

Eisenhaltige Nanopartikel (Ferrofluide) ordnen sich in Magnetfeldern zu den unterschiedlichsten Figuren

Klein – kleiner – winzig

Niveaudifferenzierte Lernstationen zu Grundlagen der Nanotechnologie

Von Petra Wlotzka, Patrick Woldt und Martin Busch

KLASSENSTUFE:	Ende Sekundarstufe I und Oberstufe
SCHWERPUNKT:	Lernfirma zum Thema Nanotechnologie
METHODE:	Differenziertes Stationenlernen
MATERIAL:	Das vollständige Material kann bei den Autoren angefordert werden: m.busch@dokom.net PatrickWoldt@aol.com

Die Unterrichtseinheit „Klein – kleiner – winzig – die Nanotechnologie stellt sich vor“ [1], die im Rahmen von „Chemie im Kontext“ [2] in NRW entwickelt und erprobt wurde, ist sowohl für den Einsatz in Lerngruppen am Ende der Sekundarstufe I als auch als Vorbereitung für den Chemieunterricht in der Oberstufe konzipiert. Sie eignet sich insbesondere für heterogene Lerngruppen und vermittelt den Schülerinnen und Schü-

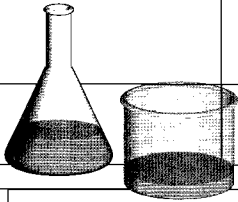
lern Grundlagen der Nanotechnik. Die Einheit ist als „Lernfirma“ [3] konzipiert. In den verschiedenen Abteilungen der Firma können sich die Schülerinnen und Schüler über aktuelle Alltagsprodukte, die Nanoteilchen enthalten, informieren. Um die Arbeitsaufträge der Abteilungen sinnvoll bearbeiten zu können, müssen sie sich im Vorfeld Grundlagen der Nanotechnologie aneignen. Dafür wurde ein Stationen-Parcours entwickelt, der

Anforderungsniveau	I	II	III
Kompetenzbereich			
Fachwissen	Kenntnisse und Konzepte zielgerichtet wiedergeben	Kenntnisse und Konzepte auswählen und anwenden	komplexere Fragestellungen auf der Grundlage von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten
Erkenntnisgewinnung	bekannte Untersuchungsmethoden und Modelle beschreiben, Untersuchungen nach Anleitung durchführen	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung überschaubarer Sachverhalte auswählen und anwenden	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung komplexer Sachverhalte begründet auswählen und anpassen
Kommunikation	bekannte Informationen in verschiedenen fachlich relevanten Darstellungsformen erfassen und wiedergeben	Informationen erfassen und in geeigneten Darstellungsformen situations- und adressatengerecht veranschaulichen	Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumentationen nutzen
Bewertung	vorgegebene Argumente zur Bewertung eines Sachverhalts erkennen und wiedergeben	geeignete Argumente zur Bewertung eines Sachverhalts auswählen und nutzen	Argumente zur Bewertung eines Sachverhalts aus verschiedenen Perspektiven abwägen und Entscheidungsprozesse reflektieren

Tab. 1: Verschiedene Anforderungsniveaus für die naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche (vgl. [6])

Station Methodischer Schwerpunkt	Lernweg/Anforderungsbereich		
	I (Weg A)	II (Weg B)	III (Weg C)
Station 1: Was bedeutet „nano“? Rechercheaufträge zur Internetseite „Nanoreisen – eine interaktive Erlebnisreise in die Welt des Mikro- und Nanokosmos“ [7].	Durchführung der Nanoreise „Ego-Tripp“ auf der Internetseite www.nanoreisen.de ; Einordnung der Größe von Teilchen in einen Zahlenstrahl.	Durchführung der Nanoreise „Ego-Tripp“ auf der Internetseite www.nanoreisen.de ; Angabe der Größe von Nanoteilchen in Meter; Bau eines Kohlenwasserstoffmoleküls mit einem Modellbaukasten (Größe ca. 1 nm).	Durchführung der Nanoreise „Ego-Tripp“ auf der Internetseite www.nanoreisen.de ; Vergleich der Größenverhältnisse von Nanoteilchen mit verschiedenen Gegenständen (Bakterien, Ball ...). Entwicklung geeigneter Beispiele, anhand derer sich die Größenverhältnisse von Nanoteilchen anschaulich darstellen lassen.
Station 2: Warum haben Nanoteilchen eine relativ große Oberfläche? Arbeit mit Modellen: Zerteilung eines Würfels in immer kleinere Würfel.	Beschreibung der Oberflächenvergrößerung bei zunehmendem Zerteilungsgrad anhand eines Würfels, der in acht kleinere Würfel zerlegt wird.	Berechnung der Oberflächenvergrößerung mit zunehmendem Zerteilungsgrad an Hand eines Würfels mit vorgegebener Kantenlänge, der in acht kleinere Würfel zerlegt wird.	Berechnung der Oberflächenvergrößerung mit zunehmendem Zerteilungsgrad anhand eines Würfels mit vorgegebener Kantenlänge, der immer wieder in kleinere Würfel zerlegt wird. Ableitung einer mathematischen Regel, die den Zusammenhang zwischen Zerteilungsgrad und Oberflächenvergrößerung wiedergibt.
Station 3: Wie kann man Nanoteilchen herstellen? Experiment: Herstellung von kolloidal gelöstem Schwefel aus 1%iger Natriumthiosulfatlösung und verdünnter Salzsäure.	Durchführung und Protokoll eines Experiments zur Herstellung von Nanoteilchen.	Durchführung und Protokoll eines Experiments zur Herstellung von Nanoteilchen und Erläuterung des Experiments.	Durchführung und Protokoll von Experimenten zur Herstellung von Nanoteilchen und Erläuterung. Erstellung einer Reaktionsgleichung. Aufstellung einer Hypothese zur Erklärung der Versuchsbeobachtungen.
Station 4: Wie testet man Nanoteilchen auf ihre Größe? Experimente zum Tyndall-Effekt: Durchstrahlen von Wasser, Zuckerlösung und Zinkoxidsuspension mit einem Laserpointer.	Durchführung von Experimenten zum Tyndall-Effekt und Protokoll; Definition des Tyndall-Effekts.	Durchführung von Experimenten zum Tyndall-Effekt und Protokoll; Erklärung der Beobachtungen mit Hilfe des Tyndall-Effekts; Vermutungen über die Teilchengröße.	Durchführung von Experimenten zum Tyndall-Effekt und Protokoll. Erarbeitung einer Definition des Tyndall-Effekts anhand einer Abbildung. Erklärung des Zusammenhangs zwischen Lichtstreuung und Teilchengröße.
Station 5: Was versteht man unter dem Lotuseffekt [8]? Experiment/Textarbeit	Durchführung und Protokoll eines Experiments zum Lotuseffekt (Auftropfen eines Wassertropfens auf ein Kohlrabi-Blatt und ein Rhododendron-Blatt).	Erklärung des Lotus-Effekts mit Hilfe eines Informationstextes; Veranschaulichung der Erklärung mit Hilfe einer Skizze, die die Vorgänge auf der Blattoberfläche wieder gibt.	Erklärung des Lotus-Effekts mit Hilfe eines Informationstextes. Entwicklung einer Hypothese zur Erklärung der Vorgänge auf der Blattoberfläche anhand einer Abbildung. Entwicklung einer Hypothese zum biologischen Sinn des Lotus-Effekts.
Station 6: Was bedeutet hydrophob und hydrophil? Experimente/Textarbeit	Durchführung von Experimenten zur Benetzbarkeit von Oberflächen (Wassertropfen auf einer Teflonpfanne und auf einer entfetteten Glasplatte) und Protokoll.	Erklärung der Benetzbarkeit von Oberflächen mithilfe des Kontaktwinkels anhand von Informationsmaterial.	Entwicklung eines Erklärungsmodells zur Benetzbarkeit von Oberflächen anhand von Informationsmaterial. Darstellung des Erklärungsmodells in Form einer Skizze.
Station 7: (für Experten) Was versteht man unter Supramagnetismus? Textarbeit	Untersuchung der Eigenschaften von eisenhaltigen Nanopartikeln anhand des Ferrofluidic Adventure Science Kit [9]		

Tab. 2: Übersicht über die verschiedenen Anforderungsniveaus der drei Lernwege zum Stationenlernen

Chemie	Laufzettel		Laufzettel Nr. 6
UE Nanotechnologie	Was ist eigentlich hydrophil und hydrophob?		Weg A–C Station 6

Meine Lösungen: Weg A (gelb)	Meine Lösungen: Weg B (rot)	Meine Lösungen: Weg C (blau)	Wie schwierig fand ich die Station?	Wie beurteile ich die Station?
Beobachtung:	Erläuterung:	Erläuterung:	(kreuze an) a) sehr schwierig b) schwierig c) weder besonders schwierig noch besonders leicht d) leicht e) sehr leicht Begründung:	(kreuze an) a) sehr interessant b) interessant c) weder besonders interessant noch besonders langweilig d) langweilig e) sehr langweilig Begründung:

Laufzettel

neben der Vermittlung dieser Grundlagen auch dazu dient, Schülerinnen und Schüler gemäß ihrer Fähigkeiten und Interessen den verschiedenen Abteilungen zuordnen zu können. In diesem Artikel werden die Stationen 3, 5 und 6 beispielhaft dargestellt. Die vollständigen Materialien können per e-mail bei den Autoren angefordert werden (s.o.).

Lernen an Stationen

Das Lernen an Stationen (Lernzirkel) ist eine Organisationsform des offenen Lernens, die ursprünglich für den Grundschulbereich entwickelt wurde und sich in den letzten Jahren in der Sekundarstufe I und II vor allem auch im Chemieunterricht etabliert hat (vgl. [4], [5]).

Zur Individualisierung des Lernprozesses wurden die Lernstationen in der hier beschriebenen Unterrichtseinheit so gestaltet, dass jeweils verschiedene Lernwege möglich sind. An jeder Station werden Materialien mit unterschiedlichen Anforderungsniveaus (vgl. **Tab. 1**)

bereitgestellt. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden jeweils selbstständig, welchen von drei möglichen Lernwegen (einfach, mittel oder schwierig) sie bearbeiten möchten (**Tab. 2**).

Der einfache Lernweg umfasst in der Regel lediglich Aufgaben des Anforderungsbereichs I, der mittlere Weg Aufgaben umfasst auch Aufgaben des Anforderungsbereichs II. Wählt ein Schüler oder eine Schülerin den schwierigsten Lernweg, so muss er/sie auch Aufgaben des Anforderungsbereichs III bearbeiten.

Diese besondere Konzeption des Stationen-Parcours eröffnet den Schülerinnen und Schülern individuelle Lernwege, die ihrem jeweiligen Leistungsniveau angepasst sind. Dadurch, dass sich die Schülerinnen und Schüler jeweils für einen der drei Lernwege entscheiden, trainieren sie außerdem ihre eigene Leistungsfähigkeit einzuschätzen.

Die Lehrkraft ist bei dieser Form des Unterrichts in der Rolle des Beobachters und kann sich ein gutes Bild von der Leistungsfähigkeit und dem Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler machen.

Bei Bedarf kann sie als Lernberater tätig werden und z.B. den Schülern Hilfestellung bei der Wahl eines geeigneten Anforderungsniveaus geben.

Inhaltliche Konzeption des Stationen-Parcours

Der Lernzirkel besteht aus sieben Lernstationen und vermittelt wichtiges Grundlagenwissen der Nanotechnologie. Diese Grundlagen benötigen die Schülerinnen und Schüler, um sich im Anschluss an den Lernzirkel in den Abteilungen der Lernfirma „Klein – kleiner – winzig“ [2] vertiefende Kenntnisse über Alltagsprodukte, die Nanoteilchen enthalten, anzueignen.

Die einzelnen Stationen des Lernzirkels beantworten die im Folgenden aufgelisteten Fragen:

1. Was bedeutet Nano?
2. Warum haben Nanoteilchen eine relativ große Oberfläche?
3. Wie kann man Nanoteilchen herstellen?

Nanotechnologie	Wie kann man Nanoteilchen herstellen?	Weg A Station 3
<p>▼ DURCHFÜHRUNG Ein Reagenzglas wird mit 10 ml 1%iger Natriumthiosulfatlösung (eine Schwefelverbindung) gefüllt und mit 5 Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt. Schutzbrille!</p> <p>▼ ARBEITSAUFTRÄGE</p> <p>a) Führen Sie das Experiment durch!</p> <p>b) Fertigen Sie eine Versuchsskizze an und beschreiben Sie Ihre Beobachtung(en)!</p> <p>c) Welche Teilchen in Nanogröße sind entstanden?</p>		

Nanotechnologie	Wie kann man Nanoteilchen herstellen?	Weg B Station 3
<p>▼ DURCHFÜHRUNG Ein Reagenzglas wird mit 10 ml 1%iger Natriumthiosulfatlösung (eine Schwefelverbindung) gefüllt und mit 1 ml verdünnter Salzsäure versetzt. Schutzbrille!</p> <p>▼ ARBEITSAUFTRÄGE</p> <p>a) Führen Sie das Experiment durch!</p> <p>b) Fertigen Sie eine Versuchsskizze an und beschreiben Sie Ihre Beobachtung(en)!</p> <p>c) Welche Teilchen in Nanogröße sind entstanden? Stellen Sie eine Hypothese auf, weshalb die Flüssigkeit nicht mehr klar ist.</p>		

▼ DURCHFÜHRUNG

Ein Reagenzglas wird mit 10 ml 1%iger Natriumthiosulfatlösung (eine Schwefelverbindung) gefüllt und mit 1 ml verdünnter Salzsäure versetzt. **Schutzbrille!**

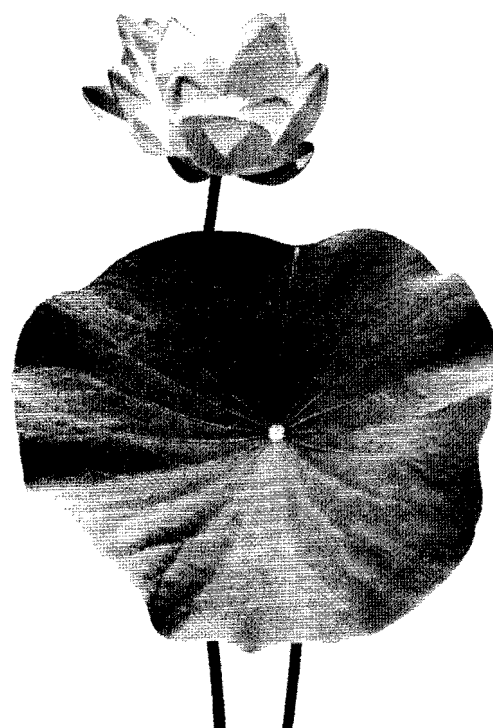
▼ ARBEITSAUFTRÄGE

- Führen Sie das Experiment durch!
- Fertigen Sie eine Versuchsskizze an und beschreiben Sie Ihre Beobachtung(en)!
- Welche Teilchen in Nanogröße sind entstanden? Stellen Sie eine Hypothese auf, weshalb die Flüssigkeit nicht mehr klar ist und erläutern Sie den Sachverhalt durch die Angabe einer Reaktionsgleichung!

Hinweis: Beim Ansäuern entsteht zunächst Thioschwefelsäure mit der Formel $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

▼ DURCHFÜHRUNG

Tropfen Sie Wasser auf die Blätter von Kapuzinerkresse (Fingerhut, Kohlrabi oder Pfefferminze) und Rhododendron und beschreiben Sie ihre Beobachtungen!

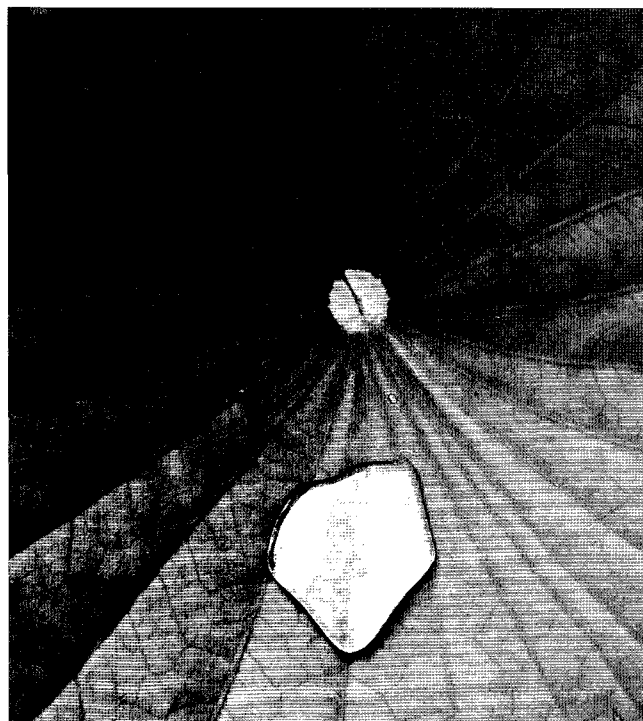


▼ INFO

Die Lotusblume (*Nelumbo nucifera*) ist in der Lage, auf der Blattoberfläche Wassertropfen abperlen zu lassen. Dieses besondere Phänomen kommt dadurch zustande, dass die Blattoberfläche in Abständen von 10–15 Mikrometern mit Wachskristallen überzogen ist. Die Oberfläche ist damit rau. Das Wachs besteht aus langen Kohlenwasserstoffketten, die hydrophobe Eigenschaften aufweisen. Ein auf die Oberfläche aufgetragener Wassertropfen rollt einfach ab. Dabei sind die Wassertropfen in der Lage, Schmutzteilchen, die sich auf dem Blatt abgelagert haben, mitzureißen.

▼ ARBEITSAUFTRAG

Erläutern Sie, unter Zuhilfenahme des obigen Textes und der nebenstehenden Abbildung, den Lotus-Effekt mit eigenen Worten und fertigen Sie eine Skizze dazu an!

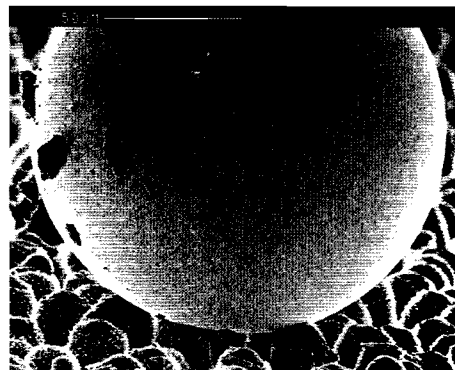


▼ EIGENSCHAFTEN PFLANZLICHER GRENZFLÄCHEN

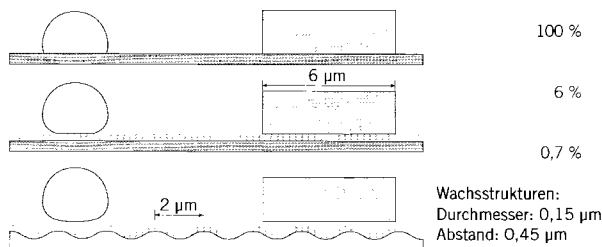
Die Lotusblume (*Nelumbo nucifera*) ist in der Lage, auf der Blattoberfläche Wassertropfen abperlen zu lassen. Dieses besondere Phänomen kommt dadurch zustande, dass die Blattoberfläche in Abständen von 10–15 Mikrometern mit Wachskristallen überzogen ist. Die Zellwand der äußersten Schichten eines Blattes schließt mit der Cuticula ab. Die Wachse imprägnieren die Cuticula und minimieren dadurch den Wasserverlust der Pflanze. Die Oberflächenbenetzbarkeit für Wasser wird deutlich herabgesetzt.

▼ ARBEITSAUFTRÄGE

- a) Erläutern Sie den Lotus-Effekt!
- b) Entwickeln Sie eine Hypothese (Modell), wie es zur Selbstreinigung von Lotus-Blättern kommt!
- c) Entwickeln Sie eine Hypothese, welchen biologischen Zweck die Selbstreinigung hat!



Schmutzpartikel haften stärker am Wassertropfen als am Blatt



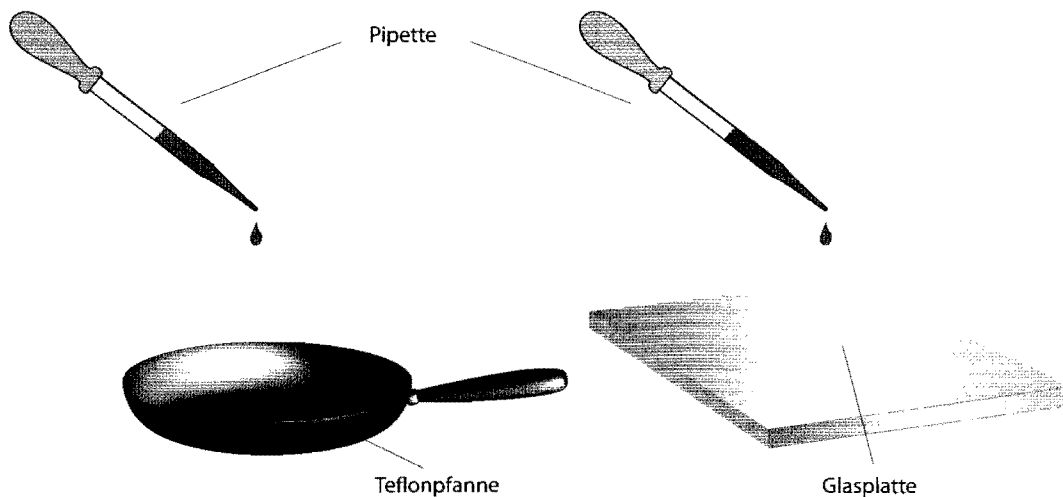
Relative Größe der Kontaktflächen bei glatten und mikrostrukturellen Oberflächen

▼ DURCHFÜHRUNG

Tropfen Sie aus einer Pipette je einen Tropfen Wasser auf

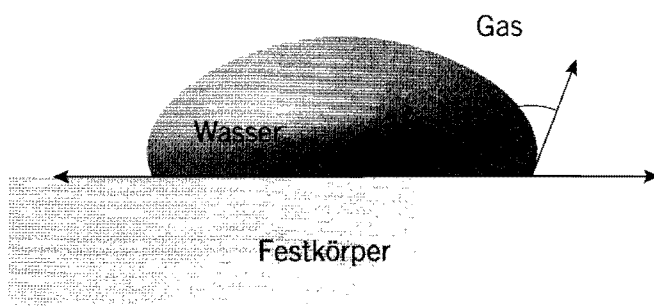
a) eine Teflonpfanne (oder anderes hydrophobes Material).

b) eine gereinigte Glasplatte (stark entfettet) und beobachten Sie die Gestalt der Wassertropfen.



▼ INFO

Zur physikalischen Bestimmung der Oberflächenbeschaffenheit misst man den so genannten Kontaktwinkel.



„Kontaktwinkel“ zur Bestimmung der Benetzung eines Festkörpers

Je weniger die Oberfläche benetzt wird, desto größer ist der Kontaktwinkel.

Regel: Die Oberfläche ist dann hydrophil (benetzbar), wenn der Kontaktwinkel zum Tropfen kleiner als 90° ist. Ist er größer als 90° , so ist die Oberfläche hydrophob (unbenetzbar).

▼ ARBEITSAUFRÄGE

a) Erläutern Sie unter Zuhilfenahme von den fachspezifischen Vorgaben den Begriff „Kontaktwinkel“.

b) Erläutern Sie, ob es sich in der Abbildung um eine hydrophile oder hydrophobe Oberfläche handelt.

Nanotechnologie

Was ist hydrophob und hydrophil?

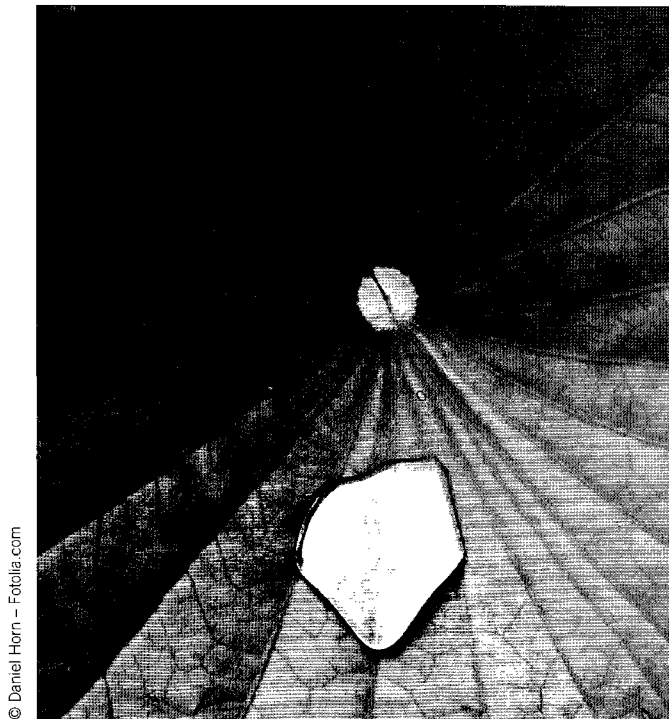
Weg C Station 6

▼ **AUFGABE**

Das nebenstehende Foto zeigt einen Wassertropfen auf dem hydrophoben Lotusblatt. Entscheidend für die Form des Wassertropfens sind die Anziehungskräfte der Wassermoleküle untereinander und die Anziehungskräfte zwischen Wassermolekülen und den Molekülen der Oberfläche (hier: des Lotusblattes).

▼ **ARBEITSAUFTRAG**

Entwickeln Sie eine modellhafte Erläuterung des Sachverhalts und fertigen Sie eine Skizze an!



© Daniel Horn – Fotolia.com

Nanotechnologie	Wie kann man Nanoteilchen herstellen?	Lösungen Station 3
<p>Lösung Weg A</p>		
<p>▼ BEOBACHTUNG Die Lösung trübt sich milchig-weiß.</p>		
<p>▼ ERGEBNIS Die entstehenden nanoskaligen Teilchen sind Schwefel-Teilchen.</p>		
<p>Lösung Weg B</p>		
<p>▼ BEOBACHTUNG Die Lösung trübt sich milchig-weiß.</p>		
<p>▼ ERGEBNIS Beim Ansäuern entstehen winzige Schwefel-Teilchen. Die Feststoffteilchen in der Lösung lenken das Licht ab.</p>		
<p>Lösung Weg C</p>		
<p>▼ BEOBACHTUNG Es bildet sich nach einiger Zeit ein milchig-weißer Niederschlag.</p>		
<p>▼ ERGEBNIS Beim Ansäuern entsteht zuerst Thioschwefelsäure, die instabil ist und in Schwefel und schweflige Säure zerfällt. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{H}_2\text{SO}_3$ </p>		

Nanotechnologie	Was versteht man unter dem Lotuseffekt	Lösungen Station 5
<p>Lösung Weg A</p> <p>▼ BEOBACHTUNG Die Wassertropfen perlen an der Kapuzinerkresse ab. Einzelne Wassertropfen sind sichtbar. Beim Rhododendron hingegen sind nicht einzelne Wassertropfen sichtbar und es bildet sich ein Wasserfilm.</p> <p>▼ ERKLÄRUNG Den Effekt des Abperlens bezeichnet man als Lotus-Effekt.</p> <p>Lösung Weg B Textzusammenfassung in eigenen Worten und Beschriftung einer Skizze</p> <p>Lösung Weg C</p> <ol style="list-style-type: none"> Textzusammenfassung mit eigenen Worten, Definition des Lotus-Effekt: Das Wasser perlt besser ab. Es soll erkannt werden, dass die wachshaltigen Oberflächenstrukturen Wasser abstoßend (hydrophob) sind. Zusätzlich wird durch die besondere Form eine besonders kleine Auflagefläche erreicht. Der biologische Sinn ist es, dauerhafte Verunreinigungen, etwa von Bakterien und anderen pflanzenschädlichen Stoffen, zu verhindern. 		

Nanotechnologie	Was ist hydrophob und hydrophil?	Lösungen Station 6
<p>Lösung Weg A</p> <p>▼ BEOBACHTUNG Auf der oberflächenbehandelten Pfanne ist der Tropfen rund. Auf der Glasplatte ist der Tropfen deutlich flacher.</p> <p>▼ ERKLÄRUNG Wenn ein Stoff Wasser abweisend ist, so bezeichnet man ihn als hydrophob (Pfanne). Ist er hingegen Wasser liebend, so bezeichnet man den Stoff als hydrophil.</p> <p>Lösung Weg B</p> <p>▼ ERKLÄRUNG</p> <ol style="list-style-type: none"> Der Kontaktwinkel ist der Winkel der Grenzfläche Flüssigkeit/Luft gegen die Grenzfläche Flüssigkeit/Festkörper. Es handelt sich um eine hydrophobe Oberfläche, da der Kontaktwinkel größer als 90° ist. <p>Lösung Weg C</p> <p>▼ ERKLÄRUNG Die Blattoberfläche ist mit einer Wachsschicht überzogen, die zusätzlich noch eine höckerartige nanoskalige Struktur aufweist. Durch die Wasser abweisende (hydrophobe) Eigenschaft des Wachses und die geringe Kontaktfläche auf den Höckern werden die Anziehungskräfte zwischen Wasserteilchen und Wachs klein gehalten.</p>		

4. Wie testet man Nanoteilchen auf ihre Größe?
5. Was versteht man unter dem Lotus-Effekt?
6. Was bedeutet hydrophob und hydrophil?
7. Was versteht man unter Superparamagnetismus?

Die Stationen 1–6 sind verpflichtend, Station 7 ist eine Wahlstation, die erst bearbeitet werden darf, wenn alle Pflichtstationen erfolgreich abgeschlossen sind. Alle Stationen werden, je nach Verfügbarkeit der Versuchsgерäte, mehrfach angeboten. Dazu werden die Materialien mit den dazugehörigen Arbeitsaufträgen in Experimentierkisten bereitgestellt.

Bis auf Station 7 können die Schülerinnen und Schüler an jeder Station zwischen Weg A (niederes Anforderungsniveau), Weg B (mittleres Anforderungsniveau) oder Weg C (hohes Anforderungsniveau) wählen. Damit die Schülerinnen und Schüler ihre Leistungsfähigkeit vorab einschätzen können, sind die Arbeitsaufträge und Informationsmaterialien entsprechend der Differenzierung an jeder Station farblich identisch gestaltet (z. B. Arbeitsaufträge zum niederen Anforderungsniveau gelb, zum mittleren rot, zum hohen blau). Dieses Vorgehen wird am Beispiel der **Stationen 3, 5 und 6** veranschaulicht.

Die Stationen sind methodisch sehr unterschiedlich gestaltet. Es werden sowohl Experimente durchgeführt als auch mit Modellen gearbeitet. Es müssen Rechercheaufgaben bearbeitet und Informationen aus Texten entnommen werden. Die Art der Aufgabe ist durch entsprechende Symbole gekennzeichnet (s. **Station 3, 5 u. 6**). **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die verschiedenen Aufgabenstellungen und die unterschiedlichen Anforderungsniveaus an den sieben Stationen.

Die Lösungen zu den Aufgaben dokumentieren die Schülerinnen und Schüler auf einem Laufzettel (**Abb. 1**). Nach erfolgreicher Bearbeitung der Station kontrollieren sie diese selbstständig. Dazu werden Musterlösungen in Umschlägen bereitgestellt, die jeweils nach Bearbeitung der Station eingesehen werden können.

Auf dem Laufzettel können Schülerinnen und Schüler außerdem die Stationen bezüglich des Schwierigkeits- und Interessantheitsgrades bewerten. Die

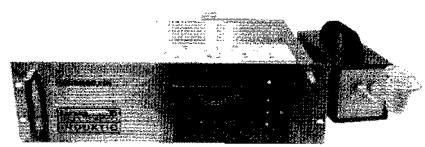
Lehrkraft kann anhand des Laufzettels schnell erkennen, für welches Anforderungsniveau sich der Schüler bzw. die Schülerin entschieden hat und ob diese Entscheidung der Leistungsfähigkeit entspricht. Außerdem bekommt sie eine Rückmeldung darüber, welche Aspekte des Themas für Schüler und Schülerinnen besonders interessant sind und welche weniger. Die Auswertung dieses Laufzettels kann dazu genutzt werden, die Schülerinnen und Schüler den verschiedenen Abteilungen der Lernfirma zuzuordnen. So sollten z. B. nur solche Schülerinnen und Schüler der inhaltlich besonders anspruchsvollen Abteilung „Medizintechnik“ zugeordnet werden, die sich zum einen an mehreren Stationen für den anspruchsvollsten Lernweg entschieden haben und zum anderen Station 7 bearbeitet haben. Schülerinnen und Schüler, die immer nur den einfachsten Lernweg gewählt haben, sollten auf jeden Fall einer Abteilung mit einfacheren fachlichen Inhalten (z. B. Kosmetikartikel) zugeordnet werden.

Literatur

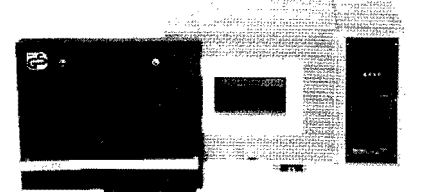
- [1] Parchmann, I.; Ralle, B.; Demuth, R.: Chemie im Kontext. MNU 53 (2000) Nr. 3. S. 132-137
- [2] WoIdt, P.; Busch, M.; Wlotzka, P.; Klein – kleiner-winzig – eine kontextorientierte Unterrichtseinheit zur Nanotechnologie. MNU in Vorbereitung (2009)
- [3] Witteck, T.; Most, B.; Kienast, S.; Eilks, L.: Eine Lernfirma – Kooperatives Lernen und offenes Experimentieren zum Thema Stofftrennverfahren im Chemieanfängerunterricht. MNU 59 (2006) Nr. 3, S. 153-159
- [4] Duvinage, B.: Themenheft: Lernen an Stationen in PDN Chemie Aulis Verlag Deubner Köln und Leipzig Heft 3/55 2006
- [5] Stäudel, L.: Lernen an Stationen. UC 11(2000) Nr. 58/59
- [6] Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. http://www.kmk.org/fileadmin/doc/Bildung/IVA/IVA-Beschluesse/Bildungsstandards/151-2_MSA-Chemie.pdf (letzter Zugriff: Januar 2009)
- [7] <http://www.nanoreisen.de/> (letzter Zugriff: Januar 2009)
- [8] Kranz-Preußler, J.; Cerna, Z.; von Bostel, G.; Spaeth, M.: Hingeschaut und nachgebaut: Selbstreinigende Blätter und Lotus Effekt. UC 13(2007), Nr. 97, S. 20 - 25
- [9] Ferrotec GmbH: The Ferrofluidic® Adventure Kit. <http://www.ferrotec-europe.de/germany@de.ferrotec.com> (letzter Zugriff: Februar 2009)

linn
High Therm
 www.linn.de
 Tel.: +49 9665 9140-0
 Fax: +49 9665 1720
 info@linn.de

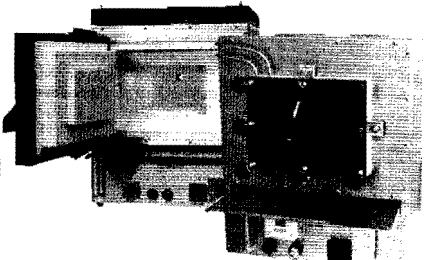
Choose the Original
 Choose Success!



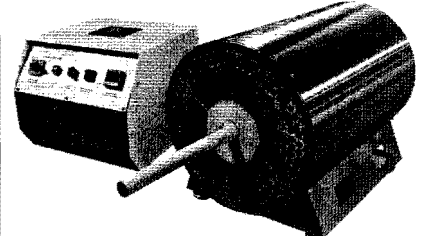
Hochfrequenzgeneratoren zum Schmieden, Härten, Anlassen, Glühen, Schmelzen ...
 Bis 100 kW, 100 kHz - 27,12 MHz.



Muffelöfen für die Wärmebehandlung.
 Auch 90° kippbar für Horizontal-/Vertikal-Betrieb. Bis 1340 °C.
 Standardmodelle:
 1,5 l, 5,0 l, 7,9 l, 18,5 l.



Hochtemperaturöfen Wärmebehandeln, Hartlöten ...
 Luft, Schutzgas, Vakuum.
 Bis 2300 °C.
 Standardmodelle von 2,6 - 15 l.



Rohröfen geschlossen u. klappbar, 1- und 3- zonig, Drehrohröfen für universelle Aufgaben.
 Option Schutzgas / Vakuum.
 Bis 2100 °C.