

---

**Entdecke die Faszination der Nanowelt!**

$10^{-9}$

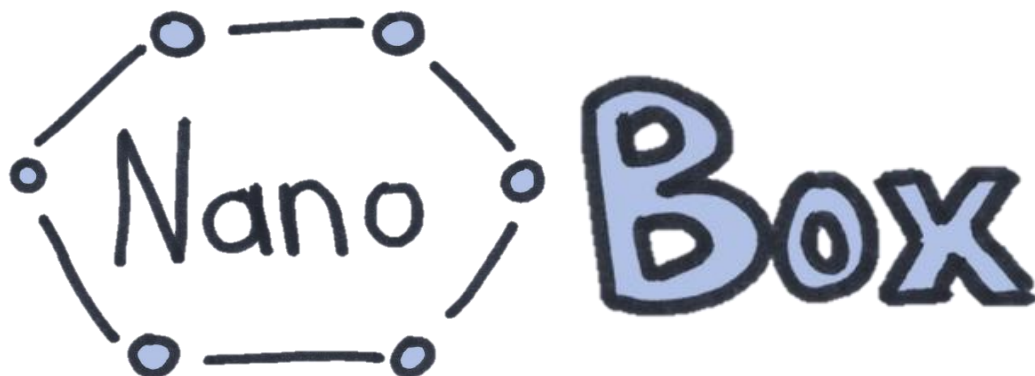
- Schülerversuche
- Demoobjekte
- Experimente
- ... und vieles mehr!



---

# ARBEITS – MAPPE

zur



---

Anleitungen, Arbeitsblätter und mehr auch gratis unter  
**[www.uni-salzburg.at/NanoBox](http://www.uni-salzburg.at/NanoBox)**

---



SCIENCE



# Impressum

## Konzeption, Text und Gestaltung

Universität Salzburg, FB Biowissenschaften, AG Duschl

Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

*Internet:* [www.uni-salzburg.at/Nan-O-Style](http://www.uni-salzburg.at/Nan-O-Style)

*Autoren:* Mag. Stefanie Ess, MSc und Christine Lindner, B.Ed

*Gestaltung:* Mag. Stefanie Ess, MSc und Christine Lindner, B.Ed

September / Oktober 2018

## Druck

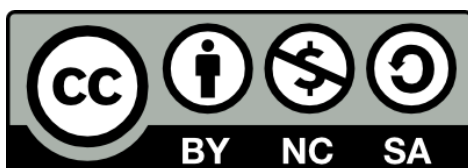
Universität Salzburg, Printcenter

Kapitelgasse 5-7, A-5020 Salzburg

## Danksagung

Wir danken allen Personen, die zur Verwirklichung der **NanoBox** beigesteuert haben! Ganz besonderer Dank gilt der AG Duschl, vor allem Univ.-Prof. Dr. Albert Duschl, Assoz. Prof. Mag. Dr. Martin Himly und Dr. Mark Geppert. Zudem haben wir großartige Unterstützung von unseren Bildungspartnern am ORT Moshinsky Forschungs- und Entwicklungszentrum in Tel Aviv, namentlich von Dr. Nira Shimoni-Ayal und Dr. Moshe Talesnik, und unseren Partnern von NanoBioNet aus Deutschland bekommen.

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Sparkling Science Projekts Nan-O-Style (SPA 06/270) entstanden und wurden durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung finanziert.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

# NanoBox – Inhalt

Die Versuche und Demonstrationen der **NanoBox** sind dafür geeignet, die drei Eigenschaften von Nanomaterialien: klein, reaktiv und multifunktional anschaulich zu erklären und besser zu verstehen. Die Unterrichtsmaterialien können gratis online auf unserer Homepage [www.Uni-Salzburg.at/NanoBox](http://www.Uni-Salzburg.at/NanoBox) heruntergeladen werden.

## Sie finden folgende Inhalte in unserer NanoBox:

### 1. Einführung in die Nanotechnologie

(PowerPoint Präsentation)

### 2. Wie KLEIN sind Nanopartikel?

2.1. Größenspiel

2.2. Der Tyndall Effekt

2.3. Wie können wir Nanopartikel sichtbar machen?



(Arbeitsblatt)

(Demonstration)

(Arbeitsblatt Schülerversuch)

### 3. Warum sind Nanopartikel so REAKTIV?

3.1. Oberflächen von Nanopartikel berechnen

3.2. Feuerspucken



(Arbeitsblatt + Demoobjekt)

(Versuch)

### 4. MULTIFUNKTIONAL – Nanopartikel werden für viele verschiedene Anwendungen verwendet!

4.1. Der Lotuseffekt

4.1.1. Oberflächeneigenschaften (hydrophob - hydrophil)

4.1.2. Hydrophober Sand

4.1.3. NanoTex

4.1.4. Oberflächeneigenschaften verändern

4.2. Schutz vor Feuer mithilfe der Nanotechnologie

4.3. Nanotechnologie in der Medizin

4.3.1. Eisennanopartikel gegen Krebs

4.3.2. Diagnose mittels Gold: der Schwangerschaftstest

4.3.2.1. Synthese von Gold Nanopartikeln

4.3.3. Silber als Antibiotikum

4.4. Federleichtes Glas – Aerogele

4.5. Fakt oder Fiktion?



(Arbeitsblatt)

(Demonstration)

(Demonstration)

(Versuch)

(Versuch)

(Demonstration + Video)

(Video+ Arbeitsblatt)

(Versuch + Demonstration)

(Experiment)

(Arbeitsblatt + Versuch)

(Spiel)

**Demonstrationen:** Vorzeigeobjekte die wenig Zeit benötigen

**Arbeitsblätter:** können selbstständig von den SchülerInnen ausgearbeitet werden

**Versuche:** Effekte der Nanotechnologie können selber erzeugt werden

**Experimente:** benötigen 1-2 Unterrichtsstunden!



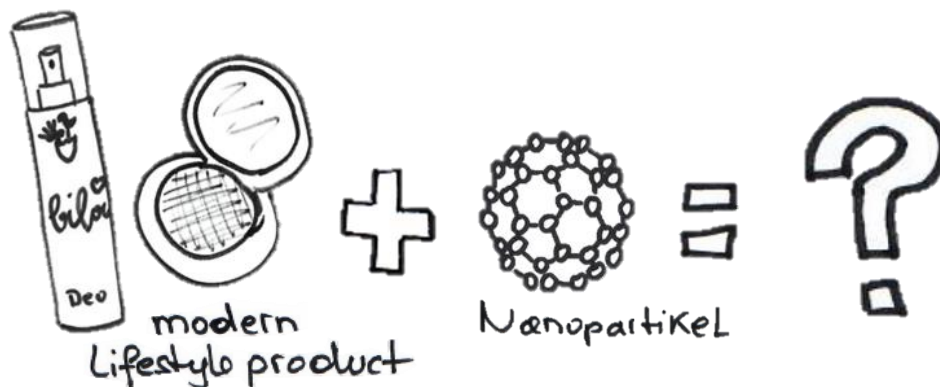
- das Projekt:

## Wer steckt hinter Nan-O-Style?

Nan-O-Style ist ein Forschungs- und Bildungsprojekt der Universität Salzburg, Fachbereich Biowissenschaften.

## Woran forscht Nan-O-Style?

Nan-O-Style forscht am komplexen Thema der Nanotechnologie. Gemeinsam mit österreichischen Schulen wollen wir neue, bisher unbekannte Wechselwirkungen zwischen modern lifestyle-Produkten und Nanomaterialien aufdecken. Gibt es ungewollte Wechselwirkungen und ändern sich dadurch die Eigenschaften der Produkte? Auch begegnet Nanotechnologie jedem von uns im Alltag! Doch wie informiert ist die Bevölkerung darüber? – Das alles wollen wir mit Nan-O-Style herausfinden!



## Zusammenarbeit zwischen Universität und Schule!

Neue, junge Ideen und wissenschaftliche Forschung treffen aufeinander. Durch Kooperationen mit internationalen Bildungspartnern werden über die Forschungsarbeit hinaus interaktive Materialien für den fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht entwickelt.

## Was wollen wir von dir wissen?

Nanotechnologie kommt bereits in vielen Alltagsprodukten vor. Doch was weißt du darüber? Wurde Nanotechnologie bereits in deiner Ausbildung thematisiert? Möchtest du besser über Nanotechnologie informiert sein?

## Wie kannst du mitmachen?

In einer *online*-Umfrage werden Fragen zu Nanotechnologie und zu deiner persönlichen Einstellung dazu erhoben. Besuche uns auf unserer Website **[www.uni-salzburg.at/Nan-O-Style](http://www.uni-salzburg.at/Nan-O-Style)** oder scanne den QR-Code auf der nächsten Seite und mache bei der Umfrage mit!

**Was ist deine Meinung über  
Nanotechnologie?**

Nanotechnologie begegnet im Alltag jedem von uns!  
Doch wieviel weißt du darüber? Was hältst du von dieser  
neuen Technologie? Möchtest du besser darüber  
informiert werden?

Wir wollen es wissen!

Unterstütze das Nan-O-Style Projekt mit deiner Teilnahme.

Hier geht's zur Umfrage



[www.Uni-Salzburg.at/Nan-O-Style](http://www.Uni-Salzburg.at/Nan-O-Style)

## Wer ist am Projekt beteiligt?

Der Fachbereich Biowissenschaften der Universität Salzburg arbeitet mit vielen Partnern in diesem Projekt zusammen.

Beteiligte Schulen sind: BRG Lerchenfeld (K), BRG Schloss Wagrain (OÖ), BRG Solar City (OÖ), Gymnasium Ort (OÖ), HLW St. Veit (K), HLBLA St. Florian (OÖ), Multi Augustinum (S), HTL LMT (OÖ) Das Schulnetzwerk wird von DNA Consult Sciencetainment, Mag. Reinhard Nestelbacher betreut.



Nan-O-Style wird zudem von internationalen Partnern, wie dem **ORT Moshinsky Forschungs- und Entwicklungszentrum in Tel Aviv**, dem deutschen **Verein cc-NanoBioNet** und einem Bildungspartnern in Barcelona (**Nanoeduca**) zusammen.

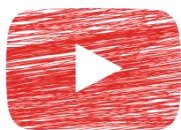


Sparkling Science Projekt SPA 06/270 mit Unterstützung durch das BMBWF. Laufzeit: 1. Oktober 2017 - 31. Dezember 2019.



# 1. Einführung in die Nanotechnologie

Zur generellen Einführung in die Welt der Nanotechnologie stehen zwei Elemente zur Verfügung. Erstens eine **Power Point Präsentation** (siehe unten), die die wichtigsten Merkmale von Nanopartikeln anhand des Sternekonzeptes (sehr klein – reaktiv – multifunktional) darstellt. Die Folien können im Original von unserer Homepage [www.uni-salzburg.at/NanoBox](http://www.uni-salzburg.at/NanoBox) heruntergeladen werden. Zweitens werden in einem Video (in englischer Sprache) die Kleinheit sowie die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten von Nanopartikeln veranschaulicht.



NanoYou - an introduction to Nanoscience narrated by Stephen Fry

<https://www.youtube.com/watch?v=MHo0l2Gi0ec>

**Einführung in die Nanotechnologie**

UNIVERSITÄT SALZBURG  
FB Biowissenschaften

NAN-Style

CC BY NC SA

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

**Was ist „Nano“?**

Nanos = Zwerg (griech.)

$10^{-9}$

1 Nanometer = 0,000 000 001 Meter

Physik  
Nanotechnologie  
Chemie  
Biologie

Wo hast du „Nano“ schon einmal gehört?

TV Sendung, Auto, Simkarte

**Wo findet man „Nano“?**

in High-Tech Produkten

- Industrie (SiO<sub>2</sub> in Lacken)
- Hochleistungssport (Carbon-Nanotubes)
- Medizin „drug targeting“ (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Liposomen, Silber, PLGA, ...)

Im Alltag

- Textilien (Silber)
- Kosmetikprodukte (Zinkoxid, Titandioxid, Silber)
- Nahrungsmittel (Siliziumdioxid, Titandioxid, Al-Silikat)

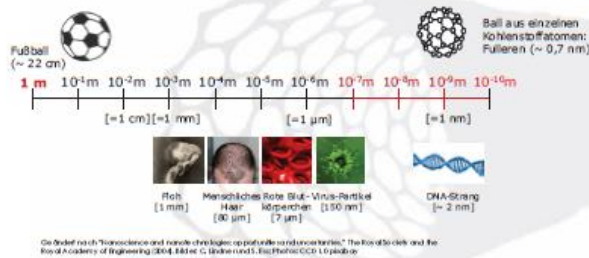
**Drei Eigenschaften verbindet all diese Nanomaterialien:**

- Sehr KLEIN <100 nm
- REAKTIV Volumen ; Oberfläche
- MULTIFUNKTIONAL

Nanotechnologie wird in Zukunft immer wichtiger werden!



## Wie KLEIN ist „Nano“ ?

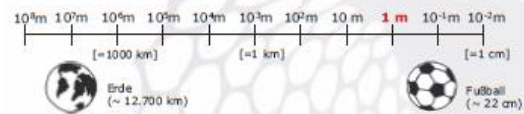


Erstellt von: Mag. Barbara Eder, MSc; Christian Luchner, B.Sc.; Dr. Albrecht Geyer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Albrecht Geyer

Übersetzung: www.nano.at/Redaktion/News-04.html



## Wie KLEIN ist „Nano“ ?



Nanomaterialien haben ein oder mehrere Dimensionen im Bereich zwischen 1 - 100 nm.

Erstellt von: Mag. Barbara Eder, MSc; Christian Luchner, B.Sc.; Dr. Albrecht Geyer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Albrecht Geyer

Übersetzung: www.nano.at/Redaktion/News-04.html



## Nanopartikel sind sehr REAKTIV!

Durch ihre Kleinheit haben die Nanopartikel eine riesige Oberfläche.

Ein höherer Prozentsatz der Atome, aus denen der Partikel besteht, liegt an der Oberfläche.

Größere Oberflächen und viele Reaktionsparten bieten mehr Platz für chemische Reaktionen!

Es entstehen durch die Nanodimension vollkommen neue Eigenschaften (über quantenmechanische Effekte).

Beispiel: Kohlenstoff als Raketentreibstoff! (Fullerene (C<sub>60</sub>) als Treibstoff für den Ionenantrieb)



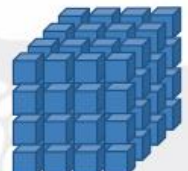
## Oberfläche : Volumen



1 Würfel  
Kantenlänge: 1 cm  
Oberfläche: 6 cm<sup>2</sup>



8 Würfel  
Kantenlänge: 0,5 cm  
Oberfläche: 12 cm<sup>2</sup>



64 Würfel  
Kantenlänge: 0,25 cm  
Oberfläche: 24 cm<sup>2</sup>

10<sup>15</sup> Nanowürfel  
Kantenlänge: 100 nm  
Oberfläche: 600000 cm<sup>2</sup> = 60 m<sup>2</sup>

10<sup>21</sup> Nanowürfel  
Kantenlänge: 1 nm  
Oberfläche: 6.000 m<sup>2</sup>



Erstellt von: Mag. Barbara Eder, MSc; Christian Luchner, B.Sc.; Dr. Albrecht Geyer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Albrecht Geyer

Übersetzung: www.nano.at/Redaktion/News-04.html



## MULTIFUNKTIONAL – Nanopartikel werden für viele verschiedene Anwendungen verwendet!

**Medizin:** Verbesserung der Krebstherapie, Bekämpfung von Malaria oder HIV, In-Vitro-Diagnostik, Desinfektion, Nanogewebe als Nierenersatz (Dialyse)

**Technik:** Verbesserung von Batterien oder Computern, (Bau-) Material mit verbesserten Eigenschaften (Hydrophober Sand und Textilien, Aerogel, leicht und bruchfest durch Carbonnanotubes), Feuerschutz, ...

**Nahrungsmitteln:** zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften wie etwa der Farbe, Körnigkeit, ...

**Kosmetik:** Sonnencremen zur Erhöhung des UV Filters.

Nanomaterialien sind universell einsetzbar!



## Der Lotus-Effekt

Die Lotuspflanze besitzt nanometergroße Noppen, wodurch das Wasser einfach abperlt.

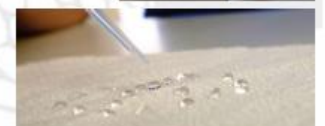


Tropaeolum majus - Kapuzinerkresse



wasserabweisende Oberflächen

Nano-Textilien



Erstellt von: Mag. Barbara Eder, MSc; Christian Luchner, B.Sc.; Dr. Albrecht Geyer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Albrecht Geyer

Übersetzung: www.nano.at/Redaktion/News-04.html





MULTIFUNKTIONAL

## „Nanogold“ einst und heute



Künstler im Mittelalter mischten Gold- und Silberpartikel in Glas um rot und gelb erscheinendes Glas herzustellen.



10 nm Goldnanopartikel 150 nm  
Goldnanopartikel haben je nach Größe unterschiedliche Farben!



Heute verwendet man Goldnanopartikel in der In-Vitro-Diagnostik (z.B.: beim Schwangerschaftstest)

Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?  
<https://www.youtube.com/watch?v=5z9DQ6&list=PL407G0ac>

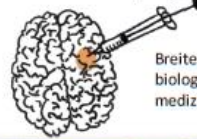
Erstellt von Mag. Barbara Eder, MSc; Christiane Lechner, BSc; Dr. Almut Geyrhofer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Martin Hany

Universitätsklinikum Salzburg, Salzburg, Austria

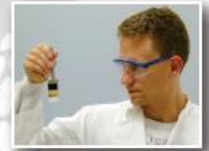


MULTIFUNKTIONAL

## Eisenoxid-Nanopartikel (magnetische Flüssigkeiten)



Breites Spektrum an biologischen und medizinischen Anwendungen



Besondere magnetische Eigenschaften  
**Superparamagnetismus**

Ferrofluid – die magnetischen Feldlinien werden sichtbar.

Erstellt von Mag. Barbara Eder, MSc; Christiane Lechner, BSc; Dr. Almut Geyrhofer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Martin Hany

Universitätsklinikum Salzburg, Salzburg, Austria



MULTIFUNKTIONAL

## Magnetfeld-induzierte Hyperthermie (Nano-Krebstherapie)



© 2007 – 2018 MagForce AG, The Nanomedicine Company



Video: Nutzung hochentwickelter Nanomedizin für innovative Therapien  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZJXZx0dwITA&t=18s>

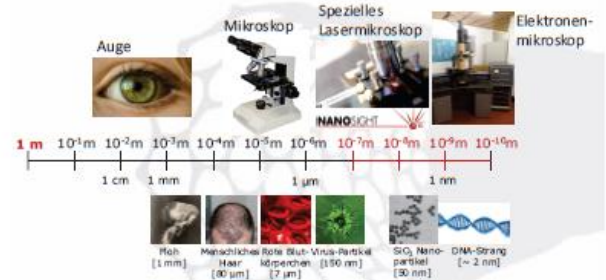
Erstellt von Mag. Barbara Eder, MSc; Christiane Lechner, BSc; Dr. Almut Geyrhofer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Martin Hany

Universitätsklinikum Salzburg, Salzburg, Austria



MULTIFUNKTIONAL

## Analytik von Nanopartikeln



Erstellt von Mag. Barbara Eder, MSc; Christiane Lechner, BSc; Dr. Almut Geyrhofer, Assoc. Univ.-Prof. Dr. Martin Hany

Universitätsklinikum Salzburg, Salzburg, Austria



MULTIFUNKTIONAL

## Der Tyndall Effekt macht Nanopartikel sichtbar!

Beim Durchleuchten eines Mediums wird der Laserstrahl sichtbar.

**Das Prinzip:** das Licht wird an Teilchen, die ähnlich groß sind wie die Lichtwellenlänge, gestreut.

Lösungen, in denen der Tyndalleffekt gezeigt werden kann, nennt man **Kolloid**.

Das sind Lösungen mit Teilchen zwischen 1 und 1000 nm (Bsp.: Silbernanopartikel).

**In der Natur:** Das selbe Prinzip kann bei Nebel gesehen werden, wenn etwa Lichtstrahlen zwischen den fein verteilten Wassertropfen sichtbar werden.



- Krebsbekämpfung mit Eisennanopartikel:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZJXZx0dwITA&t=18s>
- Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?  
<https://www.youtube.com/watch?v=5z9DQ6&list=PL407G0ac>
- Video zur Einführung in die Nanotechnologie  
<https://www.youtube.com/watch?v=1H407G0ac>
- <https://nanopartikel.info/>
- <http://nanodh.dk/en>
- [http://archivbyund.net/en/themen\\_und\\_projekte/nanotechnologie/nanoprodukt Datenbank/englisch/teiche](http://archivbyund.net/en/themen_und_projekte/nanotechnologie/nanoprodukt Datenbank/englisch/teiche)
- <https://www.codecheck.info/>
- <http://www.nanotechnologie-austria.at/index.html>



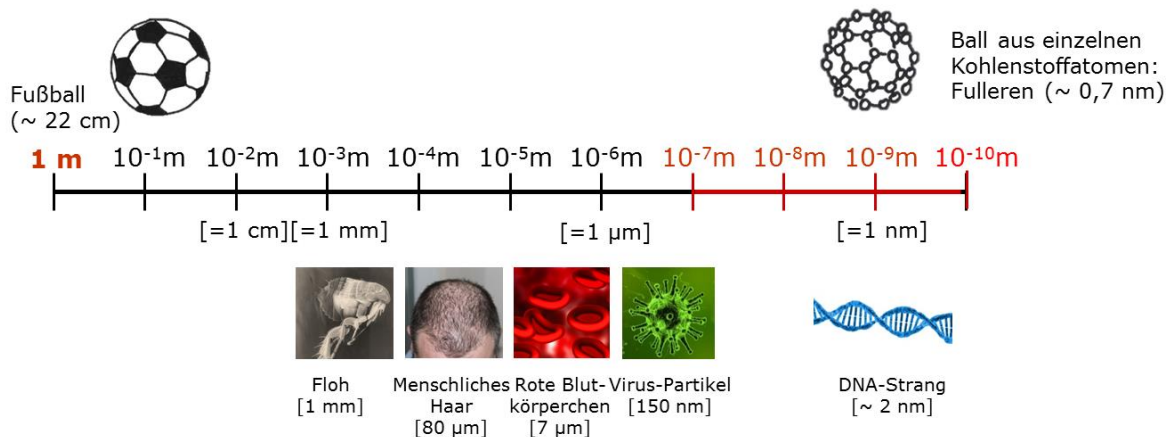


## Überblick über empfohlene und weiterführende Links:

- Krebsbekämpfung mit Eisennanopartikel:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZJXZx0dwjTA&t=18s>
- Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?  
<https://www.youtube.com/watch?v=lsgxFS7e9QE&feature=youtu.be>
- Video zur Einführung in die Nanotechnologie:  
<https://www.youtube.com/watch?v=MHo0l2Gi0ec>
- Vielfältige Themen zur Nanotechnologie– verschiedenste Materialien, Aufnahmewege, neueste Erkenntnisse, umfangreiche Darstellung der Nanowelt:  
<https://nanopartikel.info/>
- Produktsuche, welche anzeigt, wenn Nanopartikel im Produkt enthalten sind:  
<http://nanodb.dk/en>
- Produktsuche, welche anzeigt, wenn Nanopartikel im Produkt enthalten sind:  
[http://archiv.bund.net/nc/themen\\_und\\_projekte/nanotechnologie/nanoproduktdatenbank/produktsuche](http://archiv.bund.net/nc/themen_und_projekte/nanotechnologie/nanoproduktdatenbank/produktsuche)
- Videos, Abbildungen und viele weitere Ausführungen zur Nanotechnologie sind hier im Rahmen einer deutschen Ausstellung in Hamburg zusammengefasst:  
<http://www.nanotechnologie-ausstellung.de/index.html>
- Inhaltsstoffe (inkl. Nanopartikel) unterschiedlichster Produkte können abgefragt werden:  
<https://www.codecheck.info/>

## 2. Wie KLEIN ist Nano?

„Nano“ kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet „Zwerg“. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters,  $10^{-9}\text{m}$ . So müsste man etwa 800 Nanopartikel nebeneinander legen, um auf den Durchmesser eines Haares zu kommen. Ein weiterer Vergleich macht die Kleinheit ebenso deutlich: Ein Meter verhält sich zu einem Nanometer wie eine Haselnuss zur Erde.



Geändert nach "Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties." The Royal Society and the Royal Academy of Engineering (2004). Bilder: C. Lindner und S. Ess; Photos: CC0 1.0 pixabay

### Abbildung: Wie klein ist Nano?

Die Größenleiste führt von der Alltagswelt über den Mikrokosmos in die Nanowelt.

Wie klein Nanopartikel wirklich sind, kann mit einem **Arbeitsblatt (2.1 Größenspiel)** erarbeitet werden. Dabei müssen bekannte Dinge der richtigen Größenordnungen zugeteilt werden.

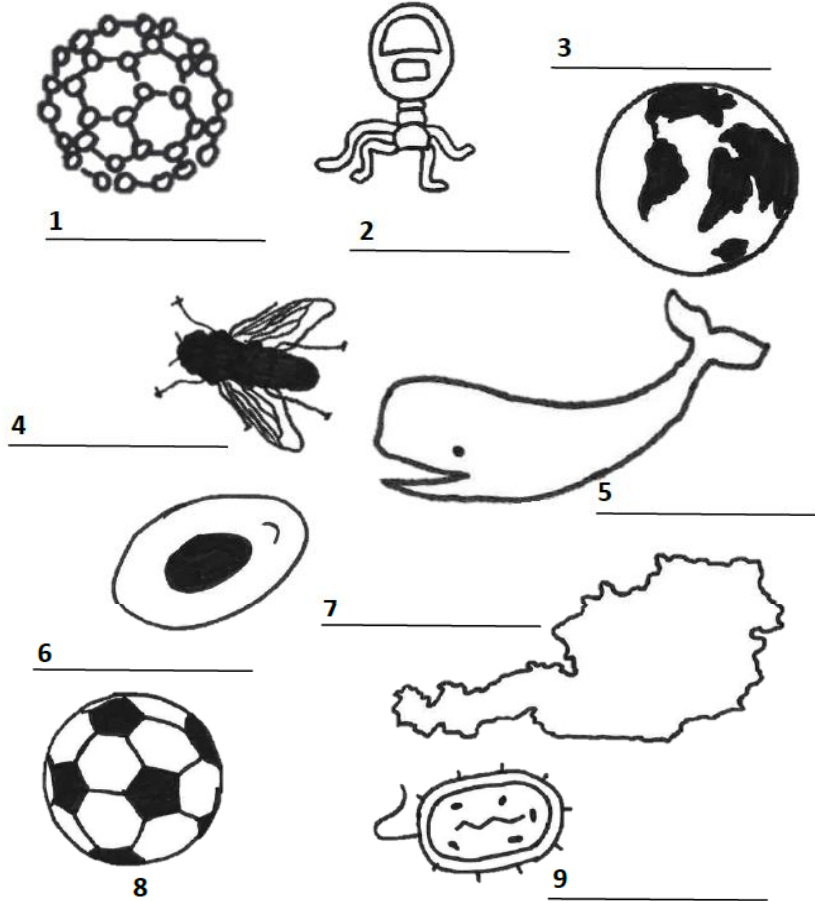
Außerdem zeigen wir, wie man Nanopartikel mithilfe eines Lasers sichtbar machen kann. Zu diesem sogenannten „Tyndall-“ Effekt liegt ebenso ein **Arbeitsblatt (Nr. 2.2 und 2.3)** bei.

## 2.1. Größenspiel

$10^9 \text{ m} = 1.000.000 \text{ km}$
$10^6 \text{ m} = 1.000 \text{ km}$
$10^3 \text{ m} = 1 \text{ km}$
$10^0 \text{ m} = 1 \text{ m}$
$10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$
$10^{-6} \text{ m} = 1 \text{ } \mu\text{m}$
$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$

## Wie klein ist Nano? – Größenspiel

Beschrifte die Bilder mithilfe der Wörter unten und Ordne sie nach ihrer tatsächlichen Größe, in die Tabelle links zu. Achte darauf, die Bilder zwischen den angegebenen Größenangaben einzufügen.








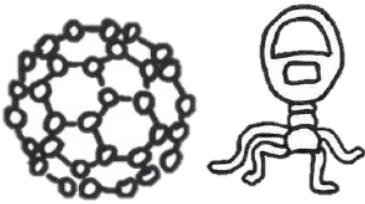
Blauwal – Nanopartikel (Fulleren) – Fliege – Fußball – Virus – Erde – Österreich – Rotes Blutkörperchen – Bakterium –

## Ergänze

Nanopartikel liegen mit \_\_\_\_\_ in derselben Größenordnung.

Ein Nanopartikels (Fulleren) verhält sich zur Größe eines Roten Blutkörperchens, wie ein Blauwals zu \_\_\_\_\_

Ein Bakterium ist gleich viel größer als ein Nanopartikel, wie ein Blauwal zum \_\_\_\_\_

$10^9 \text{ m} = 1.000.000 \text{ km}$

$10^6 \text{ m} = 1.000 \text{ km}$

$10^3 \text{ m} = 1 \text{ km}$

$10^0 \text{ m} = 1 \text{ m}$

$10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$

$10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$

$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$

## Lösung zum Größenspiel

*Erde:* Durchmesser von 12.742 km

*Österreich:* West – Ost Erstreckung von 577 km

*Blauwal:*  
Länge von 25 m

### Lösungen zu den Ergänzungsfragen

Nanopartikel liegen mit **Viren** in derselben Größenordnung.

Ein Nanopartikels (Fulleren) verhält sich zur Größe eines Roten Blutkörperchens, wie ein Blauwal zu **Österreich**.

Ein Bakterium ist gleich viel größer als ein Nanopartikel, wie ein Blauwal zum **Fußball**.

*Eintagsfliege:* Größe von 2,5 cm

*Fußball:* Durchmesser von 20 cm

*Rotes Blutkörperchen:* Durchmesser von ca. 7,5  $\mu\text{m}$

*Bakterium:* Durchmesser von ca. 1  $\mu\text{m}$

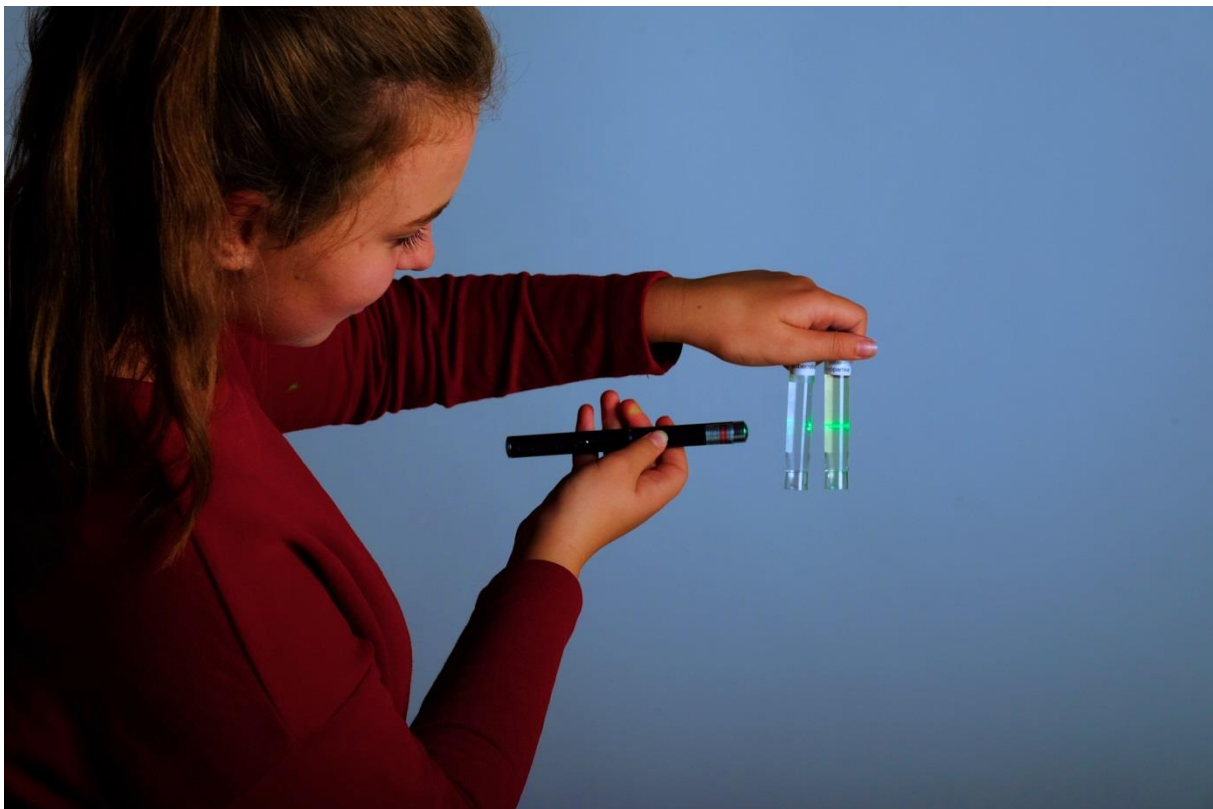
*Fulleren* (Kohlenstoff - Nanopartikel): Durchmesser von ca. 1 nm

*Rotavirus:* Durchmesser von 76 nm



## 2.2. Der Tyndall – Effekt

In einem wässrigen Medium können Nanopartikel mithilfe eines Lasers nachgewiesen werden, da beim Durchleuchten des Mediums der Laserstrahl als Ganzes sichtbar wird. Dieser Effekt beruht auf dem Prinzip, das Licht an Teilchen, die ähnlich groß sind wie die Lichtwellenlänge, gestreut wird. Gut beobachtet werden kann dieses Prinzip auch bei Nebel, wenn etwa Lichtstrahlen zwischen den fein verteilten Wassertropfen sichtbar werden. Lösungen, in denen der Tyndalleffekt gezeigt werden kann, nennt man **Kolloid**. Das sind Lösungen mit Teilchen zwischen 1 und 1000 nm.



Ein Laserstrahl wird durch eine Silbernitrat- und eine Silber Nanopartikel Lösung durchgesendet. Der Tyndalleffekt beweist: Hier sind Nanoteilchen vorhanden! Foto: Simon Haigermoser

Den **Tyndalleffekt** kann man mithilfe der Utensilien 2.2. aus der **NanoBox** veranschaulicht werden. Eine Silbernanopartikellösung, eine Silbernitratlösung sowie ein Laser stehen zur Verfügung und können mit anderen zusätzlichen Flüssigkeiten auf den Tyndalleffekt verglichen werden. Die Silbernitratlösung ist die Ausgangssubstanz für die Herstellung von Silbernanopartikeln und enthält keine kolloidalen Teilchen, somit zeigt sich auch kein Tyndalleffekt. Die Silbernanopartikellösung enthält Nanopartikel mit einer ungefähren Größe von 80 nm. Auch Goldnanopartikel (4.3) streuen das Laserlicht wodurch der Strahl sichtbar wird. Aufgrund der Eigenfarbe dieser Nanopartikel ist der Strahl aber nur schwer erkennbar.

Am **Arbeitsblatt** (siehe 2.3.) wird Milch repräsentativ für eine kolloidale Lösung verwendet. Diese enthält Caseinmizellen, die circa 100 nm groß und außerdem für die weiße Farbe der Milch verantwortlich sind.

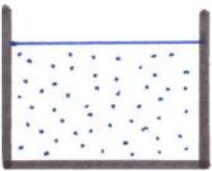
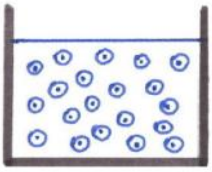
## 2.3. Wie koennen wir Nanopartikel sichtbar machen, wenn sie doch so klein sind?

Nano kommt vom griechischen *nanos*, was Zwerg bedeutet. Dieser Name ist sehr treffend, sind diese Teilchen doch ein Millionstel Millimeter ( $10^{-9}\text{m}$ ) klein! Und genau diese Winzigkeit verschafft den Stoffen neue Eigenschaften, welche in der Nanotechnologie zum Einsatz kommen. Doch es gibt nicht nur künstlich hergestellte Nanopartikel, auch in der Natur kommen jede Menge Nanoteilchen vor!

*Hier erfährst du, wie du selbst rausfinden kannst, wo überall Nanoteilchen enthalten sind!*

Nanopartikel, die sich in Wasser befinden, sind ein Beispiel für eine **kolloidale Lösung**.

**A) In der Abbildung sind drei Arten von Gemischen zu sehen. Lies dir die Beschreibungen aufmerksam durch.**

	<u>echte Lösung</u> Feststoff in Flüssigkeit gelöst; liegt als Ionen vor
	<u>kolloidale Lösung</u> kleiner, fein verteilter Feststoff in der Flüssigkeit; sedimentiert nicht mit der Schwerkraft
	<u>SUSPENSION</u> ungelöster Feststoff, der aufgrund der Schwerkraft sedimentiert.

**Zusatzaufgabe: Ordne folgende Lösungen aus der NanoBox den Abbildungen links zu!**

Goldnanopartikel (Nr. 4.3) 20 nm

Goldnanopartikel (Nr. 4.3) größer 80 nm

Silbernanopartikel (Nr. 2.2)

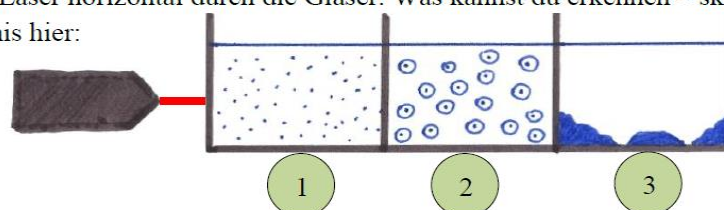
Silbernitrat (Nr. 2.2)

**B) Stelle in drei Bechergläsern folgende Lösungen her und rühre mit einem Stab gut um!**

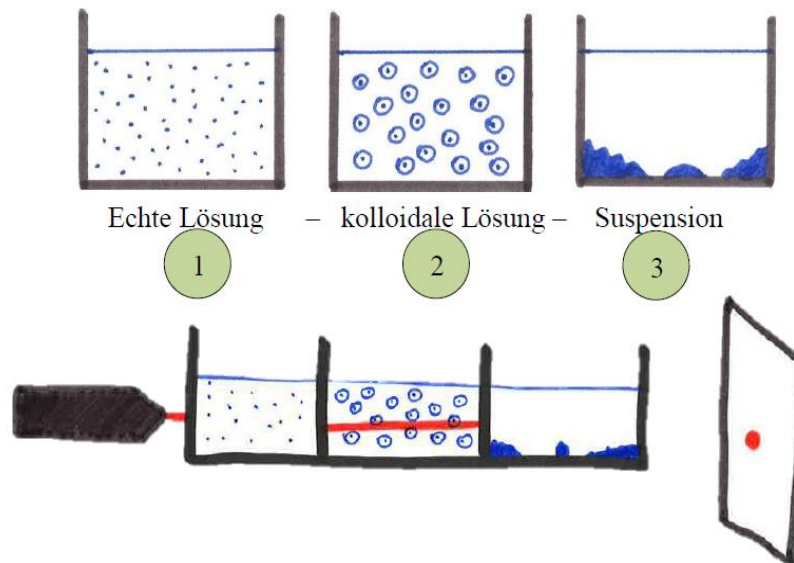
Kolloidale Lösungen können mithilfe eines Lasers nachgewiesen werden, da die fein verteilten Feststoffe das Licht zur Seite streuen. Diesen Effekt nennt man **Tyndall - Effekt**

- ① 100 ml Wasser + 2 Prisen Salz
- ② 100 ml Wasser + 2 Tropfen Milch
- ③ 100 ml Wasser +  $\frac{1}{2}$  Teelöffel Sand

Stelle alle drei Gefäße wie in der Abbildung unten nebeneinander auf und leuchte mit einem Laser horizontal durch die Gläser. Was kannst du erkennen – skizziere dein Ergebnis hier:



## Loesung & Anmerkungen



kolloidale Lösung, weil enthaltene Proteine, die für die weiße Farbe der Milch verantwortlich sind, zwischen 50 und 300 nm groß sind. Die Suspension wird durch den Sand dargestellt.

Der Tyndalleffekt kann auch bei Nebel beobachtet werden, wenn die Lichtstrahlen erkennbar sind. Dabei sind Wassertropfchen in der Luft fein verteilt.



Der Tyndall – Effekt findet Anwendung in der Medizin zur Diagnose von Regenbogenhautentzündungen des Auges.

Bei optischen Rauchmeldern, die nach dem Streulicht – Prinzip funktionieren, wird der Tyndall – Effekt ausgenutzt. Dabei wird ein LED – Licht durch Rauchpartikel zu einer Fotolinse gestreut, die dann den Alarm auslöst.



**Zusatzaufgabe: Ordne folgende Lösungen aus der Nanobox der Abbildung zu!**

Goldnanopartikel (Nr. 4.3) 20 nm: kolloidale Lösung

Goldnanopartikel (Nr. 4.3) größer 80 nm: Suspension

Silbernanopartikel (Nr. 2.2): kolloidale Lösung

Silbernitrat (Nr. 2.2): echte Lösung

### Quellen:

Burk, Annelie / Burk, Reinhard / Freudenberger, Tilo / Oestreicher Elmar / Sökeland, Jürgen (2003): HNO, Augenheilkunde, Dermatologie und Urologie für Pflegeberufe. Georg Thieme Verlag.

<https://www.baunetzwissen.de/sicherheitstechnik/fachwissen/brandmeldeanlagen/optische-rauchmelder-mit-tyndall-effekt-164944>

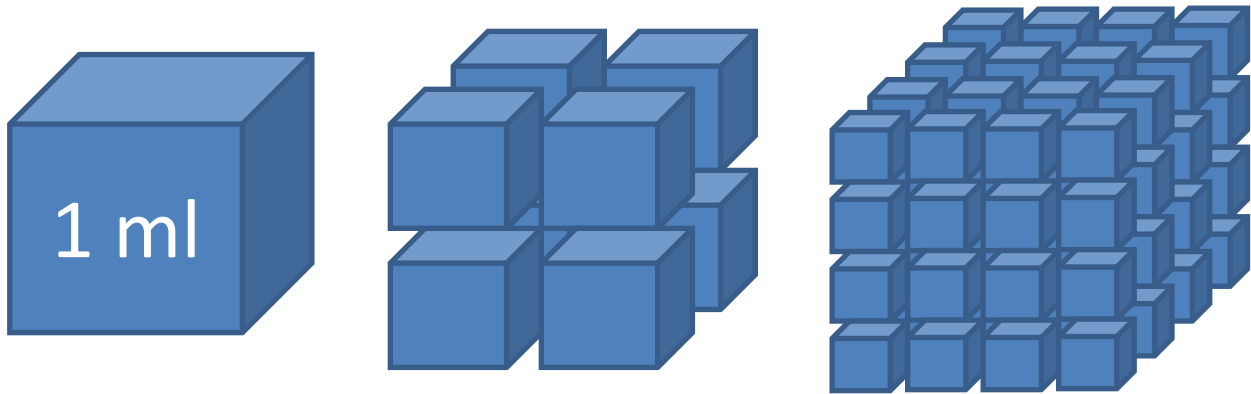
<https://rauchmeldungen.de/produkte/wie-funktionieren-optische-rauchmelder/>

Bilder: Pixabay.com

Nano-You Teacher Training Kit in Nanotechnologies – Experiment Module (11-13 years)

### 3. Warum sind Nanopartikel so REAKTIV?

Im Vergleich zu ihrem Volumen besitzen Nanopartikel eine riesige Oberfläche. Schneidet man einen Würfel mit dem Volumen von 1 ml und einer Kantenlänge von 1 cm in viele kleinere Würfel mit einer Kantenlänge von 1 nm, erhält man eine Oberfläche von etwa 6.000 m<sup>2</sup>. Das ist die Größe eines Fußballfeldes, obwohl das ursprüngliche Volumen von 1 ml gleich geblieben ist!



Verhältnis von Oberfläche-zu- Volumen: Bei gleichem Volumen aber fortschreitender Verkleinerung der Kantenlängen wächst die Oberfläche der Würfel exponentiell an! Abbildung: M. Geppert

Diese riesige Oberfläche von kleinsten Partikeln hat zur Folge, dass ein höherer Prozentsatz der Atome, aus denen der Partikel besteht, an der Oberfläche liegt. Dadurch entstehen vollkommen neue Eigenschaften, die Stoffe in größeren Dimensionen nicht zeigen. Beispielsweise verändert sich die Farbe (z.B. bei Goldnanopartikeln) oder das Schmelzverhalten bei höheren Temperaturen. Genauso wie die Wechselwirkung zu anderen Stoffen. Die größere Oberfläche bringt mehr Möglichkeiten zum Andocken an einen anderen Stoff mit sich. Diese neuen Eigenschaften werden begründet durch quantenmechanische Effekte, die im Nanogrößenbereich eine Rolle spielen.

Mithilfe der **NanoBox** kann die obige Würfel-Abbildung anhand von realen Schauobjekten mit derselben Abmessung besser veranschaulicht werden (3.1). Zudem dienen Bärlappsporen (3.2) und Pasteurpipetten zur fulminanten Darstellung der Oberflächenvergrößerung.



# Oberflächen von Nanopartikeln sind riesig!

## Volumen zu Oberfläche

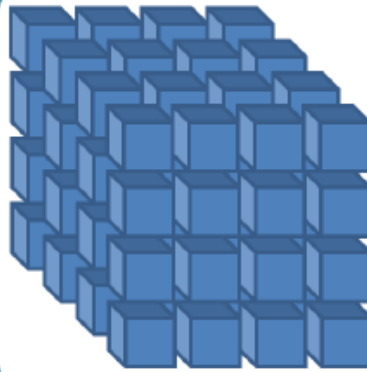
Abgebildet siehst du einen Würfel mit einer Kantenlänge von je 1 cm, der eine Oberfläche von 6 cm<sup>2</sup> hat. – Also recht wenig Fläche für chemische Reaktionen. Doch wie verändert sich die Oberfläche bei gleichbleibenden Volumen von 1 ml, wenn wir den Würfel immer in kleinere Teile halbieren bis wir schließlich im Nanometer Bereich sind? **Berechne und ergänze!**



**1 Würfel**  
Kantenlänge: 1 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 6 cm<sup>2</sup>



**8 Würfel**  
Kantenlänge: 0.5 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>



\_\_\_\_\_ Würfel  
Kantenlänge: 0.25 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 24 cm<sup>2</sup>

<sup>15</sup>  
**10 Nanowürfel**  
Kantenlänge: 100 nm  
Oberfläche: \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>  
= \_\_\_\_\_ m

<sup>21</sup>  
**10 Nanowürfel**  
Kantenlänge: \_\_\_\_\_ nm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 6000 m<sup>2</sup>

## Recherechiere:

1. Was hat ungefähr dieselben m<sup>2</sup> wie die Oberfläche von 1cm<sup>3</sup> Nanomaterial mit der Länge von 100 nm?
2. Welches Sportfeld ist ungefähr 6000 m<sup>2</sup> groß?

## Lösung: Oberflächen von Nanopartikeln sind riesig!

### Volumen zu Oberfläche

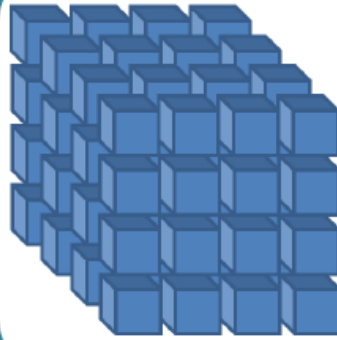
Abgebildet siehst du einen Würfel mit einer Kantenlänge von je 1 cm, der eine Oberfläche von 6 cm<sup>2</sup> hat. – Also recht wenig Fläche für chemische Reaktionen. Doch wie verändert sich die Oberfläche bei gleichbleibenden Volumen von 1 ml, wenn wir den Würfel immer in kleinere Teile halbieren bis wir schließlich im Nanometer Bereich sind? **Berechne und ergänze!**



**1 Würfel**  
Kantenlänge: 1 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 6 cm<sup>2</sup>



**8 Würfel**  
Kantenlänge: 0.5 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 12 cm<sup>2</sup>



**64 Würfel**  
Kantenlänge: 0.25 cm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 24 cm<sup>2</sup>

<sup>15</sup>  
**10 Nanowürfel**  
Kantenlänge: 100 nm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 600000 cm<sup>2</sup> = 60 m<sup>2</sup>

<sup>21</sup>  
**10 Nanowürfel**  
Kantenlänge: 1 nm<sup>2</sup>  
Oberfläche: 6000 m<sup>2</sup>

### Recherchiere:

1. Dein Klassenzimmer (60 m<sup>2</sup>)
2. Ein Fußballfeld

### 3.2. Feuerspucken



Einfach aber effektiv: Bärlappsporen erzeugen eine Stichflamme wenn sie zerstäubt angezündet werden: Photo: S. Haigermoser

Um zu zeigen, wie reaktiv kleine Teilchen sind, kann eine einfache Demonstration mithilfe von Bärlappsporen (*Lycopodium*) durchgeführt werden. Dieser Versuch ist gefährlich und sollte deshalb nur von volljährigen Personen nachgeahmt werden!

Um Feuer spucken zu können muss das Bärlappsporen-Pulver fein zerstäubt und dann entzündet werden. Nur dann ist die gesamte Oberfläche der Sporen für die Reaktion zugänglich. Wird es nicht zerstäubt, so ist die Oberfläche zu klein um eine Stichflammen hervorzurufen. Die Bärlappsporen sind zwar klein, haben aber dennoch „nur“ einen Durchmesser von 30  $\mu\text{m}$ . Man stelle sich vor, welche eine Stichflamme man durch noch kleineren Nanoteilchen erreichen könnte, die eine wesentlich Größere Oberfläche für die Verbrennungsreaktion hätten!!!

---

#### ACHTUNG!



Wenn Sie die mit offenen Flammen hantieren, achten Sie bitte darauf, dies in einer geeigneten, brandsicheren Umgebung zu machen. (nach Draußen gehen oder in einem Raum ohne Rauchmelder und mit guter Belüftung). Binden Sie bitte unbedingt lange Haare zusammen und krempeln sie ihre Ärmel hoch. Dieser Versuch sollte nur von volljährigen Personen durchgeführt werden!

### Benötigtes Material:

- Pasteurpipette (in der Box enthalten)
- Bärlappsporen (3.2.)
- kleiner Löffel oder Spatel
- Schere
- Feuerzeug

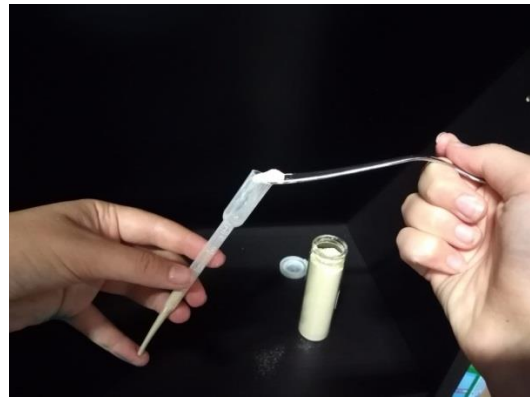
### 1. Schritt

Als erstes schneiden Sie die Pasteurpipette am runden Ende ab.



### 2. Schritt

Halten Sie die Pipette am unteren Ende zu und füllen Sie Bärlappsporen bis zur 1,5 ml Markierung in die Pipette.



Photos: R. Reichenfeller

### 3. Schritt

Für das Feuerspucken am besten nach Draußen gehen oder es in einem Raum ohne Rauchmelder und mit guter Belüftung durchführen. Binden sie bitte unbedingt lange Haare zusammen und krepeln sie ihre Ärmel hoch. Halten Sie die vollgefüllte Pipette waagrecht vor den Mund in der Luft (Spitzes Ende Richtung Feuerzeug) und das Feuerzeug ca. 60 cm von ihnen entfernt. Zielen Sie mit der Spitze in die Flamme und pusten Sie kurz und kräftig in das abgeschnittene Ende der Pipette. Es entsteht eine Stichflamme!



Photo: S. Haigermoser



#### 4. **MULTIFUNKTIONAL** – Nanopartikel werden für viele verschiedene Anwendungen verwendet!

##### **Nanomaterialien sind universell einsetzbar!**

In der Medizin forscht man an Eisennanopartikeln zur Bekämpfung von Gehirntumoren, andere spezielle Nanopartikel könnten die Ausbreitung von Malariaerregern auf weitere Blutzellen verhindern oder Nanogewebe, welches die Aufgabe der Nieren in den Blutgefäßen übernehmen könnte. In der Elektronik benötigt man die Nanotechnologie zur Verbesserung von Batterien oder Computern, in der Umwelt zum Abbau von Ölteppichen am Meer, in Nahrungsmitteln zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften wie etwa der Farbe oder in Sonnencremen zur Erhöhung des UV Filters.

Wie multifunktional Nanopartikel sind, kann den SchülerInnen mithilfe der **NanoBox** wunderbar veranschaulicht werden. Versuche und **Arbeitsblätter** zu Lotuseffekt (4.1.1), Feuerschutz (4.2) oder Nanotechnologie in der Medizin (Schwangerschaftstest (4.3.2), Silber (4.3.3)) können verwendet werden. Das Spiel „Fakt oder Fiktion“ rundet das umfangreiche Angebot ab und bietet Stoff für weitere Diskussionen und Recherchen.

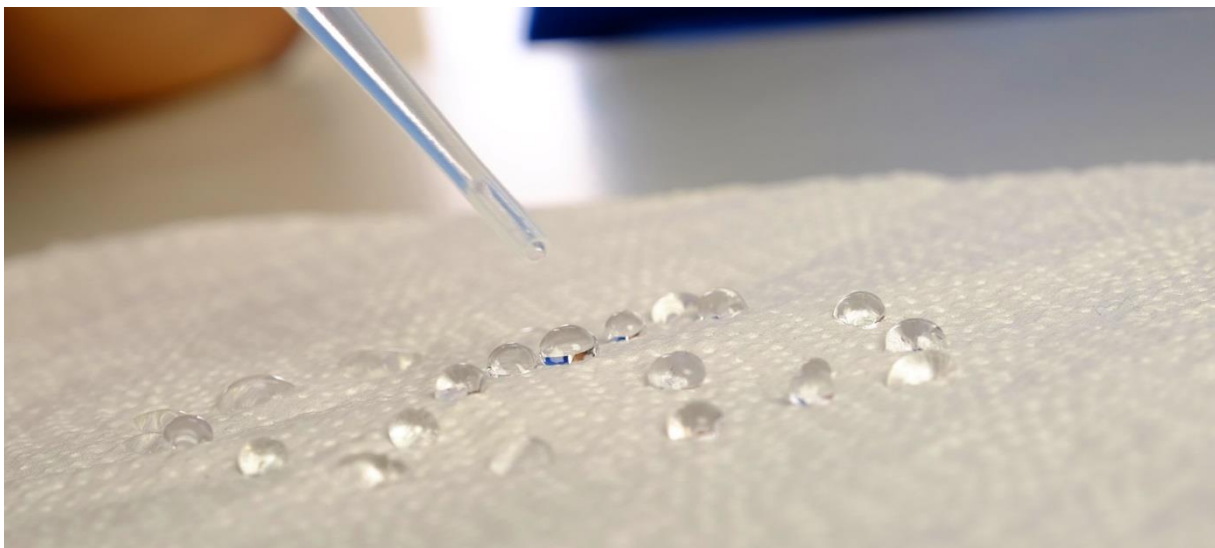


Hydrophobe Oberflächen untersuchen: Dafür sind Lotusspray und hydrophober Sand in der NanoBox enthalten. Foto: S. Haigermoser

## 4.1. Der Lotuseffekt

Beträufelt man Oberflächen mit Wasser, reagieren diese unterschiedlich. Grob kann man diese Oberflächeneigenschaft in hydrophil und hydrophob unterteilen. Hydrophil bedeutet wasserliebend, hydrophob wasserabweisend.

Superhydrophob ist etwa das Blatt der Lotuspflanze. Die äußere Schicht des Blattes (Cuticula) ist durch eine Vielzahl von „Noppen“, die nur wenige Nanometer groß sind, besonders rau. Gebildet werden diese Erhebungen von Wachskristallen, die von Zellen an der Blattoberfläche produziert werden. Dieses Wachs ist stark wasserabweisend, Wassertropfen perlen daher ab und schwemmen so Schmutz oder Mikroorganismen von der Blattoberseite – ein effektiver Schutz gegen Krankheitserreger!



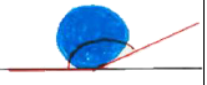
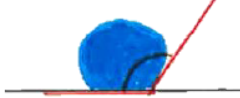
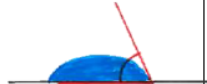
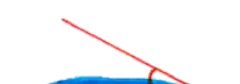
Eine Küchenrolle, die mit Lotusmittel imprägniert wurde ist plötzlich stark wasserabweisend und verliert völlig ihre Saugfähigkeit! Foto: S. Haigermoser

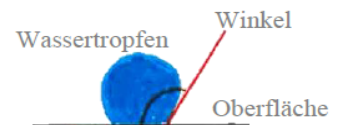
### 4.1.1. Oberflächeneigenschaften

#### Was steckt hinter dem „Lotuseffekt“?

Beträufelt man Oberflächen mit Wasser, reagieren diese unterschiedlich. Grob kann man diese Oberflächeneigenschaft in hydrophil und hydrophob unterteilen. **Hydrophil** bedeutet wasserliebend, **hydrophob** wasserabweisend.

Ganz genau unterscheidet man, ob Oberflächen hydrophob bzw. hydrophil sind, indem der Winkel zwischen Tropfen und Oberfläche gemessen wird. Sieh dir dazu folgende Abbildungen an:

	<b>Superhydrophob</b> Winkel $> 150^\circ$		<b>Hydrophob</b> Winkel $90^\circ - 140^\circ$
	<b>Hydrophil</b> Winkel $30^\circ - 90^\circ$		<b>Superhydrophil</b> Winkel $< 30^\circ$



Superhydrophob ist etwa das Blatt der Lotuspflanze. Die äußere Schicht des Blattes (Cuticula) ist durch eine Vielzahl von „Noppen“, die nur wenige Nanometer groß sind, besonders rau. Gebildet werden diese Erhebungen von Wachskristallen, die von Zellen an der Blattoberfläche produziert werden. Dieses Wachs ist zusätzlich stark wasserabweisend. Wassertropfen perlen aufgrund der Rauigkeit und der Wachskristalle ab und schwimmen so Schmutz oder Mikroorganismen von der Blattoberseite.

**Versuch:** Hole dir unterschiedliche Materialien (z.B. Glas, Holz, Eisen, Aluminium, Kupfer, verschiedene Pflanzenblätter, Hochglanzpapier, Druckerpapier, Küchenpapier, Plastik, Sporttextilien, Baumwollkleidung, Jeansstoff, Kaffeefilter, Butterbrotpapier, ...). Finde heraus, welche Oberflächen hydrophob und welche hydrophil sind, indem du Wasser darauf träufelst. Teile die Stoffe in der Tabelle zu.

hydrophob - wasserabweisend	hydrophil - wasserliebend

Mithilfe des Lotus – Mittels aus der Nanobox kannst du hydrophobe Oberflächen erzeugen. Verwende dazu zum Beispiel Küchenpapier, Papierhandtücher oder ähnliches Material, sprühe dieses ausreichend mit dem Mittel ein, lass es gut trocknen. Vergleiche anschließend die neu entstandenen Eigenschaften mit dem ursprünglichen Material. Entschlüsse weiter, welcher Stoff (beide rosa Farbe) aus der Nanobox hydrophob ist!

Wie die Lotuspflanze machen sich auch die Menschen diesen Effekt zunutze. Sie schauen – wie vielleicht du manchmal bei deinem Sitznachbar in der Schule – bei der Natur ab. Das nennt man **Bionik**. Eigenschaften oder Vorgänge in der Natur werden für technische Anwendung kopiert.

**Recherchiere:** Wo und wofür wird der Lotus – Effekt eingesetzt? Kommt er auch in deinem Alltag vor?

## Anmerkungen und Loesungen

Hydrophobe Pflanzenblätter: Kohlrabi, Frauenmantel und Kapuzinerkresse eignen sich als Stellvertreter.

Wird etwa das Kohlrabiblatt in Wasser eingetaucht, sieht man eine silbrige Schicht. Hier treffen Wasser und Luft, die sich noch in den Zwischenräumen befindet, aufeinander. Beim Reiben des Blattes zwischen zwei Fingern wird die Oberfläche und somit der hydrophobe Effekt zerstört.

Hydrophobe Oberflächen kann man auch mithilfe eines (Schuh-)Imprägniersprays (oder Lotusmittel aus der Nanobox) herstellen. Dazu eventuell Küchenpapier oder Papier zum Hände-abtrocknen im Freien reichlich mit dem Imprägnierspray einsprühen und gut trocknen lassen.

**Lotus Effekt:** Wasserabweisender Beton, Hausfassaden, Badarmaturen, Glaswände, Brillenputzlösungen, Textilien, Schuhe, Autolack, selbstreinigende Fenster, Reinigungsmittel, Wandanstrich,

---

### Quellen fuer dieses Arbeitsblatt:

Bethke, Christine / Adelung, Rainer / Schwarzer, Stefan (2017): Generierung einer mikro- und nanostrukturierten Kupferoberfläche mit Lotos-Effekt – Ein Versuch für die Sekundarstufen I und II. In: Chemkon 2014, 24, Nr.1.

Greßler, Sabine / Fiedeler, Ulrich / Simkó Myrtill / Gázsó, André / Nentwich, Michael (2010): Selbstreinigende, schmutz- und wasserabweisende Beschichtungen auf Basis von Nanotechnologie. In: NanoTrust-Dossiers, Nr. 020, Juli 2010.

Universität Hamburg (2015): Der Lotus Effekt. Online Quelle: [http://nanotechnologie-ausstellung.de/ausstellung\\_lotuseffekt.html](http://nanotechnologie-ausstellung.de/ausstellung_lotuseffekt.html). Zugriff 27.09.2018

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) (o.J.): Versuchsanleitung NanoBox für Schülerinnen und Schüler. Online Quelle: <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/nanotechnologie-versuche.pdf>. Zugriff 27.09.2018

Wilhelm, Johannes G. (2012): Chemische Nanotechnologie: Superhydrophobe und superhydrophile Oberflächen. Online Quelle: [https://www.chf.de/eduthek/projektarbeiten/Chemische\\_Nanotechnologie.pdf](https://www.chf.de/eduthek/projektarbeiten/Chemische_Nanotechnologie.pdf). Zugriff: 06.08.18

Willig, Hans-Peter (2018): Hydrophobie. Online Quelle: <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Hydrophobie>. Zugriff 27.09.2018



### 4.1.2. Hydrophober Sand



Photo: S. Haigermoser

Jedes einzelne Korn des hydrophoben Sandes wurde mit einer Beschichtung überzogen, die den Sand wasserabweisend macht. Diese Beschichtung, genauer gesagt Trimethylchlorsilan, der einzelnen Körner läuft im Nanometerbereich ab.

Durch diese Beschichtung befinden sich auf der Oberfläche des Sandes unpolare  $\text{CH}_3$  Gruppen. Wasser kann sich damit nicht, wie etwa beim normalen Sandkistensand, mit dem Sand verbinden. Es entsteht vielmehr eine Luftschicht zwischen hydrophoben Sand und Wasser, weil die Beschichtung das Wasser stark abstößt. Die entstandene Luftschicht glänzt aufgrund der Lichtbrechung silbrig.

Hydrophober Sand wird als Dichtmaterial im Landschaftsbau verwendet, als Abdichtung von Kabeln gegen Wasser oder Eis, bei der Bindung von Ölteppichen, im Straßenbau, wobei die Frostunempfindlichkeit dieses Sandes hier ausgenutzt wird oder auch im Hochwasserschutz.

Unter Wasser ist hydrophober Sand formbar, da Lufteinschlüsse zwischen den Sandkörnern sind. In der Luft wird er trocken, feinkörnig und lose.



Hydrophober Sand verklumpt im Wasser und bildet eine glitzernde Barriere aus Luft um sich herum.

Photo: S. Haigermoser

## Experimentieren mit Hydrophobem Sand

### Benötigte Materialien:

- hydrophober Sand
- Wasser
- Becherglas



### 1. Schritt

Der Sand wird in ein Becherglas gefüllt.

### 2. Schritt

Geben sie mit einer Spritzflasche oder Pipette Wasser auf den Sand.



### 3. Schritt

Wird das Becherglas geschwenkt, erkennt man, wie sich Luftblasen um den Sand ansammeln. Beim Schräghalten des Glases sieht man, dass der Sand trocken ist.

### 4. Schritt

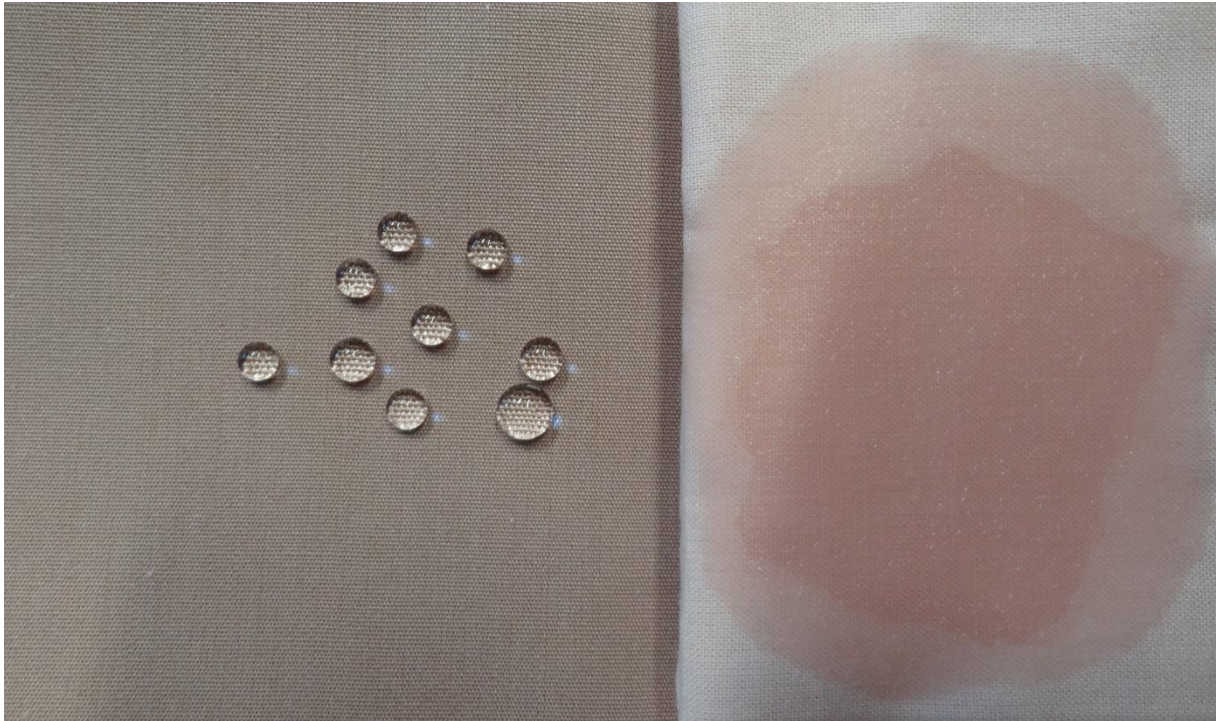
Nachdem das Wasser abgeleert wurde, kann der Sand wieder in das Gefäß zurückgegeben werden.

Photos & Text: R. Reichenfelser



### 4.1.3. NanoTex

In der **NanoBox** finden Sie zwei Stoffstücke, eines mit Nanobeschichtung und eines ohne. Beträufeln Sie beide Stoffe mit Wasser und beobachten Sie den Unterschied.



NanoTex hat superhydrophobe Eigenschaft im Vergleich zum hydrophilen Baumwollstoff.  
Foto: C. Lindner

Das NanoTex aus der **NanoBox** weist eine Teflonbeschichtung auf, wobei jede einzelne Faser des Stoffes mit der Beschichtung ummantelt ist. Die Beschichtung dringt bis zu den kleinsten nanometergroßen Fasern vor. Auch nach dem Waschen in der Waschmaschine ist der hydrophobe Effekt des NanoTex weiterhin zu sehen.



#### 4.1.4. Oberflächeneigenschaften verändern

##### Benötigte Materialien:

- Lotusmittel (4.1.4.)
- Stoff- oder Kleidungsstück
- 1 Stück Stein oder Holz (z. B. Wand)
- Wasser in einer Pipette oder Spritzflasche

##### 1. Schritt

Gewünschtes Objekt mit dem Spray einsprühen und trocknen lassen.



Photos: R. Reichenfelder

##### 2. Schritt

Nachdem der Spray getrocknet ist, Wasser darauf tropfen und den Lotus Effekt beobachten.



Die eingesprühten Textilien und Oberflächen lassen das Wasser einfach abperlen.  
Photos & Text: R. Reichenfelder



Den Lotus Effekt kann man auch ohne das Lotusspray ganz einfach zuhause erzeugen, indem man das gewünschte Objekt mit Imprägnier Spray (für Schuhe oder andere Textilien) einsprüht und gut trocknen lässt. Das macht auch die saugfähigsten Materialien, wie Papierhandtücher, wasserfest.



## 4.2. Schutz vor Feuer mithilfe der Nanotechnologie

**Die Schule brennt!** Bei diesem Szenario ist jede Sekunde kostbar: Starke Rauchentwicklung und das Übergreifen der Flammen auf weitere Gebäudeteile sind die gravierendsten Probleme bei dieser heiklen Situation. Allerdings kann man – auch mithilfe der Nanotechnologie – von vornherein eine solche Katastrophe verhindern.

Der Brand kann schon vor der Entstehung abgewandt werden, wenn Baumaterialien aus Holz und Isolierungen sowie Kunststoff und Textilien mit Flammschutzmitteln ausgerüstet werden. Diese Mittel ersticken das Feuer indem sie eine Dämmschicht ausbilden oder die Verkohlung fördern.



Derzeit übliche Flammschutzmittel können durch Nanotechnologie deutlich verbessert oder sogar ersetzt werden und auch die Umwelt entlasten, da sie halogenfrei sind und beim Brand keine giftigen Verbindungen freisetzen und zum Teil auch wesentlich weniger Rauchgas entwickeln. Zudem wird nur eine dünne Schicht benötigt, die langlebiger, transparent und auch elastisch ist und somit besser mit den Umwelteinflüssen klar kommt.

Um einen Flammschutz bis auf mehrere tausend Grad zu erreichen können anorganische Verbindungen wie Silica ( $\text{SiO}_2$ ) eingesetzt werden. Die feuerhemmende Wirkung kommt von der Ausbildung eines Kohlenstoffschaums an der Oberfläche des beschichteten Stoffes, der gegen Hitze isoliert und zugleich auch eine sehr dünne Keramiksicht entstehen lässt, die ebenfalls vor den Flammen schützt. Einige neu entwickelte Nano-Isolationsmaterialien nutzen genau diesen Effekt: Die Aerogele (mehr Info unter Kapitel 4.4.). Sie sind federleicht, nicht brennbar und sehr gute Isolatoren! Das macht sie zum perfekten Baustoff.

Um Kunststoff, wie er in Kabelummantelungen oder im Innenausbau (Steckdosen, Lampengehäuse, ...) verwendet wird, vor Flammen zu schützen wird Nano-Ton (Bentonit) beigemischt. Diese Nanoteilchen bilden bereits bei geringen Mengen ein dreidimensionales Netzwerk im Kunststoff aus, der das Abtropfen von schmelzendem Material verhindert und somit eine weitere Brandausbreitung verhindern kann.

---

### ACHTUNG!



Wenn Sie die mit offenen Flammen hantieren, achten Sie bitte darauf, dies in einer geeigneten, brandsicheren Umgebung zu machen. (nach Draußen gehen oder in einem Raum ohne Rauchmelder und mit guter Belüftung). Binden Sie bitte unbedingt lange Haare zusammen und krempeln sie ihre Ärmel hoch. Dieser Versuch sollte nur von volljährigen Personen durchgeführt werden!

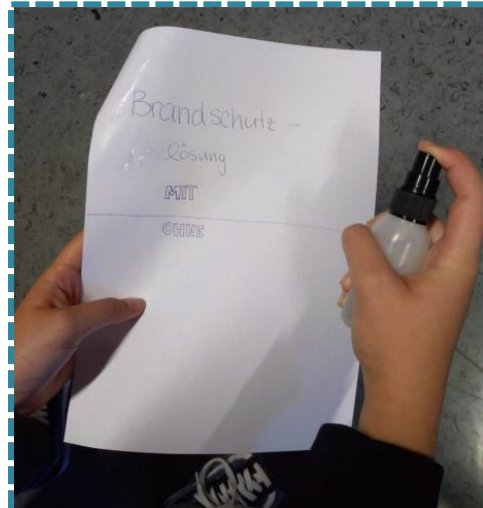
## Versuchsanleitung: Brandschutz

### Benötigte Materialien:

- Brandschutzmittel (4.2)
- Papier
- Feuerzeug

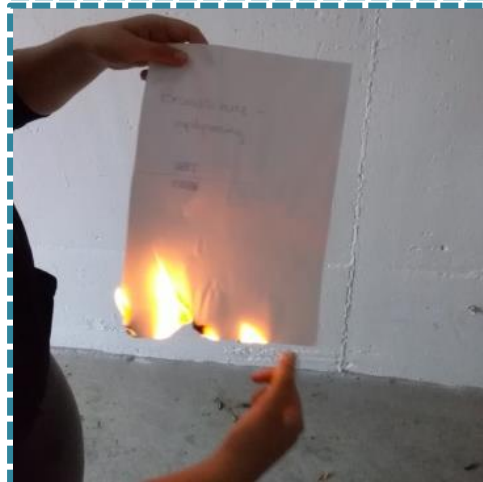
#### 1. Schritt

Ziehen Sie in der Mitte des Blatt Papiers eine Linie und Sprühen Sie eine Hälfte mit dem Brandschutzmittel ein, bis das Blatt komplett nass ist.



#### 2. Schritt

Warten Sie bis das Blatt getrocknet ist und zünden sie es dann an der nicht imprägnierten Hälfte an. Nach dem Strich sollte das Blatt aufhören zu brennen.



#### 3. Beobachtung

Sobald die Flamme auf die beschichtete Hälfte des Papiers stößt, erlischt sie. Stattdessen kommt es zur Verkohlung, bis schlussendlich der Brand gelöscht ist (oberer Teil im Foto).



### 4.3. Nanotechnologie in der Medizin

#### Was kann Nanomedizin?

„**Drug targeting**“ – Therapeutika können in Nanopartikel verpackt in hochwirksamer Dosis PatientInnen verabreicht und zielgerichtet zu den betroffenen Organen transportiert werden.



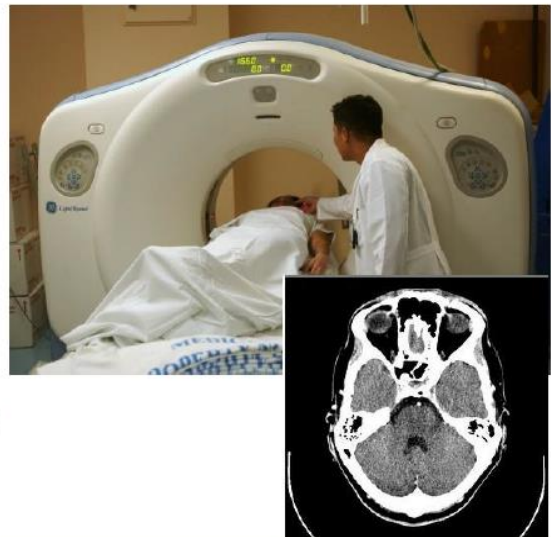
„**Plattform-Technologie**“ – an der Oberfläche von NP können verschiedene erwünschte Effekte kombiniert werden, die der Behandlung von Immunerkrankungen dienen.

„**Magnetfeld-Hyperthermie**“ – Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel können Krebszellen gezielt durch Hitze zerstören bzw. als Kontrastmittel verwendet werden.

#### Effiziente und gezielte Tumorbekämpfung

Chemotherapeutika (z.B. Doxorubicin) können in hohen Konzentrationen in Nanopartikel (z.B. Polybutyl-cyanoacrylat, PBCA) verpackt von Tumoren (im Bild violett) effizienter aufgenommen werden. Das Medikament wirkt somit genau dort wo es soll und das gesunde Gewebe wird geschont.

Dieser gezielter Transport und die effizientere Aufnahme in den Tumor verbessern die Wirksamkeit des Medikaments und verringern zugleich die Nebenwirkungen für die Patienten!



#### Verbesserung der Allergen-Immuntherapie

Um Menschen mit Allergien zu helfen wurde die Allergen- Immuntherapie entwickelt. Dabei wird durch häufige Gabe des Allergens über einen Zeitraum von 3-5 Jahren eine Toleranz im Körper aufgebaut und die lästigen allergischen Symptome verschwinden. Nur leider musste bisher das Allergen jedes Mal gespritzt werden.

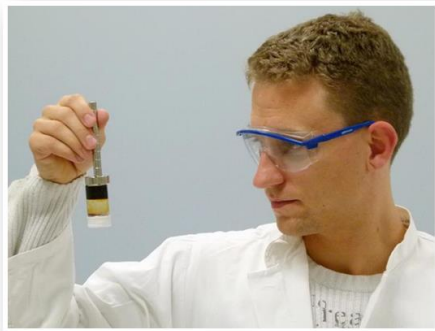
Mithilfe von Nanopartikeln wurde nun ein Medikament entwickelt, welches in Tablettenform wirksam ist. Dabei können die multifunktionalen Nanopartikel in dreifacher Weise die Immuntherapie verbessern: **I.** mehr Wirkstoff durch größere Oberfläche, **II.** verbesserte Aufnahme und Depotwirkung in der Mundschleimhaut **III.** Bessere Wirksamkeit durch gleichzeitige Verabreichung von Hilfsstoffen (Adjuvantien)

### 4.3.1 Eisennanopartikel gegen Krebs

Ein wirklich faszinierender Effekt kann mittels Eisenoxid-Nanopartikeln gezeigt werden. Dafür benötigte Materialien finden Sie in der **NanoBox** (Eisennanopartikel, Magnet (4.3)). Die ca. 10 - 15 nm großen Partikel liegen in einer feinen kolloidalen Suspension in der Trägerflüssigkeit vor (siehe Kapitel 2.3). Ohne Magnet verhält sich das Ferrofluid wie eine normale Flüssigkeit, wird jedoch ein Magnetfeld angelegt, so reagiert die gesamte Flüssigkeit darauf und kann so gegen die Schwerkraft an einem Glas nach oben gezogen werden.

#### Eisenoxid-Nanopartikel

werden auch als **Ferrofluid** oder **magnetische Flüssigkeiten** bezeichnet



Magnetische Flüssigkeiten bestehen aus wenigen Nanometer großen Partikeln, die in einer Trägerflüssigkeit z.B. Wasser kolloidal suspendiert sind.

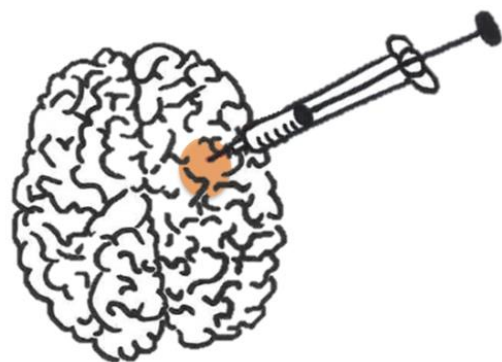


Die „Igelstruktur“ eines Ferrofluids im Magnetfeld entsteht dadurch, dass sich die Flüssigkeit entlang der magnetischen Feldlinien ausrichtet.

Fotos: Nan-O-Style

Solche Ferrofluide finden vielerlei Anwendungen. Im technischen Bereich dienen sie als Dichtungsmaterialien z.B. um Computerfestplatten vor Staub zu schützen. Dabei werden sie durch einen Permanentmagneten an der Dichtungsstelle gehalten. Auch werden solche Ferrofluide zur Dämpfung von Vibrationen und Stößen eingesetzt: Durch ein elektromagnetisches Feld kann das Ferrofluid „eingestellt“ werden. Ist das magnetische Feld stärker, so können auch stärkere Stöße abgedämpft werden.

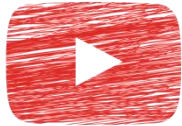
Die spannendste Anwendung findet sich aber in der Medizin: Hier werden sie sogar zur Bekämpfung von Tumoren eingesetzt. Vor allem bei dem sehr aggressiven Glioblastom, einem Hirntumor, gab es bereits großartige Fortschritte! Bei diesem Therapieansatz werden die magnetischen Nanopartikel mittels einer minimal-invasiven Injektion in den Tumor eingebracht. Daraufhin wird der Patient einem wechselnden Magnetfeld ausgesetzt, welches bis zu 100 000 mal in der Sekunde seine



Injektion der Eisennanopartikel zur Bekämpfung von soliden Tumoren.  
Abbildung: Stefanie Ess



Polarität wechselt. So werden die Partikel in Schwingung versetzt und es entsteht eine Erwärmung im umliegenden Tumorgewebe, welches die Tumorzellen entweder zerstört oder sie empfindlicher gegenüber begleitender Radio- oder Chemotherapie macht. Mit dieser neuen Therapie können sozusagen die Tumore von innen heraus bekämpft werden. Umliegendes und gesundes Gewebe wird geschont und der Patient hat somit weniger Nebenwirkungen!



Ein sehr gut animiertes **Video** zu diesem Therapieansatz finden sie unter:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZJXZx0dwjTA&t=18s>

Auf der Seite der Firma Magforce findet sie zudem weitere Informationen und Patientenberichte (auch als Videos): <https://www.magforce.com/>

---

#### ACHTUNG!



Wenn sie die Demonstration durchführen, achten sie bitte darauf, dass elektrische Geräte sowie Speichermedien oder Chipkarten von dem Magneten fern zu halten sind!

Öffnen sie den Behälter mit den Eisennanopartikeln nicht! Die Flüssigkeit verursacht stark färbende Flecken.

### 4.3.2. Gold Nanopartikel

#### Nanogold hat viele Farben!

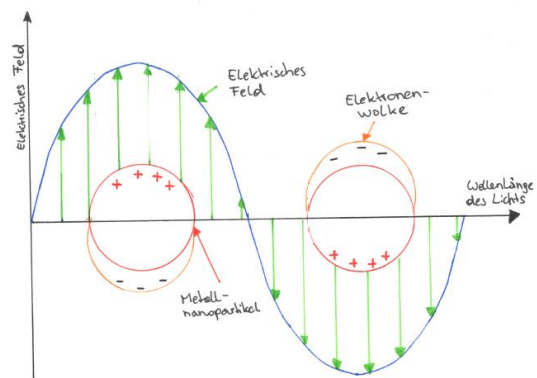
Das edelste aller Metalle hat ganz besondere Eigenschaften, wenn es als Nanopartikel vorliegt: Es erscheint je nach Größe in unterschiedlichen Farben und ist dadurch vielseitig einsetzbar. Dem Farbeffekt liegt die **Oberflächen-Plasmonen-Resonanz** (eng. *surface-plasmon-resonance*) zugrunde. Hierbei werden durch das einfallende Licht die OberflächenElektronen eines Metalls in Schwingung versetzt. Dabei werden bestimmte Längenwellen absorbiert.

Welche Wellenlänge absorbiert wird, hängt von der Partikelgrößen und -form ab. Prinzipiell gilt: Je größer die Partikel sind, desto größer ist die absorbierte Wellenlänge. Kleine Partikel (20 nm) absorbieren somit die kurzen, blauen Lichtwellen und erscheinen in rot. Umgekehrt ist es bei den Großen 80 -120 nm Partikeln. Hier werden die langen, roten Wellenlängen aus dem weißen Licht absorbiert. Deshalb erscheinen sie in einer bläulich-violette Farbe. In der **NanoBox** finden sie als Demonstrationsobjekte **Goldnanopartikel** in drei unterschiedlichen Größen (**4.3**). Die Partikel müssen vor Verwendung geschüttelt werden, denn die großen sind kein Kolloid und setzen sich über die Zeit ab.

Diese Nanopartikel werden in der **In-Vitro-Diagnostik**, wie zum Beispiel bei **Schwangerschaftstest** verwendet. Genauer gesagt: Das rote Nanogold macht die Testergebnisse sichtbar. Wie genau das funktioniert, finden sie auf den nächsten Seiten (**Video + Arbeitsblatt 4.3.2.**)



In der **NanoBox** sind drei unterschiedliche Größen von Goldnanopartikeln enthalten, die ihre volle Pracht erst entfalten, wenn sie gegen das Licht gehalten werden. Photo: S. Haigermoser



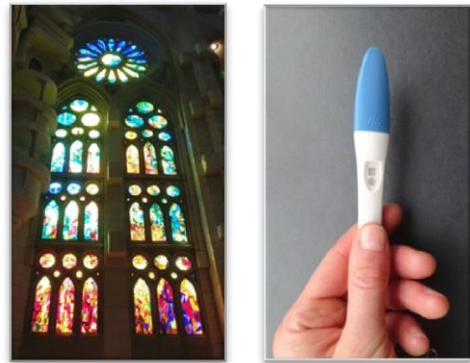
Schema zur Oberflächen-Plasmonen-Resonanz.

Verändert nach: Camacho, A.: Focusing nanoplasmonics, J. Nano Sc. Tech, 3(2015) 10-17

## Gold-Nanopartikel gab es bereits im Mittelalter!

Gold-Nanopartikel sind nichts Neues! Schon im Mittelalter wurden sie benutzt, um Glas zu färben. Das können wir heute noch in vielen Kirchen bewundern.

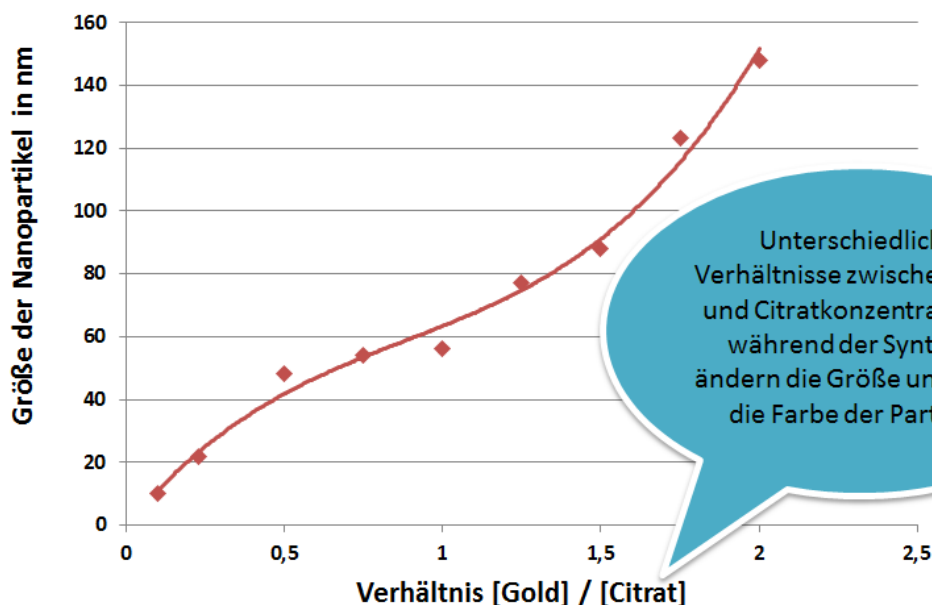
Heute verwendet man Nanogold in der Medizin. Hier kommt es bei vielfältigen medizinischen Testungen (wie zum Beispiel beim Schwangerschaftstest) zum Einsatz.



Goldnanopartikel einst und heute.  
Fotos: S. Ess

## Unterschiedliche Goldnanopartikel lassen sich einfach herstellen!

Mit dem **Arbeitsblatt 4.3.2.1** lassen sich diese unterschiedlich gefärbten Goldpartikel nach der **Turkevich-Methode** selber herstellen! Die Synthese ist sehr einfach und hat einen gewissen Show Effekt, da eine farblose Lösung über mehrere Farbtöne zu ihrer Erdfarbe gelangt. Der Trick in der Herstellung unterschiedlicher Nanopartikel liegt im Verhältnis zwischen eingesetztem Goldsalz und Citrat. Je höher die Goldkonzentration im Verhältnis zum Citrat ist, desto größer werden die Partikel. So können unterschiedliche Farben von Rot über Lila bis zu Blau hergestellt werden.

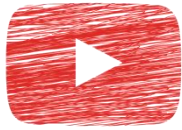


Konzentration Citrat

Konzentration Gold

Das Verhältnis zwischen Gold und Citrat bestimmt die Größe der Nanopartikel!  
Abbildung: C. Linder, S. Ess

## Diagnose mittels Gold: Schwangerschaftstest



„Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?“ – Das erklärt das folgende Youtube-Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=lsgxFS7e9QE&feature=youtu.be>

Es wurde von SchülerInnen der Privaten Fachschule MultiAugustinum im Salzburger Lungau anschaulich gestaltet.



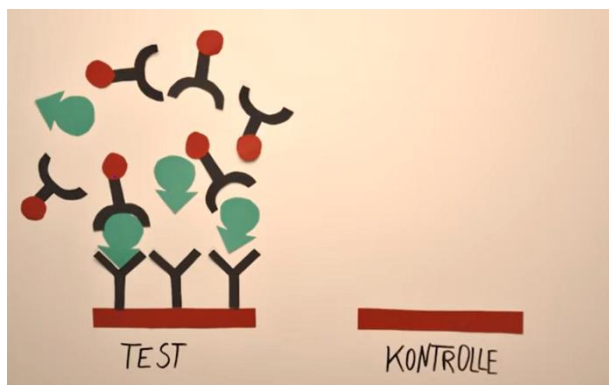
### Der Text zum Video:

#### Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?

Gehen wir das mal genauer durch! Wie man sich vielleicht denken kann produziert man in der Schwangerschaft viele Hormone, die das Wachstum vom Kind unterstützen und beschützen. Das macht sich der Schwangerschaftstest zu nutze. Wenn nun eine Eizelle befruchtet ist, produziert die Plazenta das Hormon „humanes Choriongonadotropin“, kurz hCG, welches sich nach 14 Tagen im Urin nachweisen lässt. Ist das Hormon im Urin vorhanden erscheinen zwei Linien auf dem Test – der Test ist somit positiv. Doch wie genau funktioniert das alles?

Wenn man den Schwangerschaftstest genauer betrachtet, sieht man, dass es zwei Bereiche im Ergebnisfenster gibt: Den Test- und den Kontrollbereich. Im Test-Bereich wird überprüft, ob man schwanger ist oder nicht (=erste Linie). Auf der Kontrollseite wird bestätigt, ob der Test überhaupt funktioniert hat (=zweite Linie). Wenn der Kontrollstrich nicht erscheint, ist das Ergebnis nicht aussagekräftig – Mann /Frau ;- ) sollte sich einen neuen Test kaufen um wirklich sicher zu sein.

Schauen wir uns den Aufbau des Schwangerschaftstest genauer an: Am Anfang des Teststreifens befinden sich freie Antikörper gegen hCG, die mit roten Nanogold-Partikeln sichtbar gemacht wurden. Sie erkennen einen speziellen Bereich, man spricht auch von „Epitop“, der HCG Hormone. (Hier als U Form dargestellt)



Diese roten Antikörper werden, wenn eine Flüssigkeit auf den Streifen kommt „mitgeschwemmt“ (und binden zugleich die hCG Hormone aus dem Urin)

Abbildung: : MultiAugustinum



Im Ergebnisfenster befinden sich zwei Teststreifen: einen für das Ergebnis und einen als Kontrolle. Auf ihnen sind verschiedene Antikörper und Hormone fest (kovalent) gebunden.

Beim Ergebnisstreifen befinden sich Antikörper gebunden, die ein anderes Epitop des Schwangerschaftshormon hCG erkennen (hier als Y-Ärtige Form dargestellt). Wenn hCG Hormone im Urin vorhanden sind, werden sie von diesen Antikörpern gebunden. Wenn sie auch von den goldmarkierten Antikörpern gebunden werden entsteht eine rote Linie.

Der Überschuss an goldmarkierten Antikörpern wird weitergeschwemmt und wir kommen schließlich zum Kontrollbereich. Im Kontrollstreifen sind künstlich hergestellte hCG Hormone gebunden. Die noch nicht gebundenen Antikörper haften sich an diese künstlichen Hormone. So kommt es wiederum zu einer Verfärbung – eine zweite rote Linie entsteht.

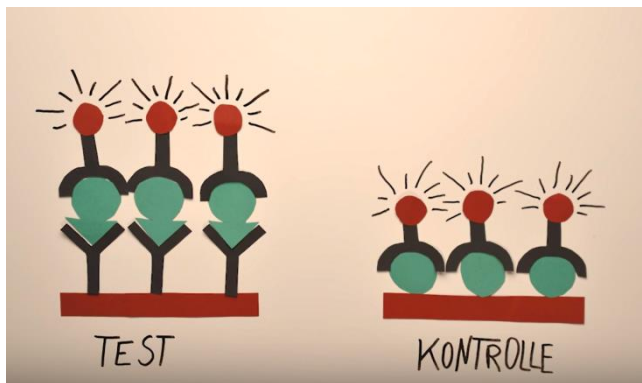
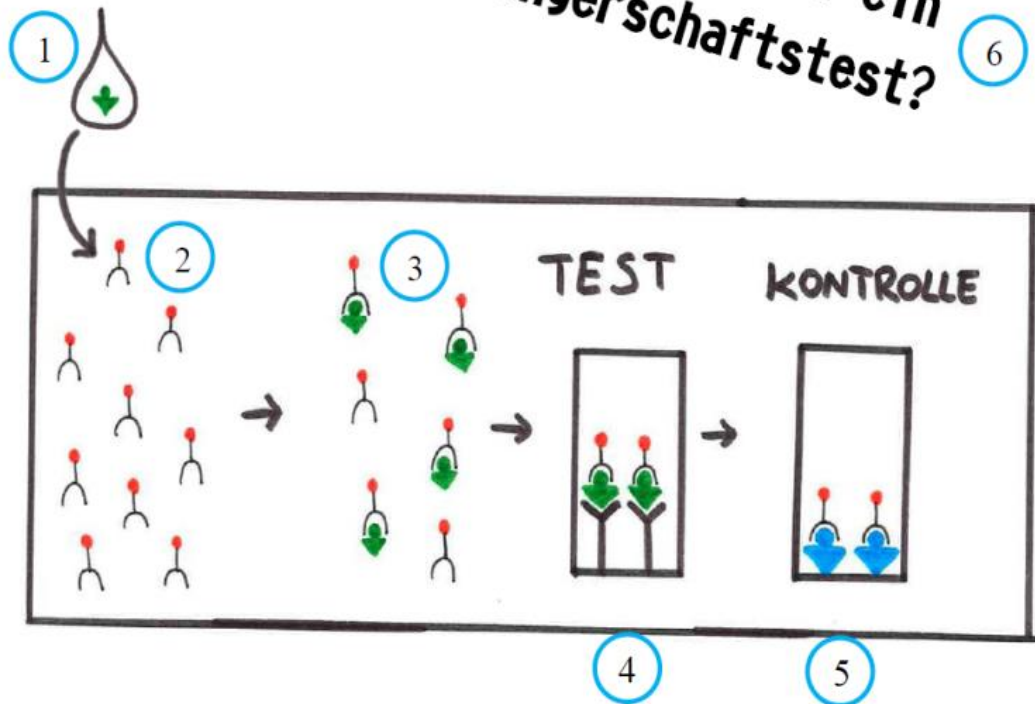


Abbildung: : MultiAugustinum

Merkt euch, wenn der Schwangerschaftstest abgelaufen oder falsch gelagert wurde, können die Antikörper, die aus Eiweißen bestehen, denaturieren und es erscheinen keine roten Streifen. Das bedeutet, dass der Test nicht funktioniert.

So funktionieren auch andere Schnelltests, wie zum Beispiel zur Diagnose von Blutvergiftung (Sepsis). Normalerweise kann ein Schwangerschaftstest bei Männern nicht positiv sein. Ist er es trotzdem, so kann man auf Hodenkrebs schließen.

## Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?



### Definitionen

**Antikörper** sind Eiweiße, die vom Immunsystem produziert werden und Antigene als „fremd“ im eigenen Körper erkennen. Antigen und Antikörper passen wie Schloss und Schlüssel zueinander (Schlüssel – Schloss Prinzip). Solche Antikörper können aus Blut isoliert und für medizinische Tests eingesetzt werden.




**Antigene** sind Moleküle, die sich an der Oberfläche von Zellen befinden. So kann das Immunsystem erkennen, ob der Stoff „eigen“ oder „fremd“ (etwa von Krankheitserregern) ist. Ist er fremd, werden von den Immunzellen Antikörper gegen ihn produziert.

Die **Kapillarkraft** ermöglicht es, dass Flüssigkeiten in Kapillaren (dünne Röhren oder Hohlräume) entgegen der Schwerkraft nach oben gezogen werden (z.B. bei Löschpapier).






Ein **Protein**, umgangssprachlich auch Eiweiß, besteht aus Aminosäuren und ist ein Grundbaustoff des Körpers.

## Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?

1) Ordne die folgenden Aussagen zu den richtigen Nummern **Nr** in der Abbildung zu!

<input type="radio"/>	Das Antigen  trifft auf bewegliche Antikörper  am Teststreifen. Bei einem solchen Schnelltest sind die Antikörper mit roten Goldnanopartikeln  markiert.
<input type="radio"/>	Im Testfeld befinden sich Antikörper  , die an der Oberfläche fest gebunden sind. Kommt nun die Flüssigkeit mit Antigen-Antikörper Komplexen  zu diesem Bereich, verbindet sich die Komplexe mit dem gebundenen Antikörper  . Die Stelle am Antigen, wo der Antikörper bindet  , nennt man <b>Epitop</b> . Ein Antigen kann mehrere Epitope  haben. Aufgrund der Goldnanopartikel, die am beweglichen Antikörper  sitzen, erscheint im Testfeld eine rote Linie.
<input type="radio"/>	Im Kontrollfeld befinden sich fest gebundene, künstlich hergestellte hCG – Hormone beziehungsweise Teile davon. Jene beweglichen Antikörper, die kein Antigen gebunden haben  , binden jetzt am künstlichen Hormon  . Es eine rote Linie. Dieses Feld kontrolliert, ob der Test richtig funktioniert hat. Erscheint diese rote Linie nicht, ist der Test ungültig.
<input type="radio"/>	Einige Tropfen Urin werden auf den Teststreifen gegeben. Dort befindet sich eine wattierte Oberfläche, die die Flüssigkeit sofort aufsaugt. In der Flüssigkeit sind Antigene  enthalten. Beim Schwangerschaftstest ist das Antigen der Botenstoff (Hormon) hCG (humanes Choriongonadotropin), der während der Schwangerschaft im produziert wird.
<input type="radio"/>	Die Antigene verbinden sich mit dem Antikörpern zu einem Antigen- Antikörper Komplex  . Da jedoch mehr Antikörper als Antigene am Teststreifen sind, bleiben auch einige Antikörper frei, verbinden sich also nicht mit einem Antigen. Mithilfe von Kapillarkräften bewegt sich die Flüssigkeit inklusive Antigen-Antikörper Komplex und freien Antikörpern am Teststreifen weiter.
<input type="radio"/>	Solche Medizin - Schnelltest (werden auch Lateral Flow Assays oder Line Immune Assays genannt) werden etwa zur Feststellung einer Schwangerschaft verwendet (Urinprobe). Ein anderer Test, mit derselben Funktionsweise, wird zum Befund einer Blutvergiftung eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind etwa Drogentests oder die Kontrolle von Lebensmitteln auf Krankheitserreger.









## Loesung der Zuordnungen

1	Einige Tropfen Urin werden auf den Teststreifen gegeben. Dort befindet sich eine wattierte Oberfläche, die die Flüssigkeit sofort aufsaugt. In der Flüssigkeit sind Antigene  enthalten. Beim Schwangerschaftstest ist das Antigen der Botenstoff (Hormon) hCG (humanes Choriongonadotropin), der während der Schwangerschaft im produziert wird.
2	Das Antigen  trifft auf bewegliche Antikörper  am Teststreifen. Bei einem solchen Schnelltest sind die Antikörper mit roten Goldnanopartikeln  markiert.
3	Die Antigene verbinden sich mit dem Antikörpern zu einem Antigen- Antikörper Komplex  . Da jedoch mehr Antikörper als Antigene am Teststreifen sind, bleiben auch einige Antikörper frei, verbinden sich also nicht mit einem Antigen. Mithilfe von Kapillarkräften bewegt sich die Flüssigkeit inklusive Antigen-Antikörper Komplex und freien Antikörpern am Teststreifen weiter.
4	Im Testfeld befinden sich Antikörper  , die an der Oberfläche fest gebunden sind. Kommt nun die Flüssigkeit mit Antigen-Antikörper Komplexen  zu diesem Bereich, verbindet sich die Komplexe mit dem gebundenen Antikörper  . Die Stelle am Antigen, wo der Antikörper bindet  , nennt man <b>Epitop</b> . Ein Antigen kann mehrere Epitope  haben. Aufgrund der Goldnanopartikel, die am beweglichen Antikörper  sitzen, erscheint im Testfeld eine rote Linie.
5	Im Kontrollfeld befinden sich fest gebundene, künstlich hergestellte hCG – Hormone beziehungsweise Teile davon. Jene beweglichen Antikörper, die kein Antigen gebunden haben  , binden jetzt am künstlichen Hormon  . Es eine rote Linie. Dieses Feld kontrolliert, ob der Test richtig funktioniert hat. Erscheint diese rote Linie nicht, ist der Test ungültig.
6	Solche Medizin - Schnelltest (werden auch Lateral Flow Assays oder Line Immune Assays genannt) werden etwa zur Feststellung einer Schwangerschaft verwendet (Urinprobe). Ein anderer Test, mit derselben Funktionsweise, wird zum Befund einer Blutvergiftung eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind etwa Drogentests oder die Kontrolle von Lebensmitteln auf Krankheitserreger.



**Lückentext:****Wie funktioniert ein Schwangerschaftstest?**

Füge die Wörter unten in die Lücken ein, die Abbildung hilft dir, die richtigen Wörter zu finden.

1	Einige Tropfen Urin werden auf den Teststreifen gegeben. Dort befindet sich eine wattierte Oberfläche, die die Flüssigkeit sofort aufsaugt. In der Flüssigkeit sind _____ enthalten. Beim Schwangerschaftstest ist das Antigen der _____ (Hormon) hCG (humanes Choriongonadotropin), der während der Schwangerschaft im _____ wird.
2	Das Antigen _____ trifft auf bewegliche _____ am Teststreifen. Bei einem solchen Schnelltest sind die Antikörper mit roten _____ markiert.
3	Die Antigene verbinden sich mit dem Antikörpern zu einem Antigen- Antikörper _____. Da jedoch mehr Antikörper als Antigene am Teststreifen sind, bleiben auch einige Antikörper frei, verbinden sich also nicht mit einem Antigen. Mithilfe von Kapillarkräften bewegt sich die Flüssigkeit inklusive Antigen-Antikörper Komplex und freien Antikörpern am Teststreifen weiter.
4	Im Testfeld befinden sich Antikörper  , die an der Oberfläche fest gebunden sind. Kommt nun die Flüssigkeit mit Antigen-Antikörper Komplexen  zu diesem Bereich, verbindet sich die Komplexe mit dem gebundenen Antikörper  . Die Stelle am Antigen, wo der Antikörper bindet  , nennt man _____. Ein Antigen kann mehrere Epitope  haben. Aufgrund der Goldnanopartikel, die am beweglichen Antikörper  sitzen, erscheint im Testfeld eine _____ Linie.
5	Im Kontrollfeld befinden sich fest gebundene, künstlich hergestellte hCG – Hormone beziehungsweise Teile davon. Jene beweglichen Antikörper, die kein _____ gebunden haben  , binden jetzt am künstlichen Hormon  . Es eine rote Linie. Dieses Feld _____, ob der Test richtig funktioniert hat. Erscheint diese rote Linie nicht, ist der Test ungültig.
Solche Medizin - Schnelltest (werden auch Lateral Flow Assays _____ genannt) werden etwa zur Feststellung einer Schwangerschaft verwendet (Urinprobe). Ein anderer Test, mit derselben Funktionsweise, wird zum Befund einer Blutvergiftung eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind etwa Drogentests oder die Kontrolle von Lebensmitteln auf Krankheitserreger.	

**Wörter zum Einfügen**

produziert – Komplex – Line Immune Assay – Botenstoff – rote – Antigene – Goldnanopartikel – Antigen – Kapillarkräfte – Epitop – Antikörper – kontrolliert

#### Zusatzinformationen

- Man verwendet Goldnanopartikel für einen solchen Test, da diese selten Verbindungen mit anderen Stoffen eingehen, sodass der Test nur unwahrscheinlich verfälscht wird.
- Vorteile dieser Medizinschnelltests sind, dass sie auch von ungetübten AnwenderInnen und ohne weiteres Equipment eingesetzt werden können. Auch die Auswertung erfolgt nur mithilfe bloßer Augen. Außerdem sind solche Tests kostengünstig und schnell verfügbar, sodass sie auch in Arztpraxen, Krankenhäusern oder zu Hause verwendbar sind. Ist allerdings nur eine geringe Menge des Antigens in der Probenflüssigkeit enthalten, hat der Test Schwierigkeiten ein korrektes Ergebnis zu erzielen. Es kann somit auch zu falsch – negativen Ergebnissen kommen.

Grass, Robert (o.J.): Gold-Nanopartikel. Online Quelle: <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/chab/icb/fnlab-dam/Education/Schulversuche%20Nanotech/Nano%20Gold%20-%20Sch%C3%BCler.docx>. Zugriff : 10.10.2018

Hauk, Andrea (2015): Diagnostik mit Teststreifen: Wie der Schwangerschaftstest funktioniert. In: Biologie unserer Zeit, 2/2015 (45). Online Quelle: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/biuz.201590030>. Zugriff: 25.05.2018

Knébel, Stephan / Dietiker, Marianne / Meili, Christoph (2015): Nanochemie - Modul, Experimentieranleitungen Lehrperson, Gesamtversion. Swiss Nano Cube. Online Quelle: [http://www.swissnanocube.ch/uploads/tx\\_rfnanoteachbox/Nanochemie\\_Gesamtmodul\\_01.pdf](http://www.swissnanocube.ch/uploads/tx_rfnanoteachbox/Nanochemie_Gesamtmodul_01.pdf). Zugriff 10.10.2018

Medichem Vertriebs GmbH (2015): meditrol. CrP Test. Teststreifen. Online Quelle: [http://www.medichem-online.de/fileadmin/produkte/diagnostik/blutteste/meditrol\\_crp/gebrauchsanleitung.pdf](http://www.medichem-online.de/fileadmin/produkte/diagnostik/blutteste/meditrol_crp/gebrauchsanleitung.pdf). Zugriff : 10.10.2018.

o.A. (o.J.): Proteine (Eiweiß). Online Quelle: <http://www.biologie-schule.de/proteine.php>. Zugriff 09.10.2018

Spektrum Akademischer Verlag (1999): Kapillarität. Online Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kapillaritaet/35377>. Zugriff 09.10.2018

## 4.3.2.1. Synthese von Goldnanopartikeln

## Herstellung von Goldnanopartikeln

**benötigte Materialien:**

- Heizplatte und Rührfisch (1 cm lang)
- 100 ml Erlenmeyerkolben
- 50 ml Citratlösung ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) mit gewünschter Konzentration (Tab. 1)  
[Stockverdünnungen: A1: 2,5ml 100mM Citrat + 47,5 ml  $\text{dH}_2\text{O}$ , A2: 335  $\mu\text{l}$ ; A3: 200  $\mu\text{l}$ ]
- 1 ml  $\text{K}(\text{AuCl}_4)$  25 mM
- Spritze zum Abmessen von 1 ml
- Pipette/ Messkolben zum Abmessen von 50 ml
- 1 x 50 ml Gefäß mit Verschlusskappe für die hergestellten Nanopartikel
- Küchenrolle und Spritzflasche mit  $\text{dH}_2\text{O}$

**Das solltest du wissen:**

Goldnanopartikel haben unterschiedliche Farben, je nachdem wie groß sie sind!

Das Verhältnis zwischen der eingesetzten Menge an Gold zu Citrat während der Synthese bestimmt dabei die Größe.

Wird viel Gold im Verhältnis zu Citrat

Tabelle 1					
Ansatz (Farbe NP)	Verhältnis [Gold]/[Citrat]	$\text{K}(\text{AuCl}_4)$		Tri -Natriumcitrat	
		Konzentration	eingesetztes Volumen	Konzentration	eingesetztes Volumen
A1 (rot)	0,1	25 mM	1 ml	5,00 mM	50 ml
A2 (lila)	0,75	25 mM	1 ml	0,67 mM	50 ml
A3 (blau)	1,25	25 mM	1 ml	0,40 mM	50 ml

**Syntheseprotokoll:**

1. Gib den Rührfisch in den Erlenmeyerkolben hinein.
2. Gib die 50 ml Citrat-Verdünnung in den Erlenmeyerkolben.
3. Stelle das Gefäß mit Rührfisch auf die Heizplatte und schalte ein. Der Rührfisch sollte dabei kräftig rühren, aber die Flüssigkeit darf nicht spritzen.
4. Sobald die Lösung kocht, gib 1 ml der Goldlösung schnell in die kochende Citrat Lösung.
  - a. Ob die Lösung kocht, kannst du gut kontrollieren, wenn du den Rührer kurz abdrehst und schaust ob in der Lösung Bläschen aufsteigen.
5. Nun muss die Lösung mindestens drei Minuten lang unter ständigem Rühren kochen. Dabei kommt es zu einem Farbumschlag.
6. Welche Farbe hatte die Lösung zu Beginn? Welche am Ende?  
Sind drei Minuten vergangen, fülle die Flüssigkeit in das beschriftete 50 ml Gefäß. Achte darauf, dass du dich nicht verbrennst! Berühre den Erlenmeyerkolben nur mit einem Tuch oder einem dicken Handschuh. Achte auch auf den Rührfisch, dieser sollte nicht herausfallen.

### 4.3.3. Silber als Antibiotikum

Schon die alten Römer erkannten die bakterienhemmende Wirkung von Silber. Sie legten Silbermünzen in ihre Milchkrüge um die Haltbarkeit der Milch zu verbessern. Dabei wussten sie nicht, dass sich ihre Silbermünzen minimal auflösten und Silber Ionen frei wurden, die eine schwache **bakterizide Wirkung** haben. Dadurch blieb die Milch länger frisch und war dennoch für den Menschen unbedenklich zu trinken.

**(Nano-) Silber** wird auch heute noch in der Medizin z.B. als Wundauflagen und Kosmetikprodukten verwendet und wird häufig unter dem Begriff **Kolloidales Silber** gekennzeichnet. Silberteilchen im Nanometerbereich wirken im Vergleich zu grobem Silberpulver besser, da Nanosilber eine größere Oberfläche aufweist und deshalb mehr Silber Ionen frei werden. Somit haben Silbernanopartikel auch eine stärkere bakterienhemmende Wirkung. Zudem verteilt sich Nanosilber besser und es kann eine einheitliche Wirkung im Produkt erzielt werden.

Auch die Industrie hat die Vorteile des Nanosilbers erkannt und bietet eine Vielzahl an Produkten mit bakterienhemmender Wirkung dank kolloidalem Silber an. Ob nun aber unsere begrenzten Silbervorräte für geruchsarme Socken investiert werden sollen, ist eine andere Frage. Zudem ist bewiesen, dass sich das Silber aus Textilien auswäscht und in den Kläranlagen landet. Welche ökologische Auswirkung das Silber in der Umwelt hat, ist allerdings noch nicht ausreichend erforscht.

Bei **Experiment 4.3.3** wird Nanosilber hergestellt und die Wirkung der Silbernanopartikel mittels Toxizitätstest an Bakterien getestet. Bitte beachten sie: Die Auswertung des Experiments kann erst nach einen Tag erfolgen, da die Bakterien Zeit zum Wachsen benötigen.



Es gibt eine Vielzahl an Produkten am Markt, die die bakterienhemmende Wirkung von Nanosilber einsetzen.

Photo: S. Ess



# Herstellung von Silbernanopartikeln

## benötigte Materialien:

- Heizplatte und Rührfisch (1 cm lang)
- 100 ml Erlenmeyerkolben
- 5 ml Citratlösung ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) 50 mM in  $d\text{H}_2\text{O}$  [2,5 ml 100mM Citrat + 2,5 ml  $d\text{H}_2\text{O}$ ]
- 50 ml  $\text{AgNO}_3$  1 mM in  $d\text{H}_2\text{O}$  [0,5 ml 100mM  $\text{AgNO}_3$  + 49,5 ml  $d\text{H}_2\text{O}$ ]
- Pipette zum Abmessen von 0,5-3 ml
- 50 ml Messkolben
- 1 x 50 ml Gefäß mit Verschlusskappe für die hergestellten Nanopartikel
- Küchenrolle und Spritzflasche mit  $d\text{H}_2\text{O}$

## Syntheseprotokoll:

1. Gib 50 ml der Silbernitratlösung zusammen mit dem Rührfisch in den Erlenmeyerkolben und stelle ihn auf die Heizplatte.
2. Bringe die Lösung unter starkem Rühren zum Kochen.
  - a. Ob die Lösung kocht, kannst du gut kontrollieren, wenn du den Rührer kurz abdrehst und schaust ob in der Lösung Bläschen aufsteigen.
3. Wenn der Siedepunkt erreicht ist, füge 5 ml Citratlösung schnell zu.
4. Lasse die Lösung 5-7 Minuten unter starkem Rühren weiterkochen. Während des Kochens kommt es zu einem Farbumschlag von gelb auf metallisch.
5. Nach den 5-7 Minuten:

lasse die heiße Lösung etwas auskühlen und überführe sie in ein verschließbares Gefäß.

Achte darauf, dass du dich nicht verbrennst! Berühre den Erlenmeyerkolben nur mit einem Tuch oder einem dicken Handschuh. Achte auch auf den Rührfisch, dieser sollte nicht herausfallen.

# Toxizitätstest

## benötigte Materialien:

- ca. 1 ml einer Bakterienlösung (Bioflorin Kapsel öffnen und 1 Spatelspitze des Pulvers mit 5 ml destilliertem Wasser vermengen)
- ca. 1 ml der Silbernanopartikel Lösung
- ca. 10 ml destilliertes Wasser
- 12 kleine (Einweg-) Gefäße, z.B. 1 ml Eppendorfgefäße oder Reagenzgläser
- 5 LB-Platten
- mind. 4 Pasteurpipetten
- Drigalski-Spatel
- Bunsenbrenner
- Feuerzeug
- Ethanol (70%)

Bereite die Materialien anhand der Materialliste vor. Achte darauf, dass alle Gefäße sauber sind. Am Ende müssen alle Materialien zuerst mit Leitungswasser, danach mit destilliertem Wasser gesäubert werden.

## Vorbereitung von LB-Platten

Verwendet werden kann „LB Agar (Luria/Miller), granuliert, für die Molekularbiologie“ von der Firma Carl Roth. 500 g dieses Granulates kosten zwischen 45 und 50 €. Laut Angaben sind für die Herstellung von 1 Liter Agar 40 g des Granulates nötig, die mit destilliertem Wasser vermischt werden. Nach dem Vermischen des Wassers mit dem Granulat muss die Lösung autoklaviert werden. Dies kann mithilfe eines Autoklaven geschehen, der das Medium mithilfe von Wasserdampf und Druck sterilisiert. Ist kein Autoklav vorhanden, kann man das Medium auch für 40 min in einem Druckkochtopf (Schnellkochtopf) sterilisieren.

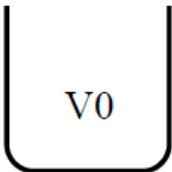
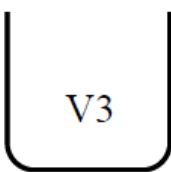
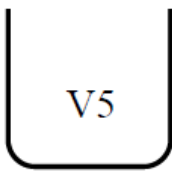




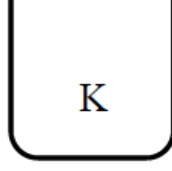
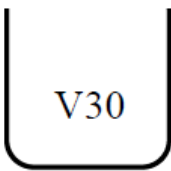
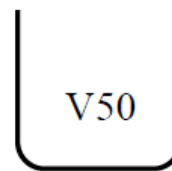
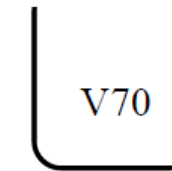
## Das solltest du wissen:

Mit einem einfachen Versuch kann überprüft werden, ob die hergestellten Silbernanopartikel toxisch auf Bakterien wirken. Dazu werden die hergestellten Nanopartikel in unterschiedlichen Verdünnungen mit einer Bakterienlösung vermischt und anschließend auf LB-Platten ausplattiert. Durch die unterschiedlichen Verdünnungen kann die letale Dosis bestimmt werden.

**Herstellung einer Silbernanopartikel-Verdünnungsreihe**

1. Beschrifte 7 kleine Gefäße mit den Namen aus der Tabelle 1 (V0 bis V70)
2. Es soll eine 1:30, 1:50 und 1:70 Verdünnung hergestellt werden. Um diese Verdünnungen möglichst genau zu erhalten, werden jeweils Vorverdünnungen (V3, V5, V7) hergestellt, die dann nochmal 1:10 verdünnt werden um die Endkonzentrationen zu erhalten.

Gib nun so viele Silbernanopartikel und Wasser in diese Gefäße wie in Tabelle 1 beschrieben. Verwende dazu Pasteurpipetten. Eine Pasteurpipette sollst du nur für das Wasser verwenden. Die andere muss zwischen den verschiedenen Verdünnungen immer wieder mit destilliertem Wasser ausgewaschen werden.

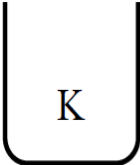
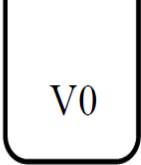
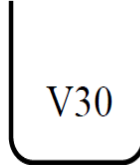


Verdünnungsreihe Silbernanopartikeln (Tabelle 1)				
				
Inhalt	1 ml Silbernanopartikel	1 T V0 + 2 T dH <sub>2</sub> O	1 T V0 + 4 T dH <sub>2</sub> O	1 T V0 + 6 T dH <sub>2</sub> O
erhaltene Verdünnung	Unverdünnt	1:3 	1:5 	1:7 
				
Inhalt	1 T dH <sub>2</sub> O	1 T V3 + 9 T dH <sub>2</sub> O	1 T V5 + 9 T dH <sub>2</sub> O	1 T V7 + 9 T dH <sub>2</sub> O
erhaltene Verdünnung	-----	1:30	1:50	1:70
Die Abkürzung „T“ bedeutet „Tropfen“ aus einer Pasteurpipette. „2T“ bedeutet also, dass du zwei Tropfen einer Lösung mithilfe der Pasteurpipette in das Gefäß geben sollst.				

**Herstellung der Verdünnungen für den Toxizitätstest**

Die Bakterienlösung und die verschiedenen Verdünnungen der Nanopartikel müssen nun gemischt und danach auf die LB-Platten aufgetragen werden.

**3.** Beschrifte 5 kleine Gefäße mit den Namen aus der Tabelle 2 (K, V0 - V70)

Gib nun so viele Silbernanopartikel und Bakterien in diese Gefäße wie in der Tabelle beschrieben. Verwende dafür Pasteurpipetten. Eine Pasteurpipette sollst du nur für das Wasser verwenden. Die andere muss zwischen den verschiedenen Verdünnungen immer wieder ausgewaschen werden. Statt des Auswaschens kannst du auch eine neue Pipette verwenden.

<b>Tabelle 2</b>			
Herstellung von Bakterien-Silbernanopartikel-Lösungen			
			
Inhalt	1 T Bakterienlösung + 1 T dH <sub>2</sub> O	1 T Bakterienlösung + 1 T V0	1 T Bakterienlösung + 1 T V30
			
Inhalt	1 T Bakterienlösung + 1 T V50	1 T Bakterienlösung + 1 T V70	
Die Abkürzung „T“ bedeutet „Tropfen“ aus einer Pasteurpipette. „2T“ bedeutet also, dass du zwei Tropfen einer Lösung mithilfe der Pasteurpipette in das Gefäß geben sollst.			

**Ausplattieren der Lösungen**

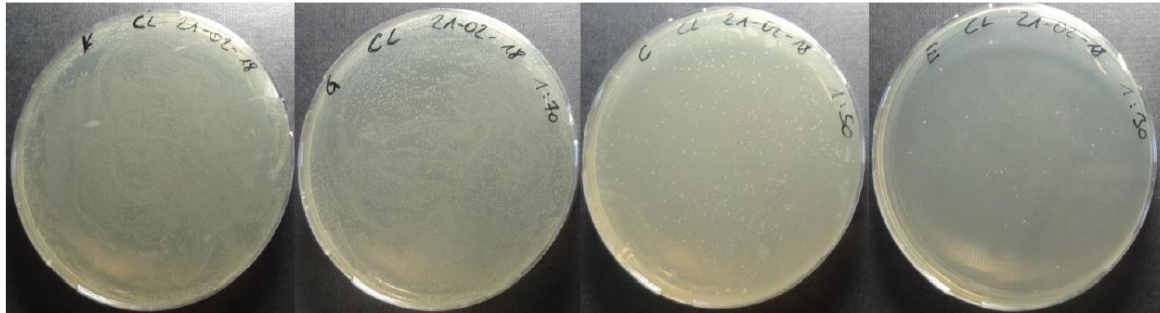
Die hergestellten Lösungen mit den Bezeichnungen K, V0, V30, V50 und V70 sollten nun auf die LB-Platten ausplattiert werden. Die LB-Platten werden mit Datum, Name und Bezeichnung der Lösung beschriftet. Das Ausplattieren geschieht mithilfe eines Drigalskispatels, der zwischen den unterschiedlichen Lösungen in Ethanol getaucht und abgeflammt wird.

→ Pro Platte wird 1 Tropfen aus der Pasteurpipette der jeweiligen Lösungen ausplattiert.

Nach dem Ausplattieren werden die LB-Platten bei 37°C über Nacht in einen Inkubator gestellt. Alternativ können die Platten auch zwei bis drei Tage bei Raumtemperatur inkubiert werden.



### Anmerkungen



Am Bild links ist eine LB Platte mit Bakterien aber ohne Silber zu sehen. Nach rechts nimmt die Konzentration von Silbernanopartikeln zu, die Bakterienanzahl ab. (Fotos: C. Lindner)

### Quelle

Schlinkert, Paul / Casals, Eduard / Boyles, Matthew / Tischler, Ulrike / Horning, Eva / Tran, Ngoc / Zhao, Jiayuan / Himly, Martin / Riediker, Michael / Oostingh, Gertie Janneke / Puntès, Viktor / Duschl, Albert (2015): The oxidative potential of differently charged silver and gold nanoparticles on three human lung epithelial cell types. In: Journal of Nanobiotechnology 13:1.

## 4.4. Federleichtes Glas – Aerogele

### Aerogel – „fester Rauch“

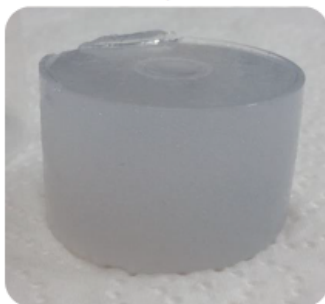
Nanoglas als innovativer und vielseitig einsetzbarer Baustoff

Aerogele sind die leichtesten Feststoffe, die es auf der Erde gibt. Sie bestehen zum Großteil aus Poren und enthalten daher über 98% Luft, weswegen sie nur dreimal schwerer als diese sind!

Die Poren eines Aerogels sind wenige zehn bis einige hundert Nanometer groß. Durch diese Porosität entsteht eine extrem hohe innere Oberfläche im Aerogel. Die innere Oberfläche von 2g Aerogel ist etwa so groß wie ein ganzes Fußballfeld. Aufgrund der Kleinheit dieser Poren werden die Luftmoleküle buchstäblich eingeschlossen, wodurch sich die Moleküle nicht frei bewegen können bzw. sich gegenseitig nicht berühren. Das macht Aerogele zum perfekten Dämmstoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit. 10 cm eines Aerogels erreichen dieselbe Wärmedämmung wie das 2,5 fache an Styropor. Zusätzlich dämmen Aerogele auch Schall, sind ungiftig und nicht brennbar.

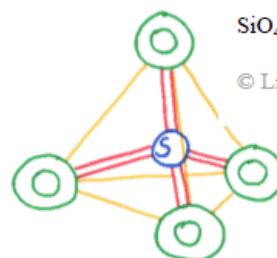
Die Einsatzgebiete von Aerogelen sind vielseitig. Sie werden zur Isolation von Spaceshuttles verwendet aber auch zur Isolation von Containern, in denen empfindliche medizinische Geräte transportiert werden. Pipelines am Meeresgrund, die Öl oder Gas transportieren, werden mit einer Aerogel-basierten Dämmung ummantelt. Die Farbe eines Aerogels kann milchig sein – so wie fester Rauch. Es gibt aber auch völlig durchsichtige Aerogele. Diese werden für den Zwischenraum von Glasscheiben bei Fenstern eingesetzt, wodurch die Dämmung der Fenster deutlich verbessert wird. Ein Aerogel – Anstrich kann aber auch Arbeiter vor der Hitze von Industriebehältern und vor Verbrennungen schützen. Sensible Bauteile von Sportautos schützt man mit Aerogelmatten. Die Bekleidung von Extremsportlern im Winter wärmt durch Aerogelgranulat besser. Da Aerogele ungiftig sind, eignen sie sich auch als Trägermaterial für Medikamente. Ein Aerogel könnte dadurch in der Zukunft mit einem Wirkstoff beladen werden, der dann am gewünschten Organ abgegeben wird (drug targeting). Auch eine Aerogel - Anwendung in der Umwelt ist möglich. Die Poren könnten zum Aufsaugen von Flüssigkeiten am Meer, etwa Erdöl oder Treibstoff, genutzt werden.

Den Herstellungsprozess eines Aerogels nennt man Sol-Gel-Prozess. Am Schluss dieses Prozesses sind die Poren des Gels mit Wasser gefüllt. Mithilfe von überkritischem  $\text{CO}_2$  kann dieses Wasser verdrängt und durch ein Gas (Luft) ersetzt werden. Dies nennt man überkritische Trocknung. Ein Aerogel kann grundsätzlich aus vielen Stoffen hergestellt werden, die ein Gel ausbilden. Weltweit werden jedoch Silica Aerogele am häufigsten produziert und auch verwendet. Diese Aerogele bestehen aus den gleichen Grundbausteinen ( $\text{SiO}_4$  Tetraeder), wie Glas.



Mit Goldnanopartikeln  
eingefärbtes Aerogel

© Lindner Christine



$\text{SiO}_4$  - Tetraeder

© Lindner Christine

erstellt von Stefanie Ess und Christine Lindner

Quelle: [www.uni-salzburg.at/nan-o-style](http://www.uni-salzburg.at/nan-o-style)

**Beantworte folgende Fragen in eigenen Worten:**

1. Was ist „Nano“ an einem Aerogel? Begründe!
2. Wofür könnte Aerogel beim Neubau der Schule eingesetzt werden? Begründe deine Vorschläge.
3. Recherchiere den Begriff drug targeting: Was beschreibt es? Wofür kann es eingesetzt werden?
4. Recherchiere: Welche Eigenschaften hat überkritisches Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub> und warum eignet es sich zur Trocknung von Aerogelen?

## Herstellung eines Aerogels

### Vorbereitung der Lösungen

- Destilliertes Wasser und Wasserglaslösung  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  müssen im molaren Verhältnis von 45:1 gemischt werden. Man benötigt dafür 300 ml destilliertes Wasser und 45g  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .
- Die 99%ige Essigsäure wird mit destilliertem Wasser in einem Verhältnis 3:2 vermengt. Dazu vermischt man 30 ml destilliertes Wasser und 20 ml der 99%igen Essigsäure in einem verschließbaren Gefäß.

### benötigte Materialien:

- Eine oder mehrere Formen, in die das Aerogel gegossen wird  
Volumen gesamt 105 ml, pro Form ein Volumen von mindestens 20 ml
- 100 ml der vorbereiteten Wasserglaslösung  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$
- 5 ml der vorbereiteten Essigsäurelösung
- Glasstab
- Pipetten oder Spritzen zum Abmessen von 1 ml

### Syntheseprotokoll:

1. Gib 20 ml der Wasserglaslösung in jedes Gefäß, in denen das Aerogel hergestellt werden soll.
2. Zu den 20 ml der Wasserglaslösung gibst du 1ml Essigsäurelösung in die Formen hinzu.
3. Mische vorsichtig mit dem Glasstab durch. Ab diesem Moment stoppst du die Zeit.
4. Lasse die Flüssigkeiten ruhig stehen und beobachte! Wann ist das Aerogel vollständig geliert?

### Beobachte:

Was passiert? Schreibe deine Beobachtungen inklusive Zeitangabe auf!

---

---



## Loesungen & Anmerkungen

### Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Wasserglas

Empfohlen wird „Sodium metasilicate“ von der Firma Sigma-Aldrich; Preis für 1 kg (Stand 08/2018): 48,80€

### Aerogel

Bei der Synthese eines Aerogels kommt es zu einer Hydrolyse sowie Kondensation. Bei der Hydrolyse reagieren so gut wie immer die Seitengruppen des Wasserglases mit Wasser oder mit H<sup>+</sup>. Dabei spalten sich Seitengruppen ab und es entstehen Si-OH Verbindungen. Je nachdem welches Edukt verwendet wird können sich HCl oder Ethanol oder Methanol abspalten. Nach der Hydrolyse kommt es zur Kondensationsreaktion. Dabei formt sich das Netzwerk und es kommt zur Gelierung. Bei der Kondensation reagieren die Si-OH Verbindungen untereinander und es kommt zur Abspaltung von Wasser. Deswegen entsteht auch während dem Gelieren Wasser im Behälter. Jeweils zwei -OH Gruppen reagieren zu Wasser und es entsteht eine sehr stabile Si-O-Si Verbindung. Die Gelation ist abgeschlossen, sobald alle SiOH Moleküle reagiert haben.

Nach der Synthese geliert das Aerogel schnell. Zu diesem Zeitpunkt sind jedoch die Poren noch immer mit Wasser gefüllt. Da eine überkritische Trocknung eines Aerogels nicht immer möglich ist, kann das Aerogel an der Luft getrocknet werden. Dies nimmt einige Wochen in Anspruch. Eine andere Möglichkeit wäre das Aerogel in einem Backrohr oder Inkubator bei 70°C für etwa zwei Tage zu trocknen. Durch die Lufttrocknung schrumpft das Gel um mehr als die Hälfte. Eine Schrumpfung ist bei einer Aerogeltrocknung normal, jedoch kann sich das Gel bei einem anderen Verfahren wieder in die ursprüngliche Form zurück ausdehnen. Bei dieser Synthese reagieren noch freie OH Gruppen in den Poren und gehen Verbindungen ein.

Aerogele, die an der Luft getrocknet werden, nennt man Xerogele. Die Lufttrocknung hat den Vorteil, dass es zu keinen Rissen im Gel kommt, jedoch wird das Gel spröde und bricht leicht.

Während der Trocknung spaltet sich weiteres Wasser ab. Dieses sollte beim Trocknungsprozess auch entfernt werden.

Eine Variante ist, ein gefärbtes Aerogel herzustellen. Im Mittelalter wurden Kirchenfenstergläser mit Goldnanopartikeln eingefärbt. Da Glas und Aerogel aus dem gleichen Grundbaustein, SiO<sub>4</sub> Tetraedern bestehen, könnte hier eine Verbindung geschaffen werden. Dazu färbt man das Aerogel vor der Zugabe der Essigsäure mit ein paar Tropfen Goldnanopartikel ein, sodass eine leichte Färbung entsteht. Diese Färbung wird nach der Trocknung intensiver, da sich das Gel zusammenzieht. Generell wird die Farbe der Goldnanopartikel aber dunkler, da sie größer werden, da während der Aerogelsynthese die Citrathülle der Goldnanopartikel nicht komplett stabil ist.

Die Anleitung zur Goldnanopartikelsynthese für das Aerogel finden Sie unten.

## Herstellung von Goldnanopartikeln zum Einfärben des Aerogels

### benötigte Materialien:

- Heizplatte und Rührfisch (1 cm lang)
- 100 ml Erlenmeyerkolben
- 2,5 ml 1% Tri-Natriumcitratlösung ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ )
- 47,5 ml Goldsäure 0,25 mM ( $\text{HAuCl}_4$ )
- Pipette oder Spritze zum Abmessen von 2,5 ml
- Pipette oder Messkolben zum Abmessen von 30 bis 50 ml
- 1 x 50 ml Gefäß mit Verschlusskappe für die Nanopartikel
- Küchenrolle und Spritzflasche mit  $d\text{H}_2\text{O}$

### Syntheseprotokoll:

1. Gib den Rührfisch in den Erlenmeyerkolben hinein.
2. Gib 45 ml der Goldsäure in das Gefäß.
3. Stelle das Gefäß mit Rührfisch auf die Heizplatte und schalte ein. Der Rührfisch sollte dabei kräftig rühren, aber die Flüssigkeit darf nicht spritzen. Der Deckel wird leicht verschlossen.
4. Sobald die Lösung kocht, gib 2,5 ml der 1 % Citratlösung schnell in die kochende Goldlösung.
  - a. Ob die Lösung kocht, kannst du gut kontrollieren, wenn du den Rührer kurz abdrehst und schaust ob in der Lösung Bläschen aufsteigen.
5. Nun muss die Lösung 30 Minuten lang unter ständigem Rühren kochen. Dabei kommt es zu einem Farbumschlag.
6. Nimm das Gefäß nach den 30 Minuten von der Heizplatte und lasse es an der Luft auf Raumtemperatur abkühlen. Anschließend kannst du es in das Gefäß mit der Verschlusskappe füllen.
  - a. Achte darauf, dass du dich nicht verbrennst! Berühre das Gefäß nur mit einem Tuch oder einem dicken Handschuh.

### **Quellen fuer dieses Arbeitsblatt:**

Technische Universität Hamburg (2017): Aerogele – Die leichtesten Feststoffe der Welt: Internationales EU-Projekttreffen NanoHybrids an der TUHH. Online Quelle: [https://intranet.tuhh.de/aktuell/pressemitteilung\\_einzeln.php?id=11097&Lang=de](https://intranet.tuhh.de/aktuell/pressemitteilung_einzeln.php?id=11097&Lang=de). Zugriff : 27.09.2018

AKTIVonline (2013): Aerogele mischen die Baubranche auf. Online Quelle: <https://www.aktiv-online.de/arbeitswelt/detailseite/news/aerogele-mischen-die-baubranche-auf-6044>. Zugriff 27.09.2018

Willig, Hans – Peter (2013): Aerogel. Online Quelle: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Aerogel>. Zugriff 27.09.2018.

Merkel, Wolfgang W. (2012): Ein Hauch von Stoff, der riesige Gewichte trägt. Online Quelle: <https://www.welt.de/wissenschaft/article106135118/Ein-Hauch-von-Stoff-der-riesige-Gewichte-traegt.html>. Zugriff 27.09.18.

Agrotec AG (o.J.) : Aerogel – der vielseitige Hochleistungswärmedämmstoff. Online Quelle: <https://www.agitec.ch/page/aerogel/index.php>. Zugriff 27.09.18.

Smirnova, Irina (o.J.): Applications of aerogels in life sciences. Online Quelle: [http://www.isasf.net/fileadmin/files/Docs/Arcachon/oraux/c51-CO63%20Smirnova%20Full\\_paper\\_applications\\_in\\_life\\_science\\_IS.pdf](http://www.isasf.net/fileadmin/files/Docs/Arcachon/oraux/c51-CO63%20Smirnova%20Full_paper_applications_in_life_science_IS.pdf). Zugriff 27.09.18.

## 4.5. Fakt oder Fiktion?

### Was kann die Nanotechnologie?

Hier wird so einiges behauptet, doch ist es tatsächlich wahr? Entdecke spannende Fakten über die Nanowelt.

Die Spielkarten sind in der NanoBox enthalten oder können eigenständig auf unserer Homepage ([www.uni-salzburg.at/NanoBox](http://www.uni-salzburg.at/NanoBox)) ausgedruckt werden.



Spielkarten: Fakt oder Fiktion

Photo: S. Ess

## Spielanleitung: QUIZ- Fakt oder Fiktion?

Arbeitsblatt 4.5.

### Wahr oder falsch?

Auf den Spielkarten, die du in der NanoBox findest, sind jede Menge unterschiedliche Anwendungen der Nanotechnologie beschrieben.

Nur sind diese auch real und gibt es sie schon wirklich oder sind sie bis jetzt doch noch nur eine Fiktion?



**Aufgabe:** Diskutiert in einer kleinen Gruppe über die Aussagen auf den Quiz-Karten. Die Lösungen könnt ihr auf der Rückseite der Spielkarten finden.

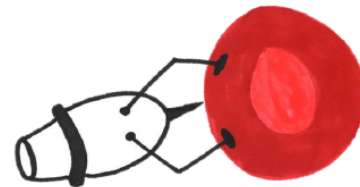


Abb.: Nanomaschinen der Zukunft?

### Erwünscht oder unerwünscht?



In einer zweiten Runde könnt ihr in der Gruppe diskutieren, ob ihr diese Anwendungen in der Nanotechnologie positiv oder doch eher skeptisch gegenüber steht.



## Literatur

Boysen, Earl (2007): Nanotechnology. Online Quelle: <http://understandingnano.com/index.htm>.  
Zugriff 10.10.2018

Boysen, Eric / Boysen, Nancy (2016): Nanotechnologie für Dummies. Weinheim. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA.

Didaktik der Chemie, Uni Würzburg (2014): Magical? Magic Sand (\*\*\*). Online Quelle:  
[https://www.chemie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/08010034/user\\_upload/Egg\\_Races/magic\\_sand.pdf](https://www.chemie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/08010034/user_upload/Egg_Races/magic_sand.pdf). Zugriff 10.10.2018

Dubbert, Wolfgang / Schwirn, Kathrin / Völker, Doris / Apel, Petra (2014): Einsatz von Nanomaterialien in Beschichtungen, Umweltbundesamt Deutschland – Arbeitskreis „Nanotechnik“  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/einsatz\\_von\\_nanomaterialien\\_in\\_beschichtungen\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/einsatz_von_nanomaterialien_in_beschichtungen_0.pdf). Zugriff 10.10.2018

Greßler, Sabine / Gazsó, André (2016): Oberflächenmodifizierte Nanopartikel. Teil I: Arten der Modifikation, Herstellung, Verwendung. In: Nanotrust dossiers, Nr. 046, Mai 2016.  
Online Quelle: <https://www.researchgate.net/publication/303863555>. Zugriff 10.10.2018

Kipf, Thomas (2011): Eigenschaften feuchter und hydrophober Granulate. Stabilität von Sandburgen über und unter Wasser. Ferienakademie. Online Quelle: [https://theorie1.physik.uni-erlangen.de/teaching/2011s/fa2011\\_sarntal/wp-content/uploads/2011/09/Ferienakademie\\_Kurs3\\_ThomasKipf.pdf](https://theorie1.physik.uni-erlangen.de/teaching/2011s/fa2011_sarntal/wp-content/uploads/2011/09/Ferienakademie_Kurs3_ThomasKipf.pdf). Zugriff 10.10.2018

Krug, Harald F. (2015): Nanotechnologie versus Nanotoxikologie - Wohin geht die Reise?. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule. 4/64. Online Quelle:  
[https://www.nanopartikel.info/files/downloads/HFKrug\\_Nanotechnologie-vs-Nanotoxikologie\\_PdNChiS\\_2015.pdf](https://www.nanopartikel.info/files/downloads/HFKrug_Nanotechnologie-vs-Nanotoxikologie_PdNChiS_2015.pdf). Zugriff 10.10.2018

Lembens, Anja / Abels, Simone / Reiter, Katrin (2015): Magischer Sand. In: Chemie & Schule, Nr. 1b/30. Online Quelle: [https://www.researchgate.net/publication/299866610\\_Magischer\\_Sand](https://www.researchgate.net/publication/299866610_Magischer_Sand). Zugriff 10.10.2018

Mag Force AG (o. J.): Nanotherm<sup>®</sup> Therapie. Online Quelle: <https://www.magforce.com>. Zugriff: 9.10.18

NanoBioNet e.V. (Hrsg) (o.J.): Nanokits for School denn Nanotech ist cool. Experimente für die Schule. Sechs Versuche zum Selbermachen. Online Quelle: <http://www.nanora.eu/sites/default/files/outputs/Nanokits-School-D.pdf>. Zugriff 27.04.2018

NanoInformationsPortal (o. J.): Ferrofluide: Magnetische Flüssigkeiten. Online Quelle:  
<https://nanoinformation.at/grundlagen/ferrofluide.html>. Zugriff: 9.10.18

- o.A. (2017): Unterrichtsmaterial Nanotechnologie, 5. Auflage, Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/nanomaterialien-textheft.pdf> Zugriff: 8.10.18
- o. A. (o. J.): NanoSchoolBox Versuchsbeschreibungen; Advanced Materials Science rano GmbH
- Reuss, Sebastian (2011): Nanotechnologie im Schulunterricht am Beispiel Rastertunnelmikroskop und Ferrofluid. Schriftliche Hausarbeit für die erste Staatsprüfung für ein Lehramt an Gymnasien. Online Quelle: <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Nanotechnologie.pdf>. Zugriff 10.10.2018
- Reiter, Katrin / Abels, Simone / Lemens Anja (o.J.): Titel des Mysteries: Magischer Sand. Online Quelle: [https://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/z\\_aeccc/AECC\\_Chemie/Fuer\\_Lehrer\\_innen/Unterrichtsmaterialien/TEMI/UNIVIE\\_Tabelle\\_MagischerSand.pdf](https://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_aeccc/AECC_Chemie/Fuer_Lehrer_innen/Unterrichtsmaterialien/TEMI/UNIVIE_Tabelle_MagischerSand.pdf). Zugriff 10.10.2018
- Universität Hamburg (2015): Der Lotus Effekt. Online Quelle: [http://nanotechnologie-ausstellung.de/ausstellung\\_lotuseffekt.html](http://nanotechnologie-ausstellung.de/ausstellung_lotuseffekt.html). Zugriff 27.09.2018
- Wiesendanger, Roland (o.J.): Nanotechnologie, Aufbruch in neue Welten, Ausstellungsführer. Online Quelle: <http://www.nanotechnologie-ausstellung.de/index.html>. Zugriff: 02.05.2018
- Wilhelm, Johannes G. (2012): Chemische Nanotechnologie: Superhydrophobe und superhydrophile Oberflächen. Online Quelle: [https://www.chf.de/eduthek/projektarbeiten/Chemische\\_Nanotechnologie.pdf](https://www.chf.de/eduthek/projektarbeiten/Chemische_Nanotechnologie.pdf). Zugriff: 06.08.18
- Wilke, Tim / Irmer, Erhard (2014): "Nano" - eine Dimension mit hohem didaktischen Potenzial für den Chemieunterricht. MNU - Bundeskongress 2014, Kassel. Online Quelle: [http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/nano/mnu\\_kassel.pdf](http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/nano/mnu_kassel.pdf). Zugriff 10.10.2018
- Wilke, Timm (2016): Konzeptualisierung des Themas "Nano" für den Chemieunterricht, Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen. Online Quelle: <https://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-002B-7CB8-5>. Zugriff 10.10.2018
- Willig, Hans-Peter (2018): Hydrophobie. Online Quelle: <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Hydrophobie>. Zugriff 27.09.2018

## Abkürzungen

- o.A. – ohne Angabe des Autors  
o.J. – ohne Angabe des Jahres