



Co-funded by
the European Union

„Im Labor gezüchtete Organe: Können wir ein neues Herz drucken?“



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

INHALT

Einleitung	2
Entdecken	3
1.1 Wie der Körper sich selbst repariert: Regeneration in der Natur	3
1.2 Stammzellen: Die Bausteine der regenerativen Medizin	3
1.3 Von Zellen zu Geweben: Wie lebende Strukturen entstehen	3
1.4 Bio-Inspiration und 3D-Bioprinting	4
1.5 Können wir ein menschliches Herz drucken?	4
1.6 Fragen zum Nachdenken	5
Ausführen	5
2. Anwendung bioinspirierter Prinzipien auf im Labor gezüchtete Organe	5
2.1 Bio-Inspiration: Von der natürlichen Regeneration lernen	5
2.2 Wie Augmented Reality die Lernziele unterstützt	6
2.3 Praktische Aktivitäten (Übersicht)	6
Verbessern	7
3. Verbesserung des Verständnisses der regenerativen Medizin durch Augmented Reality	7
3.1 Wie AR das Lernen über im Labor gezüchtete Organe stärkt	7
3.2 Delightex Edu als Werkzeug für AR-gestütztes Lernen	8
3.3 Steigerung des Engagements durch Gamification und Interaktion	8
3.4 AR-basierte Reflexion und Bewertung	8
Fazit	9
Referenzen	11





Dieses Bild wurde mit KI-basierten Bildgenerierungswerkzeugen zu Bildungs- und Illustrationszwecken erstellt.





Allgemeines Thema des Lernpfads	Biotechnologie und regenerative Medizin
Spezifischer Name der Lerneinheit	Im Labor gezüchtete Organe: Können wir ein neues Herz drucken?
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	• Grundkenntnisse der menschlichen Biologie (Zellen, Gewebe, Organe). • Grundlegende digitale Kompetenz und Vertrautheit mit der Nutzung von Computern, Tablets oder Smartphones. • Zugang zu einem mit dem Internet verbundenen Gerät. • Vorkenntnisse in Bioingenieurwesen, Stammzellen oder Augmented Reality sind nicht erforderlich.
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Lerneinheit führt die Schüler in das aufstrebende Gebiet der regenerativen Medizin ein, wobei der Schwerpunkt auf im Labor gezüchteten Organen und 3D-Bioprinting-Technologien liegt. Durch einen bioinspirierten MINT-Ansatz und den Einsatz von Augmented Reality erkunden die Schüler, wie lebende Zellen zur Reparatur oder zum Ersatz beschädigter Gewebe und Organe eingesetzt werden können. Die Einheit kombiniert wissenschaftliche Grundlagen mit interaktiven AR-basierten Lernaktivitäten unter Verwendung von Delightex Edu und hilft den Lernenden, sowohl die biologischen Prinzipien als auch die technologischen Herausforderungen hinter der Organentwicklung zu verstehen.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Biotechnologie, Technologie, Ingenieurwesen, digitale Kompetenz, MINT-Bildung
Stichworte	Regenerative Medizin, Stammzellen, im Labor gezüchtete Organe, 3D-Bioprinting, Gewebeengineering, Bioinspiration, Augmented Reality (AR), Delightex Edu
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	• Verständnis der Grundprinzipien der regenerativen Medizin und der Stammzellbiologie. • Bewusstsein dafür, wie bioinspirierte Technologien zum Züchten von Geweben und Organen eingesetzt werden. • Kritisches Denken über ethische, medizinische und technologische Herausforderungen. • Digitale und wissenschaftliche Kompetenz durch AR-basierte Erkundung. • Fähigkeit, Biologie mit medizinischen Innovationen aus der Praxis zu verbinden.





Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	• Mobile Geräte oder Tablets mit AR-Fähigkeiten. • Computer mit Internetzugang. • Delightex Edu, AR/VR-Plattform. • 3D-Modelle von Zellen, Geweben und Organen. • Vom Lehrer vorbereitete Begleitmaterialien (Texte, Bilder, Videos).
Bewertungskriterien und Bewertung	• Teilnahme an Diskussionen und AR-basierten Aktivitäten. • Erledigung interaktiver Aufgaben und Übungen. • Fähigkeit, Schlüsselkonzepte im Zusammenhang mit im Labor gezüchteten Organen und Bioengineering zu erklären. • Reflexive Diskussion und formatives Feedback.

Einführung

Diese Lerneinheit befasst sich damit, wie Wissenschaftler bioinspirierte Technologien wie Stammzellen und 3D-Bioprinting einsetzen, um Organe im Labor zu züchten. Durch die Kombination von Biologie, Technologie und Augmented Reality erhalten die Schüler einen Einblick, wie im Labor gezüchtete Organe die moderne Medizin verändern und reale Herausforderungen im Gesundheitswesen bewältigen könnten.





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.





Entdecken – Natürliche Regeneration und bioinspiriertes Organwachstum verstehen

In diesem Abschnitt werden die Schüler in die wissenschaftlichen Grundlagen der regenerativen Medizin und der im Labor gezüchteten Organe eingeführt. Sie untersuchen, wie sich die Natur selbst repariert, wie Wissenschaftler Stammzellen zur Regeneration von Gewebe einsetzen und wie bioinspirierte Technologien wie 3D-Bioprinting darauf abzielen, komplexe menschliche Organe nachzubilden.

Die Erkundungsphase vermittelt grundlegendes Hintergrundwissen, das erforderlich ist, um sowohl das Potenzial als auch die Grenzen des Organ-Drucks zu verstehen.

1.1 Wie der Körper sich selbst repariert: Regeneration in der Natur

Lebende Organismen verfügen über die natürliche Fähigkeit, beschädigtes Gewebe zu reparieren und zu regenerieren. Die menschliche Haut heilt nach Verletzungen, Knochen können nach Brüchen nachwachsen, und einige Tiere – wie beispielsweise Salamander – können ganze Gliedmaßen regenerieren.

Diese natürliche Regeneration ist möglich, weil:

- sich Zellen teilen und beschädigte Zellen ersetzen können,
- spezialisierte Zellen zusammenarbeiten, um Gewebe wieder aufzubauen,
- biologische Systeme organisierten Wachstumsmustern folgen.

Die regenerative Medizin ist von **den Reparaturmechanismen der Natur** inspiriert.

1.2 Stammzellen: Die Bausteine der regenerativen Medizin

Stammzellen sind spezielle Zellen mit zwei einzigartigen Fähigkeiten:

- Sie können sich selbst erneuern (mehr Stammzellen bilden)
- sie können sich in verschiedene Zelltypen (Muskel-, Nerven-, Blutzellen) differenzieren.

In der regenerativen Medizin werden Stammzellen verwendet, um:

- neues Gewebe zu züchten,
- die Reparatur beschädigter Organe,
- Untersuchung von Krankheiten unter Laborbedingungen.

Im Gegensatz zu gewöhnlichen Zellen fungieren Stammzellen als biologische „Ausgangspunkte“ und sind daher für das Züchten von Geweben und Organen im Labor unverzichtbar.





1.3 Von Zellen zu Geweben: Wie lebende Strukturen entstehen

Organe bestehen nicht aus einzelnen Zellen, sondern aus organisierten Geweben. Zellen kommunizieren, ordnen sich an und verbinden sich, um Strukturen zu bilden, die bestimmte Funktionen erfüllen können.

Beispiel:

- Herzmuskelzellen müssen sich gemeinsam zusammenziehen,
- Blutgefäße müssen Sauerstoff und Nährstoffe transportieren,
- Gewebe müssen überleben und sich an eine lebende Umgebung anpassen.

Dieser Prozess zeigt, dass Struktur und Funktion in der Biologie eng miteinander verbunden sind – eine zentrale Herausforderung bei dem Versuch, Organe im Labor nachzubilden.

1.4 Bio-Inspiration und 3D-Bioprinting

Wissenschaftler nutzen Bio-Inspiration, um Technologien zu entwickeln, die natürliche Prozesse nachahmen. Eine solche Technologie ist der 3D-Bioprinting, bei dem Schichten lebender Zellen in bestimmten Mustern angeordnet werden, um gewebeähnliche Strukturen zu bilden.

Im Gegensatz zum 3D-Druck mit Kunststoff

- müssen lebende Zellen am Leben bleiben,
- benötigen Gewebe Nährstoffe und Sauerstoff,
müssen Strukturen im Laufe der Zeit wachsen und sich anpassen.

Bio-Inspiration hilft Ingenieuren zu verstehen, wie die Natur komplexe Systeme aufbaut, und leitet die Entwicklung von im Labor gezüchteten Organen.

Empfohlenes Video:

Um besser zu verstehen, wie bioinspirierte Technologien und 3D-Bioprinting in der regenerativen Medizin eingesetzt werden, sollten die Schüler die folgenden kurzen Videos ansehen, die die reale Forschung und aktuelle Herausforderungen bei im Labor gezüchteten Organen veranschaulichen:

- <https://www.youtube.com/watch?v=ABgehFQu8eU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=yh8lQPjD4Og>

Um besser zu verstehen, wie bioinspirierte Technologien zum Züchten von Geweben und organähnlichen Strukturen im Labor eingesetzt werden, sollten die Schüler das folgende kurze Video ansehen. Es veranschaulicht die wichtigsten Schritte der Gewebezüchtung und des Bioprintings und hilft dabei, biologische Prinzipien mit technologischen Prozessen zu verbinden.

- <https://www.youtube.com/watch?v=2NFsvn9q9hA>

1.5 Können wir ein menschliches Herz drucken?

Das menschliche Herz ist eines der komplexesten Organe im Körper. Es muss:

- kontinuierlich pumpen,





- mehrere Gewebetypen enthalten,
- ein dichtes Netzwerk von Blutgefäßen enthalten,
- perfekt koordiniert arbeiten.

Während Wissenschaftler bereits einfache Gewebe und kleine Organmodelle erfolgreich gezüchtet haben, bleibt der Druck eines voll funktionsfähigen menschlichen Herzens eine große wissenschaftliche Herausforderung.

Nur weil etwas theoretisch möglich ist, bedeutet das nicht, dass es heute auch vollständig realisierbar ist.

Empfohlene Ressourcen zur 3D-Visualisierung:

Um die dynamische Struktur und Funktion des menschlichen Herzens besser zu verstehen, werden die Schüler unter dazu ermutigt, die folgenden animierten 3D-Herzmodelle zu erkunden. Diese Visualisierungen veranschaulichen, warum die Nachbildung eines voll funktionsfähigen Herzens eine der größten Herausforderungen in der regenerativen Medizin darstellt.

<https://sketchfab.com/3d-models/3d-animated-realistic-human-heart-v20-168b474fba564f688048212e99b4159d>

<https://sketchfab.com/3d-models/human-heart-3d-animated-911272d9f7c146bea5403d1e4d2dfb31>

1.6 Fragen zum Nachdenken

- Wie regeneriert die Natur Gewebe und Organe?
- Warum sind Stammzellen in der regenerativen Medizin wichtig?
- Was macht es so schwierig, das menschliche Herz im Labor nachzubilden?
- Wie beeinflusst Bio-Inspiration medizinische Innovationen?

Ausführen

2. Anwendung bioinspirierter Prinzipien auf im Labor gezüchtete Organe

Im Abschnitt „Ausführen“ wenden die Schüler ihr Verständnis der regenerativen Medizin an, indem sie untersuchen, wie natürliche biologische Prozesse Lösungen für das Züchten von Geweben und Organen im Labor inspirieren.

Durch praktische, AR-gestützte Aktivitäten mit Delightex Edu untersuchen die Lernenden, wie Zellen Gewebe bilden, warum Organe komplexe Systeme sind und vor welchen





Herausforderungen Wissenschaftler stehen, wenn sie versuchen, ein funktionsfähiges menschliches Herz zu drucken.

2.1 Bio-Inspiration: Von der natürlichen Regeneration lernen

Die Natur liefert eindrucksvolle Beispiele für Regeneration und Selbstheilung, die moderne biomedizinische Technologien inspirieren:

- **Durch Zellerneuerung und -differenzierung** können beschädigte Gewebe repariert werden.
- Durch **Selbstorganisation** können sich Zellen zu funktionsfähigen Geweben anordnen.
- **Die Bildung von Netzwerken**, wie z. B. Blutgefäßen, unterstützt das Überleben und Wachstum.

Die Schüler untersuchen, wie diese natürlichen Fähigkeiten die Entwicklung von Gewebeengineering und im Labor gezüchteten Organen leiten, und bekräftigen damit die Vorstellung, dass medizinische Innovationen oft mit der Beobachtung der Natur beginnen.

2.2 Wie Augmented Reality die Lernziele unterstützt

Augmented Reality spielt eine wichtige Rolle dabei, Schülern Prozesse verständlich zu machen, die im realen Leben nicht direkt beobachtet werden können.

Mit **Delightex Edu** ermöglichen AR-Aktivitäten den Schülern:

- **Stammzellen, Gewebe und Organstrukturen** in 3D zu visualisieren,
- **geschichtete Organmodelle** wie das menschliche Herz zu erkunden
- zu beobachten, wie **Zellen, Gewebe und Blutgefäße** als System interagieren,
- **biologische Regeneration** mit 3D-Bioprinting-Technologien zu vergleichen.

AR macht abstrakte biomedizinische Konzepte zugänglicher und unterstützt forschungsbasiertes Lernen, ohne dass dafür hochmoderne Laborgeräte erforderlich sind.

2.3 Praktische Aktivitäten (Übersicht)

• **Aktivität 1: Von Stammzellen zu Gewebe**

Die Schüler erkunden AR-Modelle von Stammzellen und Zellteilung. Sie beobachten, wie sich Zellen vermehren und spezialisieren, und diskutieren, warum Stammzellen für das Wachstum neuer Gewebe unerlässlich sind.

Bioinspiriertes Konzept: Natürliche Regeneration und Zelldifferenzierung.

• **Aktivität 2: Warum das Herz schwer zu drucken ist**

Anhand eines mehrschichtigen AR-Modells des menschlichen Herzens untersuchen die Schüler:

- Muskelgewebe,
- Kammern und Klappen,
- Blutgefäßnetzwerke.





Sie analysieren, warum all diese Komponenten zusammenarbeiten müssen und warum es so schwierig ist, diese Komplexität nachzubilden.

Unterstützendes Videomaterial:

Bevor die Schüler das mehrschichtige AR-Modell des Herzens analysieren, sehen sie sich ein kurzes Video an, das die Funktionsweise des menschlichen Herzens in Echtzeit demonstriert. Diese Ressource unterstützt das Verständnis der kontinuierlichen Bewegung und Koordination, die für ein funktionsfähiges Organ erforderlich sind.

<https://www.youtube.com/watch?v=mMeOjwH4NVU>

Bioinspiriertes Konzept: Struktur-Funktions-Beziehung in lebenden Systemen.

- **Aktivität 3: Drucken vs. Züchten von lebendem Gewebe**

Die Schüler vergleichen:

- ein einfaches 3D-gedrucktes Objekt
- ein aus Zellen erstelltes lebendes Gewebemodell.

Sie identifizieren die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Drucken nicht lebender Materialien und dem Züchten lebender Organe.

Bioinspiriertes Konzept: Unterschied zwischen mechanischer Konstruktion und biologischem Wachstum.

- **Aktivität 4: Entscheidungsaufgabe – Können wir heute ein Herz drucken?**

Die Schüler absolvieren eine AR-basierte Entscheidungsaufgabe, bei der sie:

- die aktuellen wissenschaftlichen Möglichkeiten bewerten,
- technologische und biologische Grenzen identifizieren,
- zwischen der heutigen Medizin und dem zukünftigen Potenzial unterscheiden.

Bioinspiriertes Konzept: Wissenschaftliches Denken auf der Grundlage biologischer Einschränkungen.

- **Aktivität 5: Entwurf eines funktionsfähigen Organs – Warum Struktur wichtig ist**

Mithilfe eines interaktiven AR-Organmodells in Delightex Edu untersuchen die Schüler, wie verschiedene strukturelle Komponenten zur Organfunktion beitragen. Durch das Aktivieren und Deaktivieren von Schichten und Elementen analysieren die Lernenden, wie Organe als integrierte Systeme und nicht als einfache Formen funktionieren. Diese Aktivität verdeutlicht, warum im Labor gezüchtete Organe nicht nur die äußere Form, sondern auch die biologische Organisation nachbilden müssen.

Bioinspiriertes Konzept: Struktur-Funktions-Beziehungen und Systemdenken in lebenden Organismen.

*Durch bioinspirierte, AR-gestützte Aktivitäten gelangen die Schüler vom Verständnis von Konzepten zur **Anwendung biologischen Denkens**. Sie erfahren, wie regenerative Medizin Biologie, Technologie und Ingenieurwesen miteinander verbindet und warum die Züchtung*





eines menschlichen Herzens nicht nur eine technische, sondern auch eine biologische Herausforderung ist.

Verbessern

3. Vertiefung des Verständnisses der regenerativen Medizin durch Augmented Reality

Der Abschnitt „Vertiefen“ erklärt, wie Augmented Reality (AR) das Verständnis der Schüler für regenerative Medizin vertieft, indem komplexe biologische Prozesse sichtbar, interaktiv und verständlich gemacht werden. In dieser Einheit wird AR eingesetzt, um das Lernen über im Labor gezüchtete Organe zu unterstützen, indem die Schüler biologische Strukturen und bioinspirierte Technologien erkunden können, die in einem traditionellen Klassenzimmer nicht zugänglich sind.

3.1 Wie AR das Lernen über im Labor gezüchtete Organe stärkt

Themen wie Stammzellen, Geweberegeneration und die Komplexität von Organen sind oft abstrakt und schwer vorstellbar. AR hilft, diese Herausforderungen zu überwinden, indem es wissenschaftliche Konzepte in greifbare visuelle Erfahrungen umwandelt.

Durch AR-gestütztes Lernen können Schüler:

- die Bildung von Zellen zu Gewebe in drei Dimensionen beobachten,
- geschichtete Organstrukturen wie das menschliche Herz erkunden,
- die Rolle von Blutgefäßnetzen für die Erhaltung von lebendem Gewebe verstehen,
- den Unterschied zwischen dem Wachstum von lebendem Gewebe und dem Drucken nicht lebender Objekte erkennen.

Dieser visuelle und interaktive Ansatz fördert ein tieferes konzeptionelles Verständnis und reduziert die kognitive Überlastung.

3.2 Delightex Edu als Werkzeug für AR-gestütztes Lernen

Delightex Edu eignet sich gut für diese Einheit, da es sowohl die Erforschung als auch die Erstellung in einer sicheren Bildungsumgebung ermöglicht.

Mit Delightex Edu können Schüler und Lehrer:

- mit vorgefertigten 3D-Biologiemoellen von Zellen, Geweben und Organen interagieren,
- AR-Szenen mit markerloser AR oder QR-Codes erkunden,
- ohne fortgeschrittene technische Kenntnisse geführten Lernpfaden folgen,
- alleine oder gemeinsam an AR-basierten Aufgaben arbeiten.

Die Plattform ermöglicht es den Lernenden, sich aktiv mit den Inhalten auseinanderzusetzen, was ihre Motivation und Eigenverantwortung für das Lernen stärkt.





In dieser Einheit wird Delightex Edu auch zur Unterstützung des systembasierten Lernens durch interaktive Organmodelle eingesetzt, mit denen die Schüler erkunden können, wie strukturelle Komponenten interagieren, um die Organfunktionalität zu ermöglichen oder einzuschränken.

Empfohlene Multimedia-Ressource:

Um zu veranschaulichen, wie Augmented Reality zur dreidimensionalen Erkundung der menschlichen Anatomie genutzt werden kann, können die Schüler das folgende kurze Video ansehen, in dem Delightex Edu-Visualisierungen menschlicher Organe gezeigt werden. Diese Ressource unterstützt das Verständnis der Organstruktur und der räumlichen Beziehungen, die für die Diskussion über im Labor gezüchtete Organe unerlässlich sind.

<https://www.facebook.com/delightexedu/videos/human-anatomy/715913087136373/>

3.3 Steigerung des Engagements durch Gamification und Interaktion

Die AR-basierten Aktivitäten in dieser Einheit enthalten leichte Gamification-Elemente, die das Engagement fördern und gleichzeitig den Fokus auf das Lernen legen:

- Punkte und Abzeichen für das Erfüllen von Erkundungsaufgaben und Entscheidungsaktivitäten,
- Szenariobasierte Herausforderungen im Zusammenhang mit regenerativer Medizin,
- kollaborative Diskussionsaufgaben, bei denen die Schüler Entscheidungen und Ergebnisse vergleichen.

Gamification fördert die Teilnahme, Reflexion und Teamarbeit, ohne vom wissenschaftlichen Inhalt abzulenken.

3.4 AR-basierte Reflexion und Bewertung

Augmented Reality unterstützt auch die formative Bewertung und Reflexion. Anstatt sich nur auf schriftliche Tests zu verlassen, demonstrieren die Schüler ihr Verständnis durch Interaktion und Diskussion.

Lehrkräfte können das Lernen bewerten, indem sie beobachten,

- wie die Schüler AR-Modelle erkunden,
- wie sie biologische Prozesse und Herausforderungen erklären,
- wie sie Entscheidungen in ethischen und wissenschaftlichen Szenarien begründen.

Dieser Ansatz legt mehr Wert auf Verständnis, Argumentation und Anwendung als auf Auswendiglernen.

Durch die Integration von Augmented Reality über Delightex Edu macht diese Lerneinheit die regenerative Medizin zugänglich, interessant und relevant. AR unterstützt ein tieferes Verständnis des bioinspirierten Organwachstums, stärkt die Verbindung zwischen Biologie und





realen medizinischen Herausforderungen und regt die Schüler dazu an, kritisch über die Zukunft von im Labor gezüchteten Organen nachzudenken.

Fazit

Diese Lerneinheit führte die Schüler durch die Phasen „Erkunden – Ausführen – Verbessern“, um zu verstehen, wie im Labor gezüchtete Organe unter Verwendung bioinspirierter Prinzipien aus der Natur entwickelt werden. Die Schüler erforschten die natürliche Regeneration und die Stammzellbiologie, wandten dieses Wissen in AR-gestützten Aktivitäten an und vertieften ihr Verständnis für die Komplexität der Züchtung eines funktionsfähigen menschlichen Herzens. Der Einsatz von Augmented-Reality-Tools, insbesondere Delightex Edu, machte abstrakte biologische und technologische Konzepte zugänglicher und ansprechender. Durch die Verbindung der regenerativen Medizin mit realen medizinischen Herausforderungen regt die Einheit die Schüler dazu an, sowohl über die Möglichkeiten als auch über die Grenzen des Organ-Drucks nachzudenken und sich weiterhin mit zukünftigen Innovationen in der Biomedizin zu beschäftigen.





Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Schüler untersuchen, wie lebende Organismen auf natürliche Weise Gewebe regenerieren und wie diese biologischen Prozesse die regenerative Medizin inspirieren. Sie erforschen die Rolle von Stammzellen, die Gewebebildung und die Komplexität menschlicher Organe und konzentrieren sich dabei darauf, warum das Herz besonders schwer nachzubilden ist.
	- Inhaltsentwicklung: Es werden Schlüsselkonzepte vorgestellt, darunter natürliche Regeneration, Stammzelldifferenzierung, Gewebeorganisation, Bioinspiration und die Prinzipien des 3D-Bioprintings. Wissenschaftliche Erklärungen werden durch Beispiele aus der Natur und der aktuellen biomedizinischen Forschung untermauert.
	- Bedarfsanalyse: Die Vorkenntnisse der Schüler in grundlegender Biologie (Zellen, Gewebe, Organe) und ihr allgemeines Verständnis von Gesundheit und Medizin werden durch Leitfragen und Diskussionen ermittelt. Dadurch wird eine angemessene Unterstützung für Lernende im Alter von 14 bis 18 Jahren sichergestellt.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Die Schüler wenden theoretisches Wissen in bioinspirierten, praktischen Aktivitäten an, die zeigen, wie Zellen Gewebe bilden und warum Organe als komplexe Systeme funktionieren. Der Schwerpunkt liegt auf dem Verständnis von Prozessen und nicht auf technischen Laborverfahren.
	- Interaktive Übungen: Mit Delightex Edu interagieren die Schüler mit AR-Modellen von Stammzellen, der Anatomie des Herzens, Blutgefäßnetzwerken und geschichteten Organsystemen und untersuchen, wie biologische Strukturen als integrierte Systeme funktionieren.
	Sie untersuchen geschichtete Organstrukturen, vergleichen biologisches Wachstum mit 3D-Druck und absolvieren entscheidungsbasierte Szenarien im Zusammenhang mit im Labor gezüchteten Organen.
	- Feedback-Erfassung: Durch AR-Interaktionen wird sofortiges visuelles Feedback gegeben. Das Lernen wird durch Gruppendiskussionen, lehrergeführte Reflexion und Feedback von Gleichaltrigen während und nach den Aktivitäten vertieft.
Verbessern	- AR-Integration: Augmented Reality wird verwendet, um biologische Strukturen und Prozesse zu visualisieren, die im Klassenzimmer nicht direkt beobachtet werden können. Delightex Edu ermöglicht die markerlose AR-Erforschung von Zellen, Geweben und Organen und unterstützt so inklusives und erfahrungsorientiertes Lernen.
	- Interaktives Lernen: Die Schüler erkunden, manipulieren und analysieren aktiv 3D-Modelle, was forschungsbasiertes Lernen und Systemdenken fördert. AR unterstützt das Experimentieren, Vergleichen und Reflektieren über reale biomedizinische Herausforderungen.



**Gamifizierte Inhalte:**

- **Punkte und Abzeichen:** Die Schüler sammeln Punkte für das Erledigen von Erkundungsaufgaben und erhalten Abzeichen wie „Gewebeingenieur“ oder „Zukünftiger Arzt“ für das Erreichen von Lernmeilensteinen.
- **Ranglisten:** Optionale gruppenbasierte Ranglisten zeigen den kollektiven Fortschritt an, fördern die Motivation und betonen dabei eher die Zusammenarbeit als den Wettbewerb.
- **Quests und Levels:** Die Lernaktivitäten sind als progressive Quests strukturiert, die von der Erforschung auf Zellebene zum Verständnis auf Organebene führen und dabei an Komplexität zunehmen.
- **Belohnungen für Erkundungen:** Für gründliche Untersuchungen und durchdachte Entscheidungen innerhalb der AR-Aktivitäten werden visuelle Belohnungen und positives Feedback gegeben.
- **Kollaborative gamifizierte Aufgaben:** Die Schüler arbeiten in kleinen Gruppen, um Szenarien zu analysieren, Herausforderungen zu diskutieren und Entscheidungen in Bezug auf im Labor gezüchtete Organe und ethische Überlegungen zu treffen.

AR-basierte Bewertungen: Die Schüler zeigen ihr Verständnis durch die Interaktion mit AR-Modellen, das Erledigen von Aufgaben und die Erläuterung biologischer und technologischer Konzepte. Die Bewertung konzentriert sich eher auf das logische Denken, die Anwendung von Wissen und die Reflexion als auf das Auswendiglernen.





Referenzen

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Vorteile und Herausforderungen von Augmented Reality im Bildungsbereich: Eine systematische Literaturübersicht. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Atala, A. (2018). *Regenerative Medizin: Vom Labor zur Klinik*. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-3701-6>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented Reality im Unterricht und beim Lernen. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen und M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbuch zur Forschung über Bildungskommunikation und -technologie* (S. 735–745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Europäische Arzneimittelagentur. *Arzneimittel für neuartige Therapien (ATMPs)*.
<https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/overview/advanced-therapy-medicinal-products-overview>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality für das MINT-Lernen: Eine systematische Übersicht. *Computers & Education*, 123, 109–123.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D-Bioprinting von Geweben und Organen. *Nature Biotechnology*, 32(8), 773–785. <https://doi.org/10.1038/nbt.2958>
- National Institutes of Health. *Stammzellen: Grundlagen*.
<https://stemcells.nih.gov/info/basics>
- Yen, J., Weissburg, M. J., Helms, M., & Goel, A. K. (2014). *Biologisch inspiriertes Design für die Bildung*. Cambridge University Press.
- Delightex Edu. *AR/VR-Plattform für MINT-Bildung*.
<https://www.delightex.com/edu>

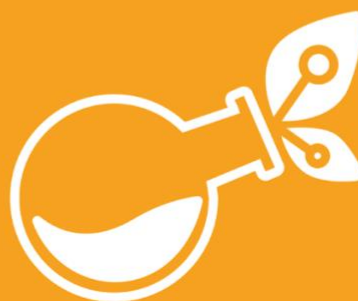
AI-basierte Tools (ChatGPT, Perplexity AI und NotebookLM) wurden zur Unterstützung der Inhaltserstellung, der Zusammenfassung von Forschungsergebnissen und der Organisation von Quellenmaterialien während der Entwicklung dieser Lerneinheit verwendet:

- ChatGPT (großes Sprachmodell). <https://chat.openai.com>
- Perplexity AI [KI-gestützter Such- und Forschungsassistent]. <https://www.perplexity.ai>
- Google NotebookLM [KI-gestütztes Recherche- und Notiztool].
<https://notebooklm.google.com>





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.