



Co-funded by
the European Union

Genetische Erkrankungen: Herausforderun gen und Lösungen



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."



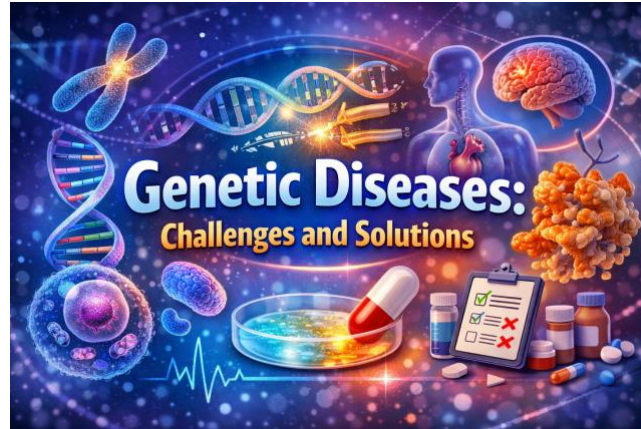


INHALTSVERZEICHNIS

INHALT

Einleitung	5
Entdecken	5
1. Genetische Krankheiten: Herausforderungen und Lösungen	5
1.1 Was sind genetische Erkrankungen?	6
1.2 Arten genetischer Mutationen	6
1.3 Häufige genetische Erkrankungen	7
1.4 Herausforderungen bei der Diagnose	7
1.5 Herausforderungen bei der Behandlung	7
1.6 Neue Lösungen	8
1.7 Warum AR und 3D-Modellierung wichtig sind	8
Fragen zum Nachdenken	8
Ausführen	9
2. Bioinspirierte Lösungen für genetische Erkrankungen	9
2.1 Bio-Inspiration bei der Reparatur und Regulierung von Genen	9
2.2 Praktische Anwendung durch AR-gestütztes Lernen	9
2.3 Vorschläge für AR-basierte Übungen und Aktivitäten	10
2.4 Globale Inspiration und Relevanz für die Praxis	11
Verbessern	11
3. AR für vertieftes Lernen und Engagement	11
3.1 Wie AR das Verständnis genetischer Krankheiten vertieft	12
3.2 Komplexe Konzepte zugänglich und interessant machen	12
3.3 Beispiel für ein nützliches AR-Tool	12
3.4 Praktische Vorschläge für die Integration von AR in die Lernerfahrung	13
Fazit	13
Referenzen	18





Quelle: KI-generiertes Bild





Allgemeines Thema des Lernpfads	Biotechnologie. Biomanufacturing und synthetische Biologie
Spezifischer Name der Lerneinheit	Genetische Krankheiten: Herausforderungen und Lösungen
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	• Grundlegendes Verständnis biologischer Konzepte (Zellen, DNA, Gene) • Grundlegende digitale Kompetenzen (Umgang mit Computer, Tablet oder Smartphone) • Fähigkeit, sowohl selbstständig als auch im Team zu arbeiten • Zugang zum Internet und zu AR-kompatiblen Geräten • Keine Vorkenntnisse in Genetik, Biotechnologie, Biofertigung oder AR-Inhaltserstellung erforderlich
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Lerneinheit führt die Schüler in genetische Erkrankungen als komplexe biologische Herausforderungen ein, die durch Veränderungen der DNA und der Genfunktion verursacht werden. Die Lernenden untersuchen die Ursachen, Arten und realen Auswirkungen von genetischen Störungen sowie die wissenschaftlichen, technologischen und ethischen Herausforderungen im Zusammenhang mit ihrer Diagnose und Behandlung. Durch bioinspiriertes Denken und Ansätze der synthetischen Biologie entdecken die Schüler, wie natürliche Mechanismen wie DNA-Reparatur, Genregulation und Zellregeneration moderne medizinische Lösungen inspirieren, darunter Gentherapie und Genbearbeitung. Augmented Reality (AR) wird als wichtiges pädagogisches Instrument eingesetzt, um unsichtbare molekulare Prozesse zu visualisieren und die Erstellung eines interaktiven AR-basierten Quiz zu





	unterstützen, wodurch die Bewertung zu einer aktiven, forschungsbasierten Lernerfahrung wird.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Genetik, Biotechnologie, Synthetische Biologie, Digitale Kompetenz/Informatik, Gesundheitserziehung, Ethik
Stichworte	Genetische Krankheiten, DNA, Gene, Mutationen, Bioinspiration, synthetische Biologie, Biofertigung, Gentherapie, Genbearbeitung, CRISPR, DNA-Reparatur, Biotechnologie, menschliche Gesundheit, Augmented Reality (AR), digitale Bewertung
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	Qualifikationen / Einstellungen • Bewusstsein für genetische Vielfalt und gesundheitliche Herausforderungen • Verantwortungsbewusstes und ethisches Denken in Bezug auf Technologien der Genetik und synthetischen Biologie • Neugierde gegenüber Biotechnologie und medizinischen Innovationen Fähigkeiten • Kritisches Denken und Problemlösung • Analyse von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen in der Genetik und Biotechnologie • Digitale und visuelle Kompetenz durch AR-Tools • Fähigkeiten in den Bereichen Zusammenarbeit, Kommunikation und Erstellung von Inhalten





	Wissen • Verständnis der genetischen Grundlagen von Krankheiten • Erkennen verschiedener Arten von genetischen Mutationen • Bewusstsein für Herausforderungen bei Diagnose und Behandlung • Verständnis bioinspirierter und synthetischer biologischer Lösungen • Verständnis der Rolle von AR in der biotechnologischen Ausbildung und Bewertung
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	• Lehrtexte und wissenschaftliche Artikel zu Genetik, Biotechnologie und synthetischer Biologie • Fallstudien zu genetischen Krankheiten und medizinischen Biotechnologien • Online-Bildungsplattformen und Datenbanken • Augmented-Reality-Tools und -Anwendungen (Delightex) • AR-kompatible Geräte (Smartphones, Tablets, Computer) • 3D-Modelle von DNA, Genen, Proteinen und Zellen
Bewertungskriterien und Bewertung	• Aktive Teilnahme an Diskussionen und AR-basierten Aktivitäten • Absolvierung von AR-gestützten Übungen zu genetischen Mechanismen • Wissenschaftliche Genauigkeit und Klarheit des von den Studierenden erstellten AR-Quiz • Fähigkeit, genetische Krankheiten, Herausforderungen und Lösungen zu erklären • Reflexion über ethische, soziale und technologische Auswirkungen der Biotechnologie und der synthetischen Biologie





Einführung

Genetische Krankheiten sind Erkrankungen, die durch Veränderungen oder Fehler in unserer DNA verursacht werden, dem biologischen Code, der die Anweisungen für den Aufbau und Erhalt des menschlichen Körpers enthält. Einige genetische Krankheiten werden von den Eltern vererbt (), während andere aufgrund spontaner Mutationen oder Umwelteinflüsse auftreten. Diese Erkrankungen können die Entwicklung von Organen, die Funktion von Zellen und die Reaktion des Körpers auf seine Umgebung beeinträchtigen und oft zu lebenslangen gesundheitlichen Problemen führen.

In dieser Lerneinheit untersuchen die Schüler die Ursachen und Folgen genetischer Erkrankungen sowie die wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen, die mit ihrem Verständnis, ihrer Diagnose und ihrer Behandlung verbunden sind. Durch die Verbindung von Biologie mit bioinspiriertem Denken und modernen Technologien entdecken die Lernenden, wie die Natur selbst Hinweise zur Reparatur genetischer Schäden liefert und wie Innovationen wie künstliche Intelligenz, Genanalyse und personalisierte Medizin zu neuen Lösungen beitragen. Durch diese Erkundung erhalten die Schüler Einblicke, wie die Genetik die menschliche Gesundheit beeinflusst und wie die Wissenschaft daran arbeitet, biologische Herausforderungen in Verbesserungsmöglichkeiten zu verwandeln.

Entdecken

1. Genetische Krankheiten: Herausforderungen und Lösungen





In diesem Abschnitt erwerben die Schüler grundlegende Kenntnisse über genetische Krankheiten, ihre Ursachen und die Herausforderungen bei ihrer Diagnose und Behandlung. Dieser Abschnitt führt in wesentliche Konzepte aus der Genetik, Molekularbiologie und Biotechnologie ein und bereitet die Lernenden auf spätere Aktivitäten wie AR-Visualisierung, Modellierung und ethische Diskussionen über neue medizinische Lösungen vor.

1.1 Was sind genetische Krankheiten?

Eine genetische Erkrankung ist eine Erkrankung, die durch Veränderungen in der DNA verursacht wird, entweder durch Mutationen in einzelnen Genen oder durch Anomalien in den Chromosomen. Im Gegensatz zu Infektionskrankheiten werden genetische Störungen nicht durch Bakterien oder Viren verursacht, sondern von den Eltern vererbt oder entstehen spontan während der Zellteilung oder in der frühen Entwicklung. Schätzungen zufolge sind **weltweit** etwa **1 von 25 Menschen** von genetischen Erkrankungen betroffen.

Zu den Hauptmerkmalen genetischer Erkrankungen gehören:

- Sie werden durch Veränderungen in der DNA-Sequenz (wie Punktmutationen, Insertionen oder Deletionen) oder durch Veränderungen in der Chromosomenzahl oder -struktur verursacht.
- Sie können **monogen** sein, d. h. ein einzelnes Gen betreffen, oder **polygen**, d. h. mehrere Gene und Umweltfaktoren betreffen.
- Ihr Schweregrad variiert stark, von leichten Erkrankungen wie Farbenblindheit bis hin zu lebensbedrohlichen Störungen.

Ein bekanntes Beispiel ist **die Sichelzellenanämie**, bei der eine einzige Nukleotidveränderung im HBB-Gen die Struktur des Hämoglobins verändert, wodurch die roten Blutkörperchen starr und sichelförmig werden.

1.2 Arten von genetischen Mutationen

Genetische Mutationen unterscheiden sich in ihrem Ausmaß und ihren Auswirkungen, aber alle können die Produktion oder Funktion von Proteinen stören.

Mutationsart	Beschreibung	Beispielhafte Erkrankung
Punktmutation	Veränderung eines einzelnen Nukleotids	Sichelzellenanämie (GAG→GTG)
Insertion/Deletion	Hinzugefügte/entfernte Nukleotide	Zystische Fibrose (3bp ΔF508)
Trinukleotid-Wiederholung	CAG-Expansion	Huntington-Krankheit
Chromosomale	Aneuploidie, Translokation	Down-Syndrom (Trisomie 21)





Diese Mutationen können zu Proteinen führen, die nicht funktionsfähig, nur teilweise funktionsfähig oder für Zellen schädlich sind.

1.3 Häufige genetische Erkrankungen

Genetische Erkrankungen lassen sich anhand ihrer Entstehung in folgende Gruppen einteilen:

- **Monogene (Mendelsche) Erkrankungen** werden durch Mutationen in einem einzigen Gen verursacht. Beispiele hierfür sind Mukoviszidose, Duchenne-Muskeldystrophie und Hämophilie A.
- **Multifaktorielle genetische Erkrankungen** resultieren aus Wechselwirkungen zwischen mehreren Genen und Umweltfaktoren, wie beispielsweise bestimmten Stoffwechsel- oder neurologischen Störungen.
- **Chromosomenstörungen** wie das Down-Syndrom werden durch zusätzliche oder fehlende Chromosomen verursacht und beeinträchtigen die gesamte Entwicklung.

Die Untersuchung dieser Erkrankungen hilft Wissenschaftlern zu verstehen, wie bestimmte genetische Veränderungen zu beobachtbaren biologischen Auswirkungen führen.

1.4 Diagnostische Herausforderungen

Die Diagnose genetischer Erkrankungen ist oft komplex. Viele Erkrankungen weisen ähnliche Symptome auf, und weltweit wurden mehr als 7.000 seltene genetische Erkrankungen identifiziert. Einige Erkrankungen treten erst im späteren Leben auf, was eine frühzeitige Erkennung erschwert. Darüber hinaus sind viele Menschen gesunde Träger genetischer Mutationen, ohne Symptome zu zeigen.

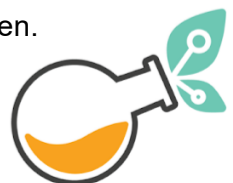
Zu den modernen Diagnosewerkzeugen gehören Neugeborenen-Screening-Programme, Gesamtgenomsequenzierung und neue KI-basierte Technologien, die genetische Daten und körperliche Merkmale analysieren, um eine frühere und genauere Diagnose zu ermöglichen.

1.5 Herausforderungen bei der Behandlung

Traditionelle Behandlungen für genetische Erkrankungen konzentrieren sich in der Regel auf die Behandlung der Symptome und nicht auf die Korrektur der zugrunde liegenden genetischen Ursache. Diese Ansätze können zwar die Lebensqualität verbessern, haben jedoch erhebliche Einschränkungen:

- Das mutierte Gen selbst bleibt unverändert.
- Schäden an Geweben und Organen können irreversibel sein.
- Die Verabreichung von Behandlungen an bestimmte Zellen, beispielsweise solche, die durch biologische Barrieren geschützt sind, bleibt schwierig.

Diese Herausforderungen unterstreichen die Notwendigkeit neuer therapeutischer Strategien.





1.6 Neue Lösungen

Jüngste Fortschritte in der Biotechnologie bieten vielversprechende Lösungen für genetische Erkrankungen:

- **Die Gentherapie** nutzt virale Vektoren, um gesunde Kopien von Genen in betroffene Zellen zu transportieren.
- **Die CRISPR/Cas9-Geneditierung** ermöglicht es Wissenschaftlern, die DNA präzise zu modifizieren und Mutationen an ihrer Quelle zu korrigieren.
- **RNA-basierte Therapien und Zelltherapien** zielen darauf ab, die normale Proteinproduktion wiederherzustellen oder beschädigte Zellen zu ersetzen.

Einige dieser Ansätze haben bereits den klinischen Einsatz erreicht und zeigen, wie grundlegende genetische Kenntnisse zu echten medizinischen Durchbrüchen führen können.

1.7 Warum AR und 3D-Modellierung wichtig sind

Genetische Prozesse wie Mutationen, Proteinfaltung und Genbearbeitung finden auf mikroskopischer Ebene statt und sind nicht direkt sichtbar. Augmented Reality und 3D-Modellierung machen diese unsichtbaren Prozesse sichtbar, indem sie den Schülern ermöglichen, Folgendes zu erforschen:

- Wie sich die Proteinstruktur aufgrund von Mutationen verändert,
- Wie Gen-Editierungswerkzeuge die DNA verändern,
- Wie sich Chromosomenanomalien auf Zellen auswirken.

Beispiel: Sichelhämoglobin drehen, Editierung simulieren
(<https://www.delightex.com/edu/lesson-plans>).

Interaktive Visualisierungen helfen den Schülern, abstrakte genetische Konzepte mit realen biologischen Konsequenzen in Verbindung zu bringen.

Reflexionsfragen

- 1- Wie kann eine einzige Nukleotidveränderung zu einer schweren Krankheit führen?
- 2- Warum ist es so schwierig, die Gentherapie an die richtigen Zellen zu liefern?
Welche aktuellen Entwicklungen in der Gentherapie halten Sie für am vielversprechendsten und warum?





Ausführen

2. Bioinspirierte Lösungen für genetische Krankheiten

In der Ausführungsphase gehen die Schüler vom Verständnis genetischer Erkrankungen dazu über, aktiv zu erforschen, wie die Natur selbst Lösungen für genetische Herausforderungen inspiriert. Lebende Organismen haben leistungsfähige Mechanismen entwickelt, um ihre genetischen Informationen zu schützen, zu reparieren und zu regulieren. Durch das Studium dieser natürlichen Prozesse können die Schüler besser verstehen, wie moderne Biotechnologie und Medizin versuchen, diese Mechanismen nachzuahmen, zu verbessern oder anzupassen, um genetische Erkrankungen zu behandeln.

2.1 Bio-Inspiration bei der Reparatur und Regulierung von Genen

Die Natur schützt die DNA kontinuierlich vor Schäden durch Strahlung, chemische Stoffe und Replikationsfehler. Zellen sind keine passiven Systeme, sondern überwachen und reparieren ihr genetisches Material aktiv durch hocheffiziente Mechanismen.

Zu den wichtigsten bioinspirierten Prinzipien gehören:

- **DNA-Reparaturmechanismen:** Zellen nutzen natürliche Reparatursysteme, um Mutationen zu erkennen und zu korrigieren, was moderne Technologien zur Genbearbeitung inspiriert hat.
- **Selektive Genaktivierung:** Nicht alle Gene sind zu jeder Zeit aktiv; Zellen regulieren die Genexpression in Abhängigkeit von ihrer Umgebung, ihrem Alter und ihrer Funktion.
- **Zellspezialisierung und -regeneration:** Stammzellen zeigen, wie beschädigte oder defekte Zellen ersetzt werden können, was die regenerative Medizin und Zelltherapie inspiriert.
- **Fehlertoleranz und Anpassung:** Einige Organismen tolerieren genetische Variationen und passen sich ihnen an, was Einblicke in Resilienz und langfristiges Überleben bietet.

Diese natürlichen Strategien bilden die konzeptionelle Brücke zwischen biologischen Systemen und technologischen Lösungen für genetische Krankheiten.

2.2 Praktische Anwendung durch AR-gestütztes Lernen

Viele genetische Prozesse finden auf molekularer Ebene statt und können nicht direkt beobachtet werden. Augmented Reality (AR) ermöglicht es den Schülern, mit dynamischen 3D-Darstellungen von DNA, Genen, Proteinen und Zellen zu interagieren und so abstrakte Konzepte in greifbare Lernerfahrungen zu verwandeln.





Eine AR-Anwendung kann diese Einheit unterstützen, indem sie den Schülern Folgendes ermöglicht:

- die DNA-Struktur zu visualisieren und bestimmte Gene zu lokalisieren, die von Mutationen betroffen sind.
- zu beobachten, wie Mutationen die Form und Funktion von Proteinen verändern.
- Simulieren Sie natürliche DNA-Reparaturprozesse und vergleichen Sie diese mit Techniken zur Genbearbeitung.
- Untersuchen Sie, wie korrigierte Gene die normale Zellfunktion wiederherstellen.

AR-Tools ermöglichen Interaktion, Drehung, Skalierung und schrittweise Erkundung in Echtzeit und unterstützen so forschungsbasiertes und erfahrungsorientiertes Lernen.

2.3 Vorgeschlagene AR-basierte Übungen und Aktivitäten

- **Übung 1: DNA-Reparatur – Von der Natur lernen**
Die Schüler erkunden ein AR-Modell von DNA-Schäden, die durch eine Mutation verursacht wurden. Sie aktivieren natürliche DNA-Reparaturwege und beobachten, wie Zellen Fehler erkennen und beheben. Anschließend vergleichen die Schüler natürliche Reparaturmechanismen mit vom Menschen entwickelten Gentherapien und identifizieren Gemeinsamkeiten und Unterschiede.
- **Übung 2: Proteinstruktur und -funktion**
Mithilfe von AR manipulieren die Schüler 3D-Proteinmodelle, um gesunde und mutierte Proteine zu vergleichen. Durch Drehen und Vergrößern der Molekülstrukturen beobachten die Lernenden, wie kleine genetische Veränderungen zu großen funktionellen Konsequenzen führen können, beispielsweise zu einer Fehlfaltung von Proteinen.
- **Übung 3: Simulation der Genbearbeitung**
Die Schüler simulieren einen Genbearbeitungsprozess, der von der natürlichen DNA-Reparatur inspiriert ist. Sie wählen ein fehlerhaftes Gen aus, wenden ein virtuelles „Reparaturwerkzeug“ an und beobachten die Auswirkungen auf die Genexpression und das Zellverhalten vor und nach der Bearbeitung. Diese Übung betont Präzision, Grenzen und ethische Überlegungen.
- **Übung 4: Von der Zelle zum Organismus**
Die Schüler verfolgen die Auswirkungen eines korrigierten Gens von einer einzelnen Zelle bis hin zur Gewebe- und Organebene. Die AR-Visualisierung zeigt, wie die Wiederherstellung eines Gens die Organfunktion verbessern kann, und hilft den Schülern, molekulare Ereignisse mit realen Gesundheitsergebnissen in Verbindung zu bringen.
- **Übung 5: Entwerfen eines AR-Quiz: Genetische Krankheiten – Herausforderungen und Lösungen**

In dieser Übung **entwerfen und erstellen** die Schüler **ein interaktives AR-basiertes Quiz**, das sich auf genetische Krankheiten, ihre Ursachen, Herausforderungen und möglichen Lösungen konzentriert. Mit **Delightex** erstellen die Lernenden einen Test, der





wissenschaftliche Fragen mit 3D-Visualisierungen von DNA, Genen, Proteinen und Zellen kombiniert.

Die Schüler entwickeln Quizszenarien, schreiben Multiple-Choice- oder entscheidungsbasierte Fragen und verbinden jede Frage mit AR-Modellen, die genetische Mutationen, Fehlfaltungen von Proteinen und Ergebnisse der Genbearbeitung veranschaulichen. Das Quiz umfasst ein **Punkte- und Lebenssystem**, bei dem richtige Antworten Punkte einbringen und falsche Antworten Leben kosten, was sofortiges Feedback liefert und zu sorgfältigem Denken anregt.

Die Schüler entwickeln Quizszenarien, schreiben Multiple-Choice- oder Entscheidungsfragen und verbinden jede Frage mit AR-Modellen, die genetische Mutationen, Proteinfaltungsfehler und Ergebnisse der Genbearbeitung veranschaulichen. Das Quiz umfasst ein **Punkte- und Lebenssystem**, bei dem richtige Antworten Punkte einbringen und falsche Antworten Leben kosten, was sofortiges Feedback liefert und zu sorgfältigem Denken anregt.

2.4 Globale Inspiration und Relevanz für die reale Welt

Ähnliche AR-gestützte Aktivitäten werden weltweit in der Genetikausbildung eingesetzt, um den Schülern zu helfen:

- komplexe molekulare Prozesse durch Visualisierung zu verstehen.
- Problemlösungsfähigkeiten durch das Ausprobieren verschiedener Interventionsstrategien zu entwickeln.
- sich durch die Diskussion von Ergebnissen und Designentscheidungen gemeinsam zu engagieren.
- über ethische und gesellschaftliche Auswirkungen von Gentechnologien nachzudenken.

Durch die Kombination von bioinspirierten Prinzipien mit AR-basierten praktischen Aktivitäten erleben die Schüler die Genetik nicht als abstrakte Theorie, sondern als ein sich entwickelndes Gebiet, in dem natürliche Mechanismen innovative medizinische Lösungen inspirieren.

Verbessern

3. AR für vertieftes Lernen und Engagement





Genetische Krankheiten beinhalten komplexe und unsichtbare biologische Prozesse, die auf molekularer und zellulärer Ebene ablaufen. Konzepte wie DNA-Mutationen, Fehlfaltung von Proteinen, Genregulation und Genbearbeitung sind für Schüler allein mit traditionellen Lehrbüchern oder statischen Bildern nur schwer vollständig zu verstehen. Augmented Reality (AR) verbessert den Lernprozess erheblich, indem sie diese abstrakten Prozesse in interaktive, visuelle und erfahrungsorientierte Lernerfahrungen umwandelt.

3.1 Wie AR das Verständnis von genetischen Erkrankungen vertieft

AR ermöglicht es Schülern, genetische Mechanismen zu visualisieren, die nicht direkt beobachtet werden können. Durch die Interaktion mit 3D-Modellen von DNA, Genen, Chromosomen und Proteinen können Lernende erkunden, wie kleine genetische Veränderungen zu großen biologischen Folgen führen. Diese räumliche und dynamische Visualisierung hilft Schülern dabei

- die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Mutationen und Krankheitssymptomen zu verstehen
- Ereignisse auf molekularer Ebene mit Ergebnissen auf zellulärer, Gewebe- und Organismusebene in Verbindung zu bringen
- Komplexe Prozesse wie Genbearbeitung und DNA-Reparatur Schritt für Schritt zu begreifen

Anstatt Definitionen auswendig zu lernen, erforschen die Schüler aktiv, wie genetische Krankheiten entstehen und wie moderne Lösungen versuchen, diese zu bekämpfen.

3.2 Komplexe Konzepte zugänglich und interessant machen

AR reduziert die kognitive Überlastung, indem es komplexe genetische Prozesse in überschaubare visuelle Schritte unterteilt. Die Lernenden können bestimmte Strukturen drehen, zoomen und isolieren, sodass sie sich jeweils auf ein Konzept konzentrieren können. Dieser Ansatz unterstützt verschiedene Lernstile und macht fortgeschrittene Themen der Biotechnologie für Schüler der Sekundarstufe zugänglich.

Durch Interaktion und Erkundung wird das Engagement weiter gesteigert. AR-basierte Aufgaben fördern Neugier, Experimentierfreude und Diskussionen und machen die Schüler zu aktiven Teilnehmern statt zu passiven Empfängern von Informationen.

3.3 Beispiel für ein nützliches AR-Tool (Deligtex)

Deligtex ist ein besonders effektives Tool für den Genetikunterricht. Es ermöglicht Schülern nicht nur, AR-Inhalte zu erkunden, sondern auch eigene interaktive Lernmaterialien zu erstellen. Mit Deligtex können Lernende AR-basierte Tests, Simulationen und visuelle Erklärungen zu





genetischen Krankheiten entwerfen und so ihr Verständnis durch kreatives Schaffen und Reflexion vertiefen.

3.4 Praktische Vorschläge für die Integration von AR in die Lernerfahrung

Um die Verbindung der Schüler zum Thema zu stärken und einen effektiven Wissensaufbau zu unterstützen, kann AR auf folgende Weise integriert werden:

- **Entdeckungsbasiertes Lernen:** Verwenden Sie AR, um genetische Mutationen vorzustellen und ihre Auswirkungen vor formalen Erklärungen zu visualisieren.
- **Simulation und Experimentieren:** Ermöglichen Sie den Schülern, verschiedene Szenarien der Genbearbeitung oder -reparatur zu testen und die Ergebnisse in einer risikofreien Umgebung zu beobachten.
- **AR-basierte Bewertung:** Ersetzen oder ergänzen Sie traditionelle Tests durch AR-basierte Quizze oder von Schülern erstellte AR-Tests, die das Verständnis durch Anwendung bewerten.
- **Kollaboratives Lernen:** Ermutigen Sie die Schüler, in Gruppen zu arbeiten, um AR-basierte Lernszenarien zu entwerfen, zu testen und zu verbessern, und fördern Sie so die Kommunikation und das Lernen unter Gleichaltrigen.
- **Reflexion und Ethik:** Nutzen Sie AR-Szenarien als Ausgangspunkt für Diskussionen über ethische, soziale und technologische Herausforderungen im Zusammenhang mit genetischen Eingriffen.

Durch die Integration von AR in den Genetikunterricht wird das Lernen sinnvoller, einprägsamer und motivierender. AR fördert ein tieferes konzeptionelles Verständnis, steigert das Engagement und befähigt die Schüler, biologische Theorie mit realen medizinischen Herausforderungen zu verbinden. In dieser Einheit fungiert „AR“ nicht nur als Visualisierungstool, sondern auch als Brücke zwischen Biologie, Technologie und verantwortungsvoller Innovation.

Fazit

In dieser Lerneinheit wurden genetische Krankheiten als komplexe biologische Herausforderungen untersucht, die durch Veränderungen der DNA und der Genfunktion verursacht werden. Die Schüler entwickelten ein grundlegendes Verständnis dafür, wie genetische Mutationen entstehen, warum sie schwer zu diagnostizieren und zu behandeln sind und wie die Natur selbst Inspiration für die Reparatur und Regulierung genetischer Informationen bietet. Durch die Untersuchung bioinspirierter Mechanismen wie DNA-Reparatur, Genregulation und Zellregeneration verbanden die Lernenden biologische Theorie mit realen medizinischen Herausforderungen.





Die Integration von Augmented Reality spielte eine Schlüsselrolle bei der Umwandlung abstrakter genetischer Prozesse in zugängliche und ansprechende Lernerfahrungen. Durch interaktive 3D-Visualisierungen und die Erstellung von AR-basierten Tests gingen die Schüler über passives Lernen hinaus und konnten ihr Wissen aktiv erforschen, anwenden und kommunizieren. Dieser Ansatz stärkte das konzeptionelle Verständnis, förderte kritisches Denken und hob die ethischen und gesellschaftlichen Dimensionen neuer Gentechnologien hervor. Letztendlich zeigt die Einheit, wie die Kombination von Biologie, Bio-Inspiration und immersiven digitalen Tools Schüler befähigen kann, genetische Krankheiten besser zu verstehen und innovative Lösungen für die Zukunft zu entwickeln.





Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Schüler erkunden die Grundprinzipien der Genetik, darunter die DNA-Struktur, Gene, Mutationen und Chromosomenanomalien. Sie untersuchen, wie genetische Krankheiten entstehen, ihre weltweite Verbreitung und Beispiele aus dem wirklichen Leben, um die biologische und soziale Relevanz des Themas zu verstehen.
	- Inhaltsentwicklung: Die Lehrkräfte stellen leicht zugängliche Lernmaterialien wie kurze Texte, Bildmaterial, Infografiken und Einführungsvideos zur Verfügung, in denen genetische Krankheiten, Mutationstypen und biologische Folgen erklärt werden. Der Inhalt konzentriert sich eher auf den Aufbau eines konzeptionellen Verständnisses als auf klinische Details.
	- Bedarfsanalyse: Die Vorkenntnisse der Schüler in Genetik und Biotechnologie werden durch Diskussionen oder kurze diagnostische Fragen bewertet, um Fehlvorstellungen zu identifizieren und das Lerntempo und die Lerntiefe entsprechend anzupassen.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Bioinspirierte Konzepte wie DNA-Reparatur, Genregulation und Zellregeneration werden mit modernen genetischen Lösungen verknüpft. Der Unterricht führt die Schüler vom Verständnis natürlicher Mechanismen zur Anwendung dieses Wissens durch praktische AR-gestützte Aufgaben.
	- Interaktive Übungen: Die Schüler nehmen an AR-basierten Aktivitäten teil, bei denen sie sich mit DNA-Schäden, Proteinfehlfunktionen, Genbearbeitung und biologischen Folgen befassen. Eine wichtige Aktivität besteht darin, einen AR-basierten Test in Delightex zu entwerfen und zu erstellen , wodurch wissenschaftliche Kenntnisse in interaktive Bewertungsinhalte umgewandelt werden.
	- Feedback-Erfassung: Peer-Reviews, Gruppendiskussionen und Lehrer-Feedback werden verwendet, um die AR-Übungen und Testentwürfe der Schüler zu bewerten und so die Reflexion und iterative Verbesserung zu unterstützen.
Verbessern	- AR-Integration: Augmented Reality wird verwendet, um unsichtbare genetische Prozesse wie Mutationen, Proteinfaltung und Genkorrekturen zu visualisieren und abstrakte biologische Mechanismen greifbar und verständlich zu machen.





- Interaktives Lernen: Die Schüler manipulieren aktiv 3D-Modelle, simulieren biologische Prozesse und untersuchen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, wodurch das Lernen von passiver Rezeption zu experimenteller Erkundung verlagert wird.

Gamifizierte Inhalte:

- **Punkte und Abzeichen:** Die Schüler verdienen Punkte und digitale Abzeichen für das Absolvieren von AR-Übungen, das korrekte Identifizieren von Mutationen und das Entwerfen präziser AR-Testfragen.

- **Ranglisten:** Optionale Ranglisten können verwendet werden, um die Motivation und den freundschaftlichen Wettbewerb auf der Grundlage der Aufgabenbearbeitung oder der Quizleistung zu fördern.

- **Quests und Levels:** Die Lernaktivitäten sind als progressive Quests strukturiert, die von grundlegenden genetischen Konzepten zu fortgeschrittenen bioinspirierten Lösungen und der Erstellung von Tests führen.

- **Belohnungen für Erkundungen:** Bonuspunkte oder versteckte Inhalte werden freigeschaltet, wenn die Schüler zusätzliche AR-Modelle erkunden oder fortgeschrittene genetische Szenarien untersuchen.

- **Kollaborative gamifizierte Aufgaben:** Die Schüler arbeiten in Teams, um gemeinsam AR-Testfragen zu entwerfen, die Arbeit ihrer Mitschüler zu überprüfen und genetische Herausforderungen gemeinsam zu lösen.

AR-basierte Bewertungen: Die Bewertung erfolgt durch AR-basierte Quizfragen und von Schülern erstellte AR-Tests, bei denen die Lernenden ihr Verständnis unter Beweis stellen können, indem sie ihr Wissen anwenden, biologische Prozesse visualisieren und genetische Herausforderungen und Lösungen in einem interaktiven Format erklären.





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.





Referenzen

- MedlinePlus Genetics. *Was sind genetische Störungen?* U.S. National Library of Medicine. <https://medlineplus.gov/genetics>
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). *Die neue Grenze der Genomtechnik mit CRISPR-Cas9*. Science, 346(6213). <https://science.sciencemag.org>
- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). *Eine neue Initiative zur Präzisionsmedizin*. New England Journal of Medicine, 372, 793–795.
- National Research Council. (2012). *Ein Rahmenkonzept für die naturwissenschaftliche Bildung in der Grundschule und weiterführenden Schule*. The National Academies Press.
- Europäische Kommission. *Ethik der Gentechnologien und Genom-Editierung*. <https://ec.europa.eu>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). *Augmented Reality für das MINT-Lernen: Eine systematische Übersicht*. Computers & Education, 123, 109–123.
- Radu, I. (2014). *Augmented Reality in der Bildung: Eine Meta-Übersicht*. Educational Psychology Review, 26(2), 153–176.
- Delightex. *AR-Lern- und Bewertungsinstrumente für den Bildungsbereich*. <https://www.delightex.com/edu>
- Cleveland Clinic. (2025). *Genetische Störungen: Was sind sie, Arten, Symptome und Ursachen*. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21751-genetic-disorders>
- Frangoul, H., Altshuler, D., Cappellini, M. D., Chen, Y. S., Domm, J., Eustace, B. K., Foell, J., de la Fuente, J., He, B., Kasper, R., Kernysky, A., Lek, M., Mapara, M. Y., de Montalembert, M., Rondelli, D., Sharma, A., Sheth, S., Steinberg, M. H., Vichinsky, E., ... Corbacioglu, S. (2021). CRISPR-Cas9-Geneditierung bei Sichelzellenanämie und β -Thalassämie. *New England Journal of Medicine*, 384(3), 252–260. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2031054>
- Liang, P., Song, F., Xu, J., Zhang, X., Wang, Y., & Huang, J. (2024). CRISPR–Cas9-Geneditierung: Heilung genetischer Krankheiten durch Reparatur des genetischen Codes. *Journal of Nanobiotechnology*, 22(1), Artikel 145. <https://doi.org/10.1186/s12951-024-02375-7>
- Russell, S., Bennett, J., Wellman, J. A., Chung, D. C., Yu, Z.-R., Tillman, A., Wittes, J., Pappas, J., Elci, O., Marshall, K. A., Coley, L., Reichert, M., George, L. A., Piazza, C., Venkatesh, A., & Maguire, A. M. (2017). Wirksamkeit und Sicherheit von Voretigene Neparvovec (AAV2-hRPE65v2) bei Patienten mit RPE65-vermittelter erblicher Netzhautdystrophie: Eine randomisierte, kontrollierte, offene Phase-3-Studie. *The Lancet*, 390(10097), 849–860. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31868-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31868-8)
- MedlinePlus Genetics. (o. J.). *Wie werden genetische Erkrankungen behandelt oder gemanagt?* <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/consult/treatment/>
- National Center for Biotechnology Information. (2020). *Fortschritte in der CRISPR/Cas-basierten Gentherapie bei genetischen Erkrankungen des Menschen*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7150498/>





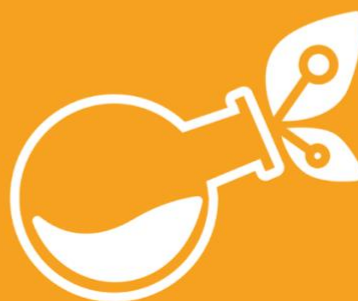
AI-basierte Tools (ChatGPT, Perplexity AI und NotebookLM) wurden zur Unterstützung der Inhaltserstellung, der Zusammenfassung von Forschungsergebnissen und der Organisation von Quellenmaterialien während der Entwicklung dieser Lerneinheit verwendet:

- OpenAI. *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.