lösung muss schließlich bei 40° C 24 Stunden gerührt werden. Das Produkt wird unter UV-Licht betrachtet.

2. Diffusion von Zinkoxid-Nanopartikeln in unterschiedlich polaren Lösungen

Zwei Reagenzgläser werden jeweils mit 5 mL der ethanolischen Zinkoxid-Nanopartikel Lösung befüllt. In einem der Reagenzgläser wird die Lösung mit 3 mL n-Octanol, im anderen mit 3 mL Paraffin unterschichtet. Anschließend werden die beiden Reagenzgläser 15 Minuten mit einer UV-Lampe beleuchtet.

Beobachtung: Die beiden Feststoffe lösen sich nach einer guten halben Stunde im Ethanol, es entstehen klare Lösungen. Bei Zugabe der einen Lösung zur anderen entsteht wiederum eine klare Lösung. Unter UV-Licht fluoresziert die Lösung gelb.

Bei der Unterschichtung der Zinkoxid-Nanopartikel-Lösung mit n-Octanol ist bei UV-Bestrahlung zu erkennen, dass die fluoreszierenden Nanopartikel langsam in die n-Octanol-Phase hineindiffundieren. Wird die Lösung mit Paraffin unterschichtet, so diffundieren die fluoreszierenden Partikel nur sehr langsam in die Paraffin-Phase. Nach 15 Minuten ist zu erkennen, dass vor allem größere Partikel nicht in die Paraffin-Phase diffundiert sind und sich stattdessen an der Phasengrenze abgesetzt haben.

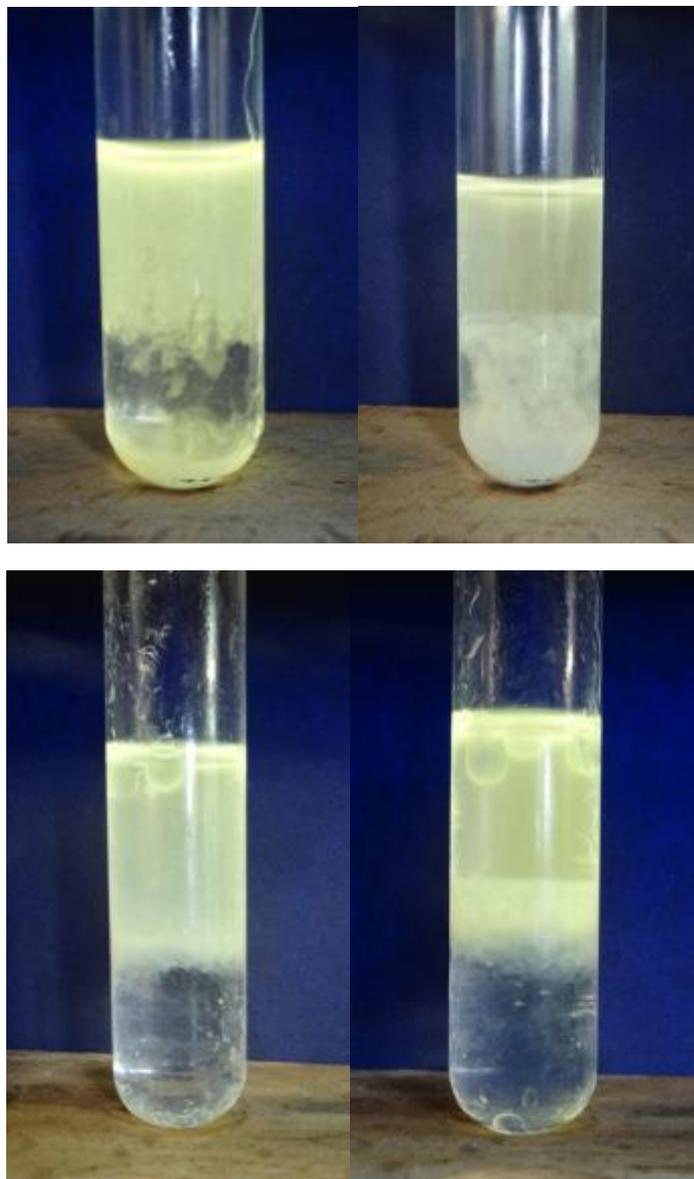
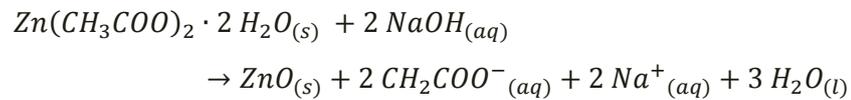


Abb. 2 – Ethanolische Zinkoxid-Nanopartikel-Lösung 1 Minute nach dem Unterschichten mit n-Octan (oben links) und 15 Minuten nach dem Unterschichten (oben rechts), sowie 1 Minute (unten links) und 15 Minuten nach dem Unterschichten mit Paraffin (unten rechts)

Deutung: Bei der Herstellung der Zinkoxid Nanopartikel reagiert das Zinkacetatdihydrat mit Natriumhydroxid in Ethanol. Dabei fällt nanoskaliges Zinkoxid aus.



Unter UV-Bestrahlung fluoresziert die Lösungen in einem Gelbton. Diese Fluoreszenz ist auf die geringe Größe der Nanopartikel zurückzuführen. Agglomerieren die Partikel nach und nach, so lässt auch die Fluoreszenz nach.

Im zweiten Versuchsteil dient das n-Octanol als Modellsystem biologischer Membranen, da es oft eingesetzt wird, um das Verteilungsverhalten von Substanzen an Membranen zu analysieren. Die Zinkoxid-Nanopartikel diffundieren in diesem Versuch in die Phase des n-Octanols. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Nanopartikel auch durch biologische Membranen diffundieren können. Zum Vergleich wurden zusätzlich auch das deutlich unpolarere Lösungsmittel Paraffin verwendet. Zwar können kleinere Partikel in die Paraffin-Phase diffundieren, die meisten (größeren) Partikel schaffen dies jedoch nicht.

Entsorgung: Eine Entsorgung erfolgt über den Behälter für flüssige organische Abfälle

Literatur: A. Steinkuhle, Synthese und Charakterisierung von Zinkoxid Nanopartikeln für Schulexperimente, *Bachelorarbeit*, Georg-August-Universität Göttingen, 2013

Die Nanopartikel Lösung muss mindestens zwei Tage zuvor vorbereitet werden. Jedoch kann sie relativ lange aufbewahrt werden. Solange die Lösung unter UV-Licht fluoresziert, kann der zweite Versuchsteil auch mit älteren Lösungen durchgeführt werden.

Beim zweiten Versuchsteil bietet es sich besonders an, die Bewertungskompetenz der SuS zu fördern. Dabei kann diskutiert werden, ob der Einsatz von Nanopartikeln in Lebensmitteln sinnvoll ist. Die SuS können im Zuge dessen recherchieren, in welchen Alltagsprodukten Nanopartikel verwendet werden und welchen Zweck sie erfüllen.

3 Schülerversuche

3.1 V 3 – Der Tyndall-Effekt

Dieser Versuch behandelt den Tyndall-Effekt als Nachweis von Nanopartikeln in Lösung.

| Gefahrenstoffe | | |
|--|---|---|
| Dest. Wasser | - | - |
| Milch | - | - |
|  | | |

Materialien: 2 Bechergläser, Pipette, Glasstab, Laserpointer

Chemikalien: Dest. Wasser, Milch

Durchführung: Die beiden Bechergläser werden jeweils zu zwei Dritteln mit Wasser befüllt. In eines der Bechergläser werden mit einer Pipette 5 Tropfen Milch gegeben und mit einem Glasstab verrührt. Anschließend wird ein Laserstrahl durch die jeweiligen Lösungen geführt.

Beobachtung: Nach Zugabe der Milchtropfen ist eine leichte Trübung der Lösung zu beobachten. Wird ein Laserstrahl durch die Flüssigkeiten geleitet, so ist bei der Lösung mit Milch der Weg des Laserstrahls durch die Flüssigkeit gut zu erkennen. Im Becherglas mit Wasser hingegen ist der Laserstrahl nicht zu sehen.

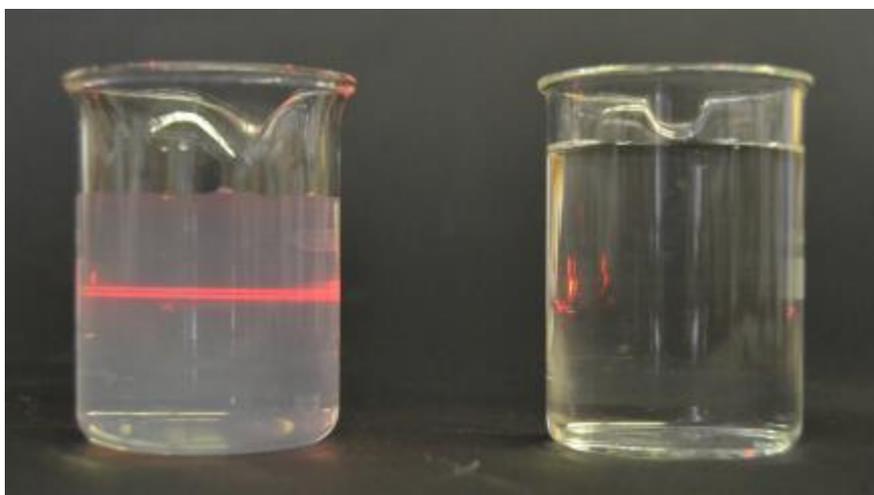


Abb. 3 – Der Tyndall-Effekt in Wasser mit einigen Tropfen Milch (links). Zum Vergleich dest. Wasser (rechts).

- Deutung:** In Milch sind Fetttröpfchen in der wässrigen Phase emulgiert. Diese Fetttröpfchen sind als Mizellen im wässrigen Medium dispergiert und weisen eine Größe von wenigen Nanometern auf. Wegen ihrer geringen Größe sind Mizellen für das menschliche Auge nicht sichtbar. Wird ein Laserstrahl durch die kolloidale Milchlösung geschickt, wird das Licht des Lasers an den Mizellen gebrochen und, je nach Aufprallwinkel, in verschiedene Richtungen abgelenkt. Die Strahlen laufen nun nicht mehr gebündelt in eine Richtung, sondern sind auch von allen Seiten erkennbar. Dieser Effekt tritt nur bei Partikeln im Nanometerbereich auf, deren Größe ungefähr der Wellenlänge des eingestrahnten Lichts entspricht. In Wasser oder auch Salzwasser ist dieser Effekt nicht zu beobachten, da die in Wasser gelösten Ionen des Salzes eine zu geringe Größe aufweisen.
- Entsorgung:** Die Entsorgung erfolgt über den Abfluss.
- Literatur:** W. Helmert, http://home.snafu.de/helmert/Milch/Materialien_Downloads/experimentiermappe_milch.pdf, 03.02.2005 (Zuletzt eingesehen am 16.08.2014 um 16:20).

Dieser Versuch bietet eine Vielzahl an Anknüpfungspunkten. Neben der Lichtstreuung, die einen fächerübergreifenden Unterricht mit der Physik erlaubt, lassen sich mit Hilfe des Tyndall-Effekts auch Alltagsphänomene wie die sichtbaren Lichtkegel von Autoscheinwerfern im Nebel erklären. Werden im Zuge der Unterrichtseinheit außerdem Nanopartikelösungen hergestellt, so können diese Nanopartikel mittels des Tyndall-Effekts nachgewiesen werden. Es bietet sich in jedem Fall an, den Raum für die Zeit der Durchführung leicht abzudunkeln, damit der Effekt besser sichtbar ist.

3.2 V 4 – Künstlicher Lotus-Effekt auf Objektträgern

Dieser Versuch veranschaulicht auf einfache Weise den Lotuseffekt. Dazu wird ein Objektträger mit einer Schicht Ruß bedeckt.

| Gefahrenstoffe | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wasser | | - | | | - | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| | |
|---------------|---|
| Materialien: | Objektträger, Kerze, Pipette, Tiegeltzange, Lebensmittelfarbe |
| Chemikalien: | Wasser |
| Durchführung: | Ein gereinigter Objektträger wird mit einer Tiegeltzange vorsichtig über die Flamme einer Kerze gehalten, sodass sich eine Rußschicht bildet. Nach dem Abkühlen wird mit einer Pipette ein mit Lebensmittelfarbe angefärbter Tropfen Wasser auf die rußige Oberfläche gegeben. Zum Vergleich wird zusätzlich ein Tropfen auf einen unbehandelten Objektträger getropft. |
| Beobachtung: | Der Tropfen auf der rußigen Oberfläche hat eine fast runde Form. Wird der Objektträger leicht schräg gehalten, so rollt der Tropfen von der Oberfläche und nimmt dabei einige Rußpartikel mit. Der Tropfen auf dem unbehandelten Objektträger hingegen ist flach und tropft selbst dann nicht von der Oberfläche, wenn der Objektträger um 180° gedreht wird. |

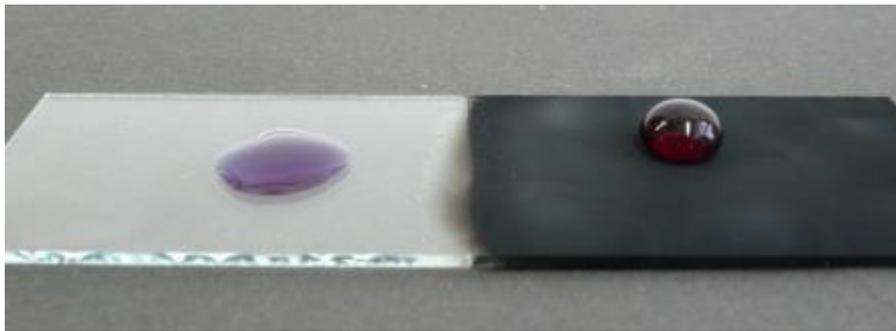


Abb. 4 – Lackmustropfen auf einer unbehandelten (links) und einer rußigen Glasoberfläche (rechts).

| | |
|----------|--|
| Deutung: | Die Rußpartikel auf dem Objektträger bestehen aus kugelförmigen Zusammenschlüssen von elementarem Kohlenstoff, die Kugeldurchmesser von 5 bis 500 nm besitzen. Sie können außerdem verzweigte kettenförmige Aggregate bilden. Diese Strukturen im Nanobereich setzen sich auf der Oberfläche des Objektträgers ab und bilden eine raue Schicht. Wird ein Wassertropfen auf eine Oberfläche gegeben, so gehen die Wassermoleküle Wechselwirkungen mit den Molekülen der Oberfläche ein. Da die Rußpartikel hydrophobe Eigenschaften aufweisen, sind die Wechselwirkungen mit den Wassermolekülen nur sehr gering. Dieser Effekt wird durch die raue Struktur der Rußschicht noch begünstigt, da ein Wassertropfen nur mit sehr wenigen Rußpartikeln in Kontakt kommt. Im Vergleich dazu sind die intermolekularen Wechselwirkungen der Wassermoleküle untereinander viel stärker. Die Moleküle ziehen sich deshalb an und tendieren dazu, einen energetisch günstigsten Zustand zu erlangen. Dieser Zustand ist durch eine Oberflächenminimierung möglich, weshalb die Wassertropfen auf der rußigen Oberfläche kugelförmig sind. |
|----------|--|

Bei der unbehandelten Seite des Objektträgers sind die Wechselwirkungen der Wassermoleküle mit denen der Glasoberfläche viel größer, weshalb das Wasser eine flache Form annimmt. Die sehr glatte Oberfläche des Glases begünstigt zudem diese flache Tropfenform, da die Wassermoleküle mit viel mehr Molekülen der Glasoberfläche wechselwirken können.

Entsorgung: Der Objektträger kann nach dem Versuch gereinigt und wiederverwendet werden.

Literatur: C. Schiehlen, <http://www.nano-erleben.de/images/nano-erleben-marburg-2010.pdf>, 2010 (Zuletzt eingesehen am 16.08.2014 um 16:59)

J. Knébel, M. Dietiker, C. Meili, http://exponano.ch/wp-content/uploads/2014/01/Lotuseffekt_Lehreranleitung.pdf, Juni 2011 (Zuletzt eingesehen am 16.08.2014 um 17:16)

Dieser Versuch bietet die Möglichkeit, fächerübergreifend einen Bezug zur Biologie herzustellen. Des Weiteren können Anwendungsbereiche des Lotus-Effekts im Alltag diskutiert werden. Es empfiehlt sich zum Vergleich auch superhydrophile Oberflächenbeschichtungen zu behandeln (vgl. V6).

3.3 V 5 – Künstlicher Lotus-Effekt auf einer CD

Dieser Versuch dient als weiteres Beispiel für den Lotus-Effekt. Dazu wird eine CD mit Aceton behandelt.

| Gefahrenstoffe | | |
|--|---------------|-----------------------|
| Wasser | - | - |
| Aceton | H 225-319-336 | P 210-233-305+351+338 |
|  | | |

Materialien: Alte CD, Plastik-Pasteurpipette, Lebensmittelfarbe, Pipette

Chemikalien: Wasser, Aceton

Durchführung: Mit Hilfe der Pasteurpipette wird ca. ein Viertel der CD mit Aceton bedeckt. Nachdem das Aceton vollständig verdunstet ist, wird dieselbe Stelle noch vier weitere Male mit Aceton behandelt. Anschließend können mit einer Pipette einige Tropfen Wasser auf die mit Aceton behandelte Stelle getropft werden. Zum Vergleich werden auch einige Tropfen auf die unbehandelte Seite der CD gegeben. Das Wasser kann für einen größeren Kontrast vorher mit Lebensmittelfarbe eingefärbt werden.

Beobachtung: Die Tropfen, die auf der mit Aceton behandelten Stelle aufliegen, sind nahezu kugelförmig. Dahingegen sind die Tropfen auf der unbehandelten Seite der CD eher flach.



Abb. 5 – Lackmustropfen auf einer unbehandelten (links) und einer mit Aceton behandelten CD (rechts).

Deutung: Das Aceton reagiert mit der Polycarbonoberfläche der CD und es bilden sich teilkristalline Strukturen. Es entsteht eine raue, hydrophobe Oberfläche im Nano-/ Mikrometerbereich, die für den Lotus-Effekt sorgt (vgl. V 4).

Entsorgung: Die CD kann im Hausmüll entsorgt werden.

Literatur: J. Knébel, M. Dietiker, C. Meili, http://exponano.ch/wp-content/uploads/2014/01/Lotuseffekt_Lehreranleitung.pdf, Juni 2011 (Zuletzt eingesehen am 16.08.2014 um 17:16)

Wie bei V 4 können auch bei diesem Versuch Bezüge zur Biologie hergestellt und mögliche Anwendungsbereiche des Lotus-Effekts diskutiert werden. Es bietet sich an, zum Vergleich auch Versuch V 6 durchzuführen.

3.4 V 6 – Herstellung superhydrophiler Oberflächenbeschichtungen

In diesem Versuch wird eine Glasoberfläche mit TTIP beschichtet, sodass eine superhydrophile Oberflächenbeschichtung entsteht.

| Gefahrenstoffe | | |
|--|----------------|---------------------------|
| Ethanol | H 225 | P 210 |
| Titan(IV)-tetraisopropoxid | H: 226-319-331 | P: 261-305+351+338-311 |
| konz. Salzsäure | H 314-335-290 | P 280-301+331-305+351+338 |
|  | | |

Materialien: Objektträger, Glasstab, Tesafilm, Becherglas, Rührfisch, Magnetrührer, Sprühflasche, Pasteurpipette, Fön

Chemikalien: Ethanol, Titan(IV)-tetraisopropoxid (TTIP), konz. Salzsäure

Durchführung: *Versuchsteil 1: Herstellung der TTIP-Lösung*

In einem Becherglas werden 25 mL Ethanol mit 1,8 mL konzentrierter Salzsäure versetzt. Anschließend werden 5 mL Titan(IV)-tetraisopropoxid (TTIP) hinzugegeben und die Lösung wird etwa fünf Minuten lang gerührt.

Versuchsteil 2: Beschichtung einer Glasoberfläche

Ein Objektträger oder eine andere geeignete Glasoberfläche wird zunächst mit Ethanol gereinigt. Eine Hälfte des Objektträgers wird mit Tesafilm abgeklebt. Zwei Tropfen der TTIP-Lösung werden mit einer Pipette auf die Kante des Tesafilmstreifens gegeben. Anschließend rollt man einen Glasstab von den Tropfen aus über die Glasoberfläche, sodass sich ein gleichmäßiger TTIP-Film auf der Oberfläche bildet. Mit einem Fön wird der Objektträger etwa 10 Sekunden lang getrocknet. Der Tesafilmstreifen wird wieder entfernt und mit einer Sprühflasche wird vorsichtig Wasser auf beide Glashälften gesprüht.

Beobachtung: Wird der Objektträger mit Wasser besprüht, bleiben an der unbehandelten Seite der Glasplatte kleine Wassertropfen hängen. Auf der mit TTIP behandelten Seite bildet sich hingegen ein Wasserfilm.

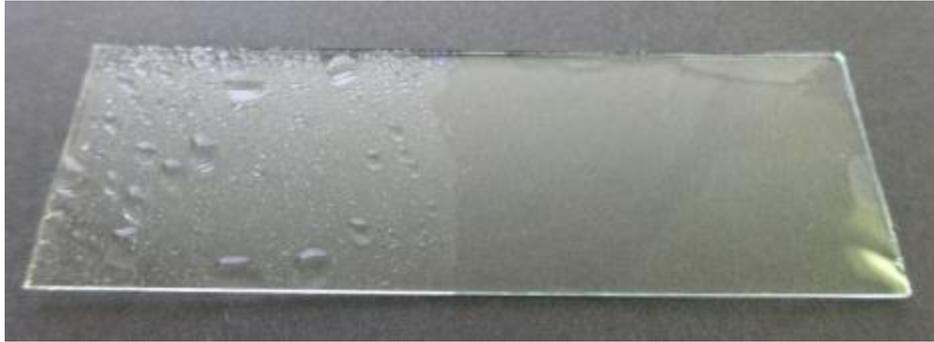


Abb. 6 – Wasser auf einer unbehandelten (links) und einer mit TTIP behandelten Glasoberfläche (rechts).

Deutung: Mit Hilfe der TTIP-Lösung wird eine nanometerdünne Titandioxid-Schicht auf den Objektträger aufgetragen. Diese Schicht hat superhydrophile Eigenschaften. Werden Wassertropfen auf die beschichtete Oberfläche gegeben, so gehen die Wassermoleküle starke Wechselwirkungen mit der Titandioxid-Beschichtung ein. Die Wechselwirkungen mit der Oberflächenbeschichtung sind dabei im Verhältnis viel größer als die intermolekularen Kräfte, weshalb sich das Wasser möglichst großflächig auf dem Objektträger ausbreitet.

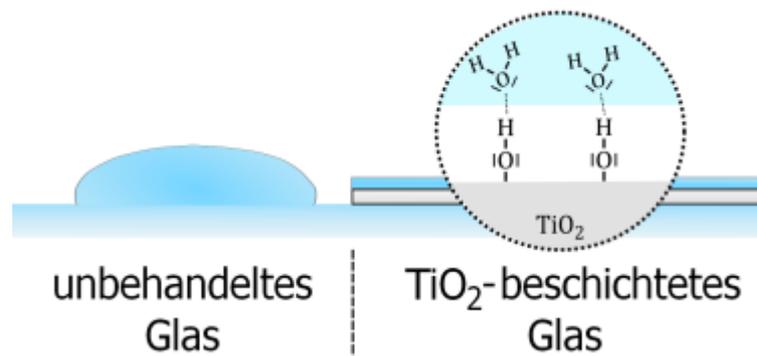


Abb. 7 – Schematische Darstellung eines unbehandelten und eines TiO₂-beschichteten Glases.¹

Entsorgung: Die Entsorgung erfolgt über den Säure-Base-Abfall.

Literatur: M. M. Viana, T. D. S. Mohallem, G. L. T. Nascimento, N. D. S. Mohallem, Nanocrystalline Titanium Oxide thin Films Prepared by Sol-Gel Process, Brazilian Journal of Physics 36, 1081 (2005)

¹ T. Wilke, E. Irmer, K. Wolf, T. Waitz, „NANO“ – eine Dimension mit hohem didaktischen Potenzial für den Chemieunterricht, MNU Kassel, 2014.

Neben der benetzenden Fähigkeit der Oberflächenbeschichtung besitzt Titandioxid zusätzlich auch die Eigenschaft photokatalytisch zu wirken. Diese Wirkung kann in einem weiterführenden Experiment gezeigt werden. Dazu wird je ein Tropfen Methyleneblau auf die behandelte und die unbehandelte Seite des Objektträgers gegeben und dieser anschließend eine halbe Stunde mit UV-Licht beleuchtet. Zusätzlich kann die Form und Ausbreitung der Tropfen vor und nach der Beleuchtung fotografisch festgehalten werden.

Es bietet sich an, zum Vergleich auch den Lotus-Effekt superhydrophober Oberflächen zu behandeln (V 4 & V 5).

Arbeitsblatt – Die Diffusion von Zinkoxid Nanopartikeln



Materialien: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten.

Chemikalien: Ethanolische Zinkoxid-Nanopartikel-Lösung, n-Octanol, Paraffinöl.

Durchführung: Zwei Reagenzgläser werden jeweils mit 5 mL der ethanolischen Zinkoxid-Nanopartikel-Lösung befüllt. In einem der Reagenzgläser wird die Lösung mit 3 mL n-Octanol, im anderen mit 3 mL Paraffin unterschichtet. Anschließend werden die beiden Reagenzgläser 15 Minuten mit einer UV-Lampe beleuchtet.

Auswertung

Aufgabe 1 – Schreibe deine Beobachtungen auf und fertige zusätzlich eine Skizze deiner Beobachtungen an.

Aufgabe 2 – Die Eigenschaften des n-Octanols aus dem ersten Reagenzglas ähneln den Eigenschaften biologischer Membranen, wie z.B. Zellwänden. Übertrage deine Beobachtungen auf solche biologische Membranen. Was schließt du daraus?

Aufgabe 3 – Nanopartikel werden heutzutage in Kosmetika wie Sonnencreme und Zahnpasta sowie in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt. Bewerte diesen Einsatz von Nanopartikeln kritisch. Nutze dazu deine Erkenntnisse aus Aufgabe 2

4 Didaktischer Kommentar

Das vorliegende Arbeitsblatt soll vor allem die Bewertungskompetenz der SuS fördern. Dazu führen die SuS, wenn möglich, den hier angeführten Versuch V 2 durch (Der Versuch kann auch als Lehrerversuch durchgeführt werden. Dabei ist wichtig, dass alle SuS die Beobachtung ordentlich protokollieren.). Das n-Octanol dient dabei als Modell für eine biologische Membran. In Aufgabe 2 sollen die SuS deshalb die Beobachtungen des Versuches auf biologische Membranen übertragen und im Anschluss die Verwendung von Nanopartikeln in Kosmetika und Nahrungsmitteln kritisch bewerten.

4.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Mit diesem Arbeitsblatt soll vor allem die Bewertungskompetenz gefördert werden. Die folgenden Kompetenzen wurden dem Basiskonzept Struktur-Eigenschaft entnommen:

Erkenntnisgewinn: Die SuS zeigen Verknüpfungen zwischen chemischen und gesellschaftlichen Entwicklungen mit Fragestellungen und Erkenntniswegen der Chemie auf. (Versuch, Aufgabe 2)

Bewertung: Die SuS bewerten Informationen, reflektieren diese und nutzen sie für die eigene Argumentation. (Aufgabe 2 & 3)

Die SuS erkennen, diskutieren und bewerten die Vor- und Nachteile von Rohstoffen und Produkten. (Aufgabe 3)

Bei Aufgabe 1 handelt es sich um den Anforderungsbereich I – das ordentliche Protokollieren und Skizzieren von Beobachtungen sollten die SuS bereits aus vorherigen Klassenstufen können.

Aufgabe 2 fällt in den Anforderungsbereich II – die SuS übertragen die Beobachtungen aus Versuch 1 auf biologische Membranen.

Die dritte Aufgabe gehört in den Anforderungsbereich III – die SuS bewerten den Einsatz von Nanopartikeln in Kosmetika und Nahrungsmitteln kritisch.

4.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

Aufgabe 1 – Die Nanopartikel-Lösungen fluoreszieren bei Bestrahlung mit UV-Licht. Werden diese mit n-Octanol bzw. Paraffin unterschichtet, so bilden sich zwei Phasen. Nach 15 Minuten fluoresziert auch die n-Octanol Phase, während die Paraffin-Phase kaum fluoresziert. Stattdessen hat sich eine helle fluoreszierende Schicht an der Phasengrenze gebildet.

Aufgabe 2 – Die Zinkoxid Nanopartikel diffundieren nach kurzer Zeit in die n-Octanol Phase. Betrachtet man das n-Octanol als Modell für biologische Membranen, so kann man davon ausgehen, dass die Zinkoxid-Nanopartikel auch in solche biologische Membranen diffundieren würden.

Aufgabe 3 – Wie in Aufgabe 2 festgestellt wurde liegt es nahe, dass Nanopartikel in Zellen diffundieren können. Unser Körper kommt über Nahrungsmittel und Kosmetika, wenn Nanopartikel enthalten sind, mit diesen in Kontakt. Es kann also sein, dass der Mensch über solche Produkte Nanopartikel in den Zellen des Körpers einlagert. Es sollte deshalb überprüft werden, ob solche eingelagerten Partikel Schaden anrichten können. Gegebenenfalls muss der Einsatz von Nanopartikeln in Kosmetika und Nahrungsmitteln verboten werden.