



Co-funded by
the European Union

Nanoroboter im menschlichen Körper



BIOS4YOU
AR 2.0

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

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"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."

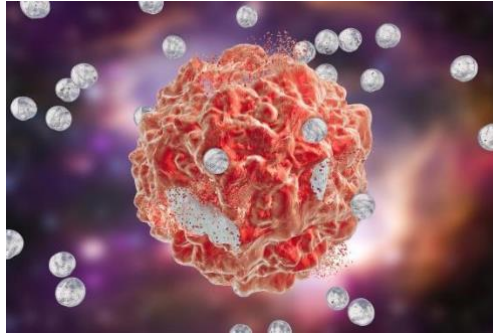




Inhalt

Einleitung	3
Entdecken	5
Ausführen:	6
Verbessern:	7
Fazit:	8
Referenzen	9





Allgemeines Thema des Lernpfads	Nanoroboter im menschlichen Körper
Spezifischer Name der Lerneinheit	<i>Wie winzige Partikel große Lösungen liefern</i>
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	Grundkenntnisse in Zellbiologie, Chemie (Atome, Moleküle, Materialien), Interesse an moderner Medizin und Technologie.
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Einheit führt die Schüler in das Gebiet der Nanomedizin ein und konzentriert sich dabei darauf, wie Nanopartikel Medikamente durch den menschlichen Körper transportieren. Die Lernenden untersuchen zunächst, was Nanopartikel sind, wie sie sich im Nanobereich verhalten und warum ihr sicherer und präziser Transport eine der größten Herausforderungen der modernen Medizin darstellt. Anschließend führen sie interaktive Aktivitäten in einem AR-Labor durch, in denen sie die Reise von Nanopartikeln durch den Blutkreislauf simulieren, um Medikamente an bestimmte Zellen zu transportieren. Abschließend vertiefen sie ihr Verständnis, indem sie über reale Anwendungen, ethische Fragen und zukünftige Herausforderungen der Nanomedizin nachdenken. Ziel ist es, ein abstraktes und komplexes Fachgebiet zugänglich und interessant zu machen und zu zeigen, wie Wissenschaft im kleinsten Maßstab einige der größten Herausforderungen im Gesundheitswesen lösen kann.
Thema: Beteiligte Parteien	• Themen: Biologie, Chemie, Gesundheitswissenschaften, IKT/digitale Kompetenz, Ethik. • Beteiligte: Schüler, Lehrer, mögliche Gastreferenten (Nanotechnologie-)





	Forscher, Fachleute aus dem Gesundheitswesen).
Stichworte	Nanopartikel, Nanotechnologie, Nanomedizin, Arzneimitteltransport, gezielte Therapie, Blut-Hirn-Schranke, regenerative Medizin, AR-Lernen.
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	• Definition und Eigenschaften von Nanopartikeln. Prinzipien des Transports von Nanomedizin im Körper. • Anwendungen in der Praxis (Impfstoffe, Krebstherapie, neurologische Behandlung). • Ethische Überlegungen
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	NIH – Nanomedizin: Die Zukunft der Medizin ist klein. Britische Gesellschaft für Nanomedizin – Was ist Nanomedizin? TWI Global – Was sind Nanopartikel?
Bewertungskriterien und Bewertung	Die Bewertung umfasst Wissen, Fähigkeiten, Kreativität und Reflexion. Die Beurteilung ist sowohl formativ (laufendes Feedback während der AR-Aktivitäten und Diskussionen) als auch summativ (Abschlusspräsentationen, Gruppenberichte und Leistungen in AR-basierten Bewertungen).





Einleitung

Jede Sekunde transportiert unser Blutkreislauf Sauerstoff, Nährstoffe und Medikamente in jeden Winkel des Körpers. Aber nicht alle Medikamente erreichen ihr Ziel. Chemotherapeutika beispielsweise zirkulieren oft im gesamten Körper und greifen sowohl gesunde als auch krebsartige Zellen an. Dies verursacht schmerzhaftes Nebenwirkungen und schränkt die Wirksamkeit der Behandlung ein.

Stellen Sie sich nun vor, Medikamente könnten wie Lenkraketen unterwegs sein: winzige Vehikel, die so programmiert sind, dass sie Medikamente nur dorthin transportieren, wo sie benötigt werden. Das ist das Versprechen der Nanomedizin, einem Bereich, der Nanotechnologie (die im Bereich von Milliardstel Metern arbeitet) auf das Gesundheitswesen anwendet.

Nanopartikel können so konstruiert werden, dass sie sich durch den Körper bewegen, natürliche Abwehrmechanismen umgehen und Medikamente direkt an erkrankte Zellen abgeben.

In dieser Lerneinheit begeben sich die Schüler auf eine Reise in die unsichtbare Welt der Nanomedizin. Zunächst erkunden sie die Grundlagen von Wissenschaft und Medizin im Nanobereich, führen dann interaktive Missionen in einem Augmented-Reality-Labor (AR) durch, in dem sie Nanopartikel durch den menschlichen Körper leiten, und vertiefen schließlich ihr Verständnis, indem sie über die Möglichkeiten, Herausforderungen und ethischen Fragen dieser revolutionären Technologie nachdenken.





Die Nanomedizin verwendet Strukturen, die so klein sind, dass tausend davon aneinandergereiht dünner wären als ein menschliches Haar. In dieser Größenordnung verhalten sich Materialien auf ungewöhnliche Weise. Für die Medizin bedeutet dies einen grundlegenden Wandel. Nanopartikel können so konzipiert werden, dass sie Medikamente wie winzige Kapseln transportieren und erkrankte Zellen mit viel größerer Präzision als herkömmliche Methoden ansteuern.

Die Bedeutung dieser Technologie liegt in ihrem Potenzial, die Art und Weise, wie wir Krankheiten behandeln, zu verändern:

In **der Krebstherapie** können Nanopartikel Krebszellen erkennen und Chemotherapie direkt an sie abgeben, wodurch gesundes Gewebe geschont wird.

In **der Neurologie** können einige Nanopartikel die Blut-Hirn-Schranke überwinden, eine natürliche Barriere, die normalerweise die meisten Medikamente blockiert, und eröffnen damit neue Wege für die Behandlung von Hirnerkrankungen.

Bei **Infektionskrankheiten** wird die Nanomedizin bereits bei der Verabreichung von mRNA-Impfstoffen gegen COVID-19 eingesetzt, wo Lipid-Nanopartikel empfindliches genetisches Material schützen und sicher in die Zellen transportieren.

Durch die Lösung des Problems der Wirkstoffabgabe verspricht die Nanomedizin nicht nur wirksamere Behandlungen, sondern auch eine Verringerung des Leidens durch die Minimierung schädlicher Nebenwirkungen.

Was sind Nanopartikel?

Ein Nanopartikel ist ein extrem kleines Teilchen mit einer Größe zwischen 1 und 100 Nanometern. Um Ihnen eine Vorstellung zu geben: Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter. Wenn Sie ein einzelnes menschliches Haar in 100.000





Stücke schneiden würden, hätte eines dieser Fragmente ungefähr die Größe eines Nanopartikels (TWI Global, 2023).

In dieser mikroskopischen Größenordnung verhalten sich Materialien oft ganz anders als ihre größeren, massiveren Formen. Beispielsweise kann Gold, das normalerweise glänzend und gelb erscheint, aufgrund seiner Wechselwirkung mit Licht rot oder violett erscheinen, wenn es zu Nanopartikeln reduziert wird. Nanopartikel haben außerdem ein sehr hohes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen, wodurch sie viel reaktiver und für chemische, biologische und technologische Anwendungen nützlicher sind (PNNL, 2023).

In der Medizin sind Nanopartikel besonders wichtig. Sie fungieren als mikroskopisch kleine Transportvehikel für Medikamente. Wissenschaftler können sie so konstruieren, dass sie

- sicher durch den Blutkreislauf zu transportieren,
- eine Zerstörung durch das Immunsystem zu vermeiden,
- sich spezifisch an erkrankte Zellen (wie Krebszellen) anzuheften und
- Arzneimittel kontrolliert nur an der Stelle der Erkrankung freizusetzen.

Diese Fähigkeit, Behandlungen mit solcher Präzision durchzuführen, ist der Grund, warum Nanopartikel für die Nanomedizin von grundlegender Bedeutung sind. So sind beispielsweise Lipid-Nanopartikel für den Transport der empfindlichen mRNA, die in COVID-19-Impfstoffen verwendet wird, unverzichtbar. In ähnlicher Weise testen Forscher Nanopartikel, die die Blut-Hirn-Schranke überwinden können, was neue Möglichkeiten für die Behandlung neurologischer Erkrankungen eröffnet ([NIH, 2022](#)).

Entdecken Sie:

Der erste Schritt auf unserer Reise ist das Verständnis der Grundlagen.

Den Schülern wird das Konzept vermittelt, dass die meisten Zellen im Körper spezialisiert sind: Hautzellen schützen, Muskelzellen kontrahieren und





Nervenzellen übertragen Signale. Stammzellen hingegen sind zunächst Generalisten. Sie sind wie leere Bausteine, die sich bei Bedarf vermehren oder in spezialisierte Zellen umwandeln können.

Es gibt drei Haupttypen von Stammzellen. Embryonale Stammzellen sind pluripotent, das heißt, sie können sich zu jedem Zelltyp im menschlichen Körper entwickeln. Adulte Stammzellen, wie sie beispielsweise im Knochenmark vorkommen, sind zwar eingeschränkter, aber dennoch unverzichtbar für den Ersatz und die Reparatur von geschädigtem Gewebe. Dann gibt es noch induzierte pluripotente Stammzellen (iPSCs), eine revolutionäre Entdeckung von Shinya Yamanaka und Kazutoshi Takahashi aus dem Jahr 2006, bei der normale adulte Zellen so „umprogrammiert“ werden, dass sie sich wie embryonale Zellen verhalten (Takahashi & Yamanaka, 2006).

Die Schüler untersuchen auch, wie diese Zellen bereits in der Medizin eingesetzt werden. Knochenmarktransplantationen retten Patienten mit Blutkrebs wie Leukämie. Hornhautstammzellen stellen das Sehvermögen von Menschen mit geschädigten Augen wieder her (NIH, 2022). Und Forscher der Mayo Clinic untersuchen, wie Stammzellen geschädigtes Herzgewebe reparieren könnten (Mayo Clinic, 2023).

In dieser Phase erwerben die Schüler das grundlegende Wissen: Stammzellen sind das Reparatursystem der Natur, und die Menschheit beginnt zu lernen, wie man sie einsetzt.



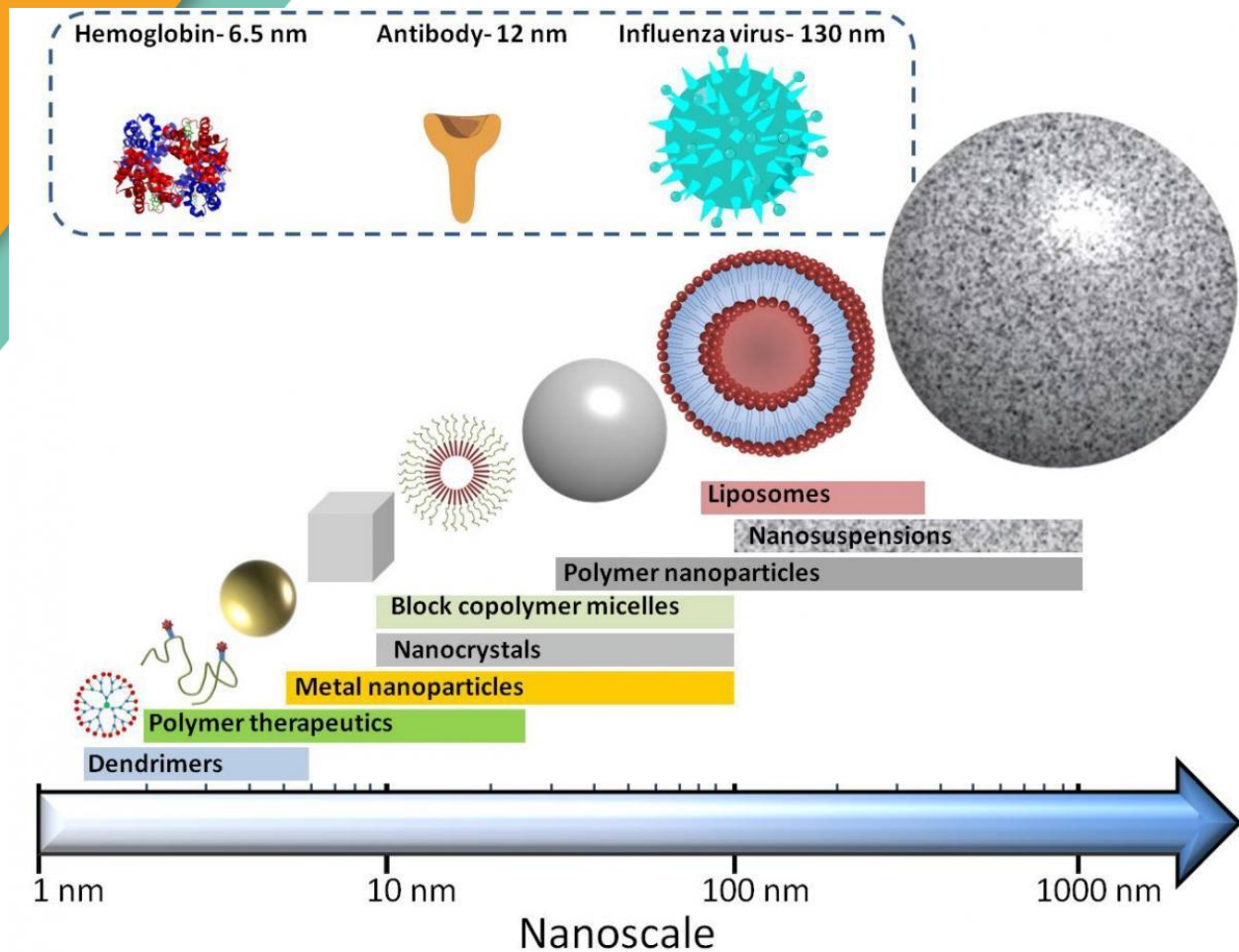


Abbildung 1 – Quelle: British Society for Nanomedicine

Ausführung:

Sobald die Grundlagen geschaffen sind, gehen die Schüler zur Ausführungsphase über, in der sie experimentieren, wie der Transport in der Nanomedizin tatsächlich funktioniert.

In einem AR-Labor werden sie virtuell auf die Größe eines Nanopartikels verkleinert und in einen simulierten Blutkreislauf versetzt. Ihre Mission: ein lebensrettendes Medikament an den Ort eines Tumors zu bringen. Auf dem Weg dorthin müssen sie Immunzellen ausweichen, die versuchen, sie zu zerstören, sich durch Blutgefäße navigieren und einen Weg finden, Zellmembranen zu überwinden und ihre Fracht freizusetzen.





Das AR-System dient als Leitfaden und bietet detaillierte Anweisungen und visuelle Erklärungen zu jeder Etappe der Reise. Die Studierenden sehen, wie sich verschiedene Designs und , wie beispielsweise die Beschichtung von Nanopartikeln mit „Stealth“-Molekülen, um sich vor dem Immunsystem zu verstecken, auf ihren Erfolg auswirken.

Diese interaktiven Übungen sind von der Bio-Inspiration in der Natur inspiriert. So wie sich Viren entwickelt haben, um effizient in Zellen einzudringen, ahmen Nanomedizin-Ingenieure diese Strategien zum Guten nach. Die Schüler werden zum Nachdenken angeregt: Wie transportiert die Natur Moleküle und was können wir daraus lernen?

Außerhalb der Augmented Reality vertiefen einfache Aktivitäten im Klassenzimmer den Unterricht. Beispielsweise können Perlen und Gel verwendet werden, um Nanopartikel zu modellieren, die sich durch Barrieren bewegen, wodurch die Schüler abstrakte Ideen mit konkreten Erfahrungen verbinden können.

Feedback ist in den Prozess integriert. Augmented-Reality-Anwendungen zeigen sofort, ob das Medikament sein Ziel erreicht hat. Die Schüler halten ihre Überlegungen in digitalen Laborjournalen fest, und in Gruppendiskussionen können sie Strategien austauschen und Ergebnisse vergleichen.

Verbessern:

Die letzte Phase geht über das Üben hinaus und umfasst Reflexion und Vorstellungskraft. Hier wird Augmented Reality nicht nur zu einem Werkzeug für Simulationen, sondern auch für kritisches Denken.

Die Schüler untersuchen Szenarien, in denen Nanotechnologie zum Einsatz kommt. Einige Beispiele zur Anregung des Lernens sind:

Ist es möglich, Nanopartikel zu entwickeln, die Medikamente nur dann freisetzen, wenn sie auf die saure Umgebung eines Tumors treffen?

- Wie könnte die Nanomedizin das Problem der Wirkstoffabgabe über die Blut-Hirn-Schranke lösen?
- Welche ethischen Fragen stellen sich, wenn wir Partikel entwickeln können, die monatelang oder jahrelang im Körper zirkulieren?





AR-Tools machen diese abstrakten Probleme sichtbar und verwandeln sie in interaktive Rätsel. Die Schüler manipulieren Nanopartikel, passen ihre Eigenschaften an und sehen sofort die Konsequenzen.

Gamification vertieft das Engagement: Durch diese Aktivitäten **verstehen** die Schüler nicht nur, **wie der Transport in der Nanomedizin funktioniert**, sondern reflektieren auch dessen Auswirkungen, Grenzen und Zukunftsmöglichkeiten.

- Punkte und Abzeichen belohnen erfolgreich abgeschlossene Missionen.
- Ranglisten fördern die Zusammenarbeit und den freundschaftlichen Wettbewerb.
- Missionen schalten zunehmend komplexere Herausforderungen frei, von der Behandlung eines Organs bis zur Verabreichung von Medikamenten an mehrere Systeme.

Gruppenaufgaben erfordern, dass die Schüler zusammenarbeiten, um Nanopartikel für verschiedene Krankheiten zu entwickeln.

Fazit

Am Ende dieser Einheit haben die Schüler eine Reise durch den Blutkreislauf unternommen, die Herausforderungen der Medikamentenverabreichung im Nanobereich erlebt und darüber nachgedacht, warum der Transport die zentrale Frage in der Nanomedizin ist.

Sie haben die Wissenschaft hinter Nanopartikeln erforscht, praktische Missionen durchgeführt, die reale medizinische Herausforderungen widerspiegeln, und ihr Lernen durch AR und Gamification verbessert, wodurch unsichtbare Prozesse sichtbar und spannend wurden.

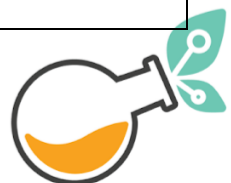
Vor allem aber haben sie eine Verbindung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft hergestellt und verstanden, wie die Nanomedizin die Zukunft





des Gesundheitswesens durch präzisere, effektivere und humanere Behandlungen gestalten könnte.

Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: In dieser ersten Phase werden die Schüler in die Welt der Nanopartikel und ihr unterschiedliches Verhalten im Nanobereich eingeführt. Sie entdecken, dass ein Nanopartikel zwischen 1 und 100 Nanometer groß ist, eine Größe, die so klein ist, dass ein Haar 100.000 Nanometer dick ist. Die Schüler lernen, dass Nanopartikel in der Medizin als mikroskopisch kleine Kuriere fungieren. Sie sind so konzipiert, dass sie sich durch den Blutkreislauf bewegen, dem Immunsystem entgehen und Medikamente nur dort abgeben, wo sie benötigt werden, beispielsweise direkt an eine Krebszelle. Sie untersuchen auch Beispiele aus der Praxis: Lipid-Nanopartikel in COVID-19-Impfstoffen, Liposomen, die in der Chemotherapie eingesetzt werden, und Gold-Nanopartikel, die getestet werden, um Tumore mit Hitze zu zerstören.
	- Inhaltsentwicklung: Die Inhalte werden durch eine Mischung aus kurzen Videos, Diagrammen und einfachen Analogien präsentiert. Beispielsweise wird der Blutkreislauf mit einer stark befahrenen Autobahn verglichen, auf der Nanopartikel wie winzige Lieferwagen mit zerbrechlichen Paketen unterwegs sind. Die Schüler untersuchen die Hindernisse, denen diese Lieferwagen begegnen: Immunzellen agieren wie Polizisten, die Blut-Hirn-Schranke ist wie eine Kontrollstelle und kranke Zellen sind die Lieferadressen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Lernenden die Kernkonzepte verstehen: • Was Nanopartikel sind. • Warum ihr effektiver Transport die zentrale Herausforderung der Nanomedizin ist. • Wie sie die Medizin bereits verändern.
	- Bedarfsanalyse: Schüler dieser Stufe haben oft Schwierigkeiten mit abstrakten Größenordnungen wie dem Nanometer. Sie benötigen visuelle Hilfsmittel und interaktive Demonstrationen, um ein Gefühl dafür zu entwickeln. Außerdem müssen sie klar verstehen, <i>warum</i> der Transport von Medikamenten wichtig ist, damit sie einen Bezug zwischen der Wissenschaft und realen Gesundheitsproblemen des Menschen herstellen können. So werden sie auf eine intensivere, praxisorientierte Auseinandersetzung in der nächsten Phase vorbereitet.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Die Schüler betreten ein virtuelles AR-Labor, wo sie auf Nanogröße „geschrumpft“ und in einen Blutkreislauf versetzt werden. Ihre Aufgabe ist es, Medikamente sicher an einen Zielort zu transportieren und dabei Hindernisse zu überwinden.
	- Interaktive Übungen: Navigieren Sie die Nanopartikel durch die Blutgefäße und weichen Sie den Immunzellen aus, die versuchen, sie zu eliminieren.
	- Feedback-Erfassung: Das Feedback erfolgt in drei Ebenen:





	1. AR-System: Sofortige Rückmeldung darüber, ob die Mission erfolgreich war oder fehlgeschlagen ist. 2. Beobachtung durch die Lehrkraft: Überwachung von Teamarbeit, Strategie und Problemlösungsansätzen. 3. Reflexion der Schüler: Aufzeichnung der Ergebnisse in einem digitalen Laborjournal, Vergleich der Strategien in Diskussionen mit Gleichaltrigen.
Verbessern	- AR-Integration: AR wird nicht nur zu einer Simulation, sondern zu einer Umgebung für die Problemlösung. Die Schüler manipulieren das Design von Nanopartikeln: Sollten sie diese mit einer „Tarnschicht“ überziehen, um Immunzellen zu vermeiden? Sollten sie Medikamente nur unter bestimmten pH-Bedingungen freisetzen, wie beispielsweise in einem Tumor? AR ermöglicht es den Lernenden, zu experimentieren und sofort Ergebnisse zu sehen, die in einem realen Klassenzimmer nicht zu beobachten wären.
	- Interaktives Lernen: Die Schüler reflektieren über die Anwendungen und Auswirkungen. Dies fördert kritisches Denken und verbindet Wissenschaft mit Gesellschaft.
	Gamifizierte Inhalte: Punkte und Abzeichen: Werden für jede erfolgreiche Mission vergeben. Ranglisten: Zeigen die Leistung der Gruppe an und fördern einen freundschaftlichen Wettbewerb. Quests und Levels: Die Schüler arbeiten sich von einfachen Lieferaufgaben zu komplexen Herausforderungen mit mehreren Organen vor. Belohnungen für Erkundungen: Zusätzliche Anerkennung für innovative Strategien oder Verknüpfung von Beispielen aus der aktuellen Forschung. Kollaborative gamifizierte Aufgaben: Teams entwerfen und testen Nanopartikel für verschiedene Krankheiten, was Verhandlungen und Zusammenarbeit erfordert.
	AR-basierte Bewertungen: Die abschließende Bewertung kombiniert AR-Leistung, Laborjournale, Gruppenpräsentationen und ethische Debatten.

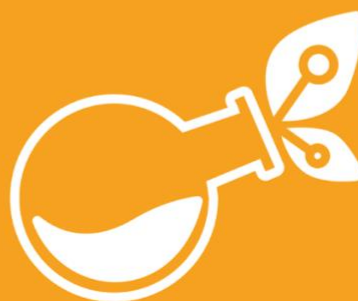
Referenzen

- Britische Gesellschaft für Nanomedizin. (2023). Was ist Nanomedizin? Abgerufen unter: <https://www.britishsocietynanomedicine.org/what-is-nanomedicine>
- National Institutes of Health (NIH). (2022). Nanomedizin: Die Zukunft der Medizin ist klein. Abgerufen unter: <https://www.nih.gov/research-training/nanomedicine>
- TWI Global. (2023). Was sind Nanopartikel? Abgerufen unter: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-are-nanoparticles>
- PNNL – Pacific Northwest National Laboratory. (2023). Nanomaterialien erklärt. Abgerufen unter: <https://www.pnnl.gov/explainer-articles/nanomaterials>





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: KA220-BW-23-30-126516

*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.