



Co-funded by
the European Union

Die Reinigungskräfte der Natur: Wie Meeresmikroben unsere Ozeane reinigen



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."





Co-funded by
the European Union

INHALTSVERZEICHNIS

- **Allgemeine Informationen**
- **Pädagogische Spezifikation**
- **Technische Spezifikation**



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.

Einführung

Diese Übung führt die Schüler in die verborgene Welt der marinen Mikroorganismen ein, den kleinsten, aber wichtigsten Umweltingenieuren der Erde. Die Ozeane beherbergen riesige Gemeinschaften von Bakterien, Algen und anderen Mikroben, die eine entscheidende Rolle bei der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts unseres Planeten spielen, indem sie Schadstoffe abbauen, Nährstoffe recyceln und marine Ökosysteme unterstützen. Diese mikroskopisch kleinen Lebensformen fungieren als Reinigungskräfte der Natur und wandeln schädliche Substanzen wie Öl, Plastikrückstände und organische Abfälle in harmlose oder sogar nützliche Verbindungen um.

Mithilfe von Augmented Reality (AR) tauchen die Schüler unter die Meeresoberfläche, um die mikrobiellen Ökosysteme zu erkunden, die den Ozean reinigen. Sie beobachten, wie verschiedene Arten von Mikroben in der Meeresumwelt funktionieren, visualisieren, wie diese Organismen mit Schadstoffen interagieren, und entdecken die biochemischen Prozesse, die hinter dem biologischen Abbau und der biologischen Sanierung stehen.

Diese interaktive Lernerfahrung verbindet Biologie, Umweltwissenschaften und Chemie innerhalb eines STEAM-Rahmens und hilft den Schülern zu verstehen, wie natürliche Prozesse technologische Lösungen für ein nachhaltiges Umweltmanagement inspirieren können. Am Ende der Übung werden die Schüler die Bedeutung des mikrobiellen Lebens für die Gesundheit der Ozeane erkennen und darüber nachdenken, wie Menschen von diesen biologischen Systemen lernen können, um umweltfreundliche Reinigungstechnologien und biomimetische Ansätze für die Bekämpfung der Umweltverschmutzung zu entwickeln.

Dieses Dokument enthält die folgenden Punkte:

- Informationen über AR-Technologie
- Wie man AR-Übungen dank der Vorlage definiert:
 - Allgemeine Informationen
 - Pädagogische Spezifikationen
 - Technische Spezifikationen



Allgemeine Informationen

Name der Übung:

Die Reinigungskräfte der Natur: Wie Meeresmikroben unsere Ozeane reinigen

Diese Übung lässt die Schüler in die unsichtbare, aber mächtige Welt der marinen Mikroorganismen eintauchen, die als Reinigungskräfte der Natur fungieren. Mithilfe von Augmented Reality (AR) erkunden die Schüler, wie Bakterien, Algen und andere mikroskopisch kleine Organismen dazu beitragen, die Gesundheit der Ozeane zu erhalten, indem sie Schadstoffe abbauen, organische Stoffe recyceln und aquatische Ökosysteme unterstützen.

Beschreibung Übun gen:

Durch die Interaktion mit 3D-AR-Modellen können die Schüler visualisieren, wie Mikroben sich an Schadstoffe anlagern, Enzyme absondern und giftige Substanzen wie Öl, Plastikrückstände und organische Abfälle abbauen. Außerdem erkunden sie die biochemischen Prozesse der biologischen Sanierung, verstehen die Verbindungen im Nahrungsnetz, an denen Mikroorganismen beteiligt sind, und beobachten, wie Umweltfaktoren (Temperatur, Sauerstoff, Licht) die mikrobielle Aktivität beeinflussen.

Die Übung kombiniert Erkundung, Analyse und Reflexion, um ein systemisches Verständnis der marinen Ökosysteme und ihrer Widerstandsfähigkeit zu fördern. Die Schüler diskutieren auch, wie Erkenntnisse aus mikrobiellen Prozessen zu bioinspirierten Technologien für die Reinigung von Gewässern und die Minderung von Umweltverschmutzung führen können.



Teilnehmer:

Diese Übung kann von **einzelnen Schülern** oder **kleinen Gruppen (3–5 Schüler)** durchgeführt werden. Gruppenarbeit wird empfohlen, um die Diskussion über ökologische Systeme, Nachhaltigkeit und bioinspirierte Designlösungen anzuregen.

Altersgruppe der
Teilnehmer:

Mindestens 14 Jahre

Die Schüler sollten über grundlegende Kenntnisse über Mikroorganismen, Ökosysteme und Umweltverschmutzung aus dem allgemeinen Naturwissenschafts- oder Biologieunterricht verfügen.

MINT-Fach und
spezifisches Thema:

MINT-Fach: Biologie, Umweltwissenschaften, Chemie

Spezifisches Thema: Die Rolle von Meeresmikroben bei der Reinigung und Erhaltung von Meeresökosystemen (biologische Sanierung, biologischer Abbau, Nährstoffkreislauf).

Hauptschwierigkeit (stressiger Aspekt) des Themas:

Der schwierigste Aspekt dieses Themas ist, dass Mikroben mit bloßem Auge nicht sichtbar sind und ihre biochemischen Prozesse schwer zu veranschaulichen sind. Schüler haben oft Schwierigkeiten, sich vorzustellen, wie mikroskopisch kleine Organismen einen großen Einfluss auf die Gesundheit der Ozeane und die Verringerung der Umweltverschmutzung haben können. Darüber hinaus erfordert das Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Mikrobenarten, Schadstoffen und Umweltfaktoren abstraktes Denken über Prozesse auf molekularer Ebene.

Wie AR zur Vereinfachung des Konzepts beiträgt:

- **Die 3D-AR-Visualisierung** macht unsichtbare Mikroorganismen sichtbar und hilft den Schülern, mikrobielle Formen, Lebensräume und Wechselwirkungen mit Schadstoffen zu beobachten.
- **AR-Animationen** zeigen Schritt für Schritt, wie Mikroben sich an Ölpartikel anlagern, Enzyme absondern und Schadstoffe zersetzen.
- **Mehrschichtige AR-Szenen** veranschaulichen die Beziehung zwischen mikrobieller Aktivität, Meeresschichten und der Gesundheit des Ökosystems.
- **Interaktive Überlagerungen** erklären wichtige biochemische Prozesse (z. B. Oxidation, enzymatischer Abbau) auf vereinfachte und ansprechende Weise.



Gamifizierungsprozesse:

Schriftliche oder grafische Beschreibung der erweiterten Informationen:

- **Gamifizierte Erkundungen** regen die Schüler dazu an, einen virtuellen Ozean zu reinigen, indem sie für verschiedene Schadstoffe geeignete Mikroben auswählen, was das angewandte Lernen verstärkt.

Pädagogisches Ziel (Lernergebnisse):

Am Ende dieser Übung sollten die Schüler in der Lage sein

1. die Rolle mariner Mikroorganismen in Meeresökosystemen und bei der Beseitigung von Verschmutzungen zu erklären
 2. Bioremediation zu beschreiben und zu erklären, wie Mikroben schädliche Substanzen in harmlose umwandeln.
 3. Faktoren zu identifizieren, die die Effizienz von Mikroorganismen beeinflussen, wie Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt.
 4. den Zusammenhang zwischen mikrobiellen Prozessen und der globalen Umweltgesundheit zu verstehen.
 5. Darüber nachzudenken, wie von der Natur inspirierte mikrobielle Strategien auf vom Menschen entwickelte Reinigungstechnologien angewendet werden können.
- **Herausforderungsbasiertes Lernen:** Die Schüler erfüllen Aufgaben, um in AR-Simulationen die richtigen Mikroben für verschiedene Arten von Schadstoffen zu identifizieren.
 - **Punkte und Abzeichen:** Werden für die erfolgreiche „Säuberung“ virtueller Meeresgebiete oder die Identifizierung mikrobieller Prozesse vergeben.
 - **Szenarioverlauf:** Die Schüler durchlaufen verschiedene Stufen, die unterschiedliche Meeresumgebungen darstellen (z. B. Küste, Tiefsee, verschmutzte Zone).
 - **Abschließende Reflexion:** Die Schüler fassen zusammen, wie mikrobielle Aktivität zum Gleichgewicht des Ökosystems beiträgt, und schlagen eine von der Natur inspirierte Reinigungsidee vor.

Die AR-Erfahrung umfasst:

- **Interaktive 3D-Modelle** von Meeresmikroben (Bakterien, Algen, Protozoen), die in verschiedenen Maßstäben und Lebensräumen gezeigt werden.
- **AR-Animationen**, die visualisieren, wie Mikroben Schadstoffe (z. B. Öltröpfchen, Kunststoffmikrofasern) abbauen.
- **Pop-up-Texte**, die mikrobielle Funktionen, biochemische Reaktionen und ökologische Bedeutung beschreiben.





Erforderliche
externe (oder
zusätzliche) Tools

Links (Videos,
Bilder, Online-Texte
usw.).

- **Dynamische Szenen der Meeresumwelt**, die sich je nach Verschmutzungsgrad und mikrobieller Aktivität verändern.
- **Simulationssteuerungen**, mit denen die Schüler Bedingungen wie Temperatur oder Sauerstoffgehalt anpassen und beobachten können, wie sich die Effizienz der Mikroorganismen verändert.
- **AR-kompatible Geräte** (Smartphones, Tablets).
- **Delightex-Plattform** zum Hosten und Anzeigen von AR-Inhalten.
- **Internetzugang** zum Laden interaktiver Materialien und Umgebungsanimationen.
- Optional:
- Arbeitsblätter zum Notieren und Reflektieren.

Externe Videoquellen, wie z. B. „The Hidden Cleaners of the Ocean Microbe Arm“

Video: Die versteckten Reiniger des Ozeans – Microbe Arm

Link:

https://youtube.com/shorts/AyNvAII_EU?si=IkaU9hivH0onAxl1



Pädagogische Spezifikationen

Hier sammeln wir Informationen darüber, wie die Übung in der Lernsitzung eingesetzt werden kann und welche Ergebnisse und Vorteile sich aus ihrer Verwendung aus pädagogischer Sicht ergeben.

Wie können diese erweiterten Informationen genutzt werden, um ein STEAM-Thema für Schüler interessanter zu gestalten?

Interaktive 3D-Modelle

Ziel:

Den Schülern helfen, detaillierte 3D-Modelle von **Meeresmikroben** und deren Wechselwirkungen mit Schadstoffen zu visualisieren und mit ihnen zu interagieren, um zu verstehen, wie diese mikroskopisch kleinen Organismen den Ozean reinigen und marine Ökosysteme erhalten.

Verwendung:

Die Schüler können **3D-AR-Modelle** verschiedener Meeresmikroorganismen, darunter Bakterien, Algen und Protozoen, vergrößern, drehen und erkunden, um ihre Formen, Lebensräume und Funktionen zu betrachten. Durch Antippen bestimmter Mikroben (z. B. *ölabbauende Bakterien* oder *Algen, die an der Sauerstoffproduktion beteiligt sind*) lösen die Schüler **Animationen** aus, die zeigen, wie Mikroben sich an Schadstoffe anlagern, Enzyme absondern und Verunreinigungen wie Öltröpfchen oder Mikroplastik abbauen.

Interaktive Overlays bieten vereinfachte Erklärungen zu **biochemischen Prozessen** (Oxidation, Zersetzung und Nährstoffkreislauf) und verdeutlichen, wie die Zusammenarbeit von Mikroben **das ökologische Gleichgewicht** unterstützt. Diese praktische Visualisierung macht unsichtbare biologische Phänomene greifbar und spannend.

Interaktive Schaltflächen

Ziel:

Schüler sollen sich aktiv mit AR-Modellen auseinandersetzen, um die **ökologischen und chemischen Mechanismen** der biologischen Sanierung in Meeresumgebungen besser zu verstehen.

Verwendung:

Die Schüler können auf interaktive Schaltflächen innerhalb der AR-Szene tippen, um Popup-Erklärungen aufzurufen oder zwischen verschiedenen Meeresumgebungen zu wechseln, z. B. einem sauberen Ozean, einer verschmutzten Zone und einem wiederhergestellten Lebensraum. Jede Schaltfläche kann einen Zustand darstellen (z. B. Temperaturanstieg, Ölverschmutzung, Sauerstoffmangel), sodass die Schüler beobachten können, wie sich die Effizienz von Mikroorganismen unter Umweltstress verändert.

Über zusätzliche Schaltflächen können die Schüler bestimmte Mikrobenarten auswählen oder die Vorher-Nachher-Wirkung der mikrobiellen Reinigung visualisieren. Die Fortschrittsverfolgung stellt



Möglicher Unterrichtsplan

Einführung (5–7 Minuten)

Ziel: Den Schülern das Konzept der Meeresmikroben als „Reinigungskräfte der Natur“ vorstellen.

- Beginnen Sie mit einer Frage aus der Praxis: „Wenn es im Meer zu einer Ölkatastrophe kommt, was passiert dann im Laufe der Zeit mit dem Öl?“
- Zeigen Sie ein kurzes Video (z. B. „Die versteckten Reiniger des Ozeans – Mikrobenarme“).
- Besprechen Sie alltägliche Beispiele für Umweltverschmutzung und fragen Sie die Schüler, wie sich der Ozean ihrer Meinung nach auf natürliche Weise erholt.

Hauptaktivität – AR-Übung (30–35 Minuten)

Erforschung von Meeresmikroben und biologischer Sanierung mit AR

1. Interaktion mit dem AR-Modell (10–15 Minuten):

- Die Schüler scannen einen QR-Code oder öffnen die Delightex AR-App, um auf interaktive 3D-Modelle von Meeresmikroben zuzugreifen.

Praktische Erkundung:

- Verschiedene Mikroben (Bakterien, Algen, Protozoen) drehen und vergrößern.
- Tippen Sie auf Mikroben, um Popup-Erklärungen anzuzeigen (z. B. „Wie Bakterien Öl abbauen“, „Wie Algen Sauerstoff recyceln“).
- Beobachten Sie, wie mikrobielle Gemeinschaften mit Schadstoffen interagieren und sich an veränderte Umgebungen anpassen.

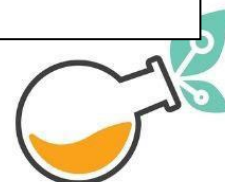
2. Geführte Lernaufgaben (10–15 Minuten):

- Sehen Sie sich eine AR-Animation an, die zeigt, wie Mikroben Schadstoffe in verschiedenen Meereszonen zersetzen.
- Führen Sie ein virtuelles Experiment durch: Passen Sie die Umweltvariablen (Temperatur, Sauerstoff, Art der Verschmutzung) an und beobachten Sie die Auswirkungen auf die Effizienz der Mikroorganismen.
- Gamifizierte Herausforderung: „Reinige den virtuellen Ozean“ – die Schüler wählen die richtigen Mikroben aus, um die Gesundheit des Ozeans wiederherzustellen.
- Ermutigen Sie die Teams, zu diskutieren, wie diese natürlichen Prozesse biobasierte Wasseraufbereitungs- oder Verschmutzungskontrolltechnologien inspirieren könnten.

Fazit und Zusammenfassung (10–15 Minuten)

Ziel: Vertiefung des Gelernten durch Diskussion und Reflexion.

- Projizieren Sie die AR-Umgebung auf einen gemeinsamen Bildschirm und diskutieren Sie die Ergebnisse.
- Fragen Sie die Schüler:
 - *Welcher Mikroorganismus war bei der Reinigung von Schadstoffen am effektivsten?*
 - *Wie beeinflussen Umweltbedingungen die mikrobielle Aktivität?*
 - *Was können Menschen von den Reinigungssystemen der Natur lernen?*
- Reflexionsaufgabe: Schreiben Sie einen kurzen Absatz, in dem Sie folgende Frage beantworten: „Wie kann die Rolle mariner Mikroben die Entwicklung nachhaltiger Wasserreinigungstechnologien inspirieren?“





Welche pädagogischen Ziele werden mit diesem Szenario verfolgt?

Aktive Beteiligung

Die Schüler beschäftigen sich aktiv mit 3D-AR-Modellen von Meeresmikroben und Meeresumgebungen, die sie vergrößern, drehen und erkunden können, um zu sehen, wie mikroskopisch kleine Organismen mit Schadstoffen interagieren. Diese praktische Erfahrung fördert Neugier und Entdeckungsfreude und hilft den Schülern zu visualisieren, wie Mikroben sich an Ölpartikel anlagern, Enzyme absondern und Schadstoffe abbauen.

Durch die Interaktion mit Animationen und Pop-up-Erklärungen verbinden die Schüler theoretisches Wissen aus Biologie und Chemie direkt mit visuellen Echtzeit-Simulationen, die zeigen, wie mikrobielles Leben die Gesundheit der Ozeane unterstützt. Diese direkte Auseinandersetzung macht abstrakte mikrobiologische und ökologische Prozesse greifbar und spannend und ermutigt die Schüler, sich aktiv mit den natürlichen Mechanismen der biologischen Sanierung auseinanderzusetzen.

Kritisches Denken

Die Übung fördert kritisches Denken, indem sie die Schüler dazu anregt, zu analysieren, wie verschiedene Umweltfaktoren (Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffgehalt oder Art der Verschmutzung) die Leistungsfähigkeit von Mikroorganismen beeinflussen. Mithilfe der AR-Erfahrung können die Schüler virtuell mit variablen Bedingungen experimentieren und die Effizienz von Mikroorganismen in verschiedenen Szenarien vergleichen. Dies regt zum Nachdenken über Ursache und Wirkung, das ökologische Gleichgewicht und die Zusammenhänge zwischen biologischen und chemischen Prozessen an. Die Schüler müssen kritisch darüber nachdenken, warum einige Mikroorganismen in verschmutzten Umgebungen gedeihen, während andere sterben, und wie solche natürlichen Systeme menschlich entwickelte Umwelttechnologien zur nachhaltigen Beseitigung von Verschmutzungen inspirieren können.

Anwendung von Wissen

Durch die Interaktion mit AR-Simulationen wenden die Schüler ihr Verständnis von biologischem Abbau, chemischen Reaktionen und Ökosystemdynamik in einem praktischen, visuellen Kontext an. Die Aktivität fordert sie heraus, MINT- und Umweltwissen zu integrieren und mikrobielle Prozesse auf molekularer Ebene mit den Auswirkungen auf das Ökosystem auf Makroebene (wie sauberere Ozeane und gesünderes Meeresleben) zu verknüpfen. Die Schüler verbinden auch natürliche Prinzipien mit technologischen Innovationen und überlegen, wie Biomimikry, also das Lernen von mikrobiellen Systemen, zu umweltfreundlichen Lösungen für die Wasseraufbereitung und Abfallentsorgung führen kann. Dieses angewandte Lernen stärkt das Verständnis und vertieft ihre Wertschätzung für die Herausforderungen der Nachhaltigkeit in der realen Welt.

Multimodales Lernen (visuelles, praktisches, forschungsbasiertes Lernen)

Das Szenario integriert visuelle Animationen, praktische AR-Erkundungen und forschungsbasiertes Lernen, um verschiedene Lernstile anzusprechen. Die Schüler beschäftigen sich mit Beobachtung, Experimentieren und Reflexion und verwandeln abstrakte mikrobielle und chemische Konzepte in konkrete, beobachtbare Erfahrungen. Die Kombination aus visuellem Storytelling (durch Animationen) und interaktiver Entscheidungsfindung (durch AR-Aufgaben) stellt sicher, dass die Lernenden komplexe STEAM-Themen wie Bioremediation, mikrobielle Ökologie und Verschmutzungsmanagement auf sinnvolle und einprägsame Weise verstehen.

Dieser multimodale Ansatz ermöglicht es den Schülern, nicht nur zu verstehen, wie marine Mikroben funktionieren, sondern auch, warum ihre Rolle für die Erhaltung des Lebens auf der Erde von entscheidender Bedeutung ist.

Welche Ergebnisse sollen mit seiner Verwendung erreicht werden?

Verbessertes Verständnis der marinen mikrobiellen Prozesse und der Gesundheit der Ozeane

Die Schüler entwickeln ein tieferes Verständnis dafür, wie marine Mikroorganismen zum ökologischen Gleichgewicht und zur Reinigung verschmutzter Gewässer beitragen. Mithilfe interaktiver 3D-AR-Visualisierungen beobachten sie detailliert, wie Bakterien und Algen Schadstoffe abbauen, Nährstoffe recyceln und marine Ökosysteme unterstützen. Diese immersive, visuelle Erfahrung hilft den Schülern, mikroskopische biologische Prozesse (wie enzymatischer Abbau und Oxidation) mit makroskopischen Umweltauswirkungen in Verbindung zu bringen und ihr theoretisches Wissen durch Beobachtung und aktive Teilnahme zu vertiefen. Am Ende der Aktivität werden die Schüler verstehen, wie unsichtbare mikrobielle Aktivitäten die sichtbare ökologische Stabilität aufrechterhalten und warum der Schutz dieser Mikroorganismen für die globale Gesundheit der Ozeane von entscheidender Bedeutung ist.

Gesteigertes Engagement und Interesse an Umweltwissenschaften und STEAM-Fächern

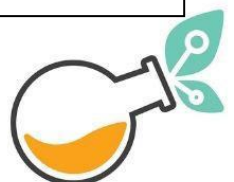
Der interaktive und explorative Charakter der AR-Erfahrung soll die Neugier und Motivation der Schüler für Biologie, Chemie und Umwelttechnik wecken. Durch die Umwandlung eines abstrakten Konzepts, der mikrobiellen Bioremediation, in eine visuell ansprechende und partizipative Lernerfahrung entwickeln die Schüler eher eine positive Einstellung gegenüber wissenschaftlicher Forschung und Nachhaltigkeitsforschung. Außerdem werden sie sich bewusst, wie interdisziplinäres STEAM-Lernen (eine Kombination aus Naturwissenschaften, Technik, Ingenieurwesen und Kunst) innovative Ansätze für Klimaresilienz und Umweltverschmutzungsmanagement inspirieren kann. Dieses gesteigerte Engagement fördert ein langfristiges Interesse an Meeresbiologie, Biotechnologie und ökologischem Design.

Verbesserte Beibehaltung und Erinnerung wichtiger Konzepte

Die Kombination aus animierten Simulationen, interaktiver Erkundung und spielerischen Herausforderungen trägt dazu bei, dass die Schüler wichtige Konzepte wie biologischer Abbau, Nährstoffkreislauf und mikrobielle Ökosysteme besser behalten und abrufen können. Der multisensorische Lernansatz, der visuelle, taktile und kognitive Elemente integriert, fördert das langfristige Verständnis, indem er Theorie mit Beobachtung und Praxis verbindet. Indem die Schüler visualisieren, wie verschiedene Mikroben auf Umweltstress oder Schadstoffe reagieren, erhalten sie ein klareres mentales Modell komplexer biochemischer Wechselwirkungen. Diese praktische Erkundung stellt sicher, dass wissenschaftliche Prinzipien nicht nur auswendig gelernt, sondern durch Erfahrung verstanden werden.

Mehr Selbstvertrauen bei der Erklärung bioinspirierter und umweltbezogener Anwendungen

Die Kombination aus animierten Simulationen, interaktiver Erkundung und spielerischen Herausforderungen trägt dazu bei, dass die Schüler wichtige Konzepte wie biologischer Abbau, Nährstoffkreislauf und mikrobielle Ökosysteme besser behalten und abrufen können. Der multisensorische Lernansatz, der visuelle, taktile und kognitive Elemente integriert, fördert das





Technische

AR-INFORMATIONEN

Technologie

Markerlose AR (kein gedruckter Marker erforderlich).

Falls ein Marker
erforderlich ist,
Beschreibung des
Markers



Erforderliche
Hardware und
Software:

Hardware: PC, Smartphone, Tablet (für den Zugriff auf AR-Inhalte), Kamera (für AR-Funktionalität), Gyroskop (für AR-Tracking auf Mobilgeräten).

Software: Der webbasierte Viewer oder die mobile App von **Delightex AR**, kompatibel mit **iOS** und **Android**.

Art der Augmented-
Daten

- **3D-Modelle** von Meeresmikroben (z. B. Bakterien, Cyanobakterien, Algen) und Schadstoffen (Öltröpfchen, Mikroplastik).
- **Animierte Visualisierungen**, die mikrobielle biologische Abbauprozesse zeigen (Enzymfreisetzung, Abbau von Kohlenwasserstoffen, Nährstoffrecycling).
- **Popup-Texte**, die mikrobielle Arten, chemische Reaktionen und ökologische Funktionen erklären.



Schriftliche
Beschreibung der
AR-Daten

- **Dynamische Hintergrundszenen**, die verschiedene Meeresumgebungen darstellen (offenes Meer, Küstenzone, verschmutztes Gebiet).
- **Interaktive Schieberegler** zum Ändern der Umweltbedingungen (Temperatur, Sauerstoffgehalt, Salzgehalt, Art der Schadstoffe).
- Nach dem Start der AR-Erfahrung sehen die Schüler eine **3D-Unterwasserumgebung**, die von animierten **Mikroben und Schadstoffen** bevölkert ist. Der Haupttitel „*Nature’s Cleanup Crew: How Marine Microbes Purify Our Oceans*“ (*Die Reinigungstruppe der Natur: Wie Meeresmikroben unsere Ozeane reinigen*) erscheint und lädt die Schüler ein, mit der Simulation zu beginnen.
- Die Schüler interagieren mit den Inhalten, indem sie
- **Zoomen und Drehen**, um die Morphologie und den Lebensraum der Mikroben zu erkunden.
- Auf Schadstoffe (z. B. Öltropfen oder Plastikpartikel) **tippen**, um zu beobachten, wie sich Mikroben anlagern und mit dem Abbau beginnen.
- **Pop-up-Erklärungen auslösen**, die beschreiben, was in jeder Phase des Reinigungsprozesses geschieht, z. B.:
 - „Bakterien setzen Enzyme frei, die Kohlenwasserstoffe abbauen.“
 - „Algen wandeln Abfall in Sauerstoff und Nährstoffe um.“
- **Anpassen der Bedingungen** (Temperatur, Sauerstoffgehalt), um die Reaktion der Mikroben zu beobachten.
- **Vergleichen Sie Vorher-Nachher-Bilder des Ozeans**, um den Erfolg der biologischen Sanierung zu beurteilen.
- Im Verlauf der Simulation sehen die Schüler AR-Animationen, die sinkende Verschmutzungswerte und zunehmende Wasserklarheit zeigen und damit die Erholung des Ozeans symbolisieren. Am Ende erscheint ein Reflexionsfeld, in dem die Schüler beschreiben sollen, wie mikrobielle Systeme biomimetische Lösungen für das Verschmutzungsmanagement inspirieren.
- **Zusätzliche Funktionen:**
- **Eine animierte Sequenz**, die Schritt für Schritt zeigt, wie Meeresmikroben Schadstoffe wie Öl- oder Plastikpartikel erkennen, an sich binden und abbauen, und so die allmähliche Reinigung des Meerwassers visualisiert.
- **Ein Abschnitt über bioinspirierte Technologien**, in dem die Schüler erkunden können, wie mikrobielle Prozesse menschliche Innovationen in den Bereichen nachhaltige



Szene

Abwasserbehandlung, Ölverschmutzungs-beseitigung und Umwelttechnik inspirieren.

- **Eine Schaltfläche „Zurück zum Start“**, mit der Benutzer die Simulation zurücksetzen und frühere Phasen der Übung erneut aufrufen können, um die mikrobiellen Wechselwirkungen unter verschiedenen Umweltbedingungen wiederholt zu untersuchen.

Vier Szenen:

Szene 1: Die verborgene Welt der Mikroben

Die Schüler erkunden eine 3D-Ozeanszene, in der verschiedene Mikrobenarten zwischen organischen Partikeln schweben. Pop-ups stellen Bakterien, Algen und Protozoen vor und erklären ihre ökologische Rolle. Navigationspfeil → Szene 2.

Szene 2: Verschmutzung im Ozean

Die Schüler sehen visualisierte Schadstoffe (Öltropfen, Mikroplastik). Interaktive Hotspots ermöglichen es, durch Antippen Animationen auszulösen, die zeigen, wie Schadstoffe die Wasserqualität und das Leben im Meer beeinträchtigen. Navigationspfeil → Szene 3.

Szene 3: Mikrobielle Bioremediation in Aktion

Die Schüler aktivieren AR-Animationen, die zeigen, wie Mikroben sich an Schadstoffe anlagern und diese abbauen. Pop-up-Erklärungen beschreiben enzymatische Abbau- und chemische Umwandlungsprozesse. Navigationspfeil → Szene 4.

Szene 4: Erholung und Reflexion des Ozeans

Die Schüler sehen eine „gereinigte“ Meereslandschaft. Animierte Mikroben recyceln Nährstoffe, während Fische und Korallen zurückkehren. Es erscheint eine Reflexionsfrage: *„Wie erhalten Mikroben das Gleichgewicht im Meer aufrecht und was können wir von ihnen lernen?“*

Mit der Schaltfläche „Zurück zum Start“ wird die AR-Sequenz zurückgesetzt.

-

Wenn Bild

Wenn Text

Was sind Meeresmikroben?

Meeresmikroben sind mikroskopisch kleine Organismen, die in den Ozeanen leben und eine wichtige Rolle beim Nährstoffkreislauf und bei der Beseitigung von Verschmutzungen spielen.





Wie reinigen sie den Ozean?

Bestimmte Bakterien und Algen können Schadstoffe wie Öl und Kunststoffe durch biochemische Reaktionen abbauen und giftige Verbindungen in harmlose Stoffe umwandeln.

Warum sind sie wichtig?

Ohne diese mikrobiellen Prozesse würden sich Schadstoffe ansammeln und das Leben im Meer sowie die Sauerstoffproduktion beeinträchtigen. Mikroben fungieren im Meer als natürliche Recycler, die das ökologische Gleichgewicht aufrechterhalten und die Artenvielfalt unterstützen.

Was können Menschen von ihnen lernen?

Das Verständnis mikrobieller Prozesse inspiriert zu bioinspirierten Technologien für eine nachhaltige Abfallbehandlung und Wasseraufbereitung, was zu einer saubereren Umwelt führt.

Wenn Video

-

Wenn Audio

-

Wenn 3D-Modell



Delightex

<https://edu.delightex.com/MMY-TDR>





Co-funded by
the European Union



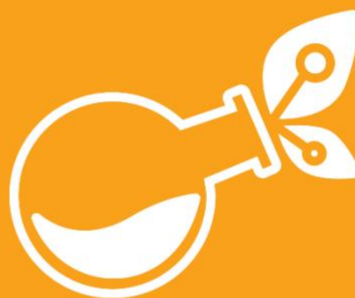
Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"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."





Co-funded by
the European Union



BIO54YOU

AR 2.0

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