**Nanotechnologie im Alltag**

Dieser Leitfaden bietet einen Überblick über inhaltliche und didaktisch-methodische Hintergründe der Materialien des Medienpakets Stationenarbeit „Nanotechnologie im Alltag“.

Ziel des Materials ist es, einen Einblick in die Nanotechnologie zu geben und im Sinne einer Nature of Science ein Verständnis für die Erkenntnisentwicklung in den Naturwissenschaften zu erhalten. Die Stationenarbeit eignet sich insbesondere für den Einsatz im Chemieunterricht der Oberstufe und kann Themen rund um moderne Materialien und Nanotechnologie zuarbeiten. Ein fächerübergreifender Einsatz, z. B. in Projekten, ist ebenfalls möglich.

Das Materialpaket entstand im Rahmen des Projekts **„Teaching Spirit 2.0: Nobelpreisträger als Bildungspaten für OER in Schule und Schülerlabor“**. Das Projekt wurde in Kooperation zwischen der Didaktik der Chemie an der Eberhard Karls Universität Tübingen und der Biologiedidaktik an der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie in Zusammenarbeit mit der Lindauer Nobelpreisträgertagung entwickelt. Finanziell gefördert wurde das Kooperationsprojekt durch die Vector Stiftung und die Siemens Stiftung.

# **Didaktisch-methodische Hinführung**

# **Motivation für das Thema**

Bekanntlich ist wenig beständiger als der Wandel. Dies gilt insbesondere für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und der damit verbundenen Innovation in unserem alltäglichen Leben. Die Nanotechnologie fand und findet in vielerlei Hinsicht Einzug in unseren Alltag, sei es durch Beschichtungen, in Sonnencremes oder in medizinischen Kontexten. Teile dieses Einzuges in unser Leben liefen für die Bevölkerung weitgehend unbemerkt ab. Dies führte zu einigen Vorurteilen gegenüber der Nanotechnologie, und das, obwohl die Nanotechnologie nach der Meinung vieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine der derzeit, aufgrund ihrer vielseitigen Einsatzmöglichkeiten, zukunftsträchtigsten Technologien ist. In der gesamtgesellschaftlichen Betrachtung sind vermehrt mögliche Risiken vor etwaigen Chancen der Nanotechnologie in das Bewusstsein und die öffentliche Diskussion getreten.

Dies, die latente Alltagsrelevanz von Nanomaterialien, sowie die unbewusste, tägliche Berührung mit Nanoobjekten im Alltag sollen Ausgangspunkt dieser Stationenarbeit sein.

Nach der Einführung der Nanodimension werden an den einzelnen Stationen verschiedene Anwendungsgebiete vorgestellt und von den Lernenden selbst bearbeitet. Für die gesamte Durchführung sollten, in Abhängigkeit der jeweiligen Lerngruppe, 4-5 Unterrichtsstunden eingeplant werden.

# **Lernziele**

**Station 1: Nanodimension**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …stellen eine Hypothese für das Lösungsverhalten der unterschiedlichen Zuckerarten im Experiment auf.
* …erklären mithilfe eines geeigneten Beispiels (z. B. anhand eines zerteilten Würfels) den Zusammenhang zwischen Zerteilungsgrad und Oberflächenvergrößerung von Stoffen.
* …nennen Beispiele aus dem Alltag, bei denen Oberflächenvergrößerung eine wesentliche Rolle spielen.

**Station 2: Nano-Sonnencreme**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …definieren den Begriff „Nanopartikel“ als Teilchen mit einer Größe zwischen 1-100 nm.
* …nennen den Einsatz von Titandioxid-Nanopartikeln in Sonnencreme als nanotechnologische Anwendung im Alltag.
* …beschreiben vereinfacht die Funktionsweise von organischen und anorganischen UV-Filtern in Sonnencremen.

**Station 3: Nanopigmentfolie**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …erklären die Farbwahrnehmung durch Absorption, Reflektion bestimmter Anteile des Spektrums.
* …beschreiben den Einsatz von Nanomaterialien als Pigmente zur Farbgebung.
* …nennen Einsatzmöglichkeiten von Nanopigmenten.

**Station 4: Nanomedizin**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …nennen Anwendungsgebiete der Nanotechnologie in der Medizin.
* …beschreiben Vorteile des Einsatzes von Nanocarriern für den Transport von Wirkstoffen im menschlichen Körper.
* ...erklären vereinfacht die Funktionsweise von Nanocarriern (Herstellung/Beladung, Freisetzung).

**Station 5: Nanosilberhaltige Lösung**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …nennen Einsatzmöglichkeiten von Nanosilber im Alltag.
* …beschreiben die Wirkungsweise von Nanosilber auf Mikroorganismen.
* …überprüfen mithilfe des Tyndall-Effektes die Anwesenheit von Nano-Partikeln in einer Lösung.

**Station 6: Die Kunst des trocken Bleibens**

Die Schülerinnen und Schüler…

* …erklären anhand geeigneter Skizzen zur Oberflächenstruktur den Lotos-Effekt auf der Blattoberfläche der Lotospflanze.
* …nennen technische Anwendungsmöglichkeiten für den Lotos-Effekt.

# **Inhalte und Medien**

# **2.1 Station 1: Material und Experiment „Nanodimension“**

Ziel der Station ist es, die Lernenden auf den Einfluss der Oberflächenvergrößerung auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften aufmerksam zu machen. Diese Erkenntnis sollen sich die Lernenden anhand von drei unterschiedlichen Zuckersorten herleiten können, indem das Lösungsverhalten von Kristallzucker, Kandiszucker und Puderzucker untersucht wird. Bei allen drei Zuckern handelt es sich chemisch gesehen um Saccharose. Der Unterschied besteht in der Darreichungsform bzw. dem Feinheitsgrad der Verarbeitung. Während Kandiszucker sehr grobe, große Kristalle sind, ist Puderzucker ein feiner Staub aus Saccharose. Die Schülerinnen und Schüler werden dazu angehalten eine Hypothese für das beobachtbare, unterschiedliche Lösungsverhalten aufzustellen, um anschließend anhand des Sachinformationstextes zu Station 1 eine Erklärung für das Verhalten zu erarbeiten.

Das Experiment beinhaltet nur Haushaltsprodukte, die im Supermarkt erhältlich sind. Die Verwendung von destilliertem oder entionisiertem Wasser ist nicht notwendig.

Das hier erfahrbare Prinzip der Oberflächenvergrößerung ist auch in der Natur häufig zu finden: So zum Beispiel in der menschlichen Lunge, in der die Oberfläche durch die winzigen Lungenbläschen nahezu 600-mal größer ist, als zu erwarten.

# **Station 2: Material und Experiment „Nano-Sonnencreme“**

Sonnencreme ist ein höchst alltagsrelevantes Produkt, deren Wirkung den Lernenden häufig bereits aus dem alltäglichen Leben bewusst ist. Die Inhaltsstoffe bleiben dabei im Hintergrund der Betrachtung, auch weil sich die Formulierungen der Cremen in den letzten Jahren häufig verändert haben. Essenziell für die Filterwirkung gegenüber UV-Strahlung sind organische oder anorganische UV-Filter als Bestandteil der Sonnencreme. Einige Sonnencremen mit anorganischen Filtern enthalten Zinkoxid- und im deutschen Sprachraum vor allem Titandioxid-Nanopartikel, die als anorganische Filter UV-Strahlung effektiv absorbieren, streuen oder reflektieren und so die menschliche Haut vor den schädlichen Einflüssen der energiereichen Strahlung schützen können.

Die Station verfolgt das Ziel, den Lernenden die Präsenz von Nanopartikeln in ihrem Alltag aufzuzeigen und im Experiment auch die verschiedenen Formulierungen der Sonnencremen mit und ohne Nanopartikel (bzw. mit organischen und anorganischen Filtern) zu erforschen. Dazu werden im Abzug zwei Sonnencremeproben mithilfe der rauschenden Bunsenbrennerflamme so lange erhitzt, bis die Bestandteile der Sonnencreme entweder vollständig verkohlen (organische Filter) oder ein weißer Feststoff, bestehend aus den Titandioxid-Nanopartikeln (anorganische Filter) in der Abdampfschale zurückbleiben.

# **2.3 Station 3: Material und Experiment „Nanopigmentfolie“**

Die Station zur Nanopigmentfolie stellt eine gute Verknüpfung zu Themenbereichen rund um Farbstoffe und Farbigkeit im Allgemeinen dar und eignet sich deshalb auch, um Querbezüge zum Unterrichtsfach Physik oder Biologie herzustellen. Basis des Experiments stellt eine Polypropylenfolie mit einem Farbwechsel-Effekt oder auch Flip-Flop-Effekt dar, die mit nanoskalierten SiO2-Plättchen beschichtet ist. Je nach Beobachtungswinkel ist auf diesen speziell beschichteten Folien eine andere Farbe wahrnehmbar.

Die Folie kann über die Firma Merck bezogen werden oder im Rahmen der „Nanobox – Unterrichtsmaterial Nanotechnologie“ des Fonds der chemischen Industrie (https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/unterrichtsmaterialien/nanotechnologie-uebersicht.jsp). Die Nanobox ist kostenfrei erhältlich.

Mithilfe der Sachinformationen erarbeiten sich die Lernenden die Funktionsweise der Nanopigmentfolie. Im Alltag der Lernenden sind ähnliche Schichten als Nagellack oder in Lackfolien für Autos zu finden.

# **2.4 Station 4: Material und Experiment** **„Nanomedizin“**

Ein wichtiger und intensiv beforschter Bereich ist die medizinische Anwendung der Nanotechnologie, um Tumorerkrankungen oder andere schwere Krankheiten effektiver und zielgerichteter heilen zu können. Dazu wird an sogenannten Nanocarriern geforscht, die mit pharmazeutischen Wirkstoffen beladen im menschlichen Körper direkt an den gewünschten Ort transportiert werden können. Dieser Wirkmechanismus wird an dieser Station mithilfe eines Modellexperiments mit dem Polymer PLGA und Curcumin aufgezeigt (A. Fruntke, M. Behnke, E. Dietel, A. Vollrath, U. S. Schubert, T. Wilke, *CHEMKON* 2024, 31, 207). Curcumin ist bekannt für seine charakteristische, gelb-orange Farbe.

Das Beladen des Carriers PLGA mit Curcumin kann durch eine UV-Taschenlampe und den Tyndall-Effekt mithilfe eines Laserpointers nachgewiesen werden. Das Freisetzen der Ladung wird im Anschluss mithilfe von verschiedenen pH-Werten wieder durch den Tyndall-Effekt und UV-Fluoreszenz nachgewiesen.

# **Station 5: Material und Experiment „Nanosilberhaltige Lösung“**

Für das Experiment wird eine doppelt durchbohrte Spritze als Reaktionsgefäß benötigt. Dazu wird der Spritzenstempel einer 20-mL-Spritze zurückgezogen. Es wird eine stabförmige Silberelektrode oder ein ausreichend dicker Silberdraht (beides sollte etwa 2 mm Durchmesser haben) mit einem Micro-Flammenbrenner oder Teclubrenner erwärmt und durch das Spritzengehäuse gesteckt. In einem zweiten Schritt wird eine abgestumpfte Kanüle (sollte keine abgestumpfte Kanüle vorhanden sein, bitte die Spitze nach dem Durchbohren mit einer Zange abstumpfen). Die Spritze wird mit einem Verschlussstopfen verschlossen, nachdem die Reaktionslösung laut Anleitung in die Spritze gezogen wurde. Um die Spritze weiter abzudichten oder um Gefährdungspotential durch die Elektroden zu minimieren, kann z. B. Knete verwendet werden. Die Anwesenheit von Silber-Nanopartikeln wird wie bei Station über den Tyndall-Effekt nachgewiesen.

# **Station 6: Material und Experiment „Die Kunst, trocken zu bleiben“**

Die Station beschäftigt sich mit den Beschaffenheiten von Oberflächen, die den Lotos-Effekt zeigen. Für die Station werden einige Pflanzenblätter (z. B. Kapuzinerkresse, Grünkohl, Kohlrabi-Blätter, Rotkohlblätter,) sowie Stoffproben (normaler Stoff und ein Stück Stoff mit Nanobeschichtung, zum Beispiel aus der Nanobox des FCI) verwendet. Nach der Durchführung der Experimente wird mithilfe der Sachinformation die Oberflächenstruktur erarbeitet, die für die superhydrophoben Eigenschaften verantwortlich ist.

# **3 Ausblick und weitere Anknüpfungspunkte**

Die Nanotechnologie gilt auch weiterhin als Technologie der Zukunft. Ob im Bereich der erneuerbaren Energien und Energiespeicherung, der Abwasseraufbereitung oder die Nutzung von Nano-Silber in Photovoltaikzellen – überall wird nanotechnologisch geforscht, sodass aktuelle Anknüpfungspunkte und Erkenntnisse aus der aktuellen Forschung stetig neu akquiriert werden.

Für grundlegende Forschung im Bereich der chemischen Nano-Forschung wurde 2023 der Chemie-Nobelpreis an Moungi Bawendi, Louis Brus und Alexei Ekimov für die Entdeckung und Entwicklung der sogenannten Quantenpunkte (<https://mediatheque.lindau-nobel.org/files/41916>) verliehen. Diese winzigen, farbigen Nanoteilchen finden sich mittlerweile in Bildschirmen und LED-Lampen. Eine Anwendung in der Medizin zur gezielten Färbung von z. B. Tumorgewebe wird diskutiert und erforscht. Es zeigt sich, dass die Nanotechnologie über alle Fachdomänen der Naturwissenschaften weiterhin ein hochaktuelles Feld ist.

*Diese Stationenarbeit stellt eine vollständige Überarbeitung der im Jahr 2015 im MNU-Journal veröffentlichten Arbeit von Katharina Hickmann und Stefan Schwarzer dar.*

**Literatur**

Fruntke A., Behnke M., Dietel E., Vollrath A., Schubert U. S., Wilke T. (2024): Nanomedizin im Chemieunterricht: zielgerichteter Wirkstofftransport mit polymeren Nanopartikeln. CHEMKON, 31, 207.

Hickmann, K.; Schwarzer, S. (2015): Nanotechnologie im Alltag. Eine Stationenarbeit. MNU Journal, 68 (2015) 1, S. 35-39.