



Co-funded by
the European Union

Nanotechnologie in der Medizin: Von Molekülen zur gezielten Therapie



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Einleitung:	6
Abschnitt 1: Entdecken	8
Abschnitt 2: Umsetzen	12
Abschnitt 3: Verbessern	15
Schlussfolgerung:	15
Literatur	18





Allgemeines Thema des Lernpfads	Interdisziplinäre und aufstrebende Bereiche
Konkrete Bezeichnung der Lerneinheit	Nanotechnologie in der Medizin: Von Molekülen zur gezielten Therapie
Altersgruppe der Zielgruppe	16–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	Schüler, die an dieser Lerneinheit teilnehmen, sollten über Grundkenntnisse in grundlegenden wissenschaftlichen Konzepten aus Physik, Chemie und Biologie verfügen, insbesondere über die Struktur von Zellen, das Verständnis von Größenverhältnissen in der Natur und einfache Wechselwirkungen zwischen Materie und Energie. Vorkenntnisse in Nanotechnologie sind nicht erforderlich. Die Lernenden sollten in der Lage sein, in kleinen Gruppen zusammenzuarbeiten, sich an Diskussionen zu beteiligen und visuelle oder digitale Materialien zu analysieren. Grundlegende digitale Kompetenzen werden ebenfalls empfohlen, da die Schüler mit multimedialen Ressourcen und einer Augmented-Reality-Anwendung interagieren werden. Neugierde gegenüber wissenschaftlichen Innovationen und das Interesse daran, zu verstehen, wie moderne Technologien medizinische Behandlungen verbessern können, unterstützen eine sinnvolle Auseinandersetzung mit den Aktivitäten.
Beschreibung der Lerneinheit	In dieser Lerneinheit erkunden die Schüler die grundlegenden Prinzipien der Nanotechnologie in der Medizin durch einen multidisziplinären Ansatz, der Physik, Chemie, Biologie und Medizin miteinander verbindet. Die Schüler untersuchen zunächst die Welt im Nanomaßstab und die Eigenschaften von Nanopartikeln. Anschließend analysieren sie, wie Nanopartikel als Wirkstoffträger fungieren können





	und wie sie mit biologischen Systemen interagieren. Abschließend erkunden sie eine Augmented-Reality-Simulation, die Prozesse im Nanomaßstab veranschaulicht, die bei der Wirkstoffabgabe und der gezielten Krebstherapie eine Rolle spielen. Durch diese Lernerfahrung gewinnen die Schüler ein tieferes Verständnis dafür, wie die moderne Biomedizin Nanotechnologie in konkrete medizinische Anwendungen umsetzt.
Thema: Beteiligte	Physik, Chemie, Biologie und Medizin
Stichworte	Nanotechnologie Nanomedizin Nanopartikel Gezielte Wirkstoffabgabe Lernen mit Augmented Reality
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	In dieser Lerneinheit entwickeln die Schüler interdisziplinäres Wissen an der Schnittstelle von Physik, Chemie, Biologie und Medizin. Sie erwerben ein Verständnis für nanoskalige Dimensionen, die einzigartigen Eigenschaften von Nanopartikeln und die Prinzipien der Nanomedizin, insbesondere für gezielte Wirkstofffreisetzungssysteme, die in modernen Krebstherapien eingesetzt werden. Die Schüler stärken ihr wissenschaftliches Denkvermögen und ihre analytischen Fähigkeiten, indem sie visuelle Modelle interpretieren, wissenschaftliche Prozesse analysieren und reale biomedizinische Anwendungen diskutieren. Die Aktivitäten fördern zudem die gemeinsame Problemlösung, kritisches Denken und Kommunikation durch Gruppenuntersuchungen und Präsentationen. Darüber hinaus erwerben die Lernenden digitale Kompetenzen durch die Interaktion mit multimedialen Ressourcen und Augmented-Reality-Simulationen. Insgesamt unterstützt die Lerneinheit die Entwicklung von MINT-Kompetenzen und das Bewusstsein für neue Technologien, die die zukünftige Gesundheitsversorgung und biomedizinische Forschung prägen.
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	Die Lerneinheit nutzt eine Vielzahl von multimedialen und interaktiven Ressourcen, um die Studierenden einzubeziehen und das Verständnis für die Nanomedizin zu vertiefen. Zu den visuellen Hilfsmitteln gehören Diagramme, die biologische Strukturen und Partikel im Nanobereich vergleichen, 3D-Animationen, die das Verhalten von Nanopartikeln veranschaulichen, sowie wissenschaftliche Videos, die Mechanismen der Wirkstoffabgabe





	erklären. Arbeitsblätter und strukturierte Aufgabenblätter führen die Studierenden durch zentrale Konzepte und gewährleisten so aktive Beteiligung und Reflexion. Augmented-Reality-Anwendungen (AR) ermöglichen eine immersive Visualisierung nanoskaliger Prozesse, sodass die Lernenden Variablen manipulieren und die Wirkstoffabgabe in Echtzeit beobachten können. Kollaborative Tools wie gemeinsame digitale Whiteboards und Impulse für Gruppendiskussionen fördern Teamarbeit und kritische Analyse. Zu den zusätzlichen Ressourcen gehören wissenschaftliche Artikel, wissenschaftliche Datenbanken und kuratierte Online-Materialien, die aktuelle Beispiele für nanotechnologische Anwendungen in der Medizin liefern. Diese Hilfsmittel unterstützen gemeinsam einen multisensorischen, interaktiven und forschungsbasierten Lernansatz.
Bewertungskriterien und Bewertung	Die Studierenden werden anhand einer Kombination aus formativen und summativen Methoden bewertet, die sowohl das Verständnis als auch die Anwendung von Konzepten der Nanomedizin beurteilen. Die wissensbasierte Bewertung umfasst Tests zu Nanopartikelarten, Phasen der Wirkstoffabgabe und Mechanismen der gezielten Therapie. Die praktische Bewertung umfasst die Teilnahme an Gruppenaktivitäten, die korrekte Bearbeitung von Arbeitsblättern sowie die Fähigkeit, Ergebnisse zu analysieren und zu präsentieren. AR-basierte Aufgaben dienen als interaktive Bewertungen, bei denen die Studierenden ihr Verständnis durch die Manipulation von Simulationen, die Erklärung beobachteter Prozesse und die Lösung szenariobasierter Herausforderungen unter Beweis stellen. Kritisches Denken und Reflexion werden durch Diskussionen über ethische, sicherheitsrelevante und gesellschaftliche Implikationen der Nanotechnologie in der Medizin bewertet. Die Bewertung legt den Schwerpunkt sowohl auf individuelles Verständnis als auch auf Kooperationsfähigkeiten und belohnt präzise konzeptionelle Erklärungen, Kreativität bei der Problemlösung sowie den aktiven Umgang mit digitalen und AR-Tools. Das Feedback erfolgt kontinuierlich, leitet Verbesserungen an und festigt die Lernergebnisse.





Einleitung:

Die Nanotechnologie stellt eine der revolutionärsten Entwicklungen in der modernen Wissenschaft und Medizin dar. Durch die Manipulation von Materie im Nanobereich – typischerweise zwischen 1 und 100 Nanometern – können Wissenschaftler Materialien und Geräte mit einzigartigen Eigenschaften herstellen, die sich deutlich von denen unterscheiden, die auf größeren Skalen beobachtet werden. Diese nanoskaligen Strukturen können auf hochspezifische Weise mit biologischen Systemen interagieren und eröffnen damit neue Möglichkeiten für die Diagnose, Behandlung und Prävention von Krankheiten.

Die Medizin hat sich schon immer auf technologische Innovationen gestützt, um die Behandlungsergebnisse für Patienten zu verbessern. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Nanotechnologie zu einem wichtigen Instrument für die Entwicklung fortschrittlicher therapeutischer Strategien entwickelt, insbesondere in Bereichen wie der Krebsbehandlung, der Arzneimittellabgabe und der biomedizinischen Bildgebung. Nanopartikel können als Träger fungieren, die Medikamente direkt zu erkrankten Zellen transportieren und dabei die Schädigung von gesundem Gewebe minimieren.

Herkömmliche Therapien, insbesondere die Chemotherapie, haben oft erhebliche Nebenwirkungen, da die Medikamente im gesamten Körper zirkulieren. Die Nanotechnologie zielt darauf ab, diese Einschränkungen zu überwinden, indem sie eine gezielte Wirkstoffabgabe ermöglicht, bei der therapeutische Moleküle zu bestimmten Zellen oder Geweben transportiert werden.

In dieser Lerneinheit werden die Schüler die grundlegenden Prinzipien der Nanotechnologie in der Medizin durch einen multidisziplinären Ansatz erkunden, der Physik, Chemie, Biologie und Medizin miteinander verbindet. Die Einheit ist nach dem 3E-Pädagogikmodell aufgebaut: Erkunden, Ausführen, Vertiefen.

Die Schüler untersuchen zunächst die Welt im Nanomaßstab und die Eigenschaften von Nanopartikeln. Anschließend analysieren sie, wie Nanopartikel als Wirkstoffträger fungieren können und wie sie mit biologischen Systemen interagieren. Abschließend erkunden sie eine Augmented-Reality-Simulation, die Prozesse im Nanomaßstab veranschaulicht, die bei der Wirkstoffabgabe und der gezielten Krebstherapie eine Rolle spielen.





Durch diese Lernerfahrung gewinnen die Studierenden ein tieferes Verständnis dafür, wie die moderne Wissenschaft nanoskalige Technik in reale medizinische Anwendungen umsetzt.

Wissenschaftlicher Hintergrund: Nanomedizin

Was ist Nanomedizin?

Nanomedizin ist die Anwendung der Nanotechnologie in der Medizin. Sie umfasst den Einsatz von Materialien und Geräten im Nanobereich zur Diagnose, Überwachung und Behandlung von Krankheiten.

Die Nanomedizin umfasst mehrere wichtige Bereiche:

- gezielte Wirkstoffabgabe
- medizinische Bildgebung und Diagnostik
- Gewebezüchtung
- regenerative Medizin
- Biosensoren im Nanobereich

Da Nanopartikel extrem klein sind, können sie direkt mit biologischen Molekülen wie Proteinen, DNA und Zellmembranen interagieren.

Warum die Größe eine Rolle spielt

Die nanoskalige Dimension ist entscheidend, da sie der Größenordnung biologischer Strukturen entspricht.

Zum Beispiel:

Aufbau	Ungefähre Größe
Menschliches Haar	80.000–100.000 nm
Rote Blutkörperchen	7.000 nm
Virus	100 nm
Protein	10 nm
Nanopartikel	1–100 nm

Nanopartikel sind daher klein genug, um durch Blutgefäße zu zirkulieren und mit einzelnen Zellen zu interagieren.

Im Nanobereich weisen Materialien aufgrund folgender Faktoren einzigartige Eigenschaften auf:

- großem Verhältnis von Oberfläche zu Volumen
- erhöhter chemischer Reaktivität
- Quanteneffekte
- verbesserte optische Eigenschaften

Dank dieser Eigenschaften können Nanopartikel Funktionen erfüllen, die für größere Partikel unmöglich sind.

In der Medizin verwendete Arten von Nanopartikeln





In der Nanomedizin werden üblicherweise verschiedene Arten von Nanopartikeln verwendet.

Goldnanopartikel

Goldnanopartikel besitzen besondere optische Eigenschaften und werden häufig eingesetzt für:

- medizinische Bildgebung
- Krebserkennung

- photothermische Therapie

Sie können Licht absorbieren und in Wärme umwandeln, die zur Zerstörung von Tumorzellen genutzt werden kann.

Kohlenstoffnanoröhren

Kohlenstoffnanoröhren sind zylindrische Kohlenstoffstrukturen mit bemerkenswerter Festigkeit und Leitfähigkeit.

Anwendungsbereiche sind unter anderem:

- Arzneimitteltransport
- Biosensoren
- Gewebezüchtung

Dank ihrer hohlen Struktur können sie Moleküle durch biologische Umgebungen transportieren.

Liposomen

Liposomen sind kugelförmige Vesikel, die aus Lipid-Doppelschichten bestehen, ähnlich wie biologische Membranen.

Sie sind besonders nützlich für:

- Arzneimittelverkapselung
- kontrollierte Wirkstofffreisetzung
- gezielte Therapie

Liposomen können Arzneimittel vor dem Abbau schützen, während sie diese durch den Blutkreislauf transportieren.





Abschnitt 1: Entdecken

Die Welt im Nanobereich entdecken

Die Erkundungsphase soll die Neugier der Schüler wecken und ihr Vorwissen über Materie, Größenordnungen und Medizintechnik aktivieren. Zu Beginn der Unterrichtsstunde führt die Lehrkraft in das Thema ein, indem sie eine einfache, aber wirkungsvolle Frage stellt:

„Wie klein kann Technologie werden, und was passiert, wenn wir die Größe biologischer Moleküle erreichen?“

Die Schüler werden dazu angeregt, darüber nachzudenken, wie die moderne Wissenschaft zunehmend auf extrem kleinen Maßstäben arbeitet und wie sich dies auf die Medizin auswirken kann. Um die aktive Beteiligung der Schüler zu fördern, präsentiert der Lehrer eine Reihe von Bildern und kurzen Animationen, die Phänomene im Nanobereich und biologische Strukturen veranschaulichen.

Das Ziel dieser Phase besteht noch nicht darin, formale Erklärungen zu liefern, sondern die Schüler dazu anzuregen, zu beobachten, Fragen zu stellen und Hypothesen aufzustellen.

Einführungsvideo

Die Unterrichtseinheit beginnt mit kurzen Videos, die die Idee vorstellen, dass Nanotechnologie die Medizin revolutionieren kann.

<https://www.youtube.com/watch?v=emEua2eJp1U&t=3s>

Arzneimittelabgabe mittels Nanopartikeln in der Krebstherapie (3D-wissenschaftliche Animation)

Dieses Video hilft den Schülern, sich vorzustellen, wie physikalische Prozesse und biologische Systeme auf mikroskopischer und nanoskopischer Ebene interagieren. Das Verständnis dieser Wechselwirkungen ist unerlässlich, um zu begreifen, wie sich Nanopartikel im menschlichen Körper verhalten. Forschungsergebnisse zeigen, dass die Nanotechnologie neue Strategien ermöglicht, um Medikamente direkt zu erkranktem Gewebe zu transportieren und dabei die Schädigung gesunder Zellen zu minimieren.

Brainstorming-Aktivität: Wissenschaft im Alltag





Die Schüler werden in kleine Gruppen aufgeteilt und gebeten, Beispiele für wissenschaftliche Technologien zu nennen, die mit biologischen Systemen interagieren. Beispiele hierfür könnten sein:

- Impfstoffe
- medizinische Bildgebungsverfahren
- diagnostische Tests
- tragbare Biosensoren

Die Gruppen schreiben ihre Ideen auf eine gemeinsame Tafel und erklären kurz, wie Technologie bei der Diagnose oder Behandlung von Krankheiten hilft. Der Lehrer führt dann das Konzept ein, dass die Nanotechnologie die nächste Grenze in dieser technologischen Entwicklung darstellt.

Aktivität: Visualisierung der Nanogröße

Eine der größten konzeptionellen Schwierigkeiten für die Schüler besteht darin, zu verstehen, wie klein der Nanomaßstab tatsächlich ist. Um dieser Herausforderung zu begegnen, präsentiert der Lehrer einen visuellen Vergleich zwischen verschiedenen biologischen und physikalischen Strukturen.

Die Schüler untersuchen Diagramme, in denen verglichen wird:

- menschliches Haar
- Zellen
- Viren
- Nanopartikel

Diskussionsfragen:

Die Schüler werden anschließend gebeten, Leitfragen zu beantworten:

- Warum ähnelt der Nanomaßstab dem Maßstab biologischer Strukturen?
- Warum interagieren Nanopartikel möglicherweise leichter mit Zellen als größere Partikel?
- Warum eignen sich Nanopartikel für medizinische Anwendungen?
- Wie könnten sich Nanopartikel durch Blutgefäße bewegen?

Diese Diskussion hilft den Schülern zu erkennen, dass **die Nanogröße eng mit der Größenordnung biologischer Prozesse korrespondiert**, was erklärt, warum die Nanotechnologie in der Medizin so vielversprechend ist.





Aktivität: Nanotechnologie im Alltag

Die Schüler recherchieren in Gruppen Beispiele für Nanotechnologie in der Medizin, wie zum Beispiel:

- nanopartikelbasierte Krebstherapie
- Lipid-Nanopartikel in Impfstoffen
- Nanosensoren zur Erkennung von Krankheiten
- Nanomaterialien in der regenerativen Medizin

Die Studierenden fassen ihre Ergebnisse in einer kurzen Präsentation zusammen. Ziel ist es, deutlich zu machen, dass die Nanomedizin ein stark interdisziplinäres Feld ist, das Physik, Chemie, Biologie und Ingenieurwesen miteinander verbindet.

Ethische und sicherheitsrelevante Fragen in der Nanomedizin

Die Nanotechnologie bietet zwar viele Vorteile, wirft aber auch wichtige ethische und sicherheitsrelevante Fragen auf. Die „Explore“-Phase endet mit einer Diskussion im Unterricht über die ethischen Implikationen neuer medizinischer Technologien.

Die Schüler untersuchen mögliche Bedenken wie:

- Toxizität von Nanopartikeln
- Langzeitansammlung in Organen
- Auswirkungen auf die Umwelt
- ungleicher Zugang zu fortschrittlichen Behandlungen





Da Nanopartikel extrem klein sind, können sie auf unerwartete Weise mit biologischen Systemen interagieren.

Mögliche Bedenken sind unter anderem:

- Toxizität
- Anreicherung in Organen
- Auswirkungen auf die Umwelt

Wissenschaftler müssen Nanopartikel sorgfältig testen, um sicherzustellen, dass sie für medizinische Zwecke unbedenklich sind.

Ethische Überlegungen

Bei der Entwicklung nanomedizinischer Technologien stellen sich mehrere ethische Fragen.

Patientensicherheit

Neue Behandlungsmethoden müssen strengen klinischen Studien unterzogen werden, bevor sie bei Patienten angewendet werden.

Zugänglichkeit und Gerechtigkeit

Fortschrittliche medizinische Technologien können teuer sein, was Bedenken hinsichtlich des gleichberechtigten Zugangs zur Gesundheitsversorgung aufwirft.

Datenschutz

Die Nanotechnologie könnte fortschrittliche Biosensoren ermöglichen, die biologische Signale überwachen können. Dies wirft Fragen zum Schutz medizinischer Daten auf.

Verantwortungsvolle Innovation

Forscher müssen Innovation und ethische Verantwortung in Einklang bringen und sicherstellen, dass Technologien der Gesellschaft zugutekommen und Risiken gleichzeitig minimiert werden.





Abschnitt 2: Umsetzung

Nanopartikel-Arzneimittelabgabesysteme

In der Umsetzungsphase gehen die Schüler von der Erkundung zu einer tieferen Analyse der wissenschaftlichen Mechanismen über, die der Nanomedizin zugrunde liegen. Der Schwerpunkt liegt darauf, zu verstehen, wie Nanopartikel als Wirkstofftransportsysteme fungieren können, die therapeutische Moleküle an bestimmte Stellen im Körper transportieren. Herkömmliche medizinische Behandlungen stützen sich oft auf Medikamente, die im gesamten Blutkreislauf zirkulieren. Dieser Ansatz ist zwar bei der Behandlung von Krankheiten wirksam, führt jedoch häufig zu schweren Nebenwirkungen, da auch gesundes Gewebe dem Medikament ausgesetzt ist.

Die Nanotechnologie bietet durch gezielte Wirkstoffabgabe eine Lösung für dieses Problem. Nanopartikel können so konstruiert werden, dass sie Wirkstoffe selektiv zu erkranktem Gewebe transportieren, wodurch die Behandlungseffizienz gesteigert und die Toxizität verringert wird.

Der Prozess der Wirkstoffabgabe

Die Schüler untersuchen die drei Hauptphasen der Wirkstoffabgabe mittels Nanopartikeln.

Phase 1 – Design der Nanopartikel

Wissenschaftler entwerfen Nanopartikel mit spezifischen Eigenschaften, die ihr Verhalten im Körper bestimmen. Wichtige Parameter sind:

- Partikelgröße
- Form
- Oberflächenchemie
- elektrische Ladung

Diese Eigenschaften beeinflussen, wie Nanopartikel im Blut zirkulieren, mit Zellen interagieren und das Zielgewebe erreichen.

Stufe 2 – Beladung mit Wirkstoffen

Sobald die Nanopartikel-Struktur erstellt ist, wird sie mit therapeutischen Molekülen beladen.

Zum Beispiel:

- Liposomen kapseln Wirkstoffe in einer Lipid-Doppelschicht ein, die biologischen Membranen ähnelt.





- Polymer-Nanopartikel binden Wirkstoffmoleküle an ihre Oberfläche.
- Kohlenstoffnanoröhren können Moleküle durch ihre hohle zylindrische Struktur transportieren.

Diese Phase stellt sicher, dass der Wirkstoff während seines Transports durch den Körper stabil bleibt.

Phase 3 – Kontrollierte Wirkstofffreisetzung

Nach Erreichen des Zielgewebes setzt das Nanopartikel das Wirkstoffmolekül frei.

Die Wirkstofffreisetzung kann durch Umweltfaktoren ausgelöst werden, wie zum Beispiel:

- pH-Veränderungen in der Tumorumgebung
- spezifische Enzyme
- Temperaturunterschiede
- äußere Reize wie Licht oder Magnetfelder

Durch die kontrollierte Freisetzung kann das Medikament genau dort wirken, wo es benötigt wird.

Gezielte Krebstherapie

Krebszellen weisen oft spezifische Proteine auf ihrer Oberfläche auf, die als Rezeptoren bezeichnet werden. Wissenschaftler entwickeln Nanopartikel mit Molekülen, sogenannten Liganden, die selektiv an diese Rezeptoren binden.

Diese Wechselwirkung folgt dem Schlüssel-Schloss-Modell, einem in der Molekularbiologie häufig verwendeten Konzept.

Wenn das Nanopartikel auf eine Krebszelle trifft:

1. bindet der Ligand an den Rezeptor.
2. Das Nanopartikel heftet sich an die Zellmembran.
3. Die Zelle nimmt das Nanopartikel auf.
4. Das Medikament wird im Inneren der Tumorzelle freigesetzt.

Da gesunde Zellen diese Rezeptoren nicht besitzen, interagieren sie viel weniger mit den Nanopartikeln. Dadurch kann die gezielte Nanotherapie Schäden an gesundem Gewebe deutlich reduzieren.

Schüleraktivitäten

Die Schüler bearbeiten strukturierte Arbeitsblätter, die wichtige Konzepte vertiefen.

Zu den Aktivitäten gehören:

- biologische Strukturen nach Größe ordnen





- Zuordnung von Nanopartikel-Typen zu ihren Anwendungsbereichen
- die Schritte der Wirkstoffabgabe beschreiben
- Erläuterung des Mechanismus der Rezeptor-Ligand-Wechselwirkung

Diese Übungen helfen den Schülern, abstrakte wissenschaftliche Ideen in konkretes Verständnis umzusetzen.

Arbeitsblätter für Schüler

Arbeitsblatt 1 – Maßstäbe verstehen

1. Ordne die folgenden Strukturen von der größten zur kleinsten:
 - Virus
 - menschliches Haar
 - Nanopartikel
 - rote Blutkörperchen
2. Warum ist die Nanogröße für medizinische Anwendungen nützlich?

Arbeitsblatt 2 – Arten von Nanopartikeln

Ordne jeden Nanopartikel-Typ seiner Funktion zu:

Nanopartikel	Funktion
Goldnanopartikel	
Kohlenstoffnanoröhren	
Liposomen	

Arbeitsblatt 3 – Wirkstofffreisetzung

Beschreiben Sie die drei Schritte der Wirkstoffabgabe durch Nanopartikel.

- 1.
 - 2.
 - 3.
- Erkläre, warum die gezielte Arzneimittelabgabe Nebenwirkungen reduziert.

Arbeitsblatt 4 – Krebsbekämpfung

Erkläre, wie Nanopartikel Krebszellen erkennen.

Beschreibe die Wechselwirkung anhand des Schlüssel-Schloss-Modells.

Arbeitsblatt 5 – Reflexionsfragen

1. Welche Vorteile bietet die Nanotechnologie in der Medizin?
2. Welche potenziellen Risiken müssen Wissenschaftler berücksichtigen?





Abschnitt 3: Vertiefung

Augmented Reality für ein tieferes Verständnis

Die Vertiefungsphase integriert Augmented-Reality-Technologien, um das Verständnis der Schüler über das hinaus zu erweitern, was durch traditionelle Experimente beobachtet werden kann. Augmented Reality ermöglicht es den Schülern, Prozesse im Nanobereich zu visualisieren, die nicht direkt beobachtet werden können.

In der AR-Übung „*Nanotechnologie in der Medizin: Von Molekülen zur gezielten Therapie*“ interagieren die Schüler mit einer Abfolge von Szenen, die das Verhalten von Nanopartikeln veranschaulichen.

AR-Szene 1 – Einführung

Die Studierenden scannen einen AR-Marker mit einem Tablet oder Smartphone.

Eine dreidimensionale Animation führt in das Konzept der Nanomedizin ein und veranschaulicht, wie sich Nanopartikel durch den Blutkreislauf bewegen.

AR-Szene 2 – Größenvergleich

Die Schüler betrachten eine interaktive Visualisierung, die Folgendes vergleicht:

- menschliches Haar
- rote Blutkörperchen
- Viren
- Nanopartikel

Diese Szene vertieft das Konzept der relativen Größenordnung und hilft den Schülern, besser zu verstehen, wie Nanopartikel mit biologischen Systemen interagieren.

AR-Szene 3 – Arten von Nanopartikeln

Die Schüler erkunden 3D-Modelle von drei häufig verwendeten Nanopartikelarten:

- Goldnanopartikel
- Kohlenstoffnanoröhren
- Liposomen

Jede Struktur kann gedreht und aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden.

In einem kurzen Quiz werden die Schüler gefragt:





Welcher Nanopartikel-Typ kapselt Wirkstoffe in einer Lipidmembran ein?

Richtige Antwort: Liposomen

AR-Szene 4 – Wirkstofffreisetzungsmechanismus

Die Schüler beobachten den gesamten Wirkstofffreisetzungsprozess:

1. Leeres Nanopartikel
2. mit Wirkstoff beladenes Nanopartikel
3. Nanopartikel, das das Zielgewebe erreicht
4. Freisetzung des Wirkstoffs

Interaktive Elemente ermöglichen es den Schülern, jeden Schritt auszulösen.

Eine Quizfrage vertieft das Konzept:

Was ist der Hauptvorteil der Wirkstoffabgabe mittels Nanopartikeln?

Richtige Antwort: gezielte Therapie mit reduzierten Nebenwirkungen

AR-Szene 5 – Bekämpfung von Krebszellen

Die Schüler beobachten, wie Nanopartikel an Rezeptoren auf Tumorzellen binden.

Diese Visualisierung veranschaulicht den Mechanismus der Rezeptor-Ligand-Erkennung und zeigt, wie Nanopartikel in Krebszellen eindringen.

Quizfrage:

Wie erkennen Nanopartikel Krebszellen?

Richtige Antwort: spezifische Rezeptor-Ligand-Wechselwirkung

AR-Szene 6 – Abschlussbewertung

Die AR-Aktivität endet mit einem kurzen interaktiven Quiz, in dem die wichtigsten Konzepte der Einheit wiederholt werden.

Die Schüler setzen sich mit Fragen wie den folgenden auseinander:

- Wie verbessert die Nanotechnologie medizinische Behandlungen?
- Warum ist die Nanotechnik für die moderne Medizin wichtig?
- Welche Herausforderungen bestehen bei der Entwicklung sicherer nanomedizinischer Technologien noch?

Lerneffekt

Augmented Reality verbessert das Lernen durch:

- unsichtbare Prozesse sichtbar macht
- das konzeptionelle Verständnis verbessert
- das Engagement der Schüler steigern
- Verbindung von theoretischem Wissen mit praktischen Anwendungen





Durch diese immersive Erfahrung gewinnen die Studierenden ein tieferes Verständnis dafür, wie die Nanowissenschaft das Gesundheitswesen verändert.

Fazit:

Die Nanotechnologie verändert die moderne Medizin, indem sie neue Ansätze für Diagnose und Behandlung ermöglicht.

In dieser Lerneinheit befassten sich die Schüler mit Strukturen im Nanobereich, Arten von Nanopartikeln und Mechanismen der Wirkstoffabgabe. Sie lernten, wie Nanopartikel Wirkstoffe direkt zu erkrankten Zellen transportieren und schädliche Nebenwirkungen reduzieren können.

Die Integration von Augmented Reality bot ein immersives Erlebnis, das es den Schülern ermöglichte, Prozesse im Nanobereich zu visualisieren und zu verstehen, wie Nanopartikel mit biologischen Systemen interagieren.

Die Nanomedizin ist ein eindrucksvolles Beispiel für interdisziplinäre Wissenschaft, die Physik, Chemie, Biologie und Ingenieurwesen kombiniert, um reale medizinische Herausforderungen anzugehen.

Das Verständnis dieser Prinzipien bereitet die Schüler auf zukünftige Studiengänge und Karrieren in aufstrebenden wissenschaftlichen Bereichen wie Biomedizintechnik, Pharmazie und Nanotechnologie vor.

Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Schüler untersuchen Beispiele für Nanotechnologie im Alltag und in der Medizin, wie z. B. auf Nanopartikeln basierende Impfstoffe, diagnostische Biosensoren und Arzneimittelabgabesysteme. Durch angeleitete Internetrecherchen und Diskussionen im Unterricht erforschen sie, wie Materialien im Nanobereich mit biologischen Systemen interagieren und warum die Größe bei medizinischen Anwendungen eine Rolle spielt.
	- Inhaltsentwicklung: Lehrkräfte führen das Konzept der Nanogröße und der Nanomedizin anhand visueller Vergleiche (menschliches Haar, rote Blutkörperchen, Viren, Nanopartikel) sowie kurzer wissenschaftlicher Videos ein, die die Wirkstoffabgabe mittels Nanopartikeln und Nanotechnologie im Gesundheitswesen erklären. Diagramme, Animationen und konzeptionelle Modelle helfen den Schülern, Strukturen zu visualisieren, die nicht direkt beobachtet werden können.
	- Bedarfsanalyse: Die Lehrkräfte beurteilen das Vorwissen der Schüler über Größenordnungen, Zellen und grundlegende biomedizinische Technologien. Die Schüler tauschen ihre ersten Vorstellungen darüber aus, wie Medikamente im Körper transportiert werden, und diskutieren mögliche Missverständnisse bezüglich der Nanotechnologie, wie beispielsweise die Verwechslung von Mikro- und Nanogrößenordnungen.





Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Die Schüler untersuchen, wie Nanopartikel entworfen und in gezielten Wirkstofffreisetzungssystemen eingesetzt werden. Anhand von angeleiteten Aktivitäten und Arbeitsblättern analysieren sie die Struktur und Funktion verschiedener Nanopartikeltypen (Goldnanopartikel, Kohlenstoffnanoröhren, Liposomen) und erforschen, wie Wirkstoffe an bestimmten Zielorten geladen und freigesetzt werden können.
	- Interaktive Übungen: Die Schüler arbeiten in Gruppen an strukturierten Lernaktivitäten, darunter das Ordnen biologischer Strukturen nach Größe, das Zuordnen von Nanopartikeltypen zu ihren Funktionen und das Beschreiben der Phasen der Wirkstoffabgabe durch Nanopartikel. Die Gruppen analysieren gemeinsam Fallstudien zu nanopartikelbasierten Krebstherapien.
	- Feedback-Sammlung: Die Schüler präsentieren ihre Ergebnisse vor der Klasse und diskutieren die Vorteile und Grenzen der Nanomedizin. Die Lehrkräfte leiten die Reflexion darüber an, wie zielgerichtete Therapien im Vergleich zu herkömmlichen Behandlungen Nebenwirkungen reduzieren können. Die Diskussion unter Gleichaltrigen hilft, Missverständnisse zu klären und Schlüsselkonzepte zu festigen.
Erweiterung	- AR-Integration: Die Schüler nutzen eine Augmented-Reality-Anwendung (AR), um nanoskalige Strukturen und Prozesse der Nanomedizin zu visualisieren. Die AR-Erfahrung umfasst Szenen, die Größenvergleiche im Nanobereich, Arten von Nanopartikeln und den Mechanismus der gezielten Wirkstoffabgabe im Körper zeigen.
	- Interaktives Lernen: Mithilfe von AR-Simulationen beobachten die Schüler, wie sich Nanopartikel durch Blutgefäße bewegen, an spezifische Rezeptoren auf Krebszellen binden und Medikamente in Ziel e Gewebe abgeben. Sie können Variablen wie den Nanopartikeltyp oder den Mechanismus der Medikamentenfreisetzung manipulieren und die daraus resultierenden Veränderungen beobachten.
	Gamifizierte Inhalte:
	- Punkte und Abzeichen: Die Studierenden sammeln Punkte und digitale Abzeichen, wenn sie AR-Quizfragen richtig beantworten, Nanopartikelarten identifizieren und Lernaktivitäten im Bereich der Nanomedizin absolvieren.
	- Aufgaben und Levels: Gruppen bewältigen aufeinander aufbauende AR-Herausforderungen, wie das Identifizieren von Strukturen im Nanobereich, das Erläutern von Phasen der Wirkstoffabgabe und das Lösen von Fallbeispielen im Zusammenhang mit der Krebstherapie.
	- Belohnungen für Entdeckungen: Es werden zusätzliche Punkte vergeben, wenn die Schüler neue praktische Anwendungen der Nanotechnologie in der Medizin identifizieren oder innovative Ideen für zukünftige nanomedizinische Technologien vorschlagen.
	- Gemeinsame spielerische Aufgaben: Die Teams arbeiten zusammen, um AR-basierte Aufgaben zu lösen, wie zum Beispiel die Entwicklung eines effektiven Systems zur Verabreichung von Medikamenten mittels Nanopartikeln oder die Auswahl des am besten geeigneten Nanopartikeltyps für ein bestimmtes medizinisches Problem.
	AR-basierte Bewertungen: Die Schüler demonstrieren ihr Verständnis, indem sie AR-gesteuerte Aufgaben absolvieren und kurze Berichte verfassen, in denen sie erklären, wie Nanopartikel mit biologischen Systemen interagieren und wie gezielte Therapien funktionieren.





Ressource:

Whitesides, G. (2018). *Nanoscience and Nanotechnology*. Harvard University Press.

Europäische Kommission (2022). *Nanotechnologie im Gesundheitswesen*.

De Jong, W. H., & Borm, P. J. A. (2008). Arzneimittelabgabe und Nanopartikel: Anwendungen und Gefahren. *International Journal of Nanomedicine*.

Kumar, M., & Pathak, D. (2025). Nanotechnologie-basierte Nanoemulsions-Verabreichungssysteme für die gezielte Arzneimittelabgabe. *Pharmaceutical Nanotechnology*.

Ashraf, M., Zulfiqar, F., & Ijaz, U. (2025). Anwendungen von Nanopartikeln in neuartigen Arzneimittelabgabesystemen. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*

Peer, D. et al. (2007). Nanotransporter als aufstrebende Plattform für die Krebstherapie. *Nature Nanotechnology*.

Ferrari, M. (2005). Nanotechnologie in der Krebsforschung: Chancen und Herausforderungen. *Nature Reviews Cancer*.

Freitas, R. (2005). *Nanomedizin, Band I: Grundlegende Fähigkeiten*. Landes Bioscience.

National Nanotechnology Initiative (NNI). (2023). *Nanotechnologie und Medizin*.

NISE Network. Einführungsvideo zur Nanomedizin.

Uchegbu, I. (2024). Fortschritte bei nanotechnologischen Wirkstofffreisetzungssystemen. ELRIG Drug Discovery Conference.

<https://www.delightex.com/>

<https://www.eu-jer.com/applying-augmented-reality-technology-in-stem-education-a-bibliometrics-analysis-in-scopus-database>

<https://www.mitrmedia.com/resources/blogs/exploring-the-role-of-ar-in-education-transforming-stem-learning-for-k12-students/>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.