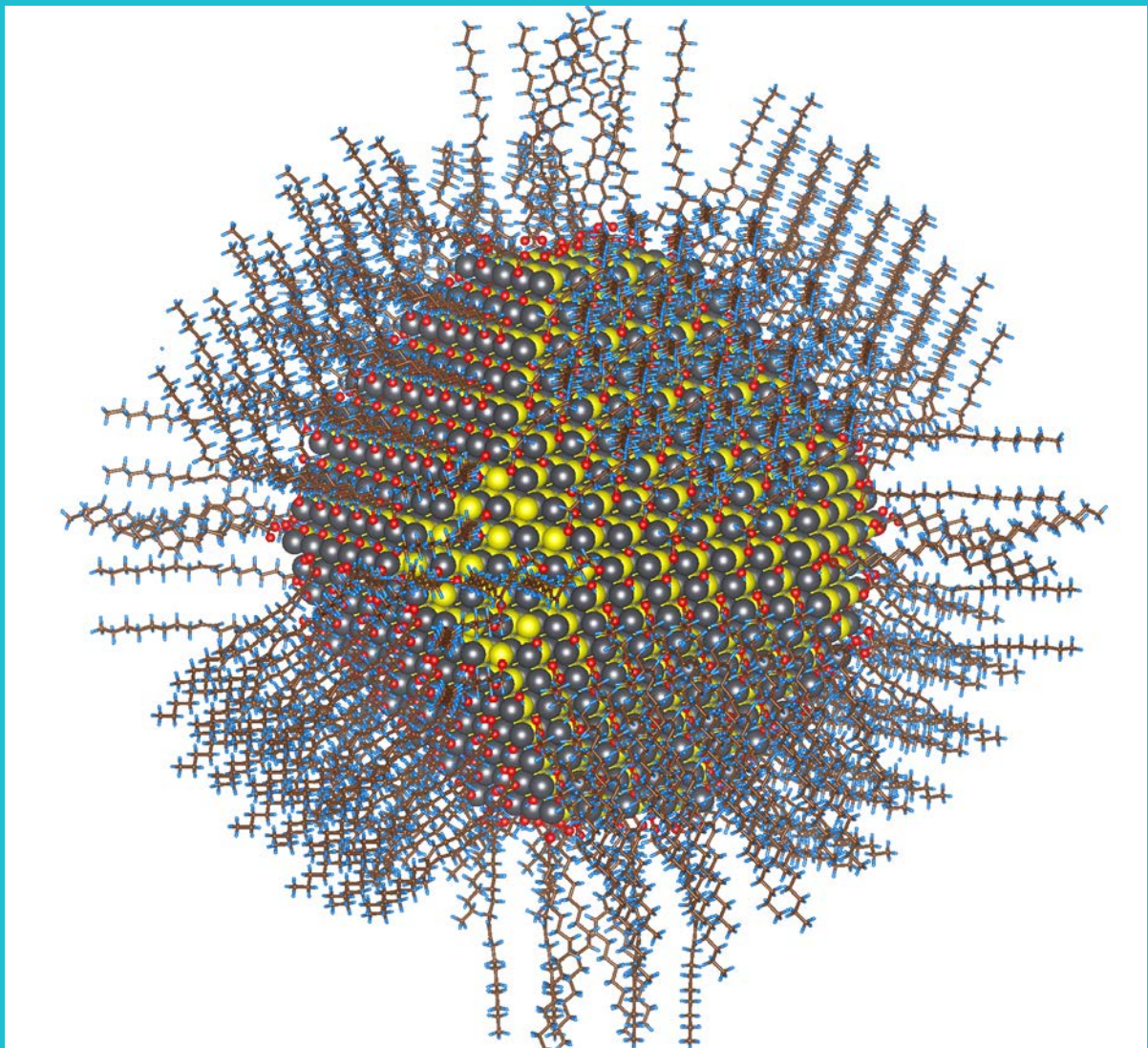


Nanosilber – eine gute Idee?



Lehrendenleitfaden



Colophon



IRRESISTIBLE is a project on teacher training, combining formal and informal learning focused on Responsible Research and Innovation. It is a coordination and support action under FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2013-1, ACTOVITY 5.2.2. Young people and science: Topic SiS.2013.2.2.1-1 Raising youth awareness to Responsible Research and Innovation through Inquiry Based Science Education. The project IRRESISTIBLE is funded by the EU as FP-7 project number 612367

www.irresistible-project.eu

Coordinator: j.h.apotheker@rug.nl



*Entwickelt im Rahmen des EU-Projekts IRRESISTIBLE
von der Community of Learners an der Bogazici University (Türkei).*

*Überarbeitet von Daniela Ingwersen, Maria Weisermann, Karsten Eilert und Lorenz Kampschulte
Februar 2016*

www.irresistible-project.eu



IPN
Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

- 1. Krankenhaus-
infektionen, der
unsichtbare Feind**
8
- 2. Größe und Maßstab**
13
- 3. Modellierung eines
Experiments zur
Medikamenten-
freisetzung**
18
- 4. Bakterien sichtbar
machen**
32

- 5. Synthese von AgNP und Untersuchung des antibakteriellen Effekts 42**
- 6. Antibakterieller Effekt von Nanoprodukten 58**
- 7. Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI) 69**

1

Krankenhaus-
infektionen,
der
unsichtbare
Feind

Stunde 1 – Krankenhausinfektionen, der unsichtbare Feind

Kurzbeschreibung

In der ersten Doppelstunde der Unterrichtseinheit lernen die Schülerinnen und Schüler die Problematik des Themas Krankenhausinfektionen kennen. Sie setzen sich mit denkbaren Ursachen und Übertragungswegen von Infektionen auseinander. Weiterhin diskutieren sie Möglichkeiten zur Prävention und Desinfektion sowie den Einsatz von innovativen Produkten, die Infektionen verhindern können sollen und welche Silbernanopartikel enthalten. Dabei wird einerseits die Frage aufgeworfen, wer für die Neuanschaffung solcher innovativer Produkte und zugleich für die Sicherheit der Institution Krankenhaus und seiner Patienten verantwortlich sein sollte. Andererseits werden die Schülerinnen und Schüler bewusst mit dem ihnen noch unbekannten Begriff der "Silbernanopartikel" konfrontiert. Durch die Präsentation dieser vermeintlich einfachen Lösung für das ihnen vorgestellte Infektionsproblem, dem Einsatz innovativer Produkte, soll der Lernwunsch erzeugt werden, die Wirkungsweise von Silbernanopartikeln verstehen zu wollen.

Lernziele

Schülerinnen und Schüler lernen...

- Ursachen und Infektionswege von Krankenhausinfektionen aufzuzeigen.
- über potentielle Präventionsmaßnahmen vor Krankenhausinfektionen zu diskutieren.
- dass eine mögliche Maßnahme zur Prävention von Krankenhausinfektionen der Einsatz von Produkten, die Silbernanopartikel enthalten, ist.

Grundbegriffe

- Krankenhausinfektionen und Infektionswege
- Desinfektion und Präventionsmaßnahmen
- Silbernanopartikel und Produkte

Materialien und Medien

- Material 1 für Stunde 1: "Krankenhausinfektionen ganz nah" (Zeitungsartikel)
- Material 2: "Broschüre"
- Arbeitsblatt 1 für Stunde 1
- Video 1 (youtube): "Planet Wissen – Killerkeime, wie man sie besiegt" (bis Min. 1:40)
- Video 2 (youtube): "Hygiene, ausgerechnet im Krankenhaus ein Problem"
- (Min. 0:30-5:08)
- ~6 UV-Lampen (eine pro Gruppe)
- Unsichtbares Markierungspulver
- Link zur Edmodo Seite: www.edmodo.com

Einstieg (10 Minuten):

Welche Ursachen und Übertragungswege gibt es für Krankenhausinfektionen?



(1) Der Einstieg in das Thema Krankenhausinfektionen erfolgt mittels eines Videos und eines Zeitungsartikels, der einen zeitnahen Vorfall in direkter Umgebung aufzeigt. Den Schülerinnen und Schülern wird zuerst das Video 1 “Planet Wissen – Killerkeime, wie man sie besiegt” (bis Minute 1:40) präsentiert, das das Problem vorstellt und erste Ursachen für Infektionen benennt. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich diese auf dem Arbeitsblatt 1, Aufgabe 1 notieren.

(2) Sie erhalten anschließend den Zeitungsartikel “Krankenhausinfektionen ganz nah”, lesen diesen und ergänzen die Tabelle zu möglichen Infektionswegen.

Mögliche Vermutungen der Schülerinnen und Schüler auf Grundlage des Videos und des Artikels:

- Textilien (z.B. Kleidung)
- Orte und Flächen in der direkten Umgebung (z.B. im OP, durch Wunden, über Hände)
- Personal (Ärzte, Pfleger, weitere Angestellte, Besucher)
- Kranke Menschen
- Einlieferung von Unfallopfern
- Flächen, Ecken, Kanten
- Zunahme invasiver Eingriffe
- Arbeitsverdichtung
- Personal (Ärzte, Pfleger)
- Einlieferung aus dem Ausland

Überleitung (10 Minuten):

Weitere Infektionswege und häufig unterlaufende Fehler im Krankenhausalltag?



(3) L: Ihr werdet nun ein weiteres Video zum Thema Krankenhausinfektionen ansehen, das angehende Ärzte während einer Übung an Patienten zeigt. Ihnen unterlaufen häufig typische Fehler, auf die ihr nun achten und in eurer Übersicht zu möglichen Infektionswegen ergänzen sollt.

Mögliche Vermutungen der Schülerinnen und Schüler auf Grundlage des Videos:

- Hände
- OP Wunde
- Beatmung (Lunge)
- Blutbahn (OP, Katheter)
- Instrumente
- Untersuchung (Arzt – Patient)
- Patient – Patient

(4) L teilt Schülerinnen und Schüler in 3er-Gruppen ein und bittet diese, sich zusammenzufinden.



Erarbeitung I (15 Minuten):

Untersuchung des "infizierten Klassenraums" und Erarbeitung von Desinfektionsmaßnahmen.

Achtung: UV-Schutzbrillen!

(5) L: Jede Gruppe steht für ein Untersuchungskomitee. Ich vertrete einen äußerst ansteckenden Patienten und habe euren Klassenraum seit Beginn dieser Stunde "kontaminiert" (Begriff klären, falls nötig). Eure Aufgabe ist es, mit Hilfe von UV-Taschenlampen kontaminierte Orte des Raumes aufzuspüren und weitere Infektionswege stellvertretend für das Zimmer des Patienten im Krankenhaus aufzuzeigen.

(Vorbereitet / mit Markierungspulver kontaminierte Orte: Türklinke, Lichtschalter, Wand, Stuhllehnen, Material wie Arbeitsblätter, Kreide: Lehrer-Lehrer, SuS - SuS, Fenstergriff: Luft/Windzug und Atmung)

(6) L: Vergleicht nun in euren Gruppen alle gefundenen Infektionswege und diskutiert mögliche Desinfektionsmöglichkeiten sowie Maßnahmen zur Prävention vor Infektionen über diese Wege.

Sicherung I (10 Minuten):

Infektionswege und Desinfektionsmaßnahmen sowie Präventionsmaßnahmen?

(7) L fordert die Schülerinnen und Schüler auf, zunächst die von ihnen gefundenen "Orte mit Infektionsrisiko" zu nennen und trägt diese untereinander an der Tafel zusammen. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler für jeden Punkt eine Maßnahme zur Desinfektion oder Prävention vor einer Infektion finden.

Die Lösungsvorschläge werden tabellarisch neben den Infektionswegen aufgelistet. Mehrfachzuweisungen (z.B. Desinfektion durch Alkohol) werden durch Verbindungslinien aufgezeigt. Mögliche Vermutungen der Schülerinnen und Schüler an diesem Punkt:

- Desinfektionsmittel (z.B. Alkohol, Spiritus)
- Seife und andere Reinigungsmittel
- Hände waschen und desinfizieren

Überleitung II (10 Minuten):

Forscher stellen in einer Broschüre verschiedene Innovationen für den Bereich der Desinfektion vor. Ist der Einsatz der jeweiligen Produkte in Krankenhäusern sinnvoll?

(8) L teilt AB2 Broschüre aus und stellt diese kurz vor: Diese Broschüre stellt Innovationen für den Bereich der Desinfektion vor. L: Lest diese zunächst selbst durch und markiert auf dem Arbeitsblatt in Aufgabe 2, welche Innovationen unbedingt im Krankenhaus eingesetzt werden sollten.

Erarbeitung II (20 Minuten):

Welche Innovationen sollten in welchen Bereichen des Krankenhauses zur Desinfektion und Prävention eingesetzt werden?

(9) L: Diskutiert in euren Gruppen, welche Innovationen im Krankenhaus eingesetzt werden sollten und für welche kontaminierten Orte, die wir gefunden haben, diese eingesetzt werden könnten.

(→ Die Schülerinnen und Schüler werden in der Regel alle Innovationen als sinnvoll und notwendig ansehen!)

(10) L: Bearbeitet Aufgabe 3 auf eurem Arbeitsblatt zunächst allein. Diskutiert eure Antworten anschließend in eurer Gruppe.

Sicherung II (15 Minuten):

Neuanschaffungen sind teuer! Welche Innovationen werden am dringendsten benötigt?

(11) L sammelt die von den Schülerinnen und Schülern als notwendig erachteten Anschaffungen und arrangiert sie neben den "Orten mit Infektionsrisiko" an der Tafel als "innovative Desinfektionsmethoden".

(12) L sammelt die Vorschläge der Schülerinnen und Schüler, welche Mitglieder unbedingt in dem Komitee sein sollten, an der Tafel.

Es sollten am Ende folgende Vorschläge an der Tafel stehen:

- Arzt
- Krankenschwester
- Pfleger
- Krankenhaus-Techniker
- Küchenpersonal
- Wäsche-Personal
- Pharmazeuten
- Patienten

(13) L verteilt die Rollen der verschiedenen Mitglieder auf die Gruppen, die deren Sichtweise vertreten sollen. Nach einer kurzen internen Beratung sollen Repräsentanten der Mitglieder des Komitees diskutieren, welche Anschaffungen am nötigsten sind – da das Krankenhaus nicht für alle genügend Geld zur Verfügung hat. L moderiert die Diskussion.



(14) L erteilt Hausaufgabe: Überlegt euch eine Frage bezüglich der innovativen Produkte der Wissenschaftler, die ihr gerne von ihnen beantwortet haben wollt. Meldet euch auf der Seite edmodo.com an und macht euch mit dieser vertraut. Wir werden sie als Plattform für den Austausch in unserem Projekt nutzen. Als erste Übung postet ihr eure Frage/Fragen dort online.

2

Größe und Maßstab

Stunde 2 – Größe und Maßstab

Kurzbeschreibung

Die Schülerinnen und Schüler lernen anhand eines vier Meter großen Größendimensionsstrahls spielerisch die Begriffe Größe und Maßstab kennen. Die üblicherweise unbekannten und daher abstrakteren Präfixe wie beispielsweise Nano, Piko oder Giga werden so visuell erfahrbar gemacht. Sie lernen dabei die Grenzen sichtbarer oder tastbarer Größen kennen. Im ersten Teil der Doppelstunde findet eine Annäherung an die Grundbegriffe Größe und Maßstab bzw. Skalierung statt, indem zunächst der imaginäre Vorstellungsraum für Größen bei den Schülerinnen und Schülern erweitert wird. Weiterhin beschäftigen diese sich mit zwei Gedankenexperimenten zu größenabhängigen Eigenschaften und erkennen auf diese Weise, dass eine Änderung der Größe mit Änderungen des Maßstabs / der Skalierung einhergeht. Im zweiten Teil der Doppelstunde erfahren sie die signifikante Bedeutung verschiedener Skalierungen zur Aufklärung spezifischer Fragestellungen.

Lernziele

Schülerinnen und Schüler lernen...

- zwischen den Begriffen Größe und Maßstab / Skalierung zu unterscheiden.
- über die Folgen von Maßstab / Skalierung zu diskutieren.
- zwischen Größe und Nanoskalierung einen signifikanten Zusammenhang zu erkennen.

Grundbegriffe

- Größe
- Maßstab / Skalierung
- Mega, Makro, Mikro, Nano als Größendimensionen

Materialien und Medien

- Arbeitsblatt 1
- Größendimensionsstrahl
- Kärtchen mit Beispielen verschiedener Größendimensionen
- Medien: Computer, Drucker, USB-Stick, Beamer
- Link zu *Scale of the Universe*: htwins.net/scale2/lang.html
- **Arbeiten im Computerraum!**

Vorbereitung: Reservierung des Computerraumes, da die Stunde dort stattfinden soll. Anbringen des Größendimensionsstrahls an der Wand des genutzten Raumes (alternativ: Auslegen auf dem Boden).

Einstieg (10 Minuten):

Was bedeutet Nanotechnologie? Wie groß sind Stoffe, die der Größendimension "Nanometer" entsprechen im Vergleich zu solchen, die dem Meter zuzuordnen sind?

(1) L liest die Fragen, die in Edmodo gepostet wurden, vor und erklärt, dass die nächsten Stunden eben diese Fragen thematisieren werden. Diese können sein: „Was bedeutet...

- Nanotechnologie bzw. Nano
- Silberion-Technologie
- Silbernanopartikel und warum wirken sie desinfizierend?

L gibt die Definition von "Nanotechnologie" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung:

Nanotechnologie beschreibt die Untersuchung, Anwendung und Herstellung von Strukturen, molekularen Materialien und Systemen mit einer Dimension oder Fertigungstoleranz typischerweise unterhalb von 100 Nanometern. Allein aus der Nanoskaligkeit der Systemkomponenten resultieren dabei neue Funktionalitäten und Eigenschaften zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsoptionen. (BMBF)

(2) L gibt Kärtchen mit Beispielen verschiedener Größendimensionen aus und erteilt den Arbeitsauftrag: "Findet neben den drei gegebenen Beispielen ein weiteres zu einer anderen Größendimension und schreibt es auf das leere Kärtchen. Ich gebe euch ein paar Beispiele, an denen ihr euch orientieren könnt: ein Atom, ein Mensch, ein Wal, die Sonne."

(3) L legt die Kärtchen Atom, Mensch, Wal, Sonne auf den Größendimensionsstrahl und bittet die Schülerinnen und Schüler, es genauso mit ihren vier Kärtchen zu tun.

Überleitung I (10 Minuten):

Welche Größendimensionen gibt es? Erforschung der Website "Scale of the Universe".



(4) L bittet die Schülerinnen und Schüler die Seite „Scale of the Universe“ (htwins.net/cale2/lang.html) am Computer zu öffnen und sowohl die gegebenen, als auch die eigenen Beispiele zu finden und deren Lage auf dem Größendimensionsstrahl zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

Erarbeitung I (20 Minuten):

Gedankenexperimente zu größenabhängigen Eigenschaften. Was ändert sich, wenn ich 1000-mal kleiner bzw. 100-mal größer werde, für mich und meine Umwelt?

(5)+(6) L teilt AB1 aus und bittet die Schülerinnen und Schüler, sich den darauf stehenden zwei Gedankenexperimenten zu stellen. Ihre Überlegungen sollen sie jeweils zunächst auf diesem notieren und anschließend fünf Minuten mit ihrem Nachbarn diskutieren.

- Erstes Gedankenexperiment: Stellt euch vor, dass ihr 1000-mal kleiner seid als jetzt gerade. Wie würde sich euer Leben verändern?
- Zweites Gedankenexperiment: Stellt euch vor, dass ihr 100-mal größer seid als jetzt gerade. Wie würde sich euer Leben verändern?

Vermutungen der Schülerinnen und Schüler:

- Verständigungsprobleme durch Änderung des Maßstabs der Organe (Hören, Sehen)
- Interaktionsprobleme (Berührung/Kontakt, Sprache)
- Gefahr für kleinere Dinge (Unterschied der Kräfte, Motorik)
- Nahrungsaufnahme

Sicherung I (5 Minuten):

Veränderungen der Größe bewirken ebenso eine Veränderung der Maßstäbe, was Auswirkungen auf Eigenschaften und Interaktionen hat.

(7) L fordert die Schülerinnen und Schüler auf, ihre Überlegungen zu nennen. Er hält diese an der Tafel fest und schreibt darunter die wichtige Erkenntnis: Veränderungen der Größe bewirken ebenso eine Veränderung der Maßstäbe, was Auswirkungen auf Eigenschaften und Interaktionen hat.

- Als Beispiel kann genannt werden: Wenn sich mit der Größe auch der Maßstab der Stimmbänder verändert, erzeugen diese beim Sprechen nicht mehr dieselben Frequenzen und die Lautstärke nimmt ab – wir hören uns nicht mehr!
- 1000-mal kleiner bzw. 100-mal größer kann anhand des Größendimensionsstrahls gezeigt werden: Ein Mensch ist 1,7m groß.
- 1000-mal kleiner: 1,7m → 1,7mm (etwa halb so groß, wie eine Ameise)
- 100-mal größer: 1,7m → 170m (etwa halb so groß, wie der Eiffelturm)

(8) L fasst zusammen und hält an der Tafel fest: Eine Änderung der Größe geht mit einer Änderung des Maßstabs einher. Dies kann die Eigenschaften des Objektes beeinflussen und zu veränderter Interaktion mit seiner Umwelt führen.

Überleitung II (5 Minuten):

Wo könnten Größe und Maßstab eine Rolle in unserem Alltag spielen? (Tipp: Fach Erdkunde)

L fordert Schülerinnen und Schüler auf, zu überlegen, wo Größe und Maßstab in unserem Alltag eine Rolle spielen.

- Schülerinnen und Schüler vermuten: bei einer Reise; Maßstäbe kennen sie z.B. von Landkarten
- Falls notwendig, Tipps geben: (1) Fach Erdkunde (2) Stellt euch vor, ihr möchtet morgen nach Paris fahren.

Erarbeitung II (25 Minuten):

Lässt sich ein Vergleich zwischen Maßstäben von (Land-)Karten und dem Dimensionsstrahl finden und wofür könnten solche Bilder nützlich sein?

(9) L stellt die Frage: „Versucht einen Vergleich zwischen den euch bekannten Maßstäben für Karten mit dem Größendimensionsstrahl und euren Gedankenexperimenten zu finden.“

- Es ließen sich neben den bekannten Landkarten ebenfalls Karten vorstellen, die Abbildungen in Größendimensionen kleinerer bzw. größerer Bereiche zeigen.
- Schülerinnen und Schüler erkennen, dass es Bilder (z.B. Landkarten) verschiedener Auflösungen/Maßstäbe gibt. Der jeweils gewählte Maßstab trägt dabei eine erklärende bzw. vereinfachende Funktion.



Welche “Karten” brauchen wir für die Reise in unseren Körper, um den Atmungsprozess erklären zu können?

(10) L schreibt an die Tafel: “Eine Reise in den Körper – wie können Karten und Maßstäbe helfen, den Atmungsprozess erklärend zu veranschaulichen?” L fordert die Schülerinnen und Schüler auf, gemeinsam mit ihren Gruppen einen Lösungsvorschlag zu finden und Aufgabe 2 auf AB1 zu bearbeiten. Sie können dabei Informationen aus dem Internet suchen und die Seite „Scale of the Universe“ zu Hilfe nehmen.

- Als Hinweis wird auf die Tafel geschrieben: “Von der Einatmung von Sauerstoff bis zur Aufnahme dessen in den Zellen des Blutes.”
- Die Schülerinnen und Schüler notieren hierzu ihre Stichpunkte in Aufgabe 2 auf AB1.
- Die Schülerinnen und Schüler speichern Bilder und andere Daten zunächst auf dem Desktop und fertigen abschließend eine Präsentation ihrer Ergebnisse an (z.B. mit PowerPoint).

Sicherung II (15 Minuten):

Präsentation und Diskussion der Ergebnisse. Signifikante Bedeutung von verschiedenen Maßstäben und des Skalierens.

(11) L sammelt die von den Schülerinnen und Schüler angefertigten Präsentationen auf einem USB Stick ein. Eine Gruppe soll nun stellvertretend ihre Präsentation vorstellen.



(12) L fordert die Schülerinnen und Schüler dazu auf, die Webseite „Scale of the Universe“ erneut zu öffnen und Aufgabe 3 auf AB1 zu bearbeiten: “Finde auf der Webseite alle Strukturen, die am Atmungsprozess beteiligt sind und bringe sie in eine Rangfolge, geordnet nach Größe.”



(Hausaufgabe) L erteilt Hausaufgabe: Suche dir ein technisches Objekt wie eine Kamera, ein Flugzeug, ein Computer, etc. und zeige in einer Folge von Bildern verschiedener Maßstäbe einen Zoom ins Innere des Objektes. Fertige zu diesem Zweck eine PowerPoint Präsentation an und teile diese auf Edmodo.

- Ein Beispiel zur Veranschaulichung: Flugzeug, Tanksystem, Benzintank, Kerosin, Kohlenstoff-Atom

3

Modellierung
eines
Experiments
zur
Medikamenten-
freisetzung

Stunde 3 – Modellierung eines Experiments zur Medikamentenfreisetzung

Kurzbeschreibung:

Anhand einer Einstiegssituation erfahren die SuS, dass ein Mann ins Krankenhaus eingeliefert wurde, der kurz vorher eine zerkleinerte Medikamententablette eingenommen hat. Die SuS entwickeln ein selbst ausgedachtes Experiment, indem sie die unterschiedliche Freisetzung des Wirkstoffes von Medikamenten an unterschiedlich großen Oberflächen untersuchen. Dabei werden angefärbte Agarwürfel verschiedener Größe in einer Neutralisationsreaktion entfärbt. Anhand der gesammelten Ergebnisse können die SuS die Wirkung von Medikamenten erklären und Prognosen über unsachgemäße Medikamenteneinnahme aufstellen und begründen.

Lernziele:

Schülerinnen und Schüler lernen...

- zu beschreiben, wie sich das Oberfläche-Volumen-Verhältnis mit zunehmender Größe ändert.
- die Bedeutung der Oberfläche bei der Wirkstofffreisetzung von Medikamenten zu erklären.
- den Vorgang der Neutralisationsreaktionen zu beschreiben.

Grundkonzepte:

- Diffusion
- Oberfläche-Volumen-Verhältnis
- Struktur-Eigenschafts-Beziehung

Materialien und Medien

- Anleitung zur „Herstellung von Agarwürfeln“
- benötigte Materialien zur „Herstellung von Agarwürfeln“:
 - 500 mL dest. Wasser
 - 15 g Agar
 - 5 mL 1% Phenolphthalein
 - 30 mL einer 0.1 M NaOH-Lösung
 - Lineal
 - 500 mL Becherglas
 - Glasstab
 - 10 mL Messzylinder
 - Digitalwaage

Hinweis: Sie benötigen in der Erarbeitungsphase 1 Agarwürfel, den sie einen Tag zuvor ansetzen sollten.

- Anleitung zur „Modellierung der Medikamentenfreisetzung“
- Benötigte Materialien für die „Modellierung der Medikamentenfreisetzung“:
 - ca. 1000 mL 0.2 M HCl-Lösung
 - 3 Agarwürfel mit dem gleichen Volumen, der aus 0.1 M NaOH und 1% Phenolphthalein besteht(empfohlene Kantenlänge 3 cm)
 - drei 500 mL Bechergläser
 - 100 mL Messzylinder
 - Zange
 - Spatel
 - Filterpapier & Trichter
- Arbeitsblatt für die Lektion/Einheit 3
- Flyer zur richtigen Einnahme von Medikamenten
- Edmodo Plattform

Teil 1

(1) Einstiegsphase (15 min).

- Leiten Sie die Stunde mit dem unten stehenden Szenario ein.

Einstiegsszenario:

"Ein Mann hat das Bewusstsein verloren und wurde von seiner Frau ins Krankenhaus gebracht. Die Frau informiert den Arzt ganz aufgelöst, dass ihr Mann das Bewusstsein kurz nach der Einnahme von einigen Schmerzmitteln verloren hat. Sie sagte auch, dass er die Pillen in mehrere Stücke geschnitten hat, anstatt sie im Ganzen einzunehmen."



- Anschließend: Teilen Sie die Schüler in 4er/ 5er Gruppen ein, weisen Sie außerdem den Gruppenmitgliedern die Rollen „Materialmanager“, „Zeitmanager“, „Protokollant“, „Laborant“ und „Sicherheitsmanager“ innerhalb der Gruppe zu.
- Teilen Sie die Schülerarbeitsbögen aus.
- Die Schüler sollen im nächsten Schritt in ihren Kleingruppen Vermutungen zur Ursache der Einstiegssituation aufstellen und diese diskutieren. Dazu sollen sie ihre Vermutungen unter Aufgabe 1 im Schülerarbeitsbogen notieren. Sammeln Sie alle Hypothesen an der Tafel/ auf der Overheadfolie etc. Sie können auch ein Web 2.0 Tool verwenden, wie TitanPad.
- Zeigen Sie den Flyer „Medikamente richtig einnehmen“.
- Gehen Sie erneut auf die Anfangssituation ein und verweisen Sie auf die Aussagen (Tabletten im Ganzen schlucken, nicht zerkleinern etc.) aus dem Flyer. Die genaue Lösung des Problems soll in den nachfolgenden Experimenten geklärt werden.

2) Überleitung (3 min): Erklärung der Funktionsweise von Agarplatten.



- Zeigen Sie die vorbereiteten Agarplatten und erklären Sie den Schülern die Bestandteile. Die Gelee-artige Form beruht auf dem Aufbau der Platten aus Agar. Bei den zusätzlichen Bestandteilen handelt es sich um die Base Natriumhydroxid (NaOH) und Phenolphthalein, ein Indikator, der sich in einem basischen Milieu rosa verfärbt.
- Gehen Sie in diesem Zusammenhang darauf ein, dass Indikatoren ihre Farbe bei einem bestimmten pH-Wert verändern können. Zum Beispiel ist Phenolphthalein in einer basischen Lösung rosa, in sauren Lösungen hingegen farblos.

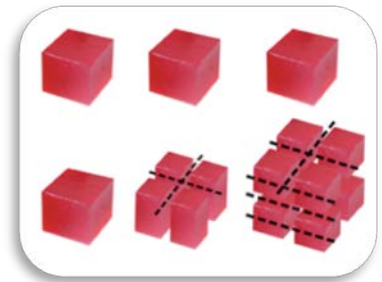
Hinweis: als Ersatzstoff für Phenolphthalein empfiehlt sich der Indikator Thymolphthalein

(3) Erarbeitung I (20 min): Planung des experimentellen Designs.

- Die Schüler sollen sich in ihren Kleingruppen ein Experiment zur unten aufgeführten Fragestellung und zur Einstiegsproblematik überlegen sowie ihr „Experimentelles Design“ in Aufgabestellung 2 skizzieren:
„Welchen Einfluss hat die Größe des Medikaments auf die Freisetzung beziehungsweise die Absorption des Wirkstoffs?“
- Geben Sie den Gruppen wenn nötig Hilfestellung/ Feedback zu den Experimenten.

- Anschließend sollte eine Plenumsdiskussion der einzelnen Versuchsaufbauten erfolgen.

Hinweis: Stellen Sie sicher, dass die Agarwürfel eine unterschiedliche Größe aber das gleiche Gesamtvolumen haben. Das heißt: es wird von gleich großen Würfeln, beispielsweise $3 \times 3 \text{ cm}^3$, ausgegangen, der eine bleibt bei dieser Größe, aus den anderen kann eine unterschiedliche Anzahl neuer Würfel erstellt werden, wie z.B. 4 oder 16 (siehe unten).



Hinweis: Es werden auch Agarwürfel in Einheit 4. benötigt. Bitte behalten Sie 4-5 Agarwürfel bei Raumtemperatur in Reserve, um zu zeigen, dass Bakterien auf ihnen wachsen.

Teil 2



Erarbeitung II (30 min): Durchführung des Experiments.

- Bitten Sie die Schüler das von Ihnen geplante Experiment in den einzelnen Kleingruppen durchzuführen. Der Protokollant ist für die Erstellung eines Laborjournals zuständig.



Hinweis: Während des Experimentierens sollten sie für eine erfolgreiche Umsetzung folgendes beachten (4):



- Achten Sie auf die Einhaltung der Sicherheitsanweisungen/ sicheres Experimentieren (**v.a. Kittel, Schutzbrille und -handschuhe tragen**).
- Achten Sie darauf, dass die Agarwürfel gleichmäßig zerteilt werden (so dass die resultierenden kleineren Würfel die gleiche Größe haben).
- Stellen Sie sicher, dass die Würfel vollständig in die Säurelösung eingetaucht werden und dass der Flüssigkeitspegel mindestens 3 cm oberhalb der Würfel ist.
- Die Agarwürfel sollten zuerst filtriert werden, bevor mit den Messungen begonnen wird.



- Die Schüler sollen den Fortschritt und das Ergebnis der Experimente festhalten. Dabei können Filme und Fotos mit Zeitraffer-Apps oder andere Web 2.0 Tools aufgenommen werden (z.B. mit Lapse It, One Second Everyday, Animato, etc.). Die dazugehörige Aufgabenstellung finden Sie auf dem Schülerarbeitsbogen unter 3a.
- Die Schüler vervollständigen die Tabelle in der Aufgabenstellung 3b mit ihren Ergebnissen (5).

Gesamt- volumen des Würfels (cm ³)	Stückzahl, aus der der Würfel besteht	Gesamtvolumen der nicht ausgebleichenen Teile des Würfels (s) (cm ³)	Gesamt- volumen der ausgebleichenen Teile (cm ³)	Fläche des Würfels (A) (cm ²)	Oberfläche / Volumen (cm ⁻¹)

- Die Schüler fertigen einen Graphen an, indem sie das Gesamtvolumen gegen das Gesamtvolumen der gebleichten Teile des Würfels auftragen. Der Graph soll in Aufgabe 4 gezeichnet werden.
- Die Schüler diskutieren den Zusammenhang zwischen der Größe der gesamten Tablette und der Wirkstoff-Freisetzung. Ihre Ergebnisse sollen in der Aufgabenstellung 5 festgehalten werden.
- Die Schüler sollen ihre Laborjournale auf die Edmodo Seite hochladen.

Sicherung (10 minutes):

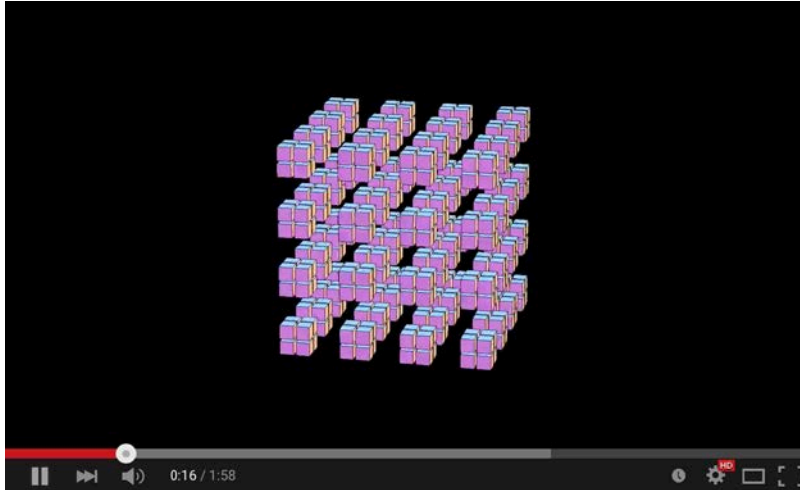
- Die Ergebnisse der Gruppen werden gesammelt und evtl. bei einem Galeriegang im Plenum besprochen **(6)**.



- Die Schüler sollen nun die Hypothesen aus der Einstiegsphase mit den Ergebnissen aus den Versuchen vergleichen und diesen Prozess in Aufgabe 6 reflektieren.

- (Zeigen sie bei Bedarf die Animation "Nanotechnologie: Zerteilung eines Nanowürfels") **(7)**.

<http://www.youtube.com/watch?v=HBllrJuBSto>












**Hausaufgabe:**


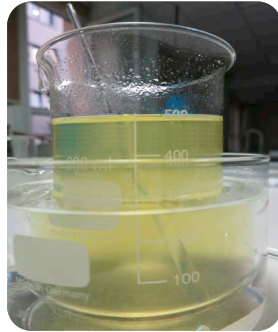



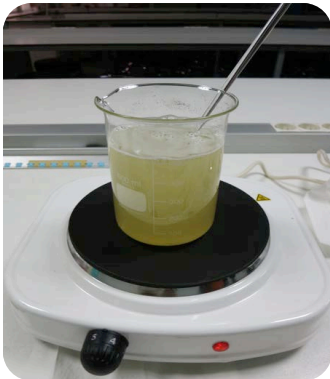

- Die Schüler fertigen Concept-Maps mit den Inhalten der Stunde an. (z.B. mit der App Mindomo)
- Die Schüler laden ihre Laborjournale und ihre Ergebnisse der Experimente auf die Edmodo Seite hoch.

Hinweis: Klassen mit jüngeren Schülern und wenig Erfahrung beim Umgang mit Chemikalien sowie beim Experimentieren könnten Sie anstatt der Agarwürfel alternativ die Auflösengeschwindigkeit von verschiedenen Zuckersorten (Puderzucker, Kristalliner Zucker, Kandis-Zucker) in Wasser testen und so die Wirkung unterschiedlich großer Oberflächen zeigen.

Stunde 3 – Herstellung der Agarwürfel

Materialien

	500 mL dest. Wasser		
	15 g Agar		Waage
	5 mL 0,1 % Phenolphthalein		Heizplatte
	~ 30 mL 0,1 M NaOH-Lösung		Eiswürfelbehälter, Auf- bewahrungsboxen
	500 mL Messbecher		Lineal
	Glasstäbe		Thermometer
	10 mL Messzylinder		

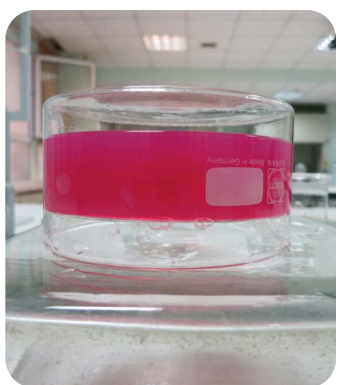
Vorgehen		ca. 45 min	
1.		4.	 <p>Nehmen Sie den Messbecher mit hitzefesten Handschuhen von der Heizplatte und lassen Sie ihn einige Minuten abkühlen, bevor Sie ihn in das Wasserbad (evtl. mit Eis) stellen. Die Temperatur sollte gleichmäßig auf 50° C runter kühlen (regelmäßiges Rühren).</p>
2.	 <p>Geben Sie 500 mL dest. Wasser in den Messbecher.</p>	5.	  <p>Geben Sie 5 mL 1% Phenolphthalein zur Agar-Lösung in den Messbecher.</p>
3.	 <p>Geben Sie den Agar zum dest. Wasser in den Messbecher. Erhitzen Sie die Lösung auf einer Heizplatte, bis die Lösung am Boden anfängt leicht zu kochen (Lösung wird klar), und rühren sie regelmäßig mit dem Glasstab um. Danach sollte die Lösung noch etwa 5 Minuten kochen und ca. 100°C erreichen.</p>	6.	 <p>Geben Sie ca. 30 mL 0,1 M NaOH-Lösung in den Messbecher.</p>

7.



Geben Sie die Lösung in den Eiswürfelbehälter oder einen anderen Behälter ihrer Wahl. Gießen Sie die Flüssigkeit durchgehend und ohne abzustoppen in die Form (sonst entstehen Luftblasen). Ideal wären Formen mit einer Grundform für 3x3 cm Würfel.

Hinweis: Wenn Sie Glasbehälter verwenden, sollte es einfacher sein, den festen Agar aus seinem Behälter zu lösen. Ansonsten sollte es helfen, das Behälter kürz zu erwärmen.











Hinweis: Wenn Sie keine Eiswürfelform verwenden, wäre es ratsam, den Agar bei einer Höhe von 3 cm abkühlen zu lassen.



Stunde 3 – Modellierung der Medikamentenfreisetzung

Materialien

	<p>drei 500 mL Bechergläser</p>
	<p>ca. 1000 mL 0,2 M HCl-Lösung</p>
	<p>drei Agarwürfel mit dem gleichen Volumen, aus 0,1 M NaOH, 1% Phenolphthalein und 15 g Agar (idealerweise Würfel mit einer Kantenlänge von 3 cm) (siehe Anleitung zur Herstellung der Agarwürfel)</p>
	<p>100 mL Messzylinder</p>
	<p>Lineal</p>
	<p>Messer</p>
	<p>Spatel</p>
	<p>Filterpapier</p>

Vorgehen

1.



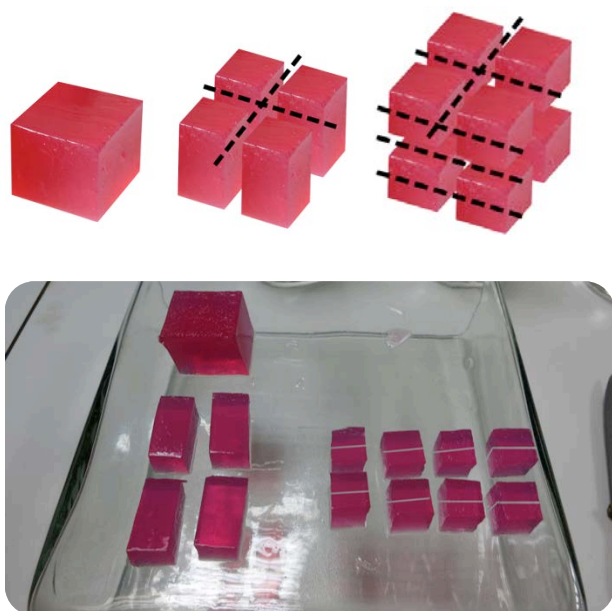
Befüllen Sie die Bechergläser jeweils mit 300 mL 0,2 M HCl-Lösung.

3.



Geben Sie den ersten Würfel in das erste Becherglas, die 4 kleineren in das Zweite und die 16 kleinen in das dritte Becherglas (Handschuhe tragen!).

2.



Teilen Sie die Würfel wie folgt: Lassen Sie den Ersten ganz, vierteln Sie den Zweiten und den dritten Würfel teilen Sie in 16 Teile, wie in der Abbildung zu sehen.

4.



Wenn die Agarwürfel, in denen die Base Natriumhydroxid enthalten ist, in eine salzsaure Lösung gegeben wird, beginnt eine Neutralisationsreaktion. Als Ergebnis dieser Reaktion ist eine Entfärbung der Würfel von den Oberflächen aus sichtbar.

5.



Warten Sie bis die 16 kleinen Würfel vollständig entfärbt sind. (~15 Minuten).

7.



Lassen Sie die Schüler die entfärbte Oberfläche der Würfel vermessen, um die Aufgaben (3b, 4 & 5) lösen zu können.

6.



Nehmen Sie die Agarwürfel aus den Bechergläsern (Handschuhe tragen!) und legen Sie sie zum Trocknen auf ein Filterpapier.










Gefährdungsbeurteilung

1. Entfärbung von Agarwürfel

Die Würfel werden durch Zugabe von 30mL Natriumhydroxid-Lösung und 5mL Phenolphthalein-Lösung in eine Agar-Lösung erhalten. Nach der Aushärtung werden diese in eine salzsaure Lösung gegeben und anschließen abfiltriert.

2. Einstufung der Gefahrenstoffe

Bezeichnung des Stoffes	Gefahrensymbol	H-Sätze	P-Sätze
Salzsäure 0,2 M	 	<u>290-314-335</u>	<u>234-260-304+340-303+361+353305+351+338-309+311-501</u>
Natriumhydroxid 0,1 M	 	<u>290-314</u>	<u>280-301+330+331-305+351+338-308+310</u>
Phenolphthalein-Lösung 0,1% in Ethanol	  	<u>225-350-341-361f</u>	210-280-303+361+353

3. Entsorgung

Natriumhydroxid und Salzsäure werden neutralisiert und entsorgt. Phenolphthalein wird im Behälter für organische halogenfreie Substanzen entsorgt.

4. Substitution von Gefahrenstoffen

Substitution nicht erforderlich: risikoarmer Standardversuch







5. Gefahrenabschätzung

Gefahren	Ja	Nein
Durch Einatmen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch Hautkontakt	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brandgefahr	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Explosionsgefahr	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Sonstige Gefahren:

Ethanol, welches als Lösungsmittel verwendet wird, ist leicht

6. Ergebnis

Lehrerexperiment <input type="checkbox"/>				Schülerexperiment <input checked="" type="checkbox"/>		
						Weitere Maßnahmen: Die Phenolphthalein-Lösung wird durch die Lehrkraft vorgelegt.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

4

Bakterien
sichtbar
machen

Stunde 4 – Bakterien sichtbar machen

Kurzbeschreibung:

Der Einstieg erfolgt durch eine Agarplatte aus der vergangenen Stunde, auf der Bakterien gewachsen sind. Die SuS erkennen, dass es analytischer Hilfsmittel wie dem Lichtmikroskop oder Elektronenmikroskop bedarf, um kleinste Lebewesen / Objekte sichtbar zu machen. Die Funktionsweise, der Vergleich und die Auflösungsgrenzen dieser Hilfsmittel stehen im Zentrum der Stunde. Ausgehend vom Auge wird die notwendige Vergrößerung kleinster Objekte zunächst durch das Lichtmikroskop, über das Elektronenmikroskop, bis hin zum Rasterkraftmikroskop thematisiert.

Lernziele:

Schülerinnen und Schüler lernen...

- zu beschreiben, welche Umgebung Bakterien benötigen um sich zu vermehren.
- die Funktionsweise von Lichtmikroskop, Elektronenmikroskop und vom AFM zu beschreiben.
- den Begriff Auflösungsgrenze erklären und das Gesetz von Abbe zu beschreiben.
- Lichtmikroskop und Elektronenmikroskop kriteriengeleitet zu vergleichen.

Grundkonzepte:

- Größe und Maßstab
- Bildgebungsverfahren (Lichtzeigerkonzept, Vergrößerung durch Linsen etc.)
- physikalische Grenzen von Hilfsmitteln

Materialien und Medien

- Schülerarbeitsbögen für die Lektion/Einheit 4
- Agarplatte aus der vorherigen Stunde mit Mikroorganismen
- Lichtmikroskope
- PowerPoint-Präsentation mit Bakterien-Aufnahmen
- Cuttermesser
- (Aufnahmegeräte (z.B. Smartphone, Fotoapparat), meistens bei den SuS vorhanden)
- Material für Übung 1 „Was befindet sich auf dem Grund der Kiste?“:
 - große Schuhkartons mit einem kleinen Loch (\varnothing 2cm) für Stäbe:
 - der Boden des Schuhkartons wurde präpariert mit Legosteinen, Perlen oder kleinen Kugeln
 - Stäbe, die als Sonde verwendet werden können (unterschiedlich lange und schmale Gegenstände wie Stricknadeln, Wattestäbe, Kochlöffel)
- Material für Übung 2: „Wie können Objekte im Nanomaßstab abgebildet werden?“
 - mehrere kleine Boxen / Verpackungen (z.B. Heftklammerverpackung, Aspirin-Verpackung etc.) die mit einem kleinen, festen Gegenstand präpariert sind (z.B. Nachfüllbehälter für Bleistiftminen).
 - Nähnadeln oder Stecknadeln
 - Lineal 10-15 cm lang

- Video-Link für AFM-Funktionsweise:

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

- Paper, aus dem Übungen 1 & 2 entnommen wurden:

Schwarzer S., Akaygun S., Sagun-Gokoz B., Anderson S., & Blonder B. (2015). Using Atomic Force Microscopy in Out-of-School Settings—Two Case Studies Investigating the Knowledge and Understanding of High School Students. *Journal of Nanoeducation*, 7, 10-27.

- Edmodo Plattform

Hinweis:

Die bewachsenen Agar-Platten müssen nach Gebrauch autoklaviert werden. Sollte das in der Schule nicht möglich sein bitte gut verpackt an eine Einrichtung verschicken die das für Sie übernehmen kann.

(1) Einstiegsphase (ca. 15 min): Bakterien wachsen auf Agarböden.

- Phase 1 und 2 verlaufen überwiegend im Unterrichtsgespräch!
- Zeigen Sie die Organismen, die auf den Agarwürfeln aus Stunde 3 gewachsen sind.

„Welche Veränderungen habt Ihr auf den Agarwürfeln bemerkt und was kann die Ursache dafür sein?“



Hinweis: mögliche Schülerantworten:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| • Es schimmelt. | • Keime sind gewachsen. |
| • Es ist verschmutzt. | • Bakterien sind gewachsen. |
| • Es ist staubig. | • Mikroorganismen sind gewachsen. |
| | • Viren sind gewachsen. |

- Teilen Sie die Schüler in 4er/ 5er-Gruppen ein und teilen Sie die Schülerarbeitsbögen aus.
- Fragen Sie die Schüler:

„Ist es möglich, alle Veränderungen auf dem Agar mit dem bloßen Auge zu sehen?
(Wenn ja, warum?)“

„Wie sind die Veränderungen auf dem Agar zu Stande gekommen?“

- Die Schüler diskutieren die Fragen in ihren Kleingruppen.

Hinweis: Bei Bedarf können Sie darauf hinweisen, dass Agar Laktose (Milchzucker) enthält.

Mögliche Schülerantworten:

- Die Mikroorganismen haben sich vom Zucker aus der Umwelt ernährt.
- Die Mikroorganismen haben sich vom Zucker aus der Umwelt ernährt, sie sind gewachsen und haben sich vermehrt.
- Die Schüler notieren ihre Aussagen und beantworten die Aufgaben 1 - 3.

(2) Überleitung I (ca. 5 min): Auflösungsgrenze der Augen

- Fragen Sie die Schüler:

„Da wir die Organismen, die die Veränderungen verursacht haben, nicht sehen können, wie können wir die Existenz der Organismen auf den Agarwürfeln beweisen?“

„Wie klein ist das kleinste Objekt, das mit dem bloßen Auge gesehen werden kann?“

Hinweis: mögliche Schülerantworten:

- Staub
- Kreidepulver
- Haarsträhne
- Kratzer auf Glas, etc.

Hinweis: Wir können Objekte bis zu einer Größe von 0,1 mm mit dem bloßen Auge sehen.

„Wie können wir Bilder von Objekten aufnehmen / sehen, die wir mit dem bloßen Auge nicht sehen können?“

Die Schüler können einige der folgenden Antworten vorschlagen:

- Lupe
- Mikroskop
- Elektronenmikroskop
- Die Schüler notieren ihre Aussagen und beantworten die Aufgaben 4 - 6.

**(3) Erarbeitung I (ca. 15 min): Mikroskopieren der Mikroorganismen**

- Die Schüler beobachten die Mikroorganismen unter dem Mikroskop und fertigen eine Zeichnung an. (Aufgabe 7)

Hinweis: Die Schüler können ihre Beobachtungen mit einem Foto festhalten (einfach mit dem Handy durch das Mikroskop fotografieren) und dieses, wie auch ihre Zeichnung, auf Edmodo hochladen.

(4) Überleitung II (ca. 15 min): Auflösungsgrenze des Lichtmikroskops

Teilen Sie die Gruppen in zwei Hälften. Die erste Hälfte der Schüler erarbeiten sich den Inhalt des Briefes von Abbe, die andere Hälfte den Zeitungsartikel. Nach 5 min wird dem jeweiligen anderen Part das Ergebnis der Fragestellung (Aufgaben 9-10) präsentiert.

Ernst Abbe (1840 - 1905) hat für die Auflösung eines Mikroskops eine untere Grenze gefunden, das Abbe - Kriterium. Im Jahre 1873 schrieb er an einen Freund:

*„[...] Das Licht ist der ausschlaggebende Faktor! Objekte, die weniger als die halbe Wellenlänge des verwendeten Lichts auseinander liegen, sollten in einem Mikroskop nicht zu unterscheiden sein. Viele Zellorganellen, Viren, Gene etc. sind allerdings ein ganzes Stück kleiner. Wir haben also ein physikalisches Gesetz, **die Auflösungsgrenze**, welche uns eine Grenze vorgibt, es gibt*

aber so viele Strukturen unterhalb dieser Grenze, die wir uns gerne anschauen würden. Für viele eine Ironie des Schicksals, für manche eine Herausforderung. [...]“

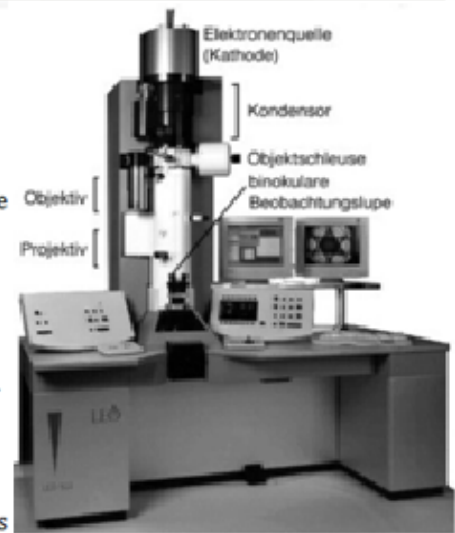
- Fragen Sie die Schüler, welches Problem Abbe entdeckt hat und wo er eine Lösung sieht.

Hinweis: Die **Auflösungsgrenze** ist die kürzeste Entfernung zwischen zwei getrennten Punkten, die immer noch als getrennte Punkte unterschieden werden können.

$$d = \frac{\lambda}{2NA}$$

Das Elektronenmikroskop

In den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts gelang durch einen technischen Durchbruch auf dem Gebiet der Mikroskopie ein Meilenstein. Das Elektronenmikroskop wurde erfunden. Ein Mikroskop, das die vergrößerte Abbildung eines Objektes oder einer Struktur nicht mit Hilfe von Lichtstrahlen, sondern mit einer Elektronenstrahlung erzeugt. Der Grund ist einfach: die Wellenlänge des Lichts begrenzt das Auflösungsvermögen eines Lichtmikroskops. Wegen der sehr viel kürzeren Wellenlänge von Elektronenstrahlung kann man mit einem Elektronenmikroskop nur Strukturen bis zu einer minimalen Länge von 0,1 Nanometern betrachten. Damit ist das Auflösungsvermögen eines Elektronenmikroskops fast 1.000 x größer als das eines Lichtmikroskops.



- Fragen Sie die Schüler, wo der Unterschied zwischen Lichtmikroskopie und Elektronenmikroskopie besteht?
 - Zeigen Sie für alle Schüler das Video „Wie ein Elektronenmikroskop funktioniert - Winzlingen auf der Spur“ (5), die Schüler machen sich Notizen zur Funktionsweise des Elektronenmikroskops (Aufgabe 11).
- <https://www.youtube.com/watch?v=aHx7uqyCHwM>



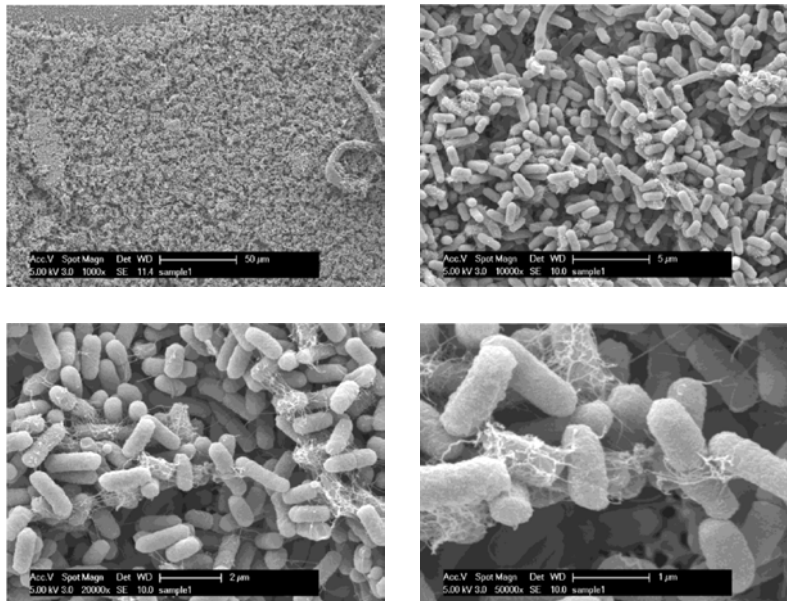
(6) Erarbeitung II (ca. 15 min): Vergleich Lichtmikroskopie/ Elektronenmikroskopie.

- Fragen Sie die Schüler:

„Was für ein Bild würden wir erhalten, wenn die Bakterienproben mit einem REM anstelle von einem Lichtmikroskop untersucht worden wären.“

Hinweis: Die Schüler können einige der folgenden Antworten vorschlagen:

- o detailliertes Bild
 - o größeres Bild
- Zeigen Sie die REM-Aufnahmen von Bakterien von Muskin et al. (2008) in einer Power-Point-Präsentation. Gehen Sie dabei auf die Vergrößerungen ein.



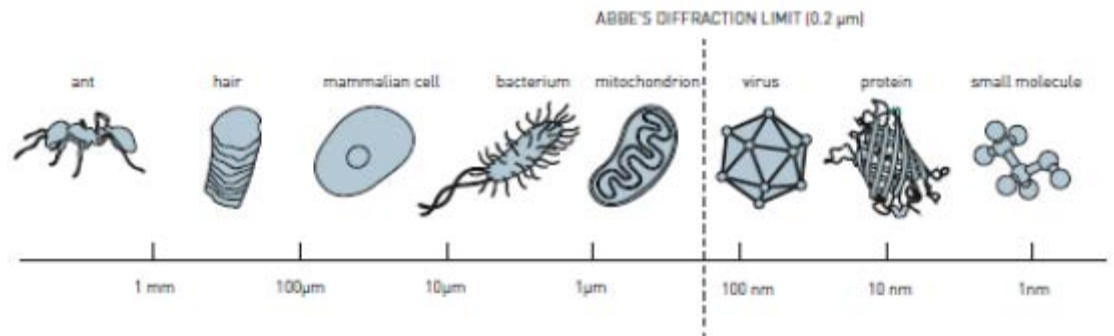
- Im Anschluss sollen die Schüler einen Vergleich zwischen Elektronen- und Lichtmikroskop anhand einer Tabelle aufstellen (Aufgabe 12).

„Vergleicht die Aufnahmen des Lichtmikroskops und des Elektronenmikroskops miteinander in Bezug auf die Lichtquelle, die Auflösung und die maximale Vergrößerung.“

	Lichtmikroskopie	Elektronenmikroskopie
Lichtquelle	Sichtbares Licht ($\lambda = 400\text{-}700\text{ nm}$)	Elektronenstrahl ($\lambda = 0.005\text{ nm}$)
Auflösung	0,25 μm	2 nm
Maximale Vergrößerung	1400x	1.000.000x

- Die Schüler weisen den Objekten auf der Abbildung die notwendigen Abbildungsgeräte Lichtmikroskop, Elektronenmikroskop und Auge zu.

Diese sollen im Anschluss auf den Größenstrahl übertragen werden.



(7) Erarbeitung III (ca. 30min): Funktionsweise von Rasterkraftmikroskopen (AFM).

- Teilen sie die Klasse in 2 Gruppen. Gruppe A führt Übung 1 und Gruppe B Übung 2 durch. Anschließend präsentieren die Gruppen ihre Ergebnisse. Sie können allerdings auch nur eine Übung durchführen.
- **Übung 1** „Was befindet sich auf dem Grund der Kiste?“ (ca. 15min)
- Geben Sie den Schülern die vorbereiteten Materialien (Karton & unterschiedliche Stäbe) zum Experimentieren und die Anleitung zur Durchführung.

Hinweis: Wenn Sie den Karton für diese Übung vorbereiten, dann bringen sie kleine feste Gegenstände (z.B. Perlen, Legosteine) nebeneinander auf dem Boden an. Machen Sie ein Loch auf der Seite der Box mit einem Durchmesser von ca. 2 cm. Decken Sie dann das Loch mit einem Stück Papier ab, so dass man das Innere der Box nicht sehen kann.



- Fragen Sie die Schüler:
 - „Haben euch die Stäbe geholfen, den Boden der Box genauer zu untersuchen? Welcher hatte den besten Effekt und warum? Was wäre passiert, wenn ihr mehr Kraft während der Untersuchung der Objekte aufgewendet hättet?“

Hinweis : mögliche Antworten der Schüler:

- Die einfachste Untersuchung ist mit dem Stab gelungen, der die feinste Spitze hat.

- Mehr Kraft mit dem Stab würde die Struktur beschädigen und/oder die Spitze könnte abbrechen.
- Zeigen Sie das Video: „Funktionsweise eines AFM“, die Schüler machen sich Notizen zur Funktionsweise des Rasterkraftmikroskops (AFM) (relevante Zeiten: 3.42-5.08 & 5.51-6.35)
- <https://www.youtube.com/watch?v=fivhcWYEtKQ>
- Stellen Sie nun die Verbindung zwischen Übung und Video her.

„Was ist das Ergebnis der Übung, was ist auf dem Boden der Kiste?“

„Was könnten die verwendeten Materialien (Stange, Nadel, Box, Objekt) beim Rasterkraftmikroskop darstellen?“

Hinweis: Die Schüler könnten antworten, dass die Stäbe die Spitze des Mikroskops und die Objekte am Boden eine Oberfläche darstellen.

Diese Geräte werden für sehr kleine (nanoskalige) Größen-Einheiten verwendet und nehmen Bilder durch das Abtasten der Oberfläche mit einer scharfen Spitze auf.

➤ **Übung 2** „Wie können Objekte im Nanomaßstab abgebildet werden?“ (ca. 15min)

- Geben Sie den Schülern die vorbereiteten Materialien (Karton & unterschiedlich spitze Gegenstände) zum Experimentieren und die Anleitung zur Durchführung.

Hinweis: Wenn Sie den Karton für diese Übung vorbereiten, dann bringen Sie einen kleinen festen Gegenstand (z.B. den Nachfüllbehälter von Bleistiftminen) auf der inneren Bodenfläche der Box an. Stellen Sie sicher, dass sich das Objekt nicht bewegen oder zerbrechen kann. (Objekte wie ein Radiergummi oder ein Stück Würfelzucker sind eher ungeeignet).

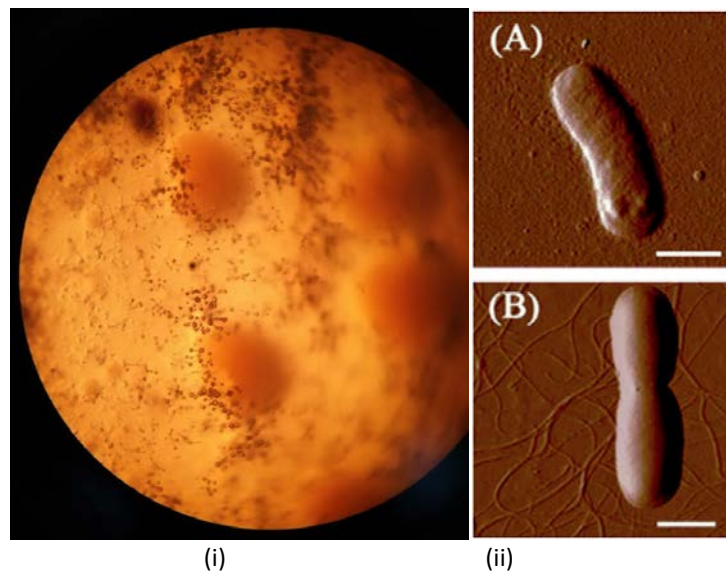


- Zeigen Sie das Video: „Funktionsweise eines AFM“, die Schüler machen sich Notizen zur Funktionsweise des Rasterkraftmikroskops (AFM) (3.42-5.08 & 5.51-6.35)
- <https://www.youtube.com/watch?v=fivhcWYEtk>
- Stellen Sie nun die Verbindung zwischen Übung und Video her.
- Fragen Sie die Schüler:
 „Welche Form/ Größe hat das Objekt in der Box und wo ist es positioniert?“
 „Was könnten die verwendeten Materialien (Stange, Nadel, Box, Objekt) beim Rasterkraftmikroskop darstellen?“

Hinweis: Die Schüler könnten antworten, dass die Stäbe die Spitze des Mikroskops und die Objekte am Boden eine Oberfläche darstellen.

Die Geräte werden für sehr kleine (nanoskalige) Größen-Einheiten verwendet und nehmen Bilder durch das Abtasten der Oberfläche mit einer scharfen Spitze auf.

- Halten Sie die Ergebnisse an der Tafel fest.
- **Abschließender Vergleich zwischen Lichtmikroskop und AFM (für beide Gruppen)**
- Zeigen Sie die rasterkraftmikroskopischen Aufnahmen von E. Coli und B. Subtilis (Liu et al., 2010).
- Die Schüler sollen die Aufnahmen vom Lichtmikroskop und vom AFM vergleichen.



Hinweis: Bild (i) ist eine lichtmikroskopische Aufnahme von Kolonien des Bakteriums E. Coli, (ii) ist eine AFM-Aufnahme von einzelnen Bakterien der Stämme E. Coli (A) und B. Subtilis (B). Die Skala (weiße Scale bar) in den Bildern (A) und (B) ist jeweils 1 μm groß.

Hausaufgabe:

Die Schüler laden ihre Ergebnisse der Übungen und ihre Lernreflexion auf die Edmodo Seite hoch.

5

Synthese von
AgNP und
Untersuchung
des anti-
bakteriellen
Effekts

Stunde 5 – Synthese von AgNP und Untersuchung des antibakteriellen Effekts

Kurzbeschreibung

In dieser Unterrichtsstunde soll darauf eingegangen werden, welchen Effekt Nanopartikel in Produkten haben. In diesem Zusammenhang soll von den Lernenden ein kontrolliertes Experiment zur Untersuchung der Effektivität der AgNP auf das Bakterienwachstum durchgeführt werden. Dazu werden parallel in der Klasse die Nährmedien und die AgNP-Lösung hergestellt und anschließend gemeinsam als Kultur-Experiment aufgesetzt. Dieses läuft über ca. 72h und soll zweimal täglich analysiert werden. Zudem wird die Rolle des Citrats bei der AgNP-Synthese thematisiert. Des Weiteren beschäftigen sich die Lernenden mit den Größenverhältnissen zwischen AgNP, Ag-Atomen und Ag^+ -Ionen und berechnen die Anzahl von Ag-Atomen in einem AgNP.

Lernziele

Schülerinnen und Schüler lernen...

- ein kontrolliertes Experiment zur Untersuchung des antibakteriellen Effekts von Silbernanopartikeln zu planen und durchzuführen.
- die Größe von Silbernanopartikeln mit der von Atomen, Ionen und Molekülen zu vergleichen.
- näherungsweise die Anzahl der Silberatome in einem Silbernanopartikel zu berechnen.
- nach einer vorgegebenen Anleitung Silbernanopartikel zu synthetisieren.
- die Reduktion anhand der Synthese der Silbernanopartikel nachvollziehen zu können. (nur in höheren Klassenstufen)

Grundbegriffe

- Silbernanopartikel (AgNP)
- Agarnährstoffumgebung
- Antibakterieller Effekt
- Synthese

Materialien und Medien

- Arbeitsbögen
- Broschüre „nosokomiale Infektionen“ aus der 1. Stunde
- Versuchsanleitungen: Ansetzen der Hefe-Suspension / Herstellung von AgNP / Ausplattierung der Proben
- Benötigte Materialien → siehe Versuchsanleitungen 1-3
- Experimentalwerte zur Größe von AgNP, Ag^+ - und NO_3^- -Ionen und Ag-Atomen
- Abbildung „AgNP-Synthese“ auf Folie
- Abbildung „Kugel-Teilchen-Modell von AgNP“ auf Folie
- Overhead-Projektor

Hinweis:

Die bewachsenen Agar-Platten müssen nach Gebrauch autoklaviert werden. Sollte das in der Schule nicht möglich sein, müssen diese, gut verpackt, an eine Einrichtung verschickt werden, welche die Dampfsterilisation übernehmen kann.

Einstieg und Überleitung (8 Minuten):

Welche Wirkung haben Nanopartikel in Produkten?

(1) Zeigen Sie den Lernenden zunächst die Broschüre aus der 1. Stunde, die Wege zur Vorbeugung nosokomialer Infektionen darstellt und erinnern Sie diese an dessen Inhalt. In diesem Zusammenhang sollten Sie auf Nanopartikel-enthaltende Produkte eingehen und die Lernenden nach Beispielen für solche fragen. Hierbei sind überwiegend Nennungen verschiedener Nanoprodukte zu erwarten, die in der Broschüre aufgelistet sind.

Weiter besprechen Sie mit den Lernenden, welche Wirkung die Nanopartikel in den Produkten haben. Leiten Sie dabei die Lernenden in die Richtung der antibakteriellen Wirkung von Nanopartikeln. Halten Sie anschließend fest, dass es sich bei der Frage „Wie effektiv verhindern AgNP-enthaltende Produkte das Bakterienwachstum?“ um eine Forschungsfrage handelt, die im weiteren Verlauf dieser und der folgenden Doppelstunde untersucht wird.

Erarbeitung und Durchführung I (25 Minuten):

Hinweis: Bei den nachfolgenden Versuchen mit Mikroorganismen muss auf steriles und sauberes Arbeiten geachtet werden, da dies für erfolgreiche Ergebnisse unabdinglich ist. Sprechen Sie hierzu folgende Punkte explizit im Plenum an:

Exkurs: Steriles Arbeiten

Das bedeutet:

- Hände und Arbeitsplatz vorher mit 70%igem Ethanol desinfizieren.
- Arbeitsgeräte nur steril verwenden (Trockenschrank/Backofen für 3h bei 121°C).
- in der Nähe der Flamme arbeiten (z.B. im Radius von ca. 10 cm des Bunsenbrenners).
- Gefäße nur so lange wie nötig offen lassen (z.B. Petrischalen).
- Öffnungen von offenen Gefäßen (Becherglas, Reagenzglas etc.) vor dem Benutzen kurz abflammen.
- zwischen den Arbeitsschritten Spatel und Pinzetten in 96%igem Ethanol lagern.
- Spatel und Pinzetten vor Gebrauch kurz durch die nicht-leuchtende Bunsenbrennerflamme ziehen.
- zügig aber nicht hektisch arbeiten.

Teilen Sie die Lernenden in zwei Gruppen auf und teilen Sie die Arbeitsbögen aus. Eine der Gruppen soll die Hefekultur und die andere Gruppe die AgNP-Lösung herstellen. Anschließend sollen beide Gruppen zusammen den Versuch zur antibakteriellen Wirkung von AgNP durchführen. Teilen Sie die Lernenden jeder Gruppe für die Experimentierphase in 3er/4er-Gruppen auf. Erinnern Sie die SuS daran, den einzelnen Gruppenmitgliedern die unterschiedlichen Rollen (Material-, Zeit- und Sicherheitsmanager, Protokollant und Laborant) zuzuweisen. Weisen Sie die Lernenden zudem auf die Aufgabe 1a des Arbeitsbogens hin, wo die Beobachtungen, die während der Durchführung gemacht werden, möglichst detailliert eingetragen werden sollen.

➤ „Notiere deine Beobachtungen.“

Achten Sie beim Experimentieren der Lernenden auf sauberes und ordentliches Arbeiten und auf die strenge Einhaltung der Sicherheitsregeln. Verdeutlichen Sie die Notwendigkeit der Einhaltung der Sicherheitsregeln und des konzentrierten Arbeitens vor dem Beginn der Experimentierphase.



(2) Gruppe 1: Herstellung der Hefekultur/-suspension

Teilen Sie die Vorschrift zur Herstellung der Hefesuspension aus und lassen Sie die Lernenden nach der Anleitung die Suspension herstellen (siehe Versuchsanleitung 1 unten).



(3) Gruppe 2: Herstellung einer AgNP-Lösung

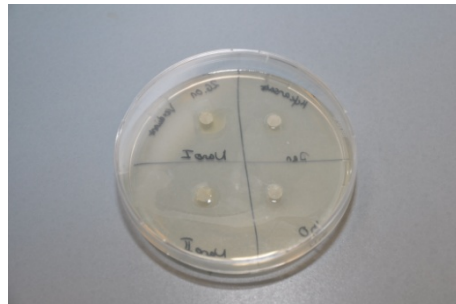
Teilen Sie die Vorschrift zur Synthese der AgNP (Versuchsanleitung 2) aus und lassen Sie die Lernenden nach der Anleitung die Lösung herstellen.

Durchführung II (25 Minuten)



(4) Wie effektiv verhindern AgNP-enthaltende Produkte das Bakterienwachstum?

In dieser Phase sollen nun die hergestellten Lösungen und Suspensionen auf ihre Wirkung getestet werden. Dabei sollen jeweils pro 3er/4er-Gruppe zwei AgNP-Lösungen, eine Positiv-Probe (Desinfektionsmittel oder Chlorreiniger) und eine Negativ-Probe (steriles Natriumchlorid) nach der Überimpfung der Hefekultur auf die zwei Agarplatten aufgetragen werden.



(5) Hinweis: Bereiten Sie bereits vor der Unterrichtsstunde die Agarplatten vor, da Sie während der Stunde keine Zeit dafür haben werden.

Erinnern Sie die Gruppen nochmal daran, zu prüfen, ob deren Gruppennummer auf den Platten vermerkt wurde.



Erläutern Sie den Lernenden, dass die beiden Petrischalen an einem warmen Ort in der Schule gestellt werden, mit einer Kamera täglich fotografiert und die Bilder anschließend auf Edmodo hochgeladen werden.

Teilen Sie den Lernenden bereits an dieser Stelle der Stunde mit, dass sie sich als Hausaufgabe die hochgeladenen Fotos ansehen und miteinander vergleichen sollen. Deren Erkenntnisse werden in der nächsten Stunde besprochen.

Sicherung II (30 Minuten)

Diskurs 1 – Welche Rolle spielt das Citrat?

(7) Hinweis: Dieser Lerninhalt soll nur mit den höheren Klassenstufen besprochen werden.

Verweisen Sie nun auf die Aufgabe 1b des Arbeitsbogens und fordern Sie die Lernenden auf, diese zunächst in Gruppen zu diskutieren und zu bearbeiten.

- „Bei dieser Synthese wurde Natriumcitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) verwendet. Erläutere die Rolle des Citrats bei der durchgeführten Reaktion mithilfe der dargestellten Abbildung.“

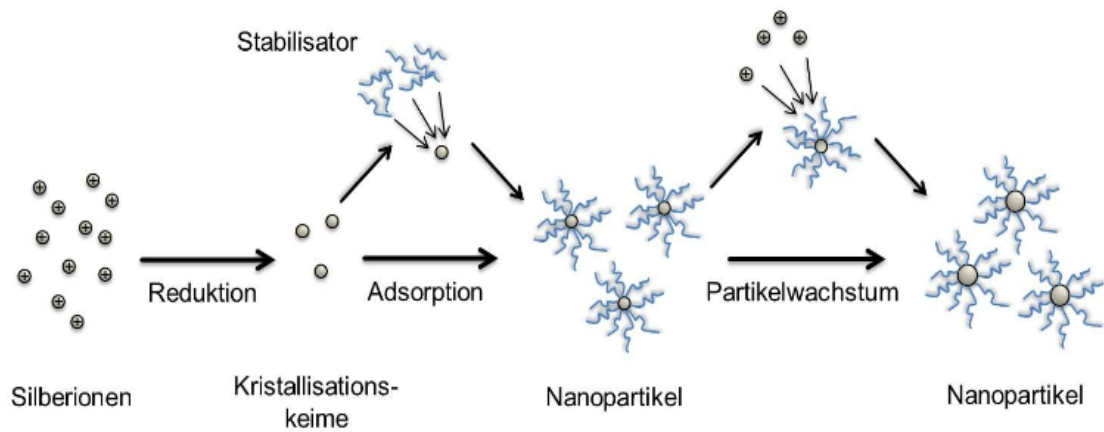


Abb. 1: Schematische Darstellung der Nanopartikelsynthese mittels nasschemischer Reduktion. (Diendorf, 2012).

Besprechen Sie anschließend die Ergebnisse der Erarbeitungsphase im Plenum. Zeigen Sie hierzu die Folie mit der Abbildung „AgNP-Synthese“ auf dem Overhead-Projektor. Bitte Sie dabei einen der Lernenden nach vorne und lassen Sie diesen die Rolle des Citrats anhand der Abbildung erklären. Anschließend sollen die anderen Lernenden ihre Meinung zu der Erklärung äußern. Stellen Sie am Ende des Unterrichtsgesprächs sicher, dass alle wichtigen Punkte von den Lernenden genannt wurden und ergänzen Sie diese gegebenenfalls.

Erklärung: Das hierbei eingesetzte Natriumcitrat wirkt sowohl als Reduktionsmittel als auch als Stabilisator. Durch das Hinzufügen von Natriumcitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) werden die Silberionen (Ag^+) zu elementarem Silber reduziert, welche sich zu Clustern zusammenfügen. In der vorhandenen Citratumgebung werden diese Cluster aus Silberatomen von einer Hülle aus Citrationen umgeben, welche somit das weitere Wachstum der Cluster verhindert und diese stabilisiert. Diese Silberatomcluster werden Silbernanopartikel genannt.

Diskurs 2 – Was sind Nanopartikel?

(8) Weisen Sie die Lernenden auf die Aufgabe 2 des Arbeitsbogens hin und fordern Sie diese auf, die Aufgabe in den jeweiligen Gruppen zu diskutieren und zu lösen.

- „Beschreibe, was unter Nanopartikeln zu verstehen ist. Überlege, inwiefern sich diese von Atomen, Ionen und Molekülen unterscheiden.“
- „Sortiere die unten aufgeführten Stoffe der Größe nach (1 – am kleinsten, 4 – am größten). Schätze, wie groß die einzelnen Teilchen sind.“

Sagen Sie den Lernenden, dass sie versuchen sollen, unter der Aufgabe 2a eine möglichst präzise Definition von Nanopartikeln aufzustellen. Weisen Sie ebenfalls darauf hin, dass die Lernenden bei der Aufgabe 2b sich überlegen sollen, auf welche Größe Sie die einzelnen Stoffe (AgNP , Ag , Ag^+ , NO_3^-) schätzen.

Besprechen Sie nach der Bearbeitungsphase die Lösungen der Gruppen im Plenum. Achten Sie dabei darauf, dass die Definition von Nanopartikeln korrekt und vollständig ist. Führen Sie bei verschiedenen Ergebnissen der Gruppen zur Aufgabe 2b eine Plenumsdiskussion ein und lassen Sie die Lernenden dabei auch die geschätzten Größenwerte der einzelnen Teilchen besprechen und gegenseitig die einzelnen Aussagen reflektieren. Stellen Sie den Lernenden die Frage, ob ein Atom größer oder kleiner als 1 nm ist. Äußern Sie sich ansonsten zunächst kaum zu den Aussagen der Lernenden. Ziehen Sie bei der Sicherung die dargebotene Größenleiste heran und

kleben Sie die zugehörigen Teilchenkärtchen zunächst entsprechend des Diskussionsergebnisses an die Leiste.

Zeigen Sie anschließend eine Folie auf dem Overhead-Projektor mit Experimentalwerten zu den Größen der vier Teilchen und fordern Sie die die Lernenden auf, die an der Leiste dargestellte Reihenfolge zu überprüfen und ggf. begründet zu korrigieren.

Folie: $\text{Ag}^+ = 0,114 \text{ nm} < \text{Ag} = 0,114 \text{ nm} < \text{NO}_3^- = 0,33 \text{ nm} < \text{AgNP} = 50 \text{ nm}$.

Weisen Sie anschließend darauf hin, dass sowohl Ag^+ als auch Ag laut der Folie die gleiche Größe haben. Diskutieren Sie mit den Lernenden, inwiefern sich diese beiden Teilchen voneinander unterscheiden und warum diese dennoch die gleiche Größe aufweisen.

Diskurs 3 – Wie viel Ag-Atome sind in einem AgNP enthalten?

(9) Zeigen Sie die Folie mit der Abbildung „Kugel/Würfel-Teilchen-Modell von AgNP“ und stellen Sie sicher, dass den Lernenden verständlich ist, dass es sich hierbei um ein Modell handelt, welches AgNP bestehend aus kugelförmigen (links) bzw. würfelförmigen (rechts) Ag-Teilchen darstellt.

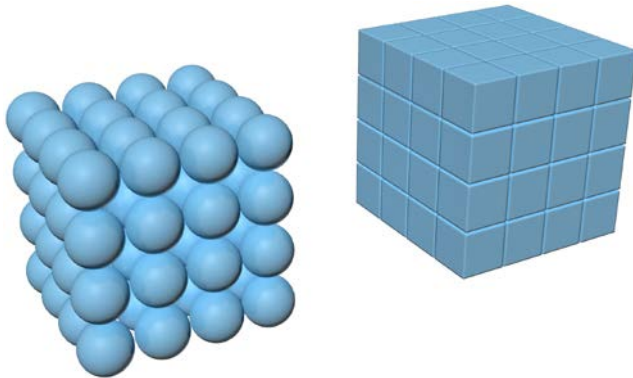


Abb. 2: Kugel/Würfel-Teilchen-Modell von AgNP (Gooß, 2016)

Erklären Sie den Lernenden, dass Teilchen in Modellen meistens in Form von Kugeln dargestellt werden. Gehen Sie ebenfalls auf den Nutzen von Modellen ein. Erörtern Sie dabei, dass Modelle dafür notwendig sind, um komplexe Sachverhalte vereinfacht darzustellen, wodurch die Arbeit mit diesen Inhalten übersichtlicher wird.

Fragen Sie die Lernenden, aus wie vielen Ag-Atomen deren Meinung nach ein AgNP besteht. Nachdem Schätzungen abgegeben wurden, fordern Sie die Lernenden auf, die Aufgabe 3 in den Gruppen zu diskutieren und zu bearbeiten.

- „Stelle eine Formel auf, mit der sich die Anzahl der Ag-Atome in einem AgNP bestimmen lässt und ermittle diese. Führe die Berechnung der Einfachheit halber näherungsweise mit würfelförmigen Teilchen durch ($d_{\text{Ag}} = 144 \text{ pm}$; $d_{\text{AgNP}} = 1,5 \text{ nm}$).“
- „Analysiere, ob sich die Anzahl der Ag-Atome in einem AgNP ändert, wenn die Näherung durch kugelförmige Teilchen erfolgt. Kreuze in der unten dargestellten Tabelle an, ob die jeweilige Behauptung richtig oder falsch ist und begründe deine Entscheidung.“

Hinweis: Die Aufgabe 3b soll nur von Lernenden der höheren Klassenstufen bearbeitet werden. Erläutern Sie, dass es sich bei dieser Berechnung um eine annähernde Anzahl von Ag-Atomen in

einem AgNP handelt, da hierbei mit einem Modell gearbeitet wird und dieses lediglich näherungsweise die Realität nachahmt.

Besprechen Sie nach der Erarbeitungsphase sowohl die aufgestellten Formeln als auch die Ergebnisse von 3a. Fordern Sie die Lernenden dabei auf, die einzelnen Aussagen zu reflektieren und leiten Sie diese zu der richtigen Formel hin. Stellen Sie anschließend die korrekte Lösung detailliert und vollständig an der Tafel dar.

Tafelbild:

$$\begin{aligned} \text{approximatives Volumen eines AgNP: } & \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(1,5 \cdot 10^{-9})^3 \\ \text{approximatives Volumen eines Ag-Atoms: } & \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(144 \cdot 10^{-12})^3 \\ \text{Anzahl eines Ag-Atoms in einem AgNP: } & \frac{\text{Volumen eines AgNP}}{\text{olumen eines Ag-Atoms}} = \frac{\frac{4}{3}\pi(1,5 \cdot 10^{-9})^3}{\frac{4}{3}\pi(144 \cdot 10^{-12})^3} = 1130. \end{aligned}$$

Besprechen Sie anschließend die Aufgabe 4b im Plenum. Achten Sie dabei darauf, dass die genannten Begründungen vollständig korrekt und nicht oberflächlich sind. Da der Wechsel zwischen den geometrischen Figuren Würfel und Kugel für einige Lernenden recht komplex sein kann, stellen Sie bei der Besprechungsphase sicher, dass der Sicherung möglichst alle Lernenden folgen können.

Abschluss (2 Minuten)

Hausaufgabe



(10) Erklären Sie den Lernenden, wie mit deren Proben weiter verfahren wird. Sagen Sie, dass die Petrischalen an einen warmen Ort in der Schule gestellt und für etwa 72 Stunden bebrütet werden. Die Petrischalen werden zwei Mal pro Tag fotografiert und die Fotos dann auf Edmodo hochgeladen. Als Hausaufgabe sollen die Lernenden diese Fotos einsehen und miteinander vergleichen. Die so dokumentierte Entwicklung soll in der nächsten Stunde besprochen werden.

Hinweis: Ein Zeitraffer-Video des Wachstums einer solchen Probe über 72 h finden Sie hier:

- <https://www.youtube.com/watch?v=yttZZZxcG9w>
- <https://www.youtube.com/watch?v=eGVrm9Ge9Z8>






Hinweis: Die bewachsenen Agar-Platten müssen nach Gebrauch autoklaviert werden. Sollte das in der Schule nicht möglich sein, schicken Sie diese gut verpackt an eine Einrichtung, welche das für Sie übernehmen kann.

Quellen

- Agnihotri, S., & Mukherji, S. (2014). Size-controlled silver nanoparticles synthesized over the range 5-100 nm using the same protocol and their antibacterial efficacy. *RSC Advances*, 4(8), S. 3974-3983. Von [pubs.rsc.org: http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/ra/c3ra44507k](http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/ra/c3ra44507k) abgerufen
- Diendorf, J. (16. 07 2012). *Silbernanopartikel - Synthese, Stabilität und biologische Wirkungen*. Von [duepublico.uni-duisburg-essen.de: https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-31001/Diss_diendorf.pdf](https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-31001/Diss_diendorf.pdf) abgerufen
- Muskin, J., Wattnem, J., Ragusa, M., & Hug, B. (2008). Real Science or Marketing Hype: Student-Designed Experiments Test the Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles. *The Science Teacher*, 75(4), S. 57-61.
- Stamplecoskie, K. G., Scaiano, J. C., Tiwari, V. S., & Anis, H. (2011). Optimal size of silver nanoparticles for surface-enhanced Raman spectroscopy. *The Journal of Physical Chemistry*, 115(5), S. 1403-1409. Von <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp106666t> abgerufen
- Tezuka, S., Chitrakar, R., Sonoda, A., Ooi, K., & Tomida, T. (2004). Studies on selective adsorbents for oxo-anions. Nitrate ion-exchange properties of layered double hydroxides with different metal atoms. *Green Chemistry*, 6(2), S. 104-109. Von <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2004/GC/b314938m#!divAbstract> und http://www.webelements.com/silver/atom_sizes.html abgerufen

Versuchsanleitung 1: Ansetzen der Hefe-Suspension

Materialien (zu besorgen / IRRESISTIBLE-Kit)

Drigalskispatel	
Nähragar (10g), Nährbouillon (1g)	
20 sterile Petrischalen	
3mL-Einmalpipetten	
Steriles 0,9%iges Natriumchlorid (10ml) (gibt es in jeder Apotheke z.B. für Inhalationsgeräte)	
96%iges Ethanol (ca. 40ml)	

Materialien (in der Schule vorhanden)

1000 mL Becherglas 500 mL Becherglas kleines Becherglas	
Glasstäbe	
Uhrengläser passend für 1000 mL und 500 mL Bechergläser zum Ab- decken	
Filterpapier (z.B. Satorius)	
Reagenzglasständer und Reagenz- gläser mit Alukappe (alternativ Alu- folie)	
Gasbrenner & Streichhölzer	
70%iges Ethanol	
Trockenschrank bzw. Backofen	Mikrowelle
Digitalwaage, Thermometer	Schüssel mit Eiswasser
Wasserfester Filzstift	Locher
Alufolie	Parafilm
Chlorreiniger (z.B. DanKlorix)	Desinfektionsmittel (z.B. Sagrotan, Sterillium)
1-2 Hefewürfel (möglichst frisch kaufen, am besten innerhalb 24h verarbeiten)	

Tag 1 (Vorbereitung der Lehrkraft)

1. Waschen und desinfizieren Sie ihre Hände. Desinfizieren sie ihren Arbeitsplatz mit 70%-igem Ethanol.

2. Bereiten Sie Folgendes für den Trockenschrank/Backofen vor:



- Lochen Sie Filterpapier (Sartorius) mit einem Locher und planen Sie für jede Schülergruppe jeweils 20 kleine Filterplättchen ein, die Sie in Alufolie packen.
- Stellen Sie für jede Schülergruppe 2 Reagenzgläser á 15 mL mit Aluminiumkappe (oder Alufolie) in einem Reagenzglasständer bereit.
- Stellen Sie ein 500 mL Becherglas mit Glasstab und Uhrenglas in Alufolie zum Ansetzen der Nährbouillon bereit.

Stellen Sie alle Utensilien in einen Trockenschrank oder in einen Backofen für 3 Stunden bei 121°C.

3. Beschriften und vierteln Sie 20 leere, sterile Petrischalen auf der Bodenseite mit wasserfestem Filzstift (Agartyp, Datum des Versuchsansatzes).



4. Wiegen Sie 10 g Nähragar in einem 1000 mL Becherglas ab und geben Sie 500 mL Wasser hinzu. Erhitzen Sie die Lösung im siedenden Wasserbad unter Schwenken oder kochen Sie diese in der Mikrowelle auf. In der Mikrowelle wird der Nähragar dreimal erhitzt und gerührt, bis der gesamte Agar gelöst ist (bis keine durchsichtigen Klümpchen mehr in der Lösung erkennbar sind).



5. Lassen Sie den Nähragar im Eisbad auf ungefähr 45°C abkühlen (am eigenen Handrücken kontrollieren, ob die Temperatur noch zu hoch ist!). Gießen Sie je 20-22 mL des abgekühlten Nähragars in die 20 Petrischalen.



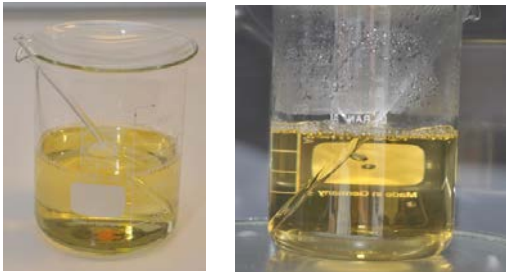
Flammen Sie dabei die Öffnung des Becherglases beim Gießen nach jedem Vorgang kurz mit Hilfe des Bunsenbrenners ab.

6. Stellen Sie die gegossenen Agarplatten zum Aushärten zur Seite (ca. 5 min). Zur weiteren Aufbewahrung lassen Sie die Agarplatten über Nacht umgedreht stehen. (Nähragar befindet sich oben).

Tag 2: Ansetzen der Hefesuspension (Schülergruppen)

1. Waschen und desinfizieren Sie Ihre Hände. Desinfizieren Sie Ihren Arbeitsplatz mit 70%-igem Ethanol.

2). Wiegen Sie 0,8 g Nährbouillon in dem vorbereiteten 500 mL Becherglas (aus Tag 1, 2c) ab und geben Sie 100 mL Wasser hinzu. Erhitzen Sie die Lösung im siedenden Wasserbad und unter Schwenken oder kochen Sie diese in der Mikrowelle auf. In der Mikrowelle wird der Nähragar dreimal erhitzt, bis der gesamte Agar gelöst ist (bis keine durchsichtigen Klümpchen mehr in der Lösung erkennbar sind).



3). Lassen Sie die Nährbouillon im Eiswasser auf Zimmertemperatur abkühlen.



4). (Während des Abkühlens) Wiegen Sie ca. 1 g der Hefe in einem kleinen Becherglas ab. Nehmen Sie dazu am besten Stücke aus der Mitte der Hefe.



5. Nach dem Abkühlen befüllen Sie 1 Reagenzglas mit 10 mL der Nährbouillon mit Hilfe einer 3mL-Einmalpipette am Bunsenbrenner. Beschriften Sie das Reagenzglas mit „Probe 0“.

Befüllen Sie 1 weiteres Reagenzglas mit 9 mL der Nährbouillon mit Hilfe einer 3mL- Einmalpipette am Bunsenbrenner. Beschriften Sie dies mit „Probe 1“.



6. Geben Sie die abgewogene Menge Hefe (ca. 1 g) in die „Probe 0“ (10 mL sterile Nährbouillon) und lösen Sie diese komplett durch Schwenken des Reagenzglases und mit Hilfe eines Glasstabs (aus der Nährbouillon) auf.



7. Nehmen Sie Probe 0 und schwenken Sie gut, um daraus mit der Einmalpipette 1 mL Lösung zu entnehmen und dies in die Probe 1 zu überführen. Schwenken Sie anschließend Probe 1 ebenfalls.



8. Stellen Sie nun den Chlorreiniger (z.B. Danklorix), das Desinfektionsmittel (z.B. Sterillium), die Natriumchloridlösung und die Silbernanopartikel-Lösung (Gruppe 2) bereit.



ersuchsanleitung 2: Synthese von Silbernanopartikeln

Materialien	
	2 mL einer 0,001 molaren Silbernitrat-Lösung (AgNO_3) Herstellung: Lösen von 0,17 g AgNO_3 in 1 L destilliertem Wasser
	7 Tropfen ($\cong 0,45$ mL) einer 1%-igen Natriumcitrat-Dihydrat-Lösung ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Herstellung: Lösen von 1 g $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in 100 mL destilliertem Wasser
	50 mL Leitungswasser
	250 mL Becherglas
	Messpipette
	Heizquelle
	Reagenzglas mit Reagenzglashalter
	Reagenzglasständer

Durchführung: Synthese von Silbernanopartikeln



1. Gebe 2 mL der 0,001 molaren Silbernitrat-Lösung in ein Reagenzglas.



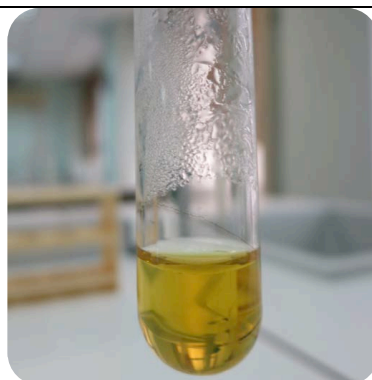
2. Fülle etwas Wasser in ein Becherglas, erwärme es bis zum Sieden und stelle das Reagenzglas in das kochende Wasser für ca. 10 Minuten.



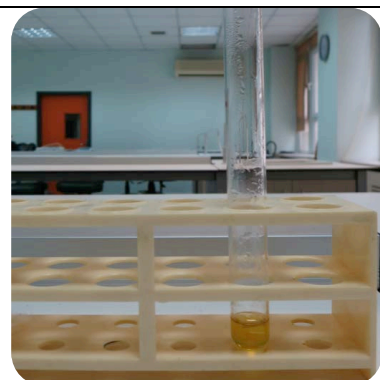
3. Gebe 7 Tropfen der 1%-igen Natriumcitrat-Lösung in das Reagenzglas.



4. Koche die Lösung so lange in dem Wasserbad, bis es zu einer Farbänderung kommt. (ca. 15 Minuten)



5. Die Farbe der Lösung muss gelblich werden.



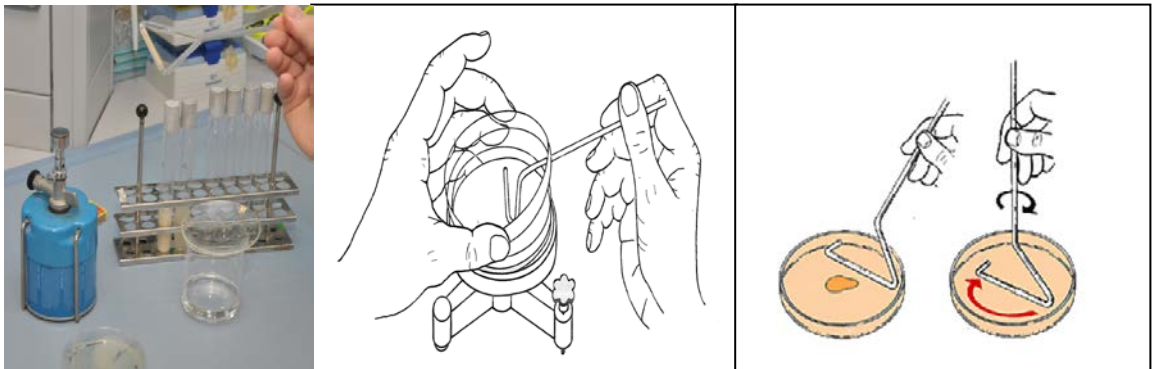
6. Sobald die Lösung eine gelbe Farbe annimmt, stelle das Reagenzglas zum Abkühlen in den Reagenzglashalter.

Versuchsanleitung 3: Ausplattierung der Proben

(Materialien siehe Versuchsanleitung 1)

1. Nehmen Sie nun zwei der vorbereiteten Agarplatten und beschriften Sie diese mit ihrer Gruppennummer sowie „Probe 0“ oder „Probe 1“. Weiterhin beschriften Sie die vier Felder mit „Nano“, „H₂O“ und der Beschriftung ihres Chlorreinigers oder des Desinfektionsmittels. Dabei sollen immer 2 Felder für die Nanopartikel zur Verfügung stehen.

2. Geben Sie nun 3 Tropfen aus der „Probe 0“ mit einer sterilen Einmalpipette (1 Tropfen entspricht 36 µL) auf eine Agarplatte. Um zügig mit dem Drigalskispatel auszuplattieren (siehe Abbildung unten), entnehmen Sie diesen aus dem Becherglas mit der 96%-igen Ethanol-Lösung und flammen diese nach einem kurzen Abstreifen des letzten Ethanoltröpfchens in der Brennerflamme ab. Danach setzen Sie den abgekühlten Spatel (ca. 10 sec. warten) leicht auf die Agaroberfläche ab. Verteilen Sie nun die Suspension mit kreisenden Bewegungen möglichst gleichmäßig über die ganze Platte, ohne die Agaroberfläche zu verletzen.

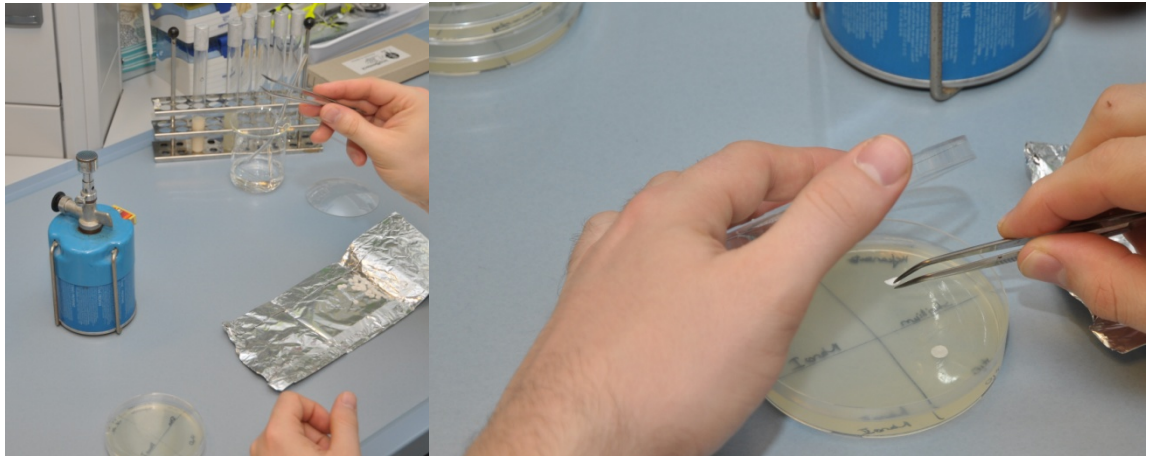


3. Dieser Vorgang wird für „Probe 1“ ebenfalls mit einer Agarplatte durchgeführt.

4. Die so behandelten Agarplatten werden mit geschlossenem Deckel für 10 min. bei Raumtemperatur stehen gelassen.

5. Mit Hilfe einer Pinzette (diese vor Gebrauch **jeder neuen** Lösung am Bunsenbrenner abflammen) tunken Sie die Filterpapiere in die dafür vorgesehenen Lösungen ein und lassen sie diese ca. 10 sec. in der Lösung ruhen. Danach lassen Sie diese für ca. 2 sec. abtropfen. Legen Sie mit Hilfe der Pinzette (diese vor Gebrauch jeder neuen Lösung am Bunsenbrenner abflammen) je ein Filterplättchen auf jedes Viertel einer entsprechend beschrifteten Agarplatte.

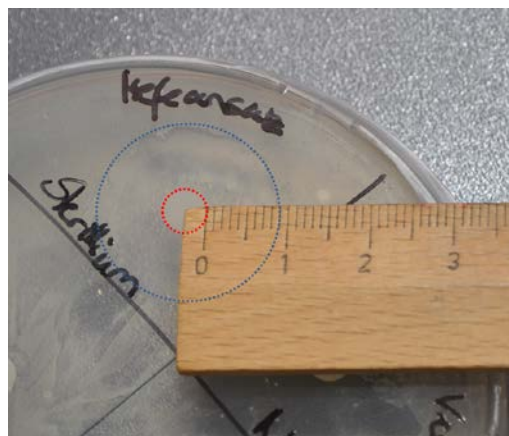
(1. H₂O, 2. Chlorreiniger oder Desinfektionsmittel, 3. & 4. Nanopartikel)



6. Lassen Sie die Agarplatten 2 min. stehen und verschließen Sie dies anschließend mit Parafilm. Die Bebrütung der Platten erfolgt bei Zimmertemperatur für 48 Stunden im umgedrehten Zustand.

7. Nehmen Sie zur Dokumentation zweimal täglich (z.B. morgens, abends) von jeder Probe ein Bild mit einer Kamera auf.

Sobald ein Hemmhof erkennbar ist (ein Bereich um das Probenplättchen, in dem das Wachstum der Hefepilze unterdrückt ist), messen Sie die Breite des Hemmhofs mit einem Lineal und tragen den Wert in die Auswertungstabelle (Excel-Datei) ein. Bei asymmetrischen Hemmhöfen misst man die Breite an mehreren Stellen und bildet einen Mittelwert.



Hinweis:

Ein Zeitraffer-Video des Wachstums einer solchen Probe über 72 h finden Sie hier:

<https://www.youtube.com/watch?v=yttZZZxcG9w>

<https://www.youtube.com/watch?v=eGVrm9Ge9Z8>

Hinweis: Die bewachsenen Agar-Platten müssen nach Gebrauch autoklaviert werden. Sollte das in der Schule nicht möglich sein, schicken Sie diese gut verpackt an eine Einrichtung, welche das für Sie übernehmen kann.

6

Anti-
bakterieller
Effekt von
Nanoprodukten

Stunde 6 – Antibakterieller Effekt von Nanoprodukten

Kurzbeschreibung

In dieser Unterrichtsstunde soll mit den Lernenden der Unterschied zwischen Darstellungen mit verschiedenen Instrumenten – Auge, Lichtmikroskop und REM – besprochen, sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile erörtert werden. Anschließend wird der Vorgang des antibakteriellen Effekts anhand eines Videos und einer Übungsaufgabe detailliert thematisiert. Weiter soll die Veränderung der Wirksamkeit dieses Effekts nach dem Waschen von Nanoprodukten analysiert werden. Hierzu werden den Lernenden Labordaten zur Verfügung gestellt, anhand der Aufgaben bearbeitet werden sollen. Ferner werden die Lernenden in Gruppen eine Podiumsdiskussion zum Thema „Einsatz von Nanopartikeln – Fluch oder Segen?“ vorbereiten, wobei sie unterschiedliche Rollen annehmen, sich entsprechende Argumente überlegen und diese verteidigen sollen. Die Diskussion wird in der folgenden Stunde durchgeführt.

Lernziele

Schülerinnen und Schüler lernen...

- den Unterschied zwischen Darstellungen mit verschiedenen Instrumenten sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile zu verstehen.
- den antibakteriellen Effekt von AgNP zu erklären.
- die Veränderung des antibakteriellen Effekts durch Waschen der Nanoprodukte nachzuvollziehen und dazu vorhandene Labordaten zu analysieren.
- eine differenzierte, breitflächige und gründliche Podiumsdiskussion zum Thema „Einsatz von Nanopartikeln – Fluch oder Segen?“ vorzubereiten.

Grundbegriffe

- Antibakterieller Effekt von AgNP
- REM-Aufnahmen
- Mikroskop-Aufnahmen
- Nanoprodukte
- Änderung der antibakteriellen Wirkung durch Waschen
- Risikodiskussion

Materialien und Medien

- Arbeitsbögen
- Abbildung „Auge / Mikroskop / REM“
- Abbildung „REM-Bilder von gesunden E. Coli“
- Abbildung „REM-Bilder von durch AgNP geschädigten E. Coli“
- Tabelle „Messwerte“
- Video „Mit Silber in der Faser gegen Bakterien“
- Artikel für die Podiumsdiskussion
 - „Nanosilber – Der Glanz täuscht“
 - „Nanosilber in Medizinprodukten“
 - „Nanotechnologie – Politik und Gesetze“
 - „Nanotechnik für Mensch und Umwelt“

Einstieg (15 Minuten):

Inwiefern unterscheiden sich Aufnahmen verschiedener Instrumente?

(1) Zeigen Sie zunächst die erste Abbildung „Auge / Mikroskop / REM“ auf dem Overhead-Projektor.



Abb. 3: „Auge / Mikroskop / REM“ (Muskin et al., 2008).

Fordern Sie die Lernenden auf, die einzelnen Bilder miteinander zu vergleichen und fragen Sie diese, ob es sich hierbei um ein und dasselbe Objekt handelt. Nachdem die Lernenden eingesehen haben, dass es sich hierbei um die Wahrnehmung bzw. Darstellung ein und desselben Objektes mit unterschiedlichen Instrumenten – Auge, Lichtmikroskop und REM – handelt, fragen Sie diese nach Gründen, verschiedene Messinstrumente verwenden zu wollen. Erinnern Sie in diesem Zusammenhang an die 4. Stunde. Erörtern Sie hierbei mit den Lernenden detailliert die Vor- und Nachteile der einzelnen Instrumente. Lassen Sie die Lernenden unter anderem sowohl auf die Genauigkeit und die Dimensionsunterschiede als auch auf den Kostenfaktor eingehen.

Legen Sie nun eine weitere Folie auf den Overhead-Projektor mit den beiden Abbildungen „REM-Bilder von gesunden E. Coli“ und „REM-Bilder von durch AgNP geschädigten E. Coli“.

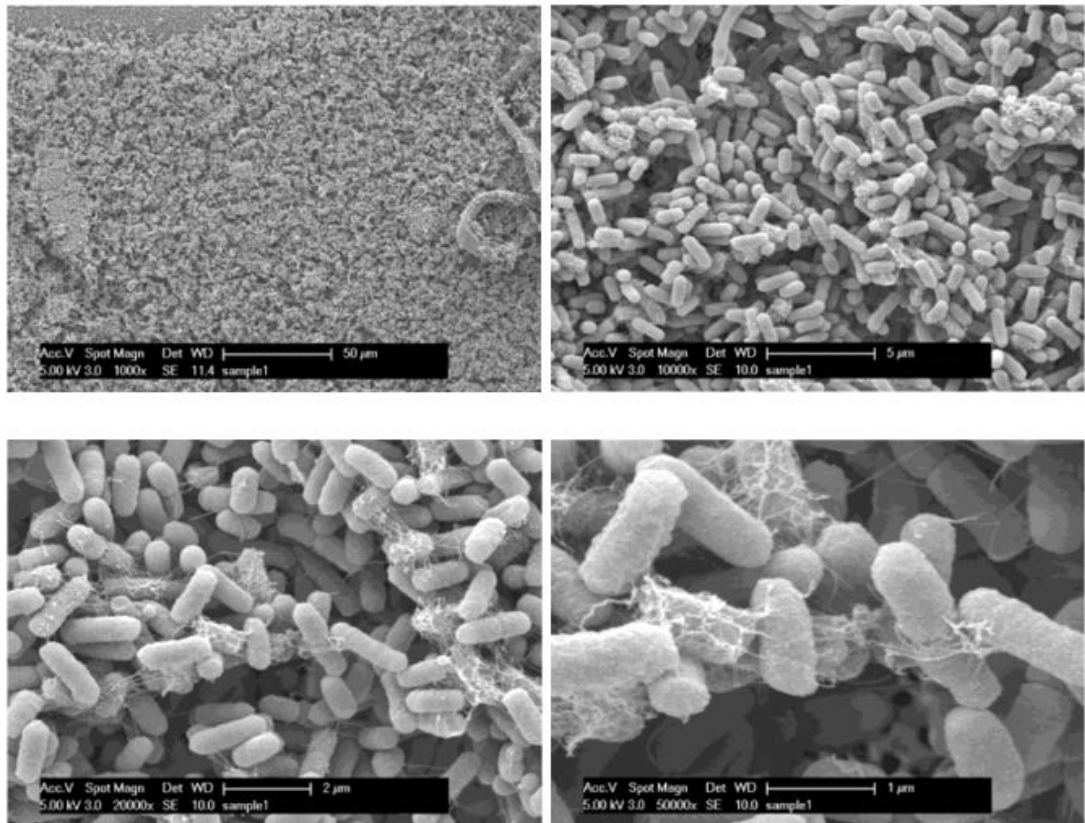


Abb. 2: „REM-Bilder von gesunden *E. Coli*“ (Muskin et al., 2008)

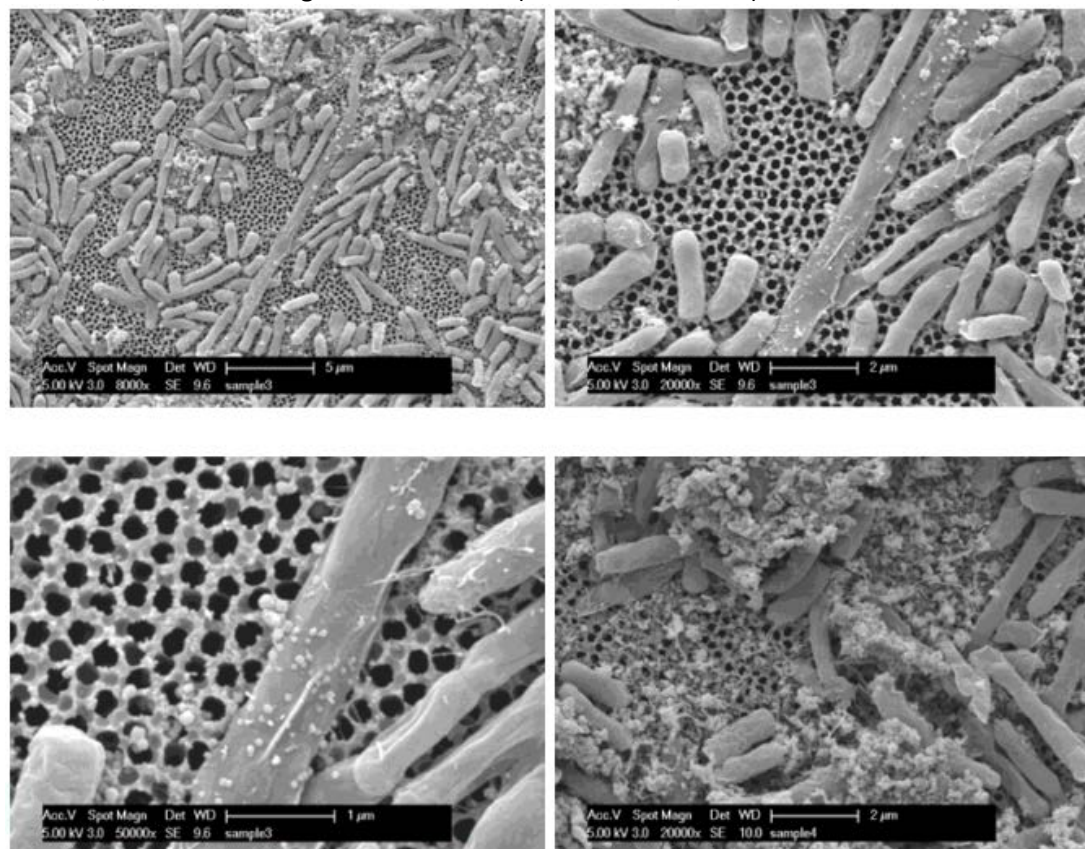


Abb. 4: „REM-Bilder von durch AgNP geschädigten *E. Coli*“ (Muskin et al., 2008).

6-Antibakterieller Effekt von Nanoprodukten

Behalten Sie zunächst die Information, dass es sich hierbei um gesunde und durch AgNP geschädigte E. Coli Bakterien handelt, für sich. Fordern Sie die Lernenden erstmal auf, die beiden Abbildungen miteinander zu vergleichen und die Unterschiede zu analysieren. Dabei sollen sich diese überlegen, welche Objekte dargestellt sind und warum hierbei trotz der hohen Kosten das REM als Messinstrument gewählt wurde. Sollte keiner der Lernenden dies angeben, so unterrichten Sie diese darüber, dass die beiden Abbildungen E. Coli Bakterien in gesunder und in durch AgNP geschädigter Form darstellen.

(2) Erinnern Sie die Lernenden nun an die Hausaufgabe und fordern Sie diese auf, sich kurz jeweils mit deren Sitznachbarn über die gemachten Beobachtungen und die auf den Fotos dargestellte Entwicklung zu besprechen. Dabei sollen sie die Aufnahmen analysieren und versuchen, diese zu erklären, wo bei sie insbesondere auf den Unterschied zwischen den Probe- und den Kontrollsegmenten eingehen sollen. Besprechen Sie anschließend die auf den Fotos dokumentierte Entwicklung der Bakterienkultur im Plenum. Achten Sie dabei, dass die Lernenden korrekt erkannt haben, dass in den mit AgNP behandelten Segmenten die Hefekultur geschädigt und somit deren Wachstum gehemmt wurde, während in den Kontrollsegmenten sich die Hefen vermehren konnten. Nutzen Sie die Excel-Tabelle mit den gemessenen Daten der Hemmhof-Größen zur Diskussion der Versuchsergebnisse (Messgenauigkeit, statistische Auswertung / Mittelwertbildung, warum mehrere Versuche, Fehlermöglichkeiten, ...)

Überleitung (15 Minuten):

Wie läuft ein antibakterieller Effekt ab?



(3) Fragen Sie zunächst die Lernenden, wie sie sich den Ablauf eines antibakteriellen Effektes vorstellen und lassen Sie diese ihre Vermutungen beschreiben. Kommentieren Sie die Äußerungen der Lernenden zunächst nicht, sondern fragen lediglich nach anderen Meinungen und Überlegungen. Um diese Aufgabe nun aufzulösen, zeigen Sie das Video „Mit Silber in der Faser gegen Bakterien“ (<https://www.youtube.com/watch?v=yd5-BmSSopc>). Teilen Sie anschließend die Arbeitsbögen aus und fordern Sie die Lernenden auf, sich in Partnerarbeit mit der Aufgabe 1 zu befassen.

Hinweis: Die Aufgabe 1 ist für die niedrigeren und die höheren Klassenstufen leicht unterschiedlich. Daher wurden zwei Titelseiten jeweils mit Aufgabe 1 entsprechend der Klassenstufe erstellt. Die 1. Seite ist für niedrigere und die 2. für höhere Klassenstufen konzipiert.

- „Beschreibe den Vorgang der antibakteriellen Wirkung von AgNP und erstelle eine Skizze.“
- „Stelle die antibakterielle Wirkung von AgNP anhand einer beschrifteten und anschaulichen Skizze dar.“ und „Erkläre detailliert den unter a) dargestellten Vorgang unter Einbezug der folgenden Abbildung.“

Besprechen Sie anschließend die Lösungen im Plenum, um den Lerninhalt betreffend den Vorgang des antibakteriellen Effekts zu sichern. Achten Sie darauf, dass alle wichtigen Punkte von den Lernenden genannt werden. Sollten am Ende der Besprechung einige der Aspekte fehlen, ergänzen Sie diese in Form eines kleinen Lehrervortrags.

Nanosilber – eine gute Idee?

Erklärung: Die antibakterielle Wirkung von AgNP ist auf die Ag^+ -Ionen zurückzuführen, welche in kleinen Mengen aus dem AgNP-Molekül freigesetzt wird. Diese Kationen reagieren mit Schwefelverbindungen insbesondere schwefelhaltiger Aminosäuren, wodurch schwer lösliche und sehr beständige Schwefelverbindungen gebildet und somit die betreffenden Proteine blockiert werden. Dabei wird die Zellmembran der Bakterien zerstört, die Ag^+ -Ionen dringen in die Zelle ein und blockieren auch dort zahlreiche Proteine, die lebenswichtige Funktionen – wie Vermehrung, Regulierung des Energiehaushaltes oder Ionendurchlässigkeit der zellulären Membran – für die Zelle erfüllen. Werden derartige Prozesse unterbrochen, so führt dies schnell zum Absterben der Zelle.

Hinweis: Der Aspekt betreffend die Schwefelverbindungen soll in den niedrigeren Klassenstufen nicht aufgegriffen werden. Weisen Sie die Lernenden in diesem Zusammenhang vermehrt darauf hin, dass es, wie im Video angesprochen, außer AgNP noch weitere Nanopartikel – z.B. Gold-, Eisen- oder Kupfernanopartikel – gibt, die ebenfalls antibakterielle Eigenschaften aufweisen.

(4) Fragen Sie nun die Lernenden nach ihnen bekannten Nanoprodukten mit antibakterieller Wirkung. Verweisen Sie dabei ggf. auf die Broschüre zur Vorbeugung nosokomialer Infektionen, in der diverse antibakteriell wirkende Nanoprodukte aufgeführt sind.

Gehen Sie weiter auf die Beständigkeit des antibakteriellen Effekts ein. Fragen Sie die Lernenden auch, durch welche Faktoren die Stärke dieses Effekts verändert werden könnte. Führen Sie sie letzten Endes zu der Problematik, ob und inwiefern die Wirksamkeit der antibakteriellen Wirkung mit dem Waschen abnehmen würde. Erörtern Sie in diesem Zusammenhang auch den Faktor, ob diese Veränderung bei allen Nanoprodukten ähnlich oder unterschiedlich ist und welche Gründe es dafür geben könnte. Kommentieren Sie an dieser Stelle möglichst wenig die Aussagen der Lernenden, da sie anhand der im Folgenden eingesetzten Tabelle viele Erkenntnisse zu dem Thema gewinnen werden und hierbei sich lediglich vorab Gedanken zu der Thematik machen sollen.

Lassen Sie nun die Lernenden in Folge eines Unterrichtsgesprächs überlegen, wie so eine Veränderung der Wirksamkeit von AgNP in Nanoprodukten überprüft werden könnte. Nach dem zuvor Besprochenen sollte es für die Lernenden nicht allzu schwer sein, zu verstehen, dass es sich hierbei um vermehrtes Waschen der betreffenden Nanopartikel handelt. Ergänzen Sie ggf. die Vorschläge der Lernenden.

Erarbeitung I (25 Minuten):

Wie verändert sich die Wirksamkeit von Nanoprodukten beim Waschen?

(5) Erklären Sie den Lernenden, dass ein derartiges Experiment mit Socken durchgeführt und die dabei entstandenen Messdaten in einer Tabelle zusammengefasst und der Schule zugeschickt wurden. Legen Sie nun die Folie mit der Tabelle auf den Overhead-Projektor auf.



Art der Probe	Proben-nummer	Probetyp	Ag ⁺ (µg/mg)
Typ A	1	Nanosocken – nicht gewaschen	142.6 ± 2.00
	2	Nanosocken – einmal gewaschen	136.6 ± 0.68
	3	Nanosocken – 10-mal gewaschen	123.0 ± 3.44
Typ B	4	Nanosocken – nicht gewaschen	893 ± 46.44
	5	Nanosocken – einmal gewaschen	760 ± 35.72
	6	Nanosocken – 10-mal gewaschen	453 ± 6.34
Typ A	7	Nanosocken Waschwasser – 1. Waschvorgang	1.96 ± 0.02
	8	Nanosocken Waschwasser – 10. Waschvorgang	0.57 ± 0.01
Typ B	9	Nanosocken Waschwasser – 1. Waschvorgang	2.04 ± 0.02
	10	Nanosocken Waschwasser – 10. Waschvorgang	nicht messbar

Abb. 5: Tabelle „Messwerte“ - Diese Analyse wurde im Januar 2015 vom Zentralen Labor der Yildiz Technical University - Science and Technology Research and Application Center durchgeführt.

Besprechen Sie mit den Lernenden die Tabelle, damit sie bei der Erarbeitung der folgenden Aufgaben sich überwiegend auf die Aspekte konzentrieren können, die über die triviale Tabellenauswertung hinausgehen. Lassen Sie die Lernenden zunächst die Tabelle kurz beschreiben. Fragen Sie die Lernenden danach, welche Bedeutung das Zeichen ± in der letzten Spalte der Tabelle hat. Besprechen Sie in diesem Zusammenhang den Faktor, dass alle Messinstrumente nur bis zu einer bestimmten Einheit geeicht sind, da weitere Differenzierung die jeweiligen Geräte nicht mehr anzeigen können und sich dabei minimale Messfehler ergeben. Außerdem können unterschiedliche äußere Einflüsse zu Messfehlern führen. Lassen Sie die Lernenden ebenfalls überlegen, warum hierbei trotz der hohen Kosten das ICPMS verwendet und nicht einfach nur das Lichtmikroskop herangezogen wurde. Stellen Sie des Weiteren eine Verknüpfung zu der 5. Stunde her, indem Sie fragen, ob ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Menge von Ag⁺-Ionen und der tatsächlich ausgewaschenen Menge von AgNP besteht. Sollten die Lernenden keine Idee haben, so erinnern Sie diese an die letzte Aufgabe der vorangegangenen Stunde.

Teilen Sie nun die Lernenden in 6 möglichst gleich große Gruppen ein und fordern Sie diese auf, die Aufgabe 2 zu besprechen und zu bearbeiten.

- „Beschreibe die in der Tabelle dargestellten Änderungen der Mengen von Ag⁺-Ionen in den einzelnen Proben. Analysiere und begründe deine Feststellungen.“

- „Erkläre den Zusammenhang zwischen dem antibakteriellen Effekt und dem Vorhandensein von Ag^+ -Ionen im Waschwasser.“
- „Das Waschwasser gelangt anschließend in die Abwasserkanalisation. Überlege, inwiefern die Ag^+ -Ionen in dem Wasser Menschen und Umwelt beeinflussen können.“
- „Stelle dar, wie das Waschwasser von Nanopartikeln entsorgt werden sollte. Begründe deinen Vorschlag.“

Leiten Sie anschließend zu Sicherungszwecken eine Plenumsdiskussion ein, bei der die Ergebnisse der Lernenden besprochen werden. Sollten wichtige Aspekte von den Lernenden nicht genannt werden, so ergänzen Sie diese.

Erarbeitung II (30 Minuten):

Welche Risiken können für Menschen und die Umwelt beim Einsatz von Nanopartikeln auftreten?

(6) Im Folgenden sollen die Lernenden eine Podiumsdiskussion zum Thema „Einsatz von Nanopartikeln – Fluch oder Segen?“ vorbereiten, wobei Sie das damit verbundene Risiko für Menschen und Umwelt abschätzen, darstellen und ausdiskutieren sollen. Erklären Sie den Lernenden, dass unterschiedliche Akteure entsprechend ihrer Position und der für sie damit verbundenen Vor- und Nachteile unterschiedlich die vorhandenen Risiken auf Menschen und die Umwelt einschätzen, präsentieren und argumentativ begründen. Ordnen Sie den einzelnen Gruppen jeweils einen der Interessenvertreter – Konsument, Forscher, Bürgermeister/Politiker, Industrievertreter, Umwelt-/Verbraucherschützer und Krankenhauspersonal – zu. Weisen Sie die Lernenden ein, dass sie sich detailliert überlegen sollen, welche Sicht und Stellung in einer derartigen Risikodiskussion der jeweilige Interessenvertreter einnehmen würde und welche Argumente dieser nennen könnte. Teilen Sie den einzelnen Gruppen die entsprechenden Artikel aus.

- ✓ Konsument – Einleitung aus Lit.3 und Zusammenfassung aus Lit.1
- ✓ Industrievertreter – Umweltentlastungspotentiale S. 7-9 aus Lit.3
- ✓ Forscher – Auswirkungen auf die Gesundheit S. 18/19, 24/25 aus Lit.1
- ✓ Bürgermeister/Politiker – Lit.4, Einleitung aus Lit.3 und S. 26 aus Lit.1
- ✓ Umwelt-/Verbraucherschützer – Fallbeispiel S. 10-14 und S. 26/27 aus Lit.1
- ✓ Krankenhauspersonal – Lit.2

Lit.1: Nanosilber – Der Glanz täuscht (BUND)

Lit.2: Nanosilber in Medizinprodukten (Netzwerk Nanosilber)

Lit.3: Nanotechnologie für Mensch und Umwelt (UBA)

Lit.4: Nanotechnologie Politik und Gesetze (BUND)

Diese Artikel müssen mit voranschreitenden Jahren und dadurch neuen Erkenntnissen seitens der Forschung und Politik ggf. angepasst werden. Weisen Sie die Lernenden darauf hin, dass diese Artikel lediglich eine Hilfestellung sein sollen und ausgiebige Ideen seitens der Lernenden erfordern. Verweisen Sie ebenfalls darauf, dass einige der Texte recht lang sind und lediglich

6-Antibakterieller Effekt von Nanoprodukten

überflogen werden sollen. Geben Sie an, dass nach der Erarbeitungsphase eine Podiumsdiskussion stattfinden soll, bei der die einzelnen Gruppen in der Rolle der jeweiligen Interessenvertreter in Diskussion treten sollen. Sagen Sie ebenfalls, dass zur Eröffnung der Diskussion jede Gruppe ein Einstiegsstatement vortragen soll, um für alle Teilnehmer einen Überblick über die einzelnen Interessenvertreter und deren Position zu verschaffen. Dieses Einstiegsstatement soll während der Erarbeitungsphase verfasst werden. Verweisen Sie die Lernenden dabei auf die Aufgabe 3.

Teilen Sie den Lernenden mit, dass die Podiumsdiskussion eine wichtige Rolle in der Unterrichtseinheit spielt und deshalb in aller Ruhe zu Anfang der nächsten Stunde stattfinden wird.

Beobachten Sie während der Erarbeitungsphase die einzelnen Gruppen, geben Sie dabei Feedback und ggf. Hilfestellungen.

Abschluss (5 Minuten):

Hausaufgabe



(7) Sagen Sie den Lernenden, dass sie als Hausaufgabe sich nochmal Gedanken über die Einstellung und Begründung ihres Interessenvertreters machen sollen.



Die anstehende Podiumsdiskussion soll eine abschließende Sicherung des Lerninhaltes „Nanopartikel“ sein. Damit die Lernenden ihre Argumentationsweise möglichst optimal an ihre Rolle anpassen können, sollten alle Lernenden eine gewisse wissenschaftlich fundierte Grundvorstellung von den tatsächlichen Risiken und Vorteilen der Nanopartikel erhalten. Sagen Sie den Lernenden deshalb, dass ein weiterer Teil der Hausaufgabe ist, die positiven und negativen Aspekte der Verwendung von Nanoprodukten im Alltag im Hinblick auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zusammenzutragen. Dabei sollen sie das Video „Minibomben in unserem Körper – Risiko Nanopartikel“ (<https://www.youtube.com/watch?v=p3JMpVWkQPU>) sich anschauen und in ihre Überlegungen einbinden.

Quellen

- Becker, H. D., Dubbert, W. D., Schwirn, K., & Völker, D. (10 2009). *Nanotechnik für Mensch und Umwelt*. Von lanuv.nrw.de: <http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/gefahrstoffe/pdf/UBA.pdf> abgerufen
- BullionStreet. (20. 06 2013). *How silver kills bacteria finally revealed*. Von bullionstreet.com: <http://www.bullionstreet.com/news/how-silver-kills-bacteria-finally-revealed/5042> abgerufen
- BUND. (unbekanntes Datum). *Politische Rahmenbedingungen*. Von bund.net: http://www.bund.net/themen_und_projekte/nanotechnologie/recht_politik/ abgerufen
- Kouadio, C., & Muskin, J. (2012). *Antimicrobial Properties of Silver Nanoparticles*. Von materialseducation.org: http://materialseducation.org/educators/matedu-modules/docs/Antimicrobial_Silver_NanoParticles.pdf abgerufen
- Kühling, W. D. (02. 12 2009). *Nanosilber - Der Glanz täuscht*. Von bund.net: https://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/nanotechnologie/20091202_nanotechnologie_nanosilber_studie.pdf abgerufen
- Muskin, J., Wattnem, J., Ragusa, M., & Hug, B. (2008). Real Science or Marketing Hype: Student-Designed Experiments Test the Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles. *The Science Teacher*, 75(4), S. 57-61.
- Netzwerk Nanosilber. (unbekanntes Datum). *Nanosilber in Medizinprodukten*. Von nanosilber.de: <http://www.nanosilber.de/nanosilber/anwendungsbeispiele/nanosilber-in-medizinprodukten/> abgerufen



Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI)

Stunde 7 – Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI)

Kurzbeschreibung

In dieser Unterrichtsstunde soll zunächst eine ausführliche Besprechung zu Nutzen und Risiken von Nanopartikeln stattfinden und anschließend die von den Lernenden in der letzten Stunde vorbereitete Podiumsdiskussion durchgeführt werden. Im Anschluss an die zahlreichen Erkenntnisse der Lernenden im Rahmen der gesamten Unterrichtseinheit zu Nanopartikeln sollen diese explizit darauf hingewiesen werden, dass es sehr viele unterschiedliche Nanopartikel gibt. Des Weiteren folgt eine Erarbeitungsphase, während der sich die Lernenden zu Aufgaben betreffend die sechs RRI-Aspekte Gedanken machen sollen, ohne diese explizit zu kennen. Am Ende sollen die zuvor angedeuteten RRI-Aspekte durch die Lehrkraft vorgestellt und darauf die erteilte Unterrichtseinheit untersucht werden. Außerdem sollen die Themen für die anschließende Ausstellung präsentiert und die Gruppeneinteilung vorgenommen werden.

Lernziele

Schülerinnen und Schüler lernen...

- die 6 RRI-Aspekte nennen zu können.
- die RRI-Aspekte in Bezug auf nanowissenschaftliche Forschung untersuchen zu können.
- die Bedeutsamkeit der RRI-Aspekte im Rahmen der nanowissenschaftlichen Forschung zu erkennen.
- einzusehen, dass es sehr viele unterschiedliche Nanopartikel mit diversen Funktionen gibt.

Grundbegriffe

- | | |
|--|---------------------------------|
| • Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI) | • Science Education |
| • Ethics | • Engagement |
| • Open Access | • Governance |
| • Gender Equality | • Unterschiedliche Nanopartikel |
| | • Risikodiskussion |

Materialien und Medien

- Arbeitsbögen
- Folie und Overhead-Projektor
- Computer
- PowerPoint Präsentation

Einstieg (7 Minuten):

Welche Risiken und Chancen weisen Nanopartikel auf?

(1) Besprechen Sie zu Anfang die Hausaufgabe aus der letzten Stunde. Lassen Sie dabei die Lernenden detailliert auf die Chancen und Risiken eingehen, die Nanopartikel mit sich führen. Achten Sie darauf, dass alle wichtigen Punkte genannt werden und ergänzen Sie diese gegebenenfalls. Stellen Sie am Ende der Besprechung sicher, dass seitens der Lernenden keinerlei offene Fragen mehr zu dem Thema existieren. Dies ist wichtig, um möglichst optimale und gleichmäßige Voraussetzungen für die folgende Podiumsdiskussion zu schaffen. Diese soll eine abschließende Sicherung und Reflexion des Themas „Nanopartikel“ sein.

Sicherung I (25 Minuten):

Risikodiskussion – Podiumsdiskussion

(2) Lassen Sie die Lernenden nun einen Kreis bilden, wobei die einzelnen Gruppen etwas Abstand zueinander haben. Fordern Sie die Lernenden dazu auf, während der Diskussion ihre Äußerungen jeweils begründet darzulegen und argumentativ zu verteidigen sowie kritisch und reflektierend auf die Aussagen der jeweiligen Interessenvertreter zu reagieren. Leiten Sie die Podiumsdiskussion ein, bei der Sie die Rolle des Moderators einnehmen. Dabei bitten Sie die einzelnen Gruppen der Reihe nach, ihre Einstiegsstatements vorzutragen, bevor die freie Diskussion anfängt. Greifen Sie möglichst wenig in die Interaktionen zwischen den Lernenden ein, versuchen Sie jedoch durch provokante Fragen entscheidende Punkte und Diskussionslücken hervorzuheben. Am Ende der Diskussion sollten alle wichtigen Aspekte zum Thema „Nanopartikel“ für die Lernenden verständlich und nachvollziehbar sein.

Erarbeitung I (15 Minuten):

Wie viele unterschiedliche Nanopartikel gibt es?



(3) Während der gesamten Unterrichtseinheit wurde bei genauer Benennung von Nanopartikeln überwiegend von Silbernanopartikeln gesprochen. Zwar wurde an einigen Stellen darauf hingewiesen, dass es unterschiedliche Nanopartikel mit gleichen Funktionen gibt, allerdings wurden diese Tatsachen zu keinem Zeitpunkt explizit erarbeitet. Die Wahrscheinlichkeit ist recht hoch, dass diese flüchtigen Bemerkungen im Unterrichtsgeschehen untergegangen sind. Daher soll dieser Sachverhalt nun nachgeholt werden, um zu vermeiden, dass sich Fehlvorstellungen bei den Lernenden entwickeln und sie davon ausgehen, dass es lediglich eine Art von Nanopartikeln gibt, nämlich die Silbernanopartikel. Hierzu fragen Sie zunächst die Lernenden danach, wie viele unterschiedliche Nanopartikel es ihrer Meinung nach gibt. Auf diese Frage werden diverse Zahlenantworten erwartet. Da es sich hierbei nicht nur um reine Elemente, sondern auch um eine ganze Reihe an Verbindungen handelt, gibt es sehr viele verschiedene Nanopartikel. Dies sollen nun auch die Lernenden feststellen. Fordern Sie diese hierzu auf, die Aufgabe 1 in Einzelarbeit zu bearbeiten. **Beachten Sie**, dass es sich hierbei um eine Internetrecherche handelt und somit ein Computerraum notwendig ist.

- „Recherchiere im Internet nach diversen Arten von Nanopartikeln und deren Einsatzbereichen. Gebe dabei jeweils die Funktion dieser Nanopartikel in den jeweils eingesetzten

Gebieten an. Finde mindestens 10 verschiedene Nanopartikel mit jeweils mindestens 2 Aspekten.“

Weisen Sie die Lernenden darauf hin, dass sie nicht nur Wikipedia als Quelle heranziehen sollen. Dies ist für die nachfolgende Sicherung wichtig, da es ansonsten passieren könnte, dass alle nahezu die gleichen 10 Nanopartikelarten gefunden haben und die tatsächliche Breite an unterschiedlichen Nanopartikeln nicht klar wird.

Besprechen Sie anschließend die Ergebnisse der Lernenden im Plenum. Lassen Sie der Reihe nach, jeden der Lernenden zwei noch nicht genannte Nanopartikel samt deren Funktion und Einsatzbereich angeben. Im optimalen Fall wird jeder Lernende noch weitere neue Nanopartikel nennen können und es wird offensichtlich, dass es tatsächlich sehr viele verschiedene Nanopartikel mit unterschiedlichen Funktionen gibt.

Erarbeitung II (20 Minuten):

Welche der RRI-Aspekte sind wichtig?

(4) Lassen Sie die Lernenden der Reihe nach die Zahlen 1 bis 7 nennen, so dass anschließend 7 Gruppen für die folgende Erarbeitungsphase bereitstehen und verweisen Sie auf Aufgabe 2.

- *„Löse die dir zugeordnete Aufgabe und schreibe die wichtigsten Aspekte deines Ergebnisses in Stichpunkten auf eine Folie. Fülle bei der anschließenden Besprechung die anderen 6 Aufgabenfelder aus. Ordne jeder Aufgabe einen der vorgestellten RRI-Aspekte zu.“*
 - *„Überlege, wer entscheiden sollte, ob AgNP in alltäglichen Gegenständen und in medizinischem Inventar und Ausrüstung verwendet werden sollte. Begründe deine Meinung.“*
 - *„Wissenschaftliche Bildung trägt stark zu neuartigen Lösungen im gesundheitswissenschaftlichen Bereich durch nanotechnologische Forschung bei. Nehme Stellung zu dieser Aussage.“*
 - *„Überlege, ob und inwiefern wissenschaftliche Bildung zur Steigerung des Bewusstseins der Öffentlichkeit im Bereich der nanotechnologischen Produkte und Forschung beiträgt. Begründe deine Meinung detailliert.“*
 - *„Überlege, ob die Geschlechterverteilung in der nanotechnologischen Forschung von Belang ist. Begründe deine Meinung.“*
 - *„Analysiere, ob es für die Öffentlichkeit wichtig ist, ungehinderten Zugang zu spezifischen Studien und Forschungsartikeln betreffend die Entwicklung im nanotechnologischen Bereich zu haben. Begründe deine Antwort.“*
 - *„Erläutere, warum die Anpassung der Forschung an ethische Regeln notwendig für die nanotechnologische Entwicklung ist.“*
 - *„Gib an, ob bereits vorhandene Forschungsergebnisse berücksichtigt werden sollten, bevor nanotechnologische Produkte vermarktet werden. Begründe deine Entscheidung.“*

Fordern Sie die Lernenden auf, sich in ihren Gruppen zusammenzufinden und jeweils die Teilaufgabe von Aufgabe 2 zu diskutieren und zu bearbeiten, die ihre Gruppennummer aufweist. Geben Sie jeder Gruppe eine Folie und einen Folienstift und erinnern Sie daran, dass die **7-Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI)**

nisse in Stichpunkten auf diese geschrieben werden sollen. Weisen Sie die Lernenden darauf hin, dass die Zuordnung der Aufgaben zu den einzelnen RRI-Aspekten zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt.

Nach der Erarbeitungsphase sollen die Lernenden ihre Lösungen dem Plenum präsentieren. Bitten Sie hierzu jede Gruppe jeweils mit ihrer Folie zum Overheadprojektor und lassen sie diese kurz ihre Aufgabe und die zugehörigen Ergebnisse vorstellen. Fordern Sie die Vortragenden dabei auf, ihre Aussagen zu begründen und die Zuhörer, Fragen zu stellen, ihre Meinung zu dem jeweils angesprochenen Aspekt zu äußern und die Aussagen anderer zu reflektieren. Entwickeln Sie bei Bedarf nach jedem Vortrag eine kleine Plenumsdiskussion. Erinnern Sie auch hierbei die Lernenden daran, die wichtigen Aspekte der anderen Gruppen auf ihrem Arbeitsbogen zu notieren.

Sicherung II (13 Minuten):

Die sechs Basisaspekte von RRI

(5) Um nun die Überlegungen der Lernenden zu ergänzen und die einzelnen bei den Aufgaben angesprochenen Themen aufzugreifen und vertieft darzustellen, erläutern Sie die 6 Basisaspekte der verantwortungsvollen Forschung und Innovation (RRI) – Engagement, Gender Equality, Science Education, Ethics, Open Access, Governance – in Form eines Lehrervortrags. Gehen Sie dabei detailliert sowohl auf deren Inhalte als auch auf deren Bedeutung ein.

Die verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI) stellt die Bedeutsamkeit der Entwicklung eines öffentlichen Bewusstseins im Rahmen der wissenschaftlichen Forschung und Innovation dar. Dabei wird zwischen 6 Basisaspekten unterschieden:

1. **Engagement** spricht die gemeinschaftliche Teilhabe von Forschern, Industrie und der Öffentlichkeit im Entscheidungsfindungsprozess im Bereich der Forschung und Innovation an.
2. **Gender Equality** behandelt den Aspekt der Gleichstellung von Männern und Frauen in jeglichen Bereichen der Forschung.
3. **Science Education** unterstreicht die Wichtigkeit einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei der Bewertung von Fakten und der Beteiligung an der öffentlichen Diskussion.
4. **Ethics** hebt die Forderung hervor, bei Annahme und Verwendung von Forschungs- und Innovationsergebnissen ethische Standards zu berücksichtigen.
5. **Open Access** fordert einen freien Zugang für die Öffentlichkeit zu Forschungsergebnissen durch das Internet.
6. **Governance** richtet sich an Regierungsbeamte, die Verantwortung im Rahmen der Entwicklung von Modellen im Sinne der RRI-Aspekte übernehmen sollen.

Im Anschluss an den Lehrervortrag fordern Sie die Lernenden auf, nun die zuvor bearbeiteten und vorgestellten Aufgaben den präsentierten RRI-Aspekten begründet zuzuordnen. Als Nächstes bitten Sie sie rückwirkend zu überlegen, an welchen Stellen der Unterrichtseinheit (gesamtes Lernmodul) die vorgestellten Schlüsselaspekte jeweils angesprochen wurden. Versuchen Sie, die Lernenden auf möglichst viele aufgetretene Aspekte hinzuweisen. Achten Sie auch

hierbei darauf, dass die einzelnen Aussagen begründet und reflektiert werden. Ergänzen Sie ggf. die Aussagen der Lernenden.

Abschluss (10 Minuten):

Gruppeneinteilung für die Ausstellung

(6) An dieser Stelle ist die eigentliche Unterrichtseinheit beendet. Fragen Sie ein letztes Mal die Lernenden, ob noch irgendwelche Fragen offengeblieben sind und klären Sie diese ggf. im Plenum. Nun werden alle behandelten Inhalte zur Erarbeitung der Ausstellung benötigt, wobei die während der Unterrichtseinheit erarbeiteten Produkte mit einbezogen werden können.

In den nächsten drei Unterrichtsstunden soll eine Ausstellung zu den behandelten Themen entwickelt werden. Die Lernenden sollen in Gruppen verschiedene Themenbereiche ausarbeiten und die entsprechenden Tafelfolien, Videos, Audios und Exponate vorbereiten. Stellen Sie hierzu den Lernenden die sechs Hauptthemen der erfolgten Unterrichtseinheit vor, wobei Sie die Lernenden in wenigen Sätzen an die damit verbundenen Inhalte erinnern. Fordern Sie diese auf, sich für eines der Themen zu entscheiden.

- ✓ Grundlagen der Nanotechnologie
- ✓ Analytische Methoden und Instrumente
- ✓ Infektionswege und Desinfektionsmöglichkeiten
- ✓ Funktion, Wirkungsweise und Risiken von AgNP
- ✓ Funktion, Wirkungsweise und Risiken von Nanoprodukten
- ✓ Wissenschaftliches Arbeiten

Erklären Sie den Lernenden, dass diese sich möglichst gleichmäßig auf die 6 Themen verteilen sollen. An diesen Themen werden sie die nächsten drei Doppelstunden arbeiten müssen. Dabei stehen jeder Gruppe 4 Texttafeln zur Verfügung. Des Weiteren teilen Sie jeder Gruppe einen der 6 RRI-Aspekte zu. Diese sollen jeweils eine zusätzliche Texttafel zu diesem Schlüsselaspekt ausarbeiten. Schreiben Sie sowohl die Namen der Gruppenmitglieder als auch den zugehörigen RRI-Aspekt in die beiden leeren Spalten der Tabelle in der PowerPointPräsentation.



Stunde 7

Verantwortungsvolle Forschung und Innovation (RRI)

Folie1

RRI-Basisaspekte

Engagement

- spricht die gemeinschaftliche Teilhabe von Forschern, Industrie und der Öffentlichkeit im Entscheidungsfindungsprozess im Bereich der Forschung und Innovation an.

Gender Equality

- behandelt den Aspekt der Gleichstellung von Männern und Frauen in jeglichen Bereichen der Forschung.

Folie2

RRI-Basisaspekte

Science Education

- unterstreicht die Wichtigkeit einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei der Bewertung von Fakten und der Beteiligung an der öffentlichen Diskussion.

Ethics

- hebt die Forderung hervor, bei Annahme und Verwendung von Forschungs- und Innovationsergebnissen ethische Standards zu berücksichtigen.

Folie 3

RRI-Basisaspekte

Open Access

- fordert einen freien Zugang für die Öffentlichkeit zu Forschungsergebnissen durch das Internet.

Governance

- richtet sich an Regierungsbeamte, die Verantwortung im Rahmen der Entwicklung von Modellen im Sinne der RRI-Aspekte übernehmen sollen.

Folie 4

Themen für die Ausstellung

Thema	Gruppenmitglieder	RRI-Aspekt
Grundlagen der Nanotechnologie		
Analytische Methoden und Instrumente		
Infektionswege und Desinfektionsmöglichkeiten		
Funktion, Wirkungsweise und Risiken von AgNP		
Funktion, Wirkungsweisen und Risiken von Nanoprodukten		
Wissenschaftliches Arbeiten		

Folie 5
