



Co-funded by
the European Union

Testen der mikrobiellen Reinigung in realen Ökosystemen: Wie die Temperatur die mikrobielle Aktivität bei der Beseitigung von Verschmutzungen beeinflusst



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.

Einleitung

Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts natürlicher Ökosysteme, indem sie Schadstoffe abbauen und Nährstoffe recyceln. Einige Bakterien und Pilze können schädliche Substanzen wie Öl, Kunststoff oder Schwermetalle biologisch abbauen und in harmlose Verbindungen umwandeln. Die Effizienz dieser mikrobiellen Reinigungsprozesse hängt jedoch stark von Umweltfaktoren ab, insbesondere von der Temperatur.

In dieser AR-basierten Übung untersuchen die Schüler, wie die Temperatur die Fähigkeit von Mikroben beeinflusst, Schadstoffe in aquatischen oder terrestrischen Ökosystemen zu reinigen. Mithilfe der Delightex-Plattform beobachten sie 3D-Modelle verschmutzter Ökosysteme und interagieren mit ihnen, um zu visualisieren, wie sich die mikrobielle Aktivität unter verschiedenen thermischen Bedingungen verändert. Die Erfahrung verdeutlicht den Zusammenhang zwischen biologischen Prozessen, Umweltwissenschaften und Klimawandel und zeigt, wie steigende Temperaturen die natürliche biologische Sanierung entweder beschleunigen oder hemmen können.

Durch interaktive Erkundung simulieren die Schüler reale Umweltbedingungen, analysieren, wie der mikrobielle Stoffwechsel auf Temperaturänderungen reagiert, und verstehen das empfindliche Gleichgewicht zwischen der Gesundheit des Ökosystems und der Klimadynamik.

Durch die Verknüpfung von Biologie, Chemie und Umwelttechnik regt diese Übung die Schüler dazu an, Mikroben nicht nur als mikroskopisch kleine Organismen zu betrachten, sondern als mächtige Verbündete bei der ökologischen Wiederherstellung und Nachhaltigkeit.

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:	Testen der mikrobiellen Reinigung in realen Ökosystemen: Die Rolle der Temperatur bei der biologischen Sanierung <i>Diese AR-Übung ermöglicht es den Schülern zu untersuchen, wie Temperaturschwankungen die Leistung von Mikroben beim Abbau von Umweltschadstoffen beeinflussen.</i>
Beschreibung Übun gen:	Mithilfe interaktiver 3D-Visualisierungen können die Lernenden die Temperatureinstellungen eines verschmutzten Ökosystems (z. B. eines mit Öl verseuchten Flusses oder Bodenstücks) manipulieren und die entsprechenden Veränderungen der mikrobiellen Wachstumsrate, Enzymaktivität und Geschwindigkeit des Schadstoffabbaus beobachten. Die Simulation umfasst mehrere Szenarien – wie kalte, gemäßigte und heiße Umgebungen –, sodass die Schüler vergleichen können, wie Mikroben unter den jeweiligen Bedingungen reagieren. Animierte Überlagerungen visualisieren die Beschleunigung des Stoffwechsels, den Sauerstoffverbrauch und die Verringerung der Schadstoffkonzentration in Echtzeit. Am Ende der Aktivität werden die Schüler verstehen, wie Klima und Temperatur die Effizienz der mikrobiellen Reinigung direkt beeinflussen, und so eine Verbindung zwischen Biowissenschaften und realem Umweltmanagement herstellen.
Teilnehmer:	Die Übung ist für einzelne Lernende oder kleine Gruppen (2–4 Schüler) konzipiert. Gruppenarbeit wird empfohlen, um die Diskussion der Daten, die Bildung von Hypothesen und die gemeinsame Analyse zu fördern.



Altersgruppe der
Teilnehmer:

Mindestens 15–18 Jahre

Geeignet für fortgeschrittene Biologie-, Umweltwissenschafts- oder interdisziplinäre STEAM-Kurse.

MINT-Fach und
spezifisches Thema:

MINT-Fach: Biologie, Umweltwissenschaften, Chemie

Spezifisches Thema: Mikrobielle Bioremediation und der Einfluss der Temperatur auf biologische Reinigungsprozesse in Ökosystemen

Hauptschwierigkeit (stressiger Aspekt) des Themas:

Die Schüler haben oft Schwierigkeiten, unsichtbare mikrobielle Prozesse mit konkreten Umweltauswirkungen in Verbindung zu bringen.

Das Verständnis, wie Temperaturänderungen die Enzymaktivität und den mikrobiellen Stoffwechsel beeinflussen, kann bei theoretischer Betrachtung ebenfalls abstrakt sein. Die größte Herausforderung besteht darin, zu veranschaulichen, wie Klimavariablen (z. B. Temperaturanstieg) die Abbaurate von Schadstoffen unter realen Bedingungen beeinflussen.

Wie AR zur Vereinfachung des Konzepts beiträgt:

- **Die 3D-Visualisierung** von Mikroben, Schadstoffen und Umweltschichten macht abstrakte biologische Prozesse sichtbar.
- Mit **einem Temperaturschieberegler** können Benutzer die Bedingungen anpassen und sofort die daraus resultierende mikrobielle Reaktion beobachten.
- **Farbcodierte Animationen** zeigen Veränderungen der mikrobiellen Population und die Geschwindigkeit des Schadstoffabbaus unter verschiedenen Szenarien.
- **Echtzeit-Datenüberlagerungen** (z. B. Schadstoffkonzentration, Sauerstoffgehalt, Abbaurate) machen wissenschaftliche Zusammenhänge klar und messbar.
- **Interaktive Visualisierungen von Ursache und Wirkung** helfen den Schülern zu verstehen, wie sich Umweltveränderungen auf biologische Systeme auswirken.

Pädagogisches Ziel (Lernergebnisse):

Nach Abschluss dieser Übung sind die Schüler in der Lage

1. die Beziehung zwischen **Temperatur** und **mikrobieller Aktivität** bei der biologischen Sanierung zu erklären.



Gamifizierungsprozesse:

Schriftliche oder grafische Beschreibung der erweiterten Informationen:

2. zu beschreiben, wie **enzymatische Reaktionen** den Abbau von Schadstoffen in Ökosystemen vorantreiben.
3. die Auswirkungen von **Klimafaktoren** auf natürliche Reinigungsprozesse zu verstehen.
4. **experimentelles Denken** anzuwenden, indem sie Hypothesen durch virtuelle Temperaturmanipulation testen.
5. zu bewerten, wie Mikroben im Kontext des Klimawandels zur **Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen** beitragen.

- **Simulationsmodus:** Die Schüler manipulieren die Temperatur und beobachten die mikrobiellen Reaktionen in Echtzeit.
- **Herausforderungsmodus:** Vorhersage, welcher Temperaturbereich die höchste Abbauleistung erzielt.
- **Punktesystem:** Punkte werden für genaue Vorhersagen und datenbasierte Argumentationen vergeben.
- **Fortschrittsbalken:** Zeigt den Lernfortschritt der Schüler an, während sie die optimalen Umweltbedingungen für die mikrobielle Reinigung ermitteln.
- **Reflexionsphase:** Die Schüler fassen ihre Ergebnisse zusammen und verbinden das virtuelle Experiment mit realen Umweltproblemen.

Die AR-Szene zeigt ein **verschmutztes aquatisches Ökosystem** (z. B. einen Fluss oder eine Küstenzone), das von **3D-Mikroorganismengemeinschaften** bevölkert ist.

- Die Mikroben sind an Schadstoffpartikeln (z. B. Öltropfen, Plastikfragmente) haftend dargestellt.
- Die Schüler verwenden eine **interaktive Temperatursteuerung**, um die Bedingungen zwischen **0 °C und 40 °C** zu verändern.
- Animierte Überlagerungen visualisieren die Veränderung des mikrobiellen Stoffwechsels, die schnellere Aktivität bei mäßiger Wärme, die verlangsamte Funktion bei Kälte und die Enzymdenaturierung bei übermäßiger Hitze.
- Popup-Fenster zeigen die **Schadstoffkonzentration** und die **biologische Abbaueffizienz in Echtzeit** an.
- Grafiken und Datentabellen werden dynamisch angezeigt und fassen die **Enzymleistung** und den **Prozentsatz der Schadstoffreduzierung** für jeden Temperaturbereich zusammen.





Erforderliche
externe (oder
zusätzliche) Tools

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

Tablet oder Smartphone mit AR-Fähigkeit und Internetverbindung.

Delightex-Plattform (App- oder Browserversion).

Optionales Arbeitsblatt zur Erfassung der beobachteten Daten und Zusammenfassung der Ergebnisse.

Optionales Video für den Unterricht: Reinigung von Verschmutzungen mit Mikroben | Wednesday Wisdom

Video: Bekämpfung von Umweltverschmutzung mit Mikroben | Wednesday Wisdom

Link: <https://youtube.com/shorts/tFTlhX-42FQ?si=IxP4e1gHirsqTfZC>



Pädagogische Spezifikationen

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

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

Interaktive 3D-Modelle

Ziel:

Den Schülern helfen, sich vorzustellen, wie **die Temperatur die mikrobielle Aktivität** in verschmutzten Ökosystemen **beeinflusst**, und zu verstehen, wie biologische und chemische Prozesse zusammenwirken, um eine Umweltsanierung zu erreichen.

Verwendung:

Die Schüler können ein 3D-Modell eines verschmutzten aquatischen Ökosystems erkunden, das Wasserschichten, Sedimente und verschiedene mikrobielle Gemeinschaften umfasst. Wenn die Schüler die Temperaturregelung anpassen, sehen sie sofort Veränderungen im Verhalten, in der Bewegung und in der Farbe der Mikroorganismen sowie in der Abbaurate der Schadstoffe. Bei kalten Einstellungen ist eine verminderte Aktivität zu beobachten, bei moderaten Temperaturen erfolgt eine optimale Reinigung, und bei hoher Hitze kommt es zu einer Denaturierung der Enzyme. Popup-Erklärungen und animierte Überlagerungen veranschaulichen den Sauerstoffverbrauch, die CO₂-Freisetzung und den Abbau von Schadstoffen und verwandeln unsichtbare biologische und chemische Prozesse in spannende, beobachtbare Ereignisse, die Biologie, Chemie und Umweltwissenschaften innerhalb eines STEAM-Rahmens miteinander verbinden.

Interaktive Schaltflächen

Ziel:

Die Schüler dazu anzuregen, **mit Umweltvariablen zu experimentieren** und zu analysieren, wie sich die Temperatur auf den Stoffwechsel, die Effizienz und die Schadstoffbeseitigung von Mikroorganismen auswirkt.

Verwendung:

Die Schüler verwenden Schaltflächen und Schieberegler, um Variablen wie **Temperatur**, **Schadstoffart** und **Mikrobenstamm** zu ändern.
Jede Anpassung löst eine animierte Rückmeldung aus, die die Reaktion der Mikroorganismen und





Möglicher Unterrichtsplan

Einführung (5–7 Minuten)

Ziel: Den Schülern die Rolle von Mikroben bei der Umweltsanierung und den Einfluss der Temperatur auf ihre Funktion näherbringen.

- Beginnen Sie mit der Frage: „*Warum werden Ölverschmutzungen im Sommer schneller abgebaut als im Winter?*“
- Zeigen Sie ein kurzes Einführungsvideo (z. B. „Cleaning Up Pollution with Microbes | Wednesday Wisdom“).
- Besprechen Sie, wie die Aktivität von Mikroben von der Enzymfunktion und von Umweltfaktoren wie Wärme, Sauerstoff und Nährstoffen abhängt.

Hauptaktivität – AR-Übung (30–35 Minuten)

Testen der mikrobiellen Sanierung bei Temperaturschwankungen

AR-Modell-Interaktion (10–15 Minuten):

Die Schüler greifen auf die Delightex-AR-Simulation zu, die ein verschmutztes Gewässer zeigt.

Praktische Erkundung:

Stellen Sie die Temperatur mit dem interaktiven Schieberegler ein.

Beobachten Sie, wie sich die mikrobielle Aktivität und die Schadstoffkonzentrationen visuell verändern.

Tippen Sie auf Mikroben, um kurze Animationen von Enzymreaktionen (z. B. den Abbau von Ölmolekülen) auszulösen.

Beobachten Sie, wie die Umwelt im Laufe der Reinigung immer sauberer wird.

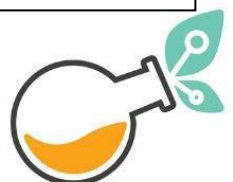
Geführte Lernaufgaben (10–15 Minuten):

- Vergleichen Sie die Ergebnisse unter drei Szenarien: *kalt* (5 °C), *gemäßigt* (25 °C) und *heiß* (40 °C).
- Analysieren Sie die Abbaugeschwindigkeit anhand der integrierten Grafiken.
- Diskutieren Sie den Zusammenhang zwischen Temperatur, Enzymaktivität und mikrobieller Effizienz.
- Gamifizierte Herausforderung: „Finden Sie den Sweet Spot“, bestimmen Sie die optimale Temperatur für einen maximalen Abbau der Schadstoffe und halten Sie Ihre Beobachtungen fest.

Fazit und Zusammenfassung (10–15 Minuten)

Ziel: Vertiefen Sie das Gelernte und verbinden Sie die virtuellen Ergebnisse mit der realen biologischen Sanierung.

- Projizieren oder teilen Sie die Ergebnisse der Schüler, um zu diskutieren:
 - *Bei welcher Temperatur erfolgte die schnellste Reinigung?*
 - *Was geschah, wenn die Bedingungen zu kalt oder zu heiß waren?*
 - *Wie könnte sich die globale Erwärmung auf das mikrobielle Gleichgewicht in Ökosystemen auswirken?*
- Reflexionsaufgabe: Die Schüler schreiben einen kurzen Absatz, in dem sie folgende Frage beantworten:
„*Wie tragen Mikroben dazu bei, unseren Planeten sauber zu halten, und welche Umweltfaktoren*



Welche pädagogischen Ziele werden durch dieses Szenario

Aktive Beteiligung

Die Schüler untersuchen anhand praktischer AR-Simulationen aktiv, wie die Temperatur die mikrobielle Aktivität und den Abbau von Schadstoffen beeinflusst. Durch die Anpassung der Umweltbedingungen und die Beobachtung unmittelbarer visueller Rückmeldungen beschäftigen sie sich mit experimenteller Forschung, testen Hypothesen und interpretieren Ergebnisse in Echtzeit. Dieser immersive Prozess verwandelt abstrakte biologische und chemische Wechselwirkungen in sichtbare Ursache-Wirkungs-Erfahrungen und fördert so Neugier und Beteiligung.

Kritisches Denken

Die Übung fördert kritisches Denken, da die Schüler analysieren, wie und warum Temperaturänderungen die Effizienz von Mikroorganismen beeinflussen. Durch den Vergleich verschiedener Umweltbedingungen bewerten sie Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Temperatur, Enzymfunktion und Schadstoffabbau und verbinden ihre Beobachtungen mit realen Klima- und Umweltproblemen. Sie werden dazu angeregt, wissenschaftlich zu argumentieren, Muster zu erkennen, Schlussfolgerungen zu ziehen und über Auswirkungen auf die Umwelt nachzudenken.

Anwendung von Wissen

Die Schüler wenden theoretisches Wissen über Enzymaktivität, Stoffwechsel und Umweltwissenschaften an, um biologische Sanierungsprozesse zu simulieren und zu interpretieren. Durch Experimente sehen sie, wie die Temperatur biologische Reaktionsgeschwindigkeiten und Umweltauswirkungen verändert, und festigen so durch praktische, datenbasierte Analysen zentrale MINT-Konzepte.

Diese direkte Anwendung verbindet die Theorie aus dem Unterricht mit realen Herausforderungen der Nachhaltigkeit, wie z. B. der klimabedingten Dynamik der Umweltverschmutzung.

Multimodales Lernen (visuelles, praktisches, forschungsbasiertes Lernen)

Die AR-Erfahrung integriert visuelles, interaktives und forschungsbasiertes Lernen und berücksichtigt dabei unterschiedliche Lernstile. Die Schüler visualisieren Daten, manipulieren Variablen und nehmen an geführten Erkundungen teil, wobei sie Biologie, Chemie und Umweltwissenschaften in einer zusammenhängenden Aktivität miteinander verbinden.

Dieser multimodale Ansatz vertieft das Verständnis und die Merkfähigkeit, indem er abstrakte STEAM-Themen in greifbare, explorative Erfahrungen umwandelt.



Welche Ergebnisse werden mit seiner Anwendung erwartet?

Verbessertes Verständnis mikrobieller Prozesse und Umweltwechselwirkungen

Die Schüler erhalten ein klares Verständnis dafür, wie sich die Temperatur auf den mikrobiellen Stoffwechsel und den Abbau von Schadstoffen auswirkt. Durch die Beobachtung von Echtzeit-AR-Simulationen stellen sie einen Zusammenhang zwischen Enzymaktivität und biologischer Sanierungseffizienz und umfassenderen Umweltsystemen her.

Diese Visualisierung hilft ihnen zu verstehen, wie biologische Prozesse zur Wiederherstellung von Ökosystemen und zur Bekämpfung der Umweltverschmutzung unter sich ändernden Klimabedingungen beitragen.

Gesteigertes Engagement und Interesse an STEAM und Umweltwissenschaften

Der interaktive, experimentelle Ansatz steigert die Motivation und Neugierde für Mikrobiologie, Chemie und ökologische Nachhaltigkeit.

Die Schüler erleben, wie digitale Tools reale ökologische Prozesse modellieren können, was interdisziplinäres Denken und ein größeres Interesse an Biotechnologie und Umweltforschung fördert.

Verbesserte Beibehaltung und Erinnerung an Schlüsselkonzepte

Durch die Verknüpfung von theoretischer Biologie und Chemie mit interaktiven Experimenten können sich die Schüler leichter merken, wie die Temperatur mikrobielle Reaktionen beeinflusst.

Die Kombination aus visuellen Hinweisen, Animationen und Datenüberlagerungen stärkt das Behalten von Konzepten und hilft ihnen, sich an Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Klima und biologischer Sanierung zu erinnern.

Mehr Selbstvertrauen bei der Anwendung wissenschaftlichen und analytischen Denkens.

Durch Erkundung und angeleitete Reflexion gewinnen die Schüler Vertrauen in die Anwendung wissenschaftlicher Argumentation und Dateninterpretation auf reale Kontexte.

Sie lernen, Variablen zu bewerten, Versuchsergebnisse zu interpretieren und zu erklären, wie Umweltbedingungen biologische Systeme beeinflussen. Diese Erfahrung fördert das kritische Bewusstsein dafür, wie menschliche Aktivitäten und das Klima die natürliche Reinigungskraft von Ökosystemen beeinflussen, und fördert ein fundiertes, auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Denken.





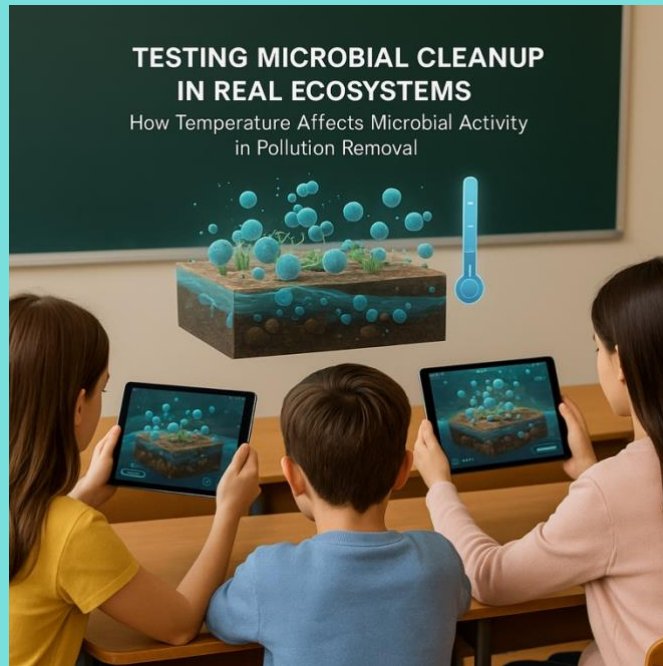
Technische

AR-INFORMATIONEN

Technologie

Markerlose Augmented Reality (AR) unter Verwendung der **Delightex-Plattform**.

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 Delightex AR-Viewer oder die mobile App, kompatibel mit **iOS** und **Android**.

Art der Augmented-Daten

- **3D-Modelle** von Mikroben, Schadstoffen und Umweltschichten (Wasser, Boden, Luft).
- **Interaktiver Temperaturschieberegler** zur Steuerung der Umweltbedingungen.





Schriftliche Beschreibung der AR-Daten

- **Animierte Overlays, die** den Abbau von Schadstoffen, die Bewegung von Mikroben und enzymatische Reaktionen zeigen.
- **Farbcodierte Datenvisualisierungen, die** Aktivitätsniveaus darstellen (blau = niedrig, grün = optimal, rot = überhitzt/inaktiv).
- **Popup-Textfelder, die** biochemische und Umweltprozesse erklären.
- **Dynamische Grafiken, die** die Abbaurate und die Veränderung der Mikrobenpopulation im Laufe der Zeit zeigen.

In der AR-Umgebung sehen die Schüler ein verschmutztes Ökosystem in 3D, beispielsweise einen mit Öl verseuchten Fluss oder einen Bodenabschnitt.

Mikroben sind als Cluster animierter Kugeln oder stabförmiger Gebilde sichtbar, die Schadstoffpartikel umgeben.

Durch Einstellen des Temperaturreglers können die Lernenden Folgendes beobachten:

- Veränderungen in der Bewegung und Populationsdichte der Mikroorganismen.
 - Variationen in der Enzymaktivität, die durch die Farbintensität und die Abbaurate angezeigt werden.
 - Reduzierung der sichtbaren Schadstoffe im Verlauf der biologischen Sanierung.
- Bei hohen Temperaturen wird die Denaturierung der Enzyme durch das Verblässen oder Zusammenbrechen der mikrobiellen Strukturen dargestellt.
- In Popup-Fenstern werden numerische Indikatoren wie *Schadstoffabbau (%)* und *Enzymeffizienz* angezeigt. Grafiken werden automatisch aktualisiert, um zu veranschaulichen, wie sich die Temperatur auf die Reinigungsleistung und die Gesundheit des Ökosystems auswirkt.

Zusätzliche Funktionen:

- **Animierte Sequenz, die** den schrittweisen Prozess der biologischen Abbaubarkeit bei verschiedenen Temperaturen veranschaulicht.
- **„Temperature Challenge Mode“,** in dem die Schüler den optimalen Bereich für maximale mikrobielle Aktivität vorhersagen und ihre Hypothesen testen.
- **Vergleichs-Dashboard, das** die Leistung bei kalten (5 °C), moderaten (25 °C) und heißen (40 °C) Bedingungen anzeigt.



Szene	• Schaltfläche „Zurück zum Start“, mit der die Schüler die Temperatur zurücksetzen und die Experimente wiederholen können. • In die Benutzeroberfläche integrierte Reflexionsfragen (z. B. „Was passiert, wenn die Umgebung zu warm wird?“). • Integration eines kurzen Videos, das die mikrobielle Bioremediation in natürlichen Systemen erklärt.
	Vier Szenen: Szene 1 – Einführung: Das verschmutzte Ökosystem Die Schüler sehen eine Übersicht über ein kontaminiertes Flussbett oder eine kontaminierte Bodenschicht mit sichtbaren Öl- oder Abfallpartikeln. Mikroben sind bei niedrigen Temperaturen inaktiv. Szene 2 – Moderate Temperatur (optimale Aktivität) Wenn die Schüler die Temperatur erhöhen, intensiviert sich die mikrobielle Aktivität. Schadstoffe schrumpfen, Sauerstoffblasen entstehen und Farbüberlagerungen zeigen den aktiven Abbau an. Szene 3 – Hohe Temperatur (Denaturierung) Ein weiterer Temperaturanstieg führt zum Abbau der Enzyme. Die Mikroorganismen verschwinden, die Schadstoffe werden nicht mehr abgebaut, und visuelle Hinweise zeigen eine Belastung des Systems an. Szene 4 – Reflexion und Datenüberprüfung Die Schüler betrachten Grafiken, in denen Temperatur und Abbaurate verglichen werden, und fassen die Ergebnisse zusammen. Reflexionsfragen regen sie dazu an, die Ergebnisse wissenschaftlich zu interpretieren.
Wenn Bild	-
Wenn Text	Was ist mikrobielle Sanierung? Bei der mikrobiellen Sanierung oder Bioremediation werden Bakterien und Pilze eingesetzt, um Schadstoffe in harmlose Verbindungen zu zerlegen. Wie wirkt sich die Temperatur darauf aus? Die Temperatur beeinflusst die Enzymaktivität – zu niedrige Temperaturen verlangsamen die Reaktionen, zu hohe Temperaturen schädigen die Enzyme, und moderate Temperaturen maximieren die Abbauleistung.





Wenn Video

Wenn Audio

Wenn 3D-Modell

Warum ist sie wichtig?

Das Verständnis dieses Prozesses hilft Wissenschaftlern, **die Bekämpfung der Umweltverschmutzung und die Wiederherstellung von Ökosystemen** zu optimieren, insbesondere unter sich ändernden Klimabedingungen.

-

-



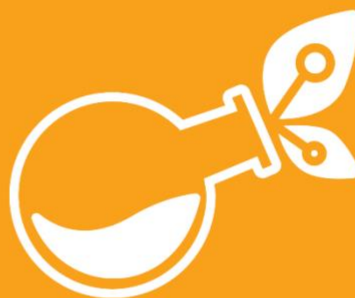
Delightex

<https://edu.delightex.com/FUP-MDG>





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