



Co-funded by
the European Union

Kontrollierte Adhäsion: Von Geckos und Käfern lernen



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."



CEIPES Eduact



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

Der Zweck dieses Dokuments besteht darin, Leitlinien zu erstellen, die den Projektmitarbeitern, die mit Schülern im Alter von 14 bis 19 Jahren arbeiten, dabei helfen sollen, Übungen unter Verwendung der Augmented-Reality-Technologie zu erstellen und anzupassen.

Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von Vorlagen erstellt, die Übungen aus methodischer, pädagogischer und technologischer Sicht definieren.

Eine gute schriftliche Beschreibung sowie Bilder, Videos oder Skizzen der Übung sind sehr wichtig, damit Experten die Idee verstehen können. Dies wird Teil der Vorlage „Allgemeine Informationen“ sein.

Andererseits wird es wichtig sein, zu definieren, für welches MINT-Thema/Fach jede Übung gedacht ist und wie die AR-Technologie den Schülern, Mitarbeitern oder interessierten Personen bei der Verwendung dieser Übungen helfen kann. Darüber hinaus können Personen, die sich für die Übung interessieren, den Nutzen von Augmented Information verstehen, und es wird notwendig sein, die Vorteile zu erklären.

Während des Prozesses der Definition der erweiterten Informationen, die jede Übung bieten wird, können Mitarbeiter, die mit Lehrern zusammenarbeiten, innovative Ideen entwickeln, die das Erlernen von Unterrichtskonzepten erleichtern.

Alle Schüler können die von Fachleuten erläuterten Inhalte in Form von Text, 3D-Modellen, Bildern, Videos, Tonaufnahmen usw. in der realen Welt projiziert sehen. Dies hilft ihnen, ihre Aufmerksamkeit auf die Übung zu richten und die damit verbundenen Konzepte leichter zu verinnerlichen.

Dieses Dokument umfasst die folgenden Punkte:

- Informationen über die AR-Technologie
- Wie man AR-Übungen mithilfe der Vorlage definiert:

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."



- Allgemeine Informationen
- Pädagogische Spezifikationen

Allgemeine Informationen

- Technische Spezifikationen

Name der Übung:	Kontrollierte Adhäsion: Von Geckos und Käfern lernen <i>Diese Übung führt die Schüler in die Biomimikry ein, indem sie untersucht, wie Organismen wie Geckos und Käfer Haftung erreichen und wie dieses Wissen technologische Innovationen inspirieren kann.</i>
Beschreibung Übung:	Diese Übung soll den Schülern vermitteln, wie Organismen mithilfe biologischer Mechanismen wie Van-der-Waals-Kräften (Geckos) und Kapillarinteraktionen (Käfer) Adhäsion erreichen. Mithilfe von Augmented Reality (AR) interagieren die Schüler mit 3D-Modellen mikroskopischer Strukturen in der Natur und vergleichen diese mit künstlichen Adhäsionstechnologien. Die Übung gliedert sich in folgende Teile: • Erkundung: Verwendung von AR zur Beobachtung mikroskopischer Details von Haftmechanismen. • Analyse: Vergleich biologischer Haftungsstrategien mit bestehenden technischen Lösungen. • Entwurfsaufgabe: Brainstorming, wie bioinspirierte Adhäsion in realen Anwendungen eingesetzt werden kann (z. B. Kletterroboter, medizinische Klebstoffe oder Weltraumforschung).



Teilnehmer:

Die Übung ist für einzelne Studierende oder kleine Gruppen (3–5 Mitglieder) konzipiert, um gemeinsames Lernen und Diskussionen zu fördern.

*Für das Brainstorming innovativer Anwendungen wird Gruppenarbeit bevorzugt.

Altersgruppe der
Teilnehmer:

Mindestens 15 Jahre

Grundkenntnisse in **Physik, Chemie und Biologie** sind erforderlich, um Adhäsionsmechanismen zu verstehen.

MINT-Fach und
spezifisches Thema:

MINT-Fach: Physik und Biologie

Spezifisches Thema: Oberflächenadhäsion in der Natur und ihre biomimetischen Anwendungen

Hauptschwierigkeit (stressiger Aspekt) des Themas:

Das Verständnis der Adhäsion auf mikroskopischer Ebene ist eine Herausforderung, weil:

- Kräfte wie Van-der-Waals-Kräfte und Kapillarhaftung wirken auf Nano-/Mikroebene, die mit bloßem Auge nicht sichtbar ist.
- Viele Schüler haben Schwierigkeiten, abstrakte molekulare Kräfte mit Anwendungen in der realen Welt in Verbindung zu bringen.
- Die Komplexität von Haftungsmechanismen (z. B. warum Geckos an Wänden haften können, Menschen jedoch nicht) ist ohne fortschrittliche Werkzeuge schwer zu visualisieren.

Wie AR zur Vereinfachung des Konzepts beiträgt:

- Interaktive 3D-Modelle ermöglichen es den Schülern, die feine Struktur der Zehenpolster von Geckos und die Haftsysteme von Käfern in Augmented Reality zu erkunden.
- Durch Zoomen und Drehen der Modelle können die Schüler die für die Adhäsion verantwortlichen Nano-/Mikrostrukturen visualisieren.
- AR-Animationen demonstrieren die Adhäsion in Aktion und zeigen die molekularen Kräfte bei der Arbeit.



- Der Vergleich zwischen biologischen und künstlichen Klebstoffen hilft den Schülern, Anwendungen der Biomimikry zu verstehen.

Pädagogisches Ziel (Lernergebnisse):

Am Ende dieser Übung sollten die Schüler in der Lage sein

1. den Unterschied zwischen **Nasshaftung** (Kapillarkräfte bei Käfern) und **Trockenhaftung** (Van-der-Waals-Kräfte bei Geckos) zu erklären.
2. zu verstehen, wie Adhäsion im **Nano-/Mikrobereich** funktioniert und warum sie sich von der makroskopischen Adhäsion unterscheidet.
3. Biomimetische Prinzipien anzuwenden, um Innovationen für die Praxis vorzuschlagen (z. B. medizinische Klebstoffe, Kletterroboter).

AR-Tools zu verwenden, um Haftungsstrategien in Natur und Technik zu erforschen, zu analysieren und zu vergleichen.

Gamifizierungsprozesse:

Herausforderungsbasiertes Lernen: Die Schüler erhalten reale Herausforderungen (z. B. Entwurf eines Kletterroboterfußes unter Verwendung bioinspirierter Adhäsion).

Punkte und Abzeichen: Für das Absolvieren von Abschnitten (Erkundung, Analyse, Entwurf) erhalten sie Punkte.

Rollenspiel: Die Schüler schlüpfen in die Rolle von Bioingenieuren, die Probleme im Zusammenhang mit Adhäsion lösen.

Schriftliche oder grafische Beschreibung der erweiterten Informationen:

3D-AR-Modelle der Haftstrukturen von Geckos und Käfern, die es den Schülern ermöglichen, mikroskopische Details zu **vergrößern, zu drehen und zu interagieren**.

Interaktive Animationen, die die Adhäsion im mikroskopischen Maßstab zeigen, mit **schrittweisen Erläuterungen** zur Wirkungsweise verschiedener Kräfte.

Überlagerungsinformationen, die als Popup-Erklärungen erscheinen, wenn die Schüler auf wichtige Bereiche tippen (z. B. Setae des Geckos, Kapillarkissen des Käfers).

Praktisches AR-Experiment, bei dem die Schüler **verschiedene Hafttechniken in einer virtuellen Umgebung testen**, indem sie biomimetische Prinzipien auf technische Oberflächen anwenden.

Hervorhebung wichtiger Bereiche, wie z. B. **Nano-/Mikroskalenstrukturen**, die für die Adhäsion verantwortlich sind, damit sich die Schüler auf wichtige Details konzentrieren können.





Erforderliche
externe (oder
zusätzliche) Tools

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

Visuelle Fortschrittsverfolgung, die die Schüler durch verschiedene Phasen führt (Verständnis der natürlichen Adhäsion, Vergleich biomimetischer Designs, Brainstorming zu Anwendungsmöglichkeiten).

AR-kompatible Geräte (Smartphones, Tablets oder AR-Brillen).
Ausdruckbare Arbeitsblätter, auf denen die Schüler ihre Ergebnisse dokumentieren und biomimetische Ideen skizzieren können.

Klebematerialien (Klebebänder, Saugnäpfe usw.) für den Vergleich mit der realen Welt.

QR-Codes oder gedruckte AR-Marker, falls für die Aktivierung von AR-Modellen erforderlich.

Unterschiedlich strukturierte Oberflächen (Glas, Kunststoff, Papier, Stoff), damit die Schüler die Haftung testen können, bevor sie sich mit AR beschäftigen.

Video: *Wie haften Geckos an Wänden?* (Veritasium)

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=YeSuQm7KfaE>



Pädagogische Vorgaben

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

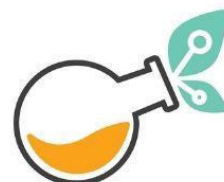
Wie können diese erweiterten Informationen genutzt werden, um ein STEAM-Thema für Schüler interessanter zu gestalten?

Interaktive 3D-Modelle

- **Ziel:** Den Schülern helfen, **detaillierte 3D-Modelle der Haftstrukturen von Geckos und der Kapillarhaftung von Käfern** auf mikroskopischer Ebene zu visualisieren und mit ihnen zu interagieren.
- **Verwendung:** Die Schüler können Modelle von Geckofußpolstern und Käferhaftstrukturen **vergrößern, drehen und mit ihnen interagieren**. Durch Antippen bestimmter Komponenten (z. B. Geckos Setae, Käferkapillarpads) werden Animationen **ausgelöst**, die die Haftung in Aktion zeigen. Interaktive Overlays **erklären wichtige Konzepte** wie **Van-der-Waals-Kräfte** und **Kapillarhaftung** auf einfache und ansprechende Weise.

Interaktive Schaltflächen

- **Ziel:** Die Schüler sollen aktiv mit AR-Modellen interagieren, um die **Mechanismen der Adhäsion** auf Nanoebene besser zu verstehen.
- **Verwendung:** Die Schüler können **auf bestimmte Bereiche** der AR-Modelle **tippen**, um **Popup-Erklärungen** oder **Animationen** auszulösen, die zeigen, wie Adhäsion in der Natur funktioniert. Mit den Schaltflächen können die Schüler **natürliche Adhäsion** (Gecko/Käfer) mit **biomimetischen Anwendungen** (synthetische Klebstoffe, Kletterroboter usw.) **vergleichen**. Die Fortschrittsverfolgung stellt sicher, dass die Schüler **die verschiedenen Lernstufen** auf strukturierte Weise **durchlaufen**.



Möglicher Unterrichtsplan

Einführung (5–7 Minuten)

- **Ziel:** Den Schülern das Konzept der Adhäsion in der Natur und der Biomimikry näherbringen.

Beginnen Sie mit einer **Frage aus der Praxis:** „Warum können Geckos Wände hochklettern, Menschen aber nicht?“

Zeigen Sie ein kurzes **Einführungsvideo** (z. B. das Video von Veritasium über die Adhäsion von Geckos).

Besprechen Sie **alltägliche Haftungsmechanismen** (z. B. Klebeband, Klebstoff) und stellen Sie diese den natürlichen Haftungsmechanismen gegenüber

Hauptaktivität – AR-Übung (30–35 Minuten)

Erforschung der Haftfähigkeit von Geckos und Käfern mit AR

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

- Die Schüler **scannen einen QR-Code** oder öffnen eine AR-App, um auf **interaktive 3D-Modelle** der Haftmechanismen von Geckos und Käfern zuzugreifen.

Praktische Erkundung:

- Drehen und zoomen Sie mikroskopisch kleine Haftstrukturen heran.
- Tippen Sie auf **die Popup-Erklärungen** (z. B. Van-der-Waals-Kräfte bei Geckos).
- Vergleichen Sie nasse und trockene Haftmechanismen.

2. Geführte Lernaufgaben (10–15 Minuten):

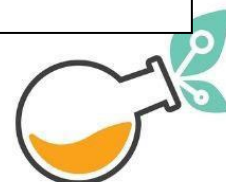
- Schritt-für-Schritt-Animation, die erklärt, wie Geckos beim Klettern ihre Füße ablösen und wieder anbringen.
- Virtuelles Experiment: Die Schüler testen in AR, wie sich verschiedene Oberflächen auf die Adhäsion auswirken.
- Gamifizierte Herausforderung: Entwerfen Sie eine biomimetische Anwendung unter Verwendung bioinspirierter Haftung (z. B. die Schaffung einer klebrigen Oberfläche für Kletterroboter).

Fazit und Zusammenfassung (10–15 Minuten)

- **Ziel:** Vertiefung des Gelernten durch Diskussion und Reflexion.

Projizieren Sie das AR-Erlebnis auf eine Leinwand, um eine klassenweite Diskussion zu ermöglichen.

Fragen Sie die Schüler:





Welche pädagogischen Ziele werden durch dieses Szenario angesprochen?





Aktive Beteiligung

Die Schüler beschäftigen sich aktiv mit den **3D-AR-Modellen** der Haftstrukturen von Geckos und Käfern, indem sie **diese vergrößern, drehen und auf mikroskopische Haftmechanismen tippen** können. Dieser praktische Ansatz fördert **Neugier und Entdeckungsfreude** und hilft den Schülern zu verstehen, wie biologische Haftung im Nano-/Mikrobereich funktioniert. Durch **die Interaktion mit Animationen und Pop-up-Erklärungen** können die Schüler die Theorie direkt mit **realen bioinspirierten Anwendungen** in Verbindung bringen.

Kritisches Denken

Die Übung fördert **kritisches Denken**, da die Schüler verschiedene Haftmechanismen analysieren und vergleichen (**Nasshaftung bei Käfern vs. Trockenhaftung bei Geckos**). Durch **das Auslösen von Animationen und Pop-ups** müssen die Schüler kritisch darüber nachdenken, **warum verschiedene Arten einzigartige Haftstrategien entwickelt haben und wie diese biologischen Prinzipien auf Technik und Technologie angewendet werden können**. Dieser Prozess vertieft das Verständnis, indem er die Schüler dazu auffordert, **molekulare Wechselwirkungen mit makroskopischen Funktionen in Verbindung zu bringen**.

Anwendung von Wissen

Durch **interaktive AR-Simulationen** wenden die Schüler **ihr theoretisches Verständnis** von Haftkräften (**Van-der-Waals-Kräfte, Kapillarkräfte und Reibungskräfte**) in einem **praktischen, visuellen Kontext an**. Die Möglichkeit, **verschiedene Oberflächen in AR zu testen, die Haftwirkung zu analysieren und biomimetische Designs zu entwerfen**, ermöglicht es den Schülern, **die Lücke zwischen MINT-Prinzipien und innovativen Anwendungen in der Praxis zu schließen** und so ihr Wissen zu festigen.

Multimodales Lernen (visuelles, praktisches, forschungsbasiertes Lernen)

Das Szenario nutzt **visuelle Animationen, praktische AR-Erkundungen und forschungsbasierte Aufgaben**, um unterschiedlichen Lernstilen gerecht zu werden. Dieser **multisensorische Ansatz** hilft den Schülern, **abstrakte MINT-Herausforderungen zu meistern**, indem komplexe Haftmechanismen **greifbar und interaktiv** gemacht werden.

Welche Ergebnisse werden mit seiner Verwendung erwartet?



Verbessertes Verständnis bioinspirierter Haftmechanismen

Die Schüler entwickeln ein **tieferes Verständnis für natürliche Haftmechanismen**, die in Organismen wie **Geckos und Käfern** zu finden sind. Durch die Beschäftigung mit **interaktiven 3D-AR-Modellen** verstehen sie, wie **Van-der-Waals-Kräfte und Kapillarhaftung** auf mikroskopischer Ebene funktionieren und wie sich diese biologischen Strategien von künstlichen Klebstoffen unterscheiden, die in der Technik verwendet werden. Diese immersive Lernerfahrung vertieft **das theoretische Wissen durch Visualisierung und praktische Interaktion**.

Gesteigertes Engagement und Interesse an Biomimikry und MINT-Fächern

Der **interaktive und explorative Charakter** der Übung soll **das Interesse und die Motivation der Schüler** für Biomimikry, Physik und Biologie **steigern**. Indem **ein komplexes MINT-Konzept in eine spannende Lernerfahrung verwandelt** wird, entwickeln die Schüler eher **eine positive Einstellung gegenüber biomimetischen Innovationen** und erkennen die realen Anwendungsmöglichkeiten der **bioinspirierten Technik**.

Verbesserte Beibehaltung und Erinnerung an Schlüsselkonzepte

Die Kombination aus **animierten Pfaden, interaktiven Modellen und Gamification-Elementen** soll **die Fähigkeit** der Schüler verbessern, **wichtige Konzepte** im Zusammenhang mit Adhäsion **zu behalten und abzurufen**. Der **multisensorische Lernansatz** (visuell, interaktiv, praxisorientiert) wird den Schülern helfen, **theoretisches Wissen mit praktischen Anwendungen zu verbinden**, sodass sie leichter erklären können, wie Adhäsion funktioniert und warum sie für den technologischen Fortschritt wichtig ist.

Mehr Selbstvertrauen bei der Erklärung bioinspirierter Designanwendungen

Während die Schüler **mithilfe von AR das Thema Adhäsion erkunden** und **angeleitete Lernaufgaben absolvieren**, sollen sie **Selbstvertrauen darin gewinnen, zu erklären, wie Biomimikry Lösungen in der**



Technische

AR-INFORMATIONEN

Technologie

Falls ein Marker erforderlich ist,
Beschreibung des Markers

Erforderliche
Hardware und
Software:

Art der erweiterten
Daten

Markerlose AR (kein gedruckter Marker erforderlich).



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

Software: Ein webbasierter AR-Viewer (z. B. WebXR) oder eine mobile AR-Anwendung: Delightex

3D-Modelle der Fußpolster von Geckos und der Haftpolster von Käfern.

Textüberlagerungen zur Erklärung der Haftmechanismen.

Animationen, die die Adhäsion in Aktion zeigen.

Interaktive Elemente zum Zoomen, Drehen und Platzieren der



Schriftliche Beschreibung der AR-Daten

Modelle in realen Umgebungen.

Nach dem Start der AR-Erfahrung auf ihrem Gerät sehen die Schüler ein 3D-Modell eines Geckofußes mit mikroskopisch kleinen Haftstrukturen, das auf einer realen Oberfläche platziert ist. Der Titel „Biomimikry: Kontrollierte Haftung“ erscheint und führt die Schüler durch die interaktive Lernerfahrung.

Die Schüler können mit dem 3D-Modell interagieren, indem sie:

- Vergrößern und Drehen, um mikroskopische Adhäsionsdetails zu untersuchen.
- Durch Antippen bestimmter Bereiche werden Anmerkungen und Erläuterungen angezeigt, z. B.:

„Was sind Van-der-Waals-Kräfte?“

„Wie löst ein Gecko seine Füße beim Klettern?“

„Wie unterscheidet sich die Haftung von Käfern von der Haftung von Geckos?“

Durch Klicken auf den Navigationspfeil ändert sich die AR-Szene und zeigt die Struktur der Haftfüße eines Käfers mit zusätzlichen Anmerkungen zu Kapillarhaftungsmechanismen.

Die Schüler können mit den Navigationspfeilen zwischen den beiden Modellen (Gecko und Käfer) wechseln und so die biologischen Haftstrategien vergleichen.

Zusätzliche Funktionen:

- Eine animierte Sequenz, die zeigt, wie Geckofüße Oberflächen greifen und wieder loslassen.
- Ein Abschnitt über biomimetische Anwendungen, in dem die Schüler reale Innovationen erkunden können, die von diesen natürlichen Hafttechniken inspiriert sind.
- Eine Schaltfläche „Zurück zum Start“, mit der die Schüler das AR-Erlebnis zurücksetzen und frühere Modelle erneut aufrufen können.

Szene

Drei Szenen:

Szene 1: Gecko-Haftung: Die Schüler interagieren mit einem 3D-Modell eines Gecko-Fußes und erkunden die Van-der-Waals-Haftung und die Setae-Strukturen. Pop-ups erklären die Haftungsmechanismen, und Animationen zeigen, wie Geckos mit



Wenn Bild

„ ” an Oberflächen haften und sich wieder lösen. Der Navigationspfeil bewegt sich zu Szene 2.

Szene 2: Käferhaftung: Es wird ein 3D-Modell eines Käferfußes angezeigt, das die Kapillarhaftung veranschaulicht. Zu den interaktiven Elementen gehören das Antippen, um die Auswirkungen der Flüssigkeitshaftung zu zeigen, Animationen der Fußablösung und Oberflächenvergleiche. Der Navigationspfeil bewegt sich zu Szene 3.

Szene 3: Biomimetische Anwendungen: Die letzte Szene stellt biomimetische Innovationen vor und ermöglicht es den Schülern, bioinspirierte Klebstofftechnologien zu erkunden. Zu den Funktionen gehören Animationen, Fallstudien und eine interaktive Biomimikry-Herausforderung. Mit der Schaltfläche „Zurück zum Start“ können die Schüler die vorherigen Szenen neu starten oder erneut aufrufen.

-

Wenn Text

Hier sind die **Popup-Textüberlagerungen**, die in der AR-Erfahrung angezeigt werden:

Wie Geckos Haftung erreichen

- Geckos nutzen **Van-der-Waals-Kräfte**, um an Oberflächen zu haften.
- Ihre Füße haben **Millionen winziger haarähnlicher Strukturen (Setae)**, die sich in noch kleinere Spitzen (Spatulae) aufteilen.
- Diese Strukturen ermöglichen es Geckos, ohne Klebstoff **an glatten Oberflächen wie Glas zu haften**.

Wie Käfer Kapillarhaftung nutzen

- Käfer nutzen **Flüssigkeitsabsonderungen**, um eine vorübergehende Haftverbindung herzustellen.
- Ihre **Fußballen scheiden einen dünnen Flüssigkeitsfilm aus**, der ihnen hilft, **sich mithilfe von Kapillarkräften an Oberflächen festzuhalten**.
- Dieser Mechanismus ermöglicht es Käfern, **sich an Blättern festzuhalten und senkrechte Oberflächen zu erklimmen**.

Biomimetische Anwendungen der Adhäsion





- Wissenschaftler haben **von Geckos inspirierte Trockenhaftstoffe** entwickelt, die in **Kletterrobotern und medizinischen Geräten** zum Einsatz kommen.
- Von Käfern inspirierte Haftungsforschung hat zu **selbstreinigenden Klebstoffen** für Elektronik und Gesundheitswesen geführt.

Diese Texte können in die **AR-Pop-ups** integriert oder in einem begleitenden Arbeitsblatt verwendet werden.

Wenn Video

Wenn Audio

-

Wenn 3D-Modell



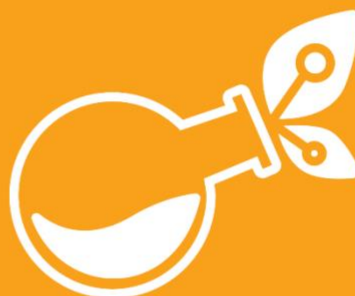
Delightex

<https://edu.delightex.com/TWK-ZGS>





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