

Nanokits for School denn Nanotech ist cool!

Experimente für die Schule

Sechs Versuche
zum Selbermachen

Herausgeber:

cc-NanoBioNet e.V.
Science Park 1
66123 Saarbrücken
www.nanobionet.de

Skizzen: Nina Sepur

Alle Rechte liegen bei cc-NanoBioNet e.V.

Keine Teile dieser Publikation dürfen reproduziert, übertragen, kopiert, in andere Sprachen übersetzt oder in irgendwelcher Form ohne schriftliches Einverständnis des Herausgebers verwendet werden.

Im Rahmen des EU-Projekts NANORA, unterstützt von INTERREG IVB Nordwesteuropa.



NANOKITS FOR SCHOOL

Sechs Versuche der Nanotechnologie zum Selbermachen

Wieso gibt es Fassaden, die trotz Wind und Wetter nicht verschmutzen?

Weshalb ist die eine Sonnencreme transparent, die andere aber nicht?

Warum gibt es Autos, auf denen man keine Kratzer sieht?

Würde es ohne Nanotechnologie überhaupt Computer oder Handys geben? Einfache Antwort: NEIN!

**Liebe Schülerinnen und Schüler,
liebe Lehrerinnen und Lehrer,**

die Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Sie führt zu spannenden Innovationen und neuen Produkten, die unsere Welt verändern. Leistungsfähigere Handys und Computer oder erneuerbare Energien sind dabei nur einige Beispiele.

In der Nanotechnologie werden Physik, Chemie, Biologie, Materialwissenschaften und Medizin miteinander kombiniert. Ob neue Materialien, die als Grundlage vieler Anwendungen dienen, neue Strukturen, die als Basis für Computer und Handys unverzichtbar sind oder neue Arzneimittel, die Krankheiten bekämpfen – die Nanotechnologie eröffnet mit ihren Entdeckungen völlig neue Möglichkeiten und entdeckt neuartige Phänomene.

Mit unserer Broschüre „nanokits for school“ möchten wir Schülerinnen und Schüler an eine neue revolutionäre Technologie heranführen. Die sechs Experimente dieser Broschüre eignen sich für Kinder und Jugendliche zwischen zehn und fünfzehn Jahren. Es werden Materialien verwendet, die in den Laboren der meisten Schulen vorhanden sind.

Weitere Experimente für Schüler finden Sie unter www.nanoschoolbox.com

Viel Vergnügen!



INHALT

Haftungshinweise	5
Was ist Nanotechnologie?	6

Der Lotuseffekt

1. Experiment: Der Lotuseffekt	9
2. Experiment: Herstellung einer hydrophoben Oberfläche	12

Oberflächenvergrößerung

3. Experiment: Oberflächenvergrößerung	14
--	----

Oberflächenvergrößerung und Löslichkeit

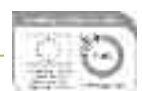
4. Experiment: Der Zusammenhang zwischen Oberflächenvergrößerung und Löslichkeit	18
---	----

Der Tyndall-Effekt

5. Experiment: Nachweis von Kolloiden durch den Tyndall-Effekt	22
6. Experiment: Herstellung von kolloidalem Silber	25
Zusatz-Experiment: Wirkung von Nanosilber	28

NANORA

Die Allianz der Nano-Regionen	31
-------------------------------------	----



HAFTUNGSHINWEISE

Da der Umgang mit den Versuchen je nach Alter der Schüler sehr unterschiedlich sein kann, sollten Sie als Lehrperson die Experimente überwachen. Die Aufsichtspflicht obliegt Ihnen. Lassen Sie die Schüler daher zu keinem Zeitpunkt unbeaufsichtigt. Bitte achten Sie auch auf entsprechende Schutzmaßnahmen. Beim Arbeiten sollten die Schülerinnen und Schüler immer eine persönliche Schutzausrüstung tragen: Kittel, Handschuhe, Schutzbrille. Beim Arbeiten mit Laserpointer ist ebenfalls Vorsicht geboten. Der Lichtstrahl darf weder die Augen treffen, noch darf er auf einen Spiegel leuchten, da auch – je nach Laserpointer – die Spiegelung des Strahls gefährlich sein könnte.

Egal, ob die Schüler die Versuche selbstständig durchführen oder mit Ihnen als Betreuung: Es muss darauf geachtet werden, dass alle Hinweise befolgt und dass nur die hier beschriebenen Versuche durchgeführt werden. Es wird keinerlei Haftung übernommen – weder für das Gelingen beim Nachmachen noch für eventuelle dabei auftretende Schäden.

Aufgrund der Interdisziplinarität sind die Versuche sowohl für den Chemieunterricht, als auch für den Physik- oder den Biologieunterricht geeignet. Arbeitsplatz sollte ein fester Tisch mit unempfindlicher hitzebeständiger Oberfläche sein. Bei den Hilfsmitteln handelt es sich um alltägliche Gebrauchsgüter bzw. Materialien, Chemikalien und Hilfsmittel, die üblicherweise an Schulen vorhanden sind.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Nachwuchswissenschaftlern viel Spaß in der Nano-Welt!



WAS IST NANOTECHNOLOGIE?

Die Nanotechnologie hat sich in den vergangenen Jahrzehnten aus den Disziplinen Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Materialwissenschaften entwickelt. Sie versucht, Prozesse oder Bausteine im nanoskaligen Maßstab mit technischen Mitteln für die Wissenschaft und industrielle Anwendung nutzbar zu machen.



„nānos“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Zwerg“.

Die Nanotechnologie beschäftigt sich also mit den kleinsten Teilchen. Ein Nanoteilchen, ein so genannter Nanopartikel, ist so klein, dass man es nicht sehen kann. Man kann es sich kaum vorstellen.

Vielleicht hilft der folgende Vergleich: Ein Meter verhält sich zu einem Nanometer wie die Erde zu einem Fußball. Oder: Das menschliche Kopfhair ist 70.000 mal dicker als 1 Nanometer.

Rechnerisch ausgedrückt ist ein Nanometer ein Milliardstel Meter oder ein millionstel Millimeter, die Abkürzung für Nanometer lautet nm.

In Zahlen sieht das folgendermaßen aus:

$$1 \text{ Nanometer} = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 0,000.000.001 \text{ m.}$$

Ein Meter verhält sich zu einem Nanometer wie die Erde zu einem Fußball.



Was ist NANOTECHNOLOGIE?

Nanopartikel liegen in der Größenordnung zwischen isolierten Atomen und einem Festkörper. Sie haben auch Eigenschaften, die zwischen denen von Atomen und Festkörpern liegen. Sie sind so klein, dass sie beispielsweise nicht mehr in der Lage sind, das sichtbare Licht zu streuen. Damit sind sie unsichtbar für das menschliche Auge und können transparent beispielsweise in Lacke eingearbeitet werden. Nanopartikel können aus ganz unterschiedlichen Materialien bestehen.

Nanotechnologie ist eigentlich nichts Neues. Partikel mit Kleinstabmessungen sind schon seit langem bekannt. In der Kolloidchemie arbeitet man schon lange mit nanoskaligen Molekülen.

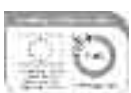
Kleinstpartikel entstehen seit jeher in der Natur, z.B. durch Vulkanismus, im Meer (Erosion), bei Sandstürmen, Pollenflug, bei Wald- oder Buschbränden. Dabei können die Partikel bei natürlichen Brandquellen immerhin kleiner als 1.000 nm werden. Partikel, die im Meer vorkommen, reichen bis 10.000 nm.

Weitere Partikelquellen sind industrielle Prozesse, Energiegewinnung (besonders Kraft- und Fernheizwerke), Verkehr, Bau und Haushalte (Heizung). Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe werden Kleinstpartikel in der Größenordnung bis zu 500 Nanometern (nm) frei.



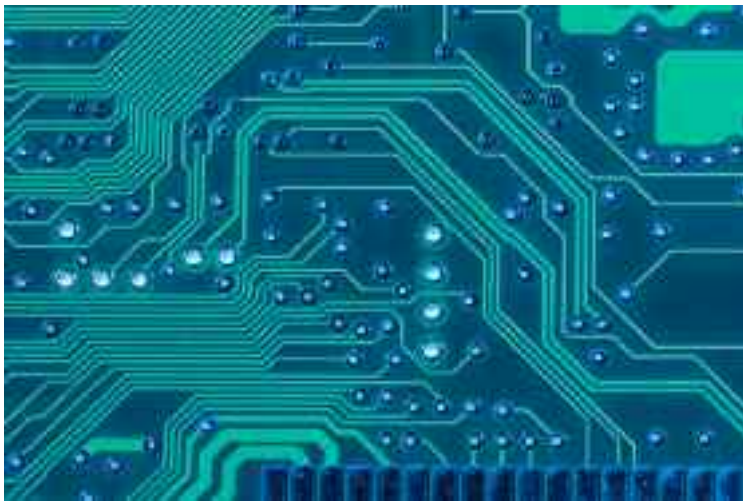
Kleine Partikel entstehen seit jeher in der Natur, beispielsweise durch Pollenflug.

In der Nanotechnologie erzielt man spezifische Funktionalitäten durch eine Verkleinerung auf charakteristische strukturelle Abmessungen, die 100 nm unterschreiten. Der Begriff Nanotechnologie ist somit ein Sammelbegriff für eine Fülle von Technologien. Er gründet auf der allen Nano-Forschungsgebieten gleichen Größenordnung vom Einzelatom bis zu einer Strukturgröße von 100 nm. Eine Festlegung des Nanobereichs auf das Intervall 1 bis 100 nm ist sinnvoll, weil sich in diesem Längenbereich eine Vielzahl völlig neuer größeninduzierter Funktionalitäten auftut. Darunter liegen einzelne Atome oder Moleküle, darüber die Mikrotechnologie.



WAS IST NANOTECHNOLOGIE?

Eine zentrale Bedeutung hat der Einsatz der Nanotechnologie im Bereich Speichermedien. Das weltweite Datenvolumen soll bis 2020 um das Zehnfache anwachsen – von derzeit 4,4 Billionen Gigabyte auf 44 Billionen Gigabyte. Das sind Zahlen, die man sich kaum vorstellen kann.



Festplatten müssen eine immer größer werdende Datenflut bewältigen. Dank Nanotechnologie werden die Speicher leistungsfähiger.

Aufgrund der hohen Datendichte sind in den 80er Jahren Festplatten an ihre Grenzen gestoßen und haben Festplattenhersteller und Rechenzentren vor große Herausforderungen gestellt. Dass die Speicherkapazität der Festplatten heute dort ist, wo sie ist, verdanken wir der Nanotechnologie.

1988 revolutionierte die Entdeckung des deutschen Physikers Peter Grünberg und des französischen Physikers Albert Fert die Festplatten. Auf Basis der Nanotechnologie entwickelten sie eine Beschichtung mit dem sogenannten „GMR-Effekt“ (englisch: giant magnetoresistance) oder Riesenmagnetowiderstand. Eine solche Beschichtung wird bei der neuen Generation von Festplatten eingesetzt und sorgt dafür, dass die Festplatten leistungsfähiger werden und somit die immer größer werdende Datenflut bewältigen können. Für diese bahnbrechende Erfindung erhielten Grünberg und Fert im Jahr 2007 den Nobelpreis für Physik.

Innerhalb von zehn Jahren wurden alle bis dahin existierenden Festplatten völlig vom Markt verdrängt. Dass ein neues System innerhalb kürzester Zeit ein bisheriges gänzlich ablöst, ist außergewöhnlich.

Wer mehr darüber wissen will, wird unter dem Stichwort „GMR-Effekt“ viele interessante Informationen finden.

Es gibt unzählige weitere Beispiele, die zeigen, was Nanotechnologie leisten kann. Ob zum Einsparen von Energie, bei der Entwicklung von Arzneimitteln, zum Bau von Schaltkreisen und Transistoren oder Reinigen bzw. Filtern von Luft und Wasser – dank Nanotechnologie können Produkte, Herstellungsprozesse und Verfahren verbessert werden.

Die folgenden Versuche zeigen einen kleinen Ausschnitt dessen, was möglich ist und geben somit einen kleinen Einblick in das weite Feld dieser hochspannenden Technologie.



1. EXPERIMENT: DER LOTUSEFFEKT

Dieser Versuch soll zeigen, dass unterschiedliche Materialien unterschiedliche Oberflächen und damit unterschiedliches Verhalten aufweisen. Gemeinsam kann man feststellen, welche Oberflächen wasserabweisend (hydrophob) und welche wasseranziehend (hydrophil) sind. Das funktioniert sogar ohne Lotusblatt...

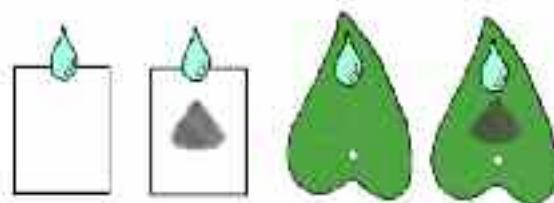
Materialien

- Verschiedene Papiersorten, z.B. Papier aus dem Drucker, ein Stück Zeitungspapier, eine Filtertüte...
- Pflanzenblätter, je zwei gleiche, z.B. Blätter von Kapuzinerkresse, Kohlrabi, Rotkohl oder eines Gummibaums, Salatblätter, Löwenzahn, Grashalme...
- Messbecher
- Pipette oder Teelöffel
- Wasser
- Ein bisschen „Dreck“, z.B. fein zerriebene Gartenerde oder feiner Staub



Durchführung

1. Lege immer zwei gleiche Blätter nebeneinander. Auf ein Blatt machst du ein bisschen Staub, das andere lässt du sauber.
2. Mit der Pipette oder dem Teelöffel träufelst du nun ein paar Tropfen Wasser auf die Blätter.
3. Nimm die Blätter einzeln nacheinander vorsichtig in die Hand und lasse das Wasser durch leichtes Bewegen des Blattes hin und her gleiten.
4. Wiederhole das bei allen Blätterpaaren, die du gesammelt hast.



DER LOTUSEFFEKT

Beobachtung

Bei manchen Blättern rollt der Tropfen wie eine Murmel über das Blatt. Auf der Kapuzinerkresse beispielsweise oder auf dem Kohlblatt zeigen sich runde Tropfen, die du hin und her rollen kannst. An den Stellen, wo Staub liegt, nimmt der Tropfen den Dreck auf und hinterlässt eine saubere Spur.

Bei manchen Blättern, etwa auf dem Löwenzahn, zerlaufen die Tropfen. Das Filterpapier des Kaffeefilters saugt den Tropfen sogar vollständig auf.

Erklärung

Die Blätter, auf denen die Tropfen als Kugeln zu sehen sind, sind wasserabweisend (hydrophob). Je stärker ein Blatt das Wasser abweist, desto besser kann der Wassertropfen wie eine Kugel abperlen und desto besser kann der Tropfen den „Dreck“ mitnehmen.

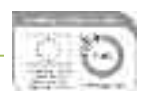
Die Blätter, auf denen die Tropfen verlaufen oder gar in das Blatt einsickern, sind wasseranziehend (hydrophil).

Was scheinbar wie eine glatte Oberfläche aussieht, ist, genauer betrachtet, nicht glatt. Schaut man sich mal das Blatt der Kapuzinerkresse unter einem Mikroskop an, so sieht man viele Noppen.

Die Oberfläche ist in Wirklichkeit also rau und gleicht eher einer hügeligen Landschaft. Diese Noppen wiederum bestehen aus vielen wasserabweisenden Wachskristallen. Zusätzlich ziehen sich die Wassermoleküle des Tropfens gegenseitig an (Kohäsion). Beide Kräfte zusammen bewirken die ausgesprochene Tropfenform auf dem Kapuzinerkresseblatt.

Der Löwenzahn hat keine wachsartige Oberfläche. Deshalb zerläuft der Tropfen auf dem Löwenzahn.

Wenn ihr nun mit den Fingern über die Blätter reibt und erneut Wasser auf diese Stellen träufelt, werdet ihr sehen, dass sich keine runden Tropfen mehr bilden. Durch das Reiben habt ihr nämlich die Noppen der Oberfläche platt gedrückt. Damit ist der Abperleffekt deutlich reduziert oder sogar ganz zerstört. Der Effekt geht also verloren genau an den Stellen, an denen man gerieben hat.



DER LOTUSEFFEKT

Anwendung

Stellt euch mal vor, das Geklecker von Ketschup würde keine Flecken mehr hinterlassen! Oder ihr bräuchtet nicht mehr Papas Auto zu waschen! Das wäre genial. So etwas Geniales haben sich nicht die Forscher ausgedacht. Nein, das war die Natur.

Immer wieder dienen Strukturen, welche die Natur im Laufe der Evolution entwickelt hat, als Vorbild zur Entwicklung neuer Technologien. So hat sich die Forschung das Phänomen des so genannten Lotuseffekts von der Natur abgeschaut und setzt diesen in verschiedenen Bereichen um. Der Lotuseffekt funktioniert nämlich nicht nur auf unterschiedlichen Blättern, sondern auch auf verschiedenen anderen Materialien, etwa Glas, Metall oder bestimmten Textilien. Den Lotuseffekt macht man sich bereits für Lacke, für Fensterscheiben, Brillengläser und Dachziegel zu Nutze. Es gibt auch schon selbstreinigende Textilstoffe wie Markisen, Zelte oder Outdoor-Kleidung, die den Vorteil des Lotuseffekts nutzen.

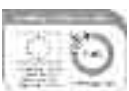


Wasser perlt kugelförmig ab, wenn die Oberfläche wasserabweisend (hydrophob) ist.

Wissenswert

Ein Botaniker aus Bonn hat den Lotuseffekt vor über 50 Jahren entdeckt. Professor Wilhelm Barthlott schuf mit dem Phänomen, das schon sehr lange in der Natur vorkam, die Markenbezeichnung „Lotus-Effect®“. Dafür erhielt er 1999 den Deutschen Umweltpreis. Der Begriff Lotuseffekt wird auch manchmal „Nano-Effekt“ genannt.

Der Lotuseffekt ist kein zufälliges Begleitphänomen – er ist im Laufe der Zeit als Überlebensvorteil der Pflanze entstanden.



2. EXPERIMENT: HERSTELLUNG EINER HYDROPHOBEN OBERFLÄCHE

Pflanzen sind von Natur aus unterschiedlichen Verschmutzungen ausgesetzt. Die meisten sind anorganischer Natur (verschiedene Stäube, Ruß), aber auch biologischen Ursprungs (z.B. Pilzsporen, Honigtau, Algen). Die anorganischen Stoffe haben gleich mehrere negative Auswirkungen auf das lebende Gewebe der Pflanze, beispielsweise eine stärkere Erhitzung unter Sonneneinstrahlung, eine höhere Säurewirkung oder die Möglichkeit des Verschlusses der Spaltöffnungen, über die die Pflanze ihren Gasaustausch vollzieht. Des Weiteren spielen die organischen Partikel wie Pilzsporen, Bakterien oder Algen für die Pflanzen eine wichtige Rolle. Sie können bei der Pflanze zu Krankheiten oder Schäden an den Blattoberflächen führen.

Der Lotuseffekt bietet der Pflanze eine elegante Möglichkeit, sich dieser Probleme zu entledigen. Er verhindert, dass sich die Stoffe auf der Oberfläche überhaupt erst festsetzen können. Der Regen wäscht die Sporen ab, und sollte es einmal längere Zeit nicht regnen, fehlt den unerwünschten Besuchern das nötige Wasser, um zu keimen.

In diesem Experiment bauen wir eine Oberfläche nach, die danach wie der Lotuseffekt fungiert.

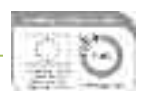


Materialien

- Tiegelzange (oder Pinzette)
- Glasplatte oder Objektträger
- Kerze
- Feuerzeug
- Pipette

Durchführung

1. Stelle die Kerze so auf, dass sie sicher und fest steht. Zünde sie an.
2. Halte nun mit der Tiegelzange die Glasplatte oder den Objektträger mit einer Seite direkt in die Flamme und bewege ihn vorsichtig hin und her, bis sich eine gleichmäßige Rußschicht bildet.
3. Lege den Objektträger zum Auskühlen auf eine saugfähige Papierunterlage.



HYDROPHOBE OBERFLÄCHE

4. Wenn die Glasplatte abgekühlt ist, gebe mit der Pipette vorsichtig kleine Wassertropfen auf die mit Ruß bedeckte Seite der Platte und halte die Platte etwas schräg.

Beobachtung

Die Wassertropfen bleiben nicht am Glas haften, sondern sie rollen über die Oberfläche. Die Rußpartikel, die sich auf der Glasoberfläche absetzen, bilden eine kompakte hydrophobe Schicht. Der Ruß der sich auf der Glasplatte abgesetzt hat, lässt die Wassertropfen abperlen. Die Wassertropfen zeigen auf ihrer Oberfläche Rußschlieren, das heißt, die Wassertropfen nehmen Rußpartikel auf, die nicht fest gebunden sind.



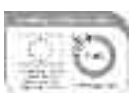
Erklärung

Wenn man den Objektträger über die Flamme der Kerze hält, bildet sich darauf aus unvollständig verbranntem Paraffin eine Struktur im Nanogrößenbereich. Diese sehr dünne Schicht lässt die Wassertropfen rollen, da sie hydrophob ist.

Ein Wassertropfen haftet je nach Material unterschiedlich. Wenn er darauf schlechter haftet, nähert sich seine Form einer Kugel an, und er gleitet leichter darüber. Dies ist bei Verschmutzungen oder bei einer Rußschicht der Fall. Wenn er gut haftet, flacht die Kugelform ab oder sie wird zerstört. Dies ist auf einer sauberen Glasplatte der Fall.

Anwendung

Mikro- und nanoskalige Beschichtungen können Oberflächen unempfindlich gegen Verschmutzungen machen. Auf einem Brillenglas mit einer Antihafbeschichtung etwa perlen Wassertropfen praktisch rückstandsfrei ab. Solche hydrophoben (wasserabweisenden) Beschichtungen werden auch in vielen anderen Bereichen angewendet (z.B. Keramikversiegelung, Textilimprägnierung). Die Schicht ist nur wenige Nanometer dick und mit dem bloßen Auge nicht zu sehen.



3. EXPERIMENT: OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG

Materialien



- 8 Stücke Würfelzucker
- 1 Stift
- 1 kariertes Din A 4 Blatt
- Schere

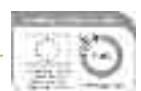
Durchführung

1. Nehme die 8 Stücke Würfelzucker und baue damit einen großen Würfel. Schau dir die Oberfläche deines großen Würfels genau an. Zähle nun alle kleinen außen liegenden Flächen der Würfelzuckerstücke. Vergiss nicht die untere Fläche, auf welcher der Würfel aufliegt. Du müsstest auf insgesamt 24 kleine Außenflächen kommen, aus denen sich der große Würfel zusammensetzt.
2. Nimm das karierte Blatt Papier, male 24 zusammenhängende Kästchen aus und schneide die Fläche aus.
3. Jetzt lege alle 8 Zuckerstücke einzeln hin, egal, ob als Schlange, Kreis oder einfach so. Achte darauf, dass sich die Steine nicht berühren. Wenn du diesen Aufbau mit dem großen Würfel von eben vergleichst, siehst du, dass alle Oberflächen der kleinen einzelnen Würfelzucker zusammen in dieser Anordnung viel größer sind.

Das nennt man Oberflächenvergrößerung.

Um dies deutlicher zu sehen, zähle bitte alle außenliegenden Oberflächen der kleinen Würfelzuckerstücke. Vergiss nicht die Flächen, auf denen die Würfelchen aufliegen. Du müsstest auf 48 kleine Außenflächen kommen.

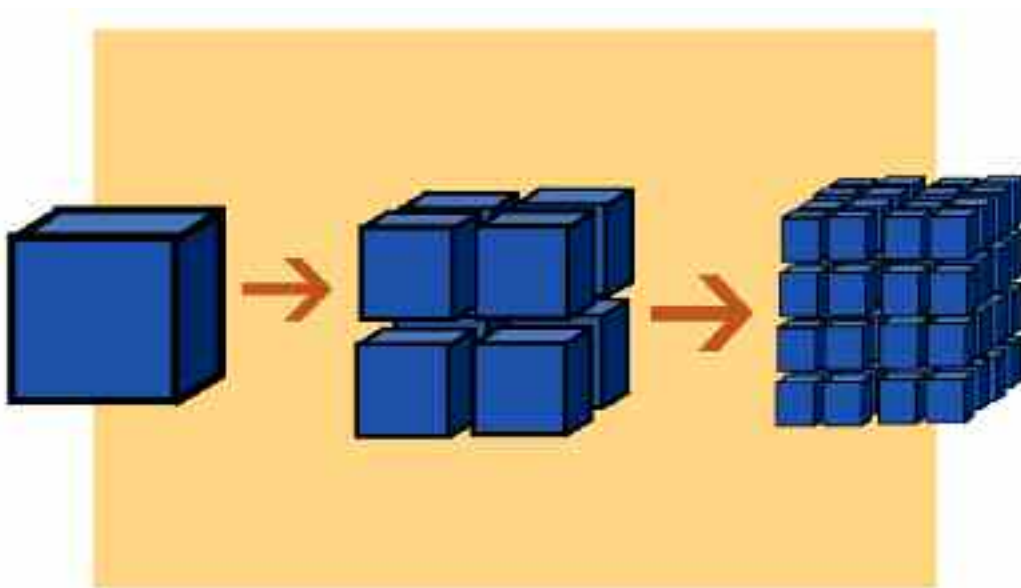
Bitte male nun auf deinem karierten Blatt 48 zusammenhängende Kästchen aus und schneide diese aus.



OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG

Beobachtung

Schauen wir uns einen großen Würfel an und zerteilen ihn in viele kleine Würfel, dann sehen wir, dass die Gesamtoberfläche der kleinen Würfel viel größer ist, als die des einzelnen großen Würfels.



Erklärung

Zerkleinert man die Würfel weiter, wird die Oberfläche immer größer. Beim weiteren Zerkleinern entsteht irgendwann ein Material, das fast nur noch aus Oberfläche besteht. In dieser Dimension, die man sich kaum vorstellen kann, spricht man vom Nanobereich.

Sehen können wir das nicht – für uns ist das unsichtbar. Um die Teilchen im Nanobereich sehen zu können, braucht man ein ganz besonderes Mikroskop: das Rastertunnelmikroskop. Ein weiteres Verfahren bietet das Rasterkraftmikroskop. Beide Mikroskope sind teuer, extrem empfindlich und stehen nur in großen Forschungseinrichtungen. Ein „normales“ Rasterkraftmikroskop kostet etwa so viel wie ein dicker Mercedes.



OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG

Liegt ein und dasselbe Material in kleinen Partikeln vor, kann sich das Verhalten des Materials grundsätzlich verändern im Vergleich zum selben Stoff in größeren Partikeln. Die vergrößerte Oberfläche bietet nämlich die Möglichkeit, dass andere Stoffe mehr Fläche zum „Andocken“ haben, die vorher vielleicht nicht mit dem Stoff reagiert hätten.

Das ist ein bisschen so wie auf einer Party: Je mehr Leute da sind, desto mehr Gespräche kannst du führen, desto größer kann der Spaß werden und desto mehr spannende Geschichten kannst du erfahren.



Das Verhalten des Stoffes hängt also von der Größe seiner Partikel ab, aus denen er aufgebaut ist. Die großen Oberflächen führen zudem zu besseren Bindungen der Nanopartikel untereinander. Man kann festhalten: Je kleiner die Partikel sind, desto größer ist die gesamte Oberfläche, desto mehr Eigenschaften weist ein Stoff auf.

Dies wollen wir uns im dritten Experiment genauer anschauen, indem wir die Löslichkeit eines Stoffes betrachten.

Anwendung



Die Wissenschaft kann Materialien in der Nanodimension herstellen und damit Stoffe so manipulieren, dass sie völlig neue Eigenschaften besitzen. Man kann auf diese Weise Stahl härter machen, ohne dass er schwerer wird. Einen solchen Stahl, der aus lauter Nanoteilchen besteht (nanostrukturierter Stahl), kann man zum Bau von Brücken verwenden. Diese halten länger und sich widerstandsfähiger.

OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG

Nanostrukturierte Materialien bieten viele weitere Vorteile. Aus Kohlenstoff etwa kann man so genannte „Kohlenstoff-Nanoröhrchen“ herstellen. Das sind winzige Röhren aus Kohlenstoffatomen, die 400 mal so fest sind wie Stahl und trotzdem federleicht sind. Die eignen sich hervorragend für Sportgeräte wie zum Beispiel für Tennisschläger. Nanopartikel sind also deshalb so interessant, weil man mit ihnen Sachen entwickeln kann, die es vorher nicht gab.



Wissenswert

Wenn die Wissenschaft Materialien manipulieren und Stoffe in Nanoteilchen zerlegen kann, stellt sich die Frage: Können Nanomaterialien denn gefährlich sein? Für Menschen oder für die Umwelt? Bis heute gibt es jedoch keine Hinweise auf eine Gefährlichkeit, die nur darauf beruht, dass etwas kleiner ist oder wird. Natürlich gilt: Was im Großen bereits gefährlich ist, ist auch im Kleinen gefährlich. Vor 500 Jahren lebte ein Arzt, Philosoph und Forscher mit Namen Paracelsus. Der sagte schon damals, dass es immer auf die Menge ankommt, ob etwas giftig ist für den Menschen oder nicht.

4. EXPERIMENT: DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG UND LÖSLICHKEIT

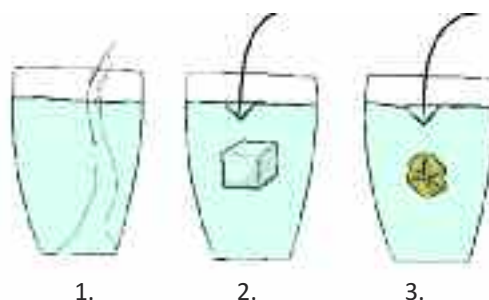
Materialien



- 1 gestrichener Teelöffel Kristallzucker (normaler Haushaltszucker)
- 1 Stück Würfelzucker
- 1 kleines Stück Kandiszucker (ca. 0,5 cm Durchmesser)
- 3 Gläser
- Teelöffel zum Rühren
- Warmes Leitungswasser
- Stoppuhr oder Uhr mit Sekundenzeiger
- 1 Blatt Papier
- 1 Stift

Durchführung

1. Fülle die 3 Gläser jeweils mit der gleichen Menge Wasser und stelle sie auf einen Tisch.
2. Lege deine Uhr bzw. Stoppuhr bereit und starte die Zeitmessung, wenn du in das erste Glas den gestrichenen Teelöffel Kristallzucker gibst. Rühre mit dem Teelöffel 10 Mal um und warte ab, bis sich der Zucker vollkommen aufgelöst hat. Nun stoppst du die Zeit und schreibst diese Zeit auf ein Blatt Papier.
3. Starte erneut die Zeitmessung, wenn du in das zweite Glas das Stück Würfelzucker gibst. Rühre auch hier 10 Mal um und warte, bis sich der Zucker vollkommen aufgelöst hat. Stoppe dann wieder die Zeit und notiere sie auf dem Blatt.
4. Ein drittes Mal startest du die Zeitmessung, wenn du in das dritte Glas das kleine Stück Kandiszucker gibst. Rühre erneut 10 Mal um und warte, bis sich der Kandiszucker vollkommen aufgelöst hat. Du wirst jetzt schon merken, dass es hier erheblich länger dauert. Schreibe die ermittelte Zeit auf das Papier.

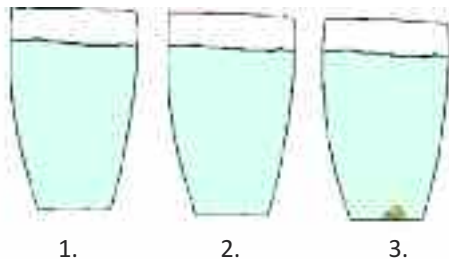


OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG UND LÖSLICHKEIT

5. Vergleiche nun die notierten Zeiten. Welche Zuckerform hat sich am schnellsten aufgelöst?

Beobachtung

Der Kristallzucker löst sich am schnellsten auf. Dann kommt der Würfelzucker und am längsten braucht der Kandiszucker.

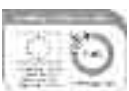


Erklärung

Bei dem Experiment „Oberflächenvergrößerung“ habt ihr erfahren, dass kleinere Teilchen eine größere Oberfläche haben als größere Teilchen. Wir haben herausgefunden, dass eine größere Oberfläche das Verhalten eines Stoffes ändern kann. Und wir haben gesehen, dass große Oberflächen mehr Möglichkeiten bieten, mit anderen Teilchen zu reagieren.

Beim Kristallzucker sind die Zuckerteilchen am kleinsten und haben die größte Oberfläche. Sie reagieren daher schneller mit dem Wasser, das sie umgibt und lösen sich im Vergleich zum Würfelzucker und zum Kandiszucker am schnellsten auf. Kandis dagegen besteht aus extra großen Kristallen. Die Oberfläche, die vom Wasser umgeben ist, ist hier viel kleiner als beim Kristallzucker. Daher braucht der Kandiszucker am längsten, um sich im Wasser aufzulösen.

Nanopartikel sind die kleinsten Teilchen und bieten damit die größte Oberfläche. Sie sind daher extrem reaktiv. Am Beispiel des Zuckers lässt sich sehr schön zeigen, wie sich die Reaktivität mit zunehmender Oberfläche vergrößert. Es handelt sich in allen drei Fällen um ein und dasselbe Material, nämlich Zucker. Das einzige, was variiert, ist die Form des Zuckers und somit die Größe der einzelnen Zuckerkristalle.



OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG UND LÖSLICHKEIT

Anwendung

Durch Variation der Größen kann man also die Reaktionsfreudigkeit von Stoffen bestimmen und variieren. Das eröffnet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten.



Eine sensationelle Entdeckung war, als man Nanopartikel aus Gold hergestellt hat. Plötzlich sah das Gold nicht goldfarben aus, sondern rot! Schon im Mittelalter hat man Glas wie z.B. Kirchenfenster oder Kleche mit Gold gefärbt und erhielt eine rote Farbe. Damals wusste man natürlich nicht, dass es deshalb rot wurde, weil sie das Gold so zerkleinert hatten, bis tatsächlich Nanopartikel aus dem Gold entstanden sind.

Die Nanotechnologie wird also schon seit Jahrhunderten genutzt, aber man war sich dessen nicht bewusst. Heute weiß man, wie man die Partikel herstellt und durch die Größe der Partikel die Farbe sogar beliebig verändern kann.

Man kann mit Hilfe von Nanoteilchen auch andere Farben erhalten. Welche Farbe entsteht, hängt von den verwendeten Metallpartikeln ab: Während Rubinrot durch Goldpartikel entsteht, können Silberpartikeln ein Glas leuchtendgelb erscheinen lassen.

Also, geht mal beim nächsten Ausflug in eine Kirche und sucht ein Fenster mit roter leuchtender Farbe. Dann fragt ihr den Priester, wie die rote Farbe zustande kommt. Wetten, dass er es nicht weiß?



OBERFLÄCHENVERGRÖßERUNG UND LÖSLICHKEIT

Wissenswert

Entdeckt wurde dieser Effekt vermutlich als Nebenprodukt bei alchimistischen Versuchen der Golderzeugung. Die erfolglose Suche der Alchimisten führte häufig zur Entdeckung anderer durchaus brauchbarer Materialien: unter anderem eben auch zu diesem Gold, das als Nano-Farbpigment verwendet werden konnte. Man nannte es auch „Goldpurpur“ – erstmal beschrieben im 17. Jahrhundert.

Betrachtet man die Nano-Partikel (oder auch Nano-Cluster), so bestehen diese jeweils aus wenigen tausend oder sogar nur aus vereinzelt Atomen. Diese Winzlinge sind eigentlich zu klein, um mit normalem Licht erfasst zu werden. Wer genau wissen möchte, wie der Farbeffekt entsteht, kann einen Ausflug in das Thema „Oberflächen-Plasmonen-Resonanz“ unternehmen. Es liefert Erklärungen dafür, welche Zusammenhänge zwischen Partikelgröße, -form und -dichte und der Wellenlänge des Lichtes bestehen und sich auf die Farbe von Glas oder anderen Materialien auswirken.

Die farbgebende Eigenschaft von Nanopartikeln war sogar schon vorher verwendet worden: Die Ägypter hatten schon mit Nanopartikeln zu tun, ohne es zu wissen: Sie verwendeten eine Tinte, die einen besonderen Ruß enthielt. Heute würde man sagen, dass diese Tinte Kohlenstoff-Nanokomponenten enthielt.



5. EXPERIMENT: NACHWEIS VON KOLLOIDEN DURCH DEN TYNDALL-EFFEKT

Um den Tyndall-Effekt zu erklären, werfen wir einmal mehr einen Blick auf unser Vorbild: die Natur. Wenn Lichtstrahlen wie beispielsweise Sonnenstrahlen nach außen sichtbar werden, spricht man von dem Tyndall-Effekt. Das kann man zum Beispiel gut in einem Wald sehen, wenn Sonnenstrahlen durch die Bäume scheinen oder bei Nebel in der Dämmerung. Dabei treffen die Sonnenstrahlen, oder auch die Scheinwerfer eines Autos, auf die fein verteilten Wasserpartikel im Wald oder im Nebel und machen die Strahlen sichtbar. Dieser Effekt wurde nach seinem Entdecker, dem irischen Physiker John Tyndall (1820 bis 1893) benannt.



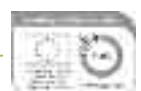
Wenn Sonnenstrahlen sichtbar sind, spricht man vom Tyndall-Effekt.

Der Tyndall-Effekt tritt immer dann auf, wenn Teilchen vorliegen, deren Größe etwa der Wellenlänge des Lichtes entsprechen, also 400 bis 800 nm. Das ist auch bei Nanopartikeln der Fall, wenn sie in einer Lösung vorliegen. Systeme, die den Tyndall-Effekt zeigen, nennt man Kolloide (aus dem griechischen: Kolla = Leim), die Teilchen in einem solchen System nennt man kolloidale Teilchen. Unter einer kolloidalen Lösung versteht man also eine Lösung mit Teilchen im Größenbereich von 1 nm bis 1000

nm. Die nanoskaligen Kolloidteilchen sind so klein, dass sie von einem Papierfilter nicht zurückgehalten werden können und man sie selbst unter einem Lichtmikroskop nicht erkennen kann.

Der Tyndall-Effekt ermöglicht dadurch die Unterscheidung zwischen Suspensionen (= heterogenes Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und darin feinverteilten Feststoffen) und echten Lösungen (= homogenes Gemisch, das aus zwei oder mehr chemisch reinen Stoffen besteht).

Der folgende Versuch soll dieses Phänomen zeigen.



TYNDALL-EFFEKT

Materialien

- 80 ml gelbe Limonade, z.B. „Flirt“ (Aldi)
- 80 ml Leitungswasser
- eine konzentrierte Lichtquelle, z.B. Laserpointer oder eine kleine Taschenlampe
- 2 Bechergläser 80 ml

Durchführung

1. Fülle in das erste Becherglas 80 ml Limonade und in das zweite 80 ml Wasser.
2. Halte den Lichtstrahl an das Glas mit der Limonade und leuchte durch die Flüssigkeit hindurch.
3. Halte danach den Lichtstrahl an das Wasserglas und leuchte durch das Wasser.



Beobachtung

Wenn man die Limonade durchleuchtet, kann man deutlich das rote Licht in der gelben Flüssigkeit sehen.



Der sichtbare Strahl des Laserpointers beweist, dass sich in der Lösung nanoskalige Kolloidteilchen befinden.



TYNDALL-EFFEKT

Beim Durchleuten des Wassers sind lediglich Spiegelungen des roten Laserpointers auf dem Glas zu erkennen. Einen Lichtstrahl sieht man jedoch nicht.



Der Strahl des Laserpointers ist nicht zu sehen, da das Wasser keine Kolloidteilchen enthält.

Erklärung

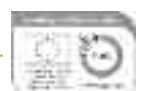
In der Limonade ist Beta-Carotin (β -Carotin) als Farbstoff zugesetzt. Das gelöste β -Carotin liegt unter anderem auch als nanoskaliges Kolloid vor. Daher reflektiert es den Lichtstrahl.

Im Wasser sind keine Kolloidteilchen vorhanden, deshalb kann man beim Durchleuchten keinen Tyndall-Effekt sehen.

Dieser Versuch zeigt, wie man nanoskalige Kolloidteilchen in Lösungen mit dem Tyndall-Effekt nachweisen kann.

Wissenswert

Eine vereinfachte Lichtstreuungsmethode ist die von Tyndall entwickelte Nephelometrie, die Streulichtintensitäten als Maß der Konzentration an gelösten Kolloidteilchen oder an schwebenden Aerosolpartikeln bestimmt. Man kann mit Hilfe von Lichtstreuungsmessungen Teilchengrößen von Kolloidteilchen messen (z.B. zur Molmassenbestimmung gelöster makromolekularer Moleküle). Ein perfektes, praktisch streuungsfreies Licht ist Infrarotlicht, mit dem man durch Nebel hindurchleuchten kann. Darauf beruhen einige moderne Infrarottechniken.



6. EXPERIMENT: HERSTELLUNG VON KOLLOIDALEM SILBER

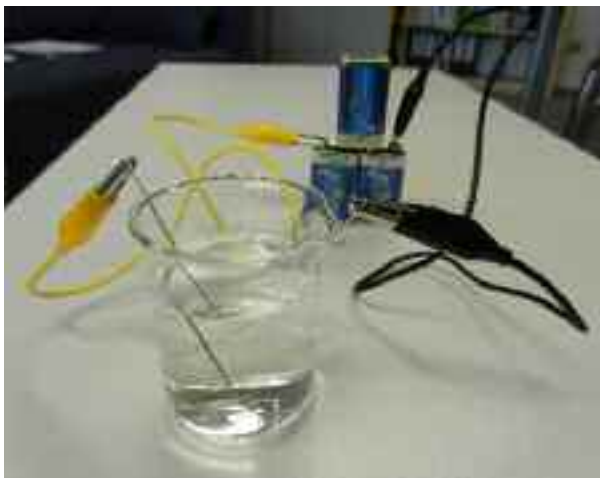
Materialien

- 2 Stücke Silberdraht aus Feinsilber (999,9), je etwa 10 cm lang (Bezugsquelle z.B. www.schmuckclub.de)
- 80 ml destilliertes Wasser
- 3 Blockbatterien (9 V)
- 2 Krokodilklemmen
- 1 Becherglas



Durchführung

1. Stecke die drei Blockbatterien zusammen, so dass sie 27 V ergeben.
2. Befestige je eine Krokodilklemme am Ende eines Silberdrahtes.
3. Fülle das destillierte Wasser in das Becherglas und tauche die beiden Enden der Silberdrähte hinein.
4. Schließe nun den Kreislauf, indem du die anderen Enden der Krokodilklemmen an den Minus- bzw. Pluspol der Batterien klemmst.
5. Nach fünf Minuten unterbrichst du den Stromkreislauf. Leuchte nun mit dem Laserpointer durch die Flüssigkeit. Achte darauf, dass du niemandem mit dem Laserpointer in die Augen leuchtest.



Versuchsaufbau: geschlossener Stromkreislauf mit Silberdrähten in Wasser.

HERSTELLUNG VON KOLLOIDALEM SILBER

Beobachtung

Sobald die Krokodilklemmen an den Batterien angebracht sind und ein geschlossener Stromkreislauf entsteht, steigen an der Kathode (Minuspol) kleine Bläschen auf.



Sobald der Stromkreis geschlossen ist, steigen an der Kathode Bläschen auf.

Durchleuchtet man nach fünf Minuten die Lösung mit dem Laserpointer, sieht man den Tyndall-Effekt.

Am besten sieht man den Tyndall-Effekt, wenn man die Umgebung abdunkelt oder das Becherglas vor einen dunklen Hintergrund hält.



Der sichtbare Strahl des Laserpointers beweist die Existenz von Nanosilber.

Erklärung

Beim Schließen des Stromkreislaufs findet eine Elektrolyse statt, d.h. das Silber beginnt sich aufzulösen. Es entsteht kolloidales Silber, das aus einer Mischung aus Silberionen, Silberatomen und Silberpartikeln (Kolloide) besteht. An der Kathode (Minuspol) bildet sich ein Gas (Wasserstoff) und an der Anode (Pluspol) bilden sich Silberionen.



HERSTELLUNG VON KOLLOIDALEM SILBER

Anwendung

Kolloidales Silberwasser verfügt über ein hohes Anwendungsspektrum. Da Silber eine antibakterielle Wirkung hat, können kolloidale Silberlösungen gegen Bakterien, Viren und Pilze wirken. Innerhalb kürzester Zeit kann es verschiedene Krankheitserreger abtöten.

Die therapeutische Verwendung von kolloidalem Silber ist seit Mitte des neunzehnten Jahrhunderts bekannt. Zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wurde Silber intensiv von zahlreichen Wissenschaftlern untersucht und als erprobtes keimtötendes Mittel anerkannt. Angesehene Medizin-Zeitschriften veröffentlichten Artikel über die wunderbaren heilenden Eigenschaften von kolloidalem Silber.

Auch die pharmazeutische Industrie intensivierte zur selben Zeit ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Sie erfand Antibiotika und ließ sie patentieren. Damit verschwand das kolloidale Silber aus dem Bewusstsein vieler Mediziner und Patienten. Das Interesse wächst jedoch in der heutigen Zeit wieder stark, da die Nebenwirkungen von Antibiotika kritischer gesehen werden und die Bildung von Antibiotika-Resistenzen permanent steigt.

Wissenswert

Bereits vor Jahrtausenden wurde die gesundheitsfördernde Wirkung von Silber erkannt. Im alten Griechenland, in Rom, im frühen China, in Indien und Persien kannte man die Heilwirkung des Silbers. Im alten Ägypten deckte man Wunden mit Silberfolie ab. Viele berühmte Ärzte und Heiler des Mittelalters wie Paracelsus und Hildegard von Bingen verwendeten das Silber. Zur Prophylaxe bewahrten Adlige und Reiche ihre Vorräte in Silberbehältern auf und benutzten Bestecke und Geschirr aus Silber. Amerikanische Goldgräber konservierten ihre Trinkmilch, indem sie Silbermünzen hinein legten. Erst viele Jahre später entdeckte man, dass Silber in kolloidaler Form noch viel mehr nutzen konnte.



ZUSATZ-EXPERIMENT: WIRKUNG VON NANOSILBER

Um die antibakterielle Wirkung von kolloidalem Silber zu beweisen, soll folgendes Experiment dienen: Die Wirkung von Nanosilber auf das Wachstum von Mikroorganismen. Da die Mikroorganismen eine bestimmte Zeit zum Wachsen benötigen und dieser Versuch etwa fünf Tage beansprucht, ist es sinnvoll, einzelne Arbeitsschritte auf mehrere Unterrichtsstunden zu verteilen.

Materialien

- 10 ml Nanosilberlösung vom vorangehenden Versuch
- 3 Agarplatten mit Nährboden (z.B. von Klüver & Schulz)
- 10 ml Leitungswasser
- 3 Einwegpipetten
- 1 Spatel
- 1 Wattestäbchen
- 3 Reagenzgläser

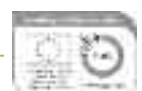
Durchführung (ca. 5 Tage)

1. Reibe mit einem Wattestäbchen leicht an der Innenseite deiner Wange und streiche die Probe auf einer Agarplatte aus. Stelle diese Platte nun für zwei Tage an einen warmen Ort, z.B. auf eine Heizung oder in den Inkubator (37° C).
Nach zwei Tagen werden Bakterien sichtbar.



Agarplatte mit dem Abstrich der Mundflora.

2. Gib nach zwei Tagen einige Tropfen Leitungswasser auf die Platte. Bewege sie hin und her, so dass sich einige Partikel der Mundflora-bakterien lösen. Nimm diese Lösung mit einer Pipette und gebe sie in ein Reagenzglas.



WIRKUNG VON NANOSILBER

3. In das zweite Reagenzglas gibst du 10 ml der kolloiden Silberlösung (Nanosilber-Lösung) des vorangehenden Experiments. In das dritte Reagenzglas füllst du 10 ml Leitungswasser.



1. Reagenzglas: Lösung mit Mundflora-Bakterien



2. Reagenzglas: 10 ml kolloide Silberlösung



3. Reagenzglas: 10 ml Leitungswasser

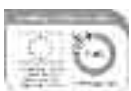
4. Gebe nun jeweils 10 Tropfen der Lösung mit Mundflora-Bakterien in das zweite und in das dritte Reagenzglas und lasse die Reagenzgläser mit den neuen Mischungen 30 Minuten stehen. Schüttele während dieser 30 Minuten die Reagenzgläser alle zehn Minuten ganz leicht.
5. Gieße danach jedes Reagenzglas auf eine Agarplatte und verteile die Flüssigkeit gleichmäßig. Nun sollen die Platten bei Raumtemperatur drei Tage ruhig stehen. Im Inkubator reicht bei 37° C ein Tag.
6. Vergleiche nun die beiden Agarplatten in Hinsicht auf die Entwicklung von Mikroorganismen.

Beobachtung

Auf der Platte mit der Nanosilber-Lösung (rechte Platte) sind nur wenige Mikroorganismen gewachsen. Die Platte ohne Nanosilber-Lösung (linke Platte) ist mit Mikroorganismen bedeckt.



Linke Platte mit Wasser, rechte mit Nanosilber-Lösung.



WIRKUNG VON NANOSILBER

Erklärung

Die Wirkung von Nanosilber ist lange bekannt, jedoch nicht vollständig erforscht. Man geht davon aus, dass Nanosilber die Replikation von Erbsubstanz (DNA) blockiert und sich Zellen somit nicht mehr teilen können. Zusätzlich hemmt Nanosilber bestimmte Enzyme und blockiert dadurch wichtige biochemische Reaktionen im Organismus.

Dieser Versuch zeigt deutlich die keimtötende Wirkung des Nanosilbers.

Anwendung

Nanosilber lindert Reizungen und wirkt gegen Akne und Herpes, da es die Abgabe von Talg und Schweiß reguliert. Es wird auch in der Behandlung von Neurodermitis angewendet.

Wissenswert

Es wird behauptet, dass kolloidales Silber gefährlich sei, weil es zu Silberablagerungen im Körper kommen könne. Dabei färbe sich die Haut grau. Man nennt diese Erkrankung auch Argyrie. Das trifft jedoch nur zu, wenn Silbersalze eingenommen werden. Kolloidales Silber ist aber keine Silbersalzlösung, sondern eine Lösung aus ultrafeinen Silberpartikeln, die nur in geringen Konzentrationen als Silberionen in Lösung gehen. Daher ist bei der Einnahme von kolloidalem Silber stets empfohlen, es keinesfalls gemeinsam mit Wasser zu trinken. In diesem Fall käme es zur Entstehung von Silbersalzen, da das Wasser Mineralstoffe enthält. Aus dem gleichen Grund sollte es in mindestens einstündigem Abstand zu Mahlzeiten eingenommen werden.



NANORA

NANORA ist ein einzigartiges Netzwerk aus politischen Institutionen, Verbänden, Clustern und Forschungs- und Technologiezentren. Alle Partner unterstützen Nanotechnologie-Geschäftsaktivitäten und -Forschung in ihrer jeweiligen Region und bringen ihre Region durch Ausschöpfen der regionalen Potenziale voran. NANORA – die Allianz der Nano-Regionen – wird durch die Europäische Union über das Programm INTERREG IVB NWE gefördert und zielt darauf ab, die Rahmenbedingungen und Unterstützungsstrukturen für Akteure der Nanotechnologie zu verbessern.

NANORA will:

- regionenübergreifende Kooperationen initiieren und Unternehmen dabei unterstützen, wettbewerbsfähigere Produkte zu entwickeln
- für Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mittels gemeinsamer transnationaler Aktivitäten in neuen Zielmärkten neue Marktchancen schaffen
- politische Akteure einbinden und die Allianz nachhaltig in den Regionen verankern

NANORA-Partner

Die NANORA-Mitglieder stammen aus nanotechnologiestarken Regionen in Belgien, Frankreich, Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Irland und den Niederlanden und setzen sich für die Unterstützung der Nanotechnologie als einer der wichtigen Schlüsseltechnologie ein.

